



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

**Материалы Международной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 26–27 октября 2023 г.)

Электронное издание

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2023**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

**РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНЫХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**Материалы Международной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 26–27 октября 2023 г.)

Электронное издание

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2023**

УДК 639.2+338
ББК 65.35(2P55)
P12

Редакционная коллегия:

Председатель – Вальков В.Е., канд. техн. наук, директор Института рыболовства и аквакультуры (ИРиА) ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Зам. председателя – Матросова И.В., канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура»; зам. директора ИРиА по научной работе.

Секретарь – Сергеева М.М., старший преподаватель кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура».

Бойцов А.Н., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное рыболовство»;

Баринов В.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное рыболовство»;

Беспалова Т.В., канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой «Высшая математика»;

Буторина Т.Е., доктор биол. наук, профессор кафедры «Экология и природопользование»;

Иванко Н.С. – старший преподаватель кафедры «Прикладная математика и информатика»;

Калинина Г.Г., канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»;

Колесникова Е.В., зав. методическим кабинетом кафедры «Прикладная математика и информатика»;

Круглик И.А., канд. биол. наук, доцент, и.о. зав. кафедрой «Экология и природопользование»;

Лисиенко С.В., доктор техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Промышленное рыболовство»;

Осипов Е.В., канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное рыболовство».

Пилипчук Д.А., старший преподаватель кафедры «Промышленное рыболовство»;

Сергеева М.М., старший преподаватель кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»;

Смирнова Е.В., канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура»;

Ющик Е.В., канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Прикладная математика и информатика»;

Ященко Е.Н., доцент, старший преподаватель кафедры «Прикладная математика и информатика»;

Харитонов Л.А. – директор Центра публикационной деятельности «Издательство Дальрыбвтуза».

P12 Рациональная эксплуатация водных биологических ресурсов : материалы Междунар. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (53 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2023. – 383 с. – Систем. требования : PC не ниже класса Pentium I ; 128 Mb RAM ; Windows 98/XP/7/8/10 ; Adobe Reader V8.0 и выше. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-88871-779-0

Представлены результаты научно-исследовательских работ в области рационального использования водных биологических ресурсов, искусственного воспроизводства гидробионтов, а также освещены вопросы состояния и тенденции развития рыбохозяйственного образования.

УДК 639.2+338
ББК 65.35(2P55)

ISBN 978-5-88871-779-0

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2023

Секция 1. РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ

УДК 597.5./576.89

Надежда Леонидовна Асеева

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Некоторые миксоспоридии – паразиты мускулатуры рыб северной части Тихого океана

Аннотация. Проанализирована имеющаяся литература и собственные сборы по миксоспоридиям, паразитирующим в мускулатуре рыб северной части Тихого океана. Рассмотрена специфичность данных паразитов, локализация их в теле хозяина. Особое внимание было уделено патогенным видам, которые паразитируют в ценных в пищевом отношении видах рыб в дальневосточных морях и наносят урон рыбному промыслу. Для рыб Дальневосточного бассейна к большинству таковых относятся представители рода *Kudoa*. Указано негативное влияние некоторых паразитов на своих хозяев. Также была описана симптоматика некоторых миксоспоридий – паразитов мускулатуры рыб северной части Тихого океана.

Ключевые слова: Мухоспореа, *Kudoa*, паразит, рыба, северная часть Тихого океана

Nadezhda L. Aseeva

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Some myxosporeans parasites of the fish muscle of the North Pacific Ocean

Abstract. The available literature and our own collections on myxosporeans parasitizing the muscles of fish from the North Pacific Ocean were analyzed. The specificity of these parasites and their localization in the host body are considered. Particular attention was paid to pathogenic species that parasitize food-valuable fish species in the Far Eastern seas and cause damage to fisheries. Most of such parasites in the fish in the Far Eastern basin are representatives of the genus *Kudoa*. The negative impact of some parasites on their hosts is indicated. The symptoms of some myxosporeans muscle parasites of fish from the North Pacific Ocean have also been described.

Keywords: Myxosporea, *Kudoa*, parasites, fish, North Pacific

Введение

Настоящая работа представляет собой обзор литературных и собственных данных, касающихся миксоспоридий паразитов мускулатуры, особенно представителей рода *Kudoa*. Миксоспоридий данной группы паразитов имеет и важное практическое значение. Некоторые паразиты этого рода *Kudoa* могут портить товарной вид рыбной продукции, разжижая мясо морских рыб или образуя в мышечной ткани многочисленные цисты разных размеров [1]. В некоторых случаях такие партии рыбы подлежат выбраковке или утилизации в технических

целях. Кроме того, многостворчатые миксоспоридии могут вызывать заболевания, приводящие к истощению иногда даже к смерти рыб [1].

Материал и методы

В основу работы положены собственные данные в результате полных паразитологических вскрытий рыб северной части Тихого океана, собранные в 1987–2018 гг. Всего нами исследовано 1803 экз. рыб 45 видов. Мышцы исследовались с помощью бинокулярных стереоскопических микроскопов МБС-1 и МБС-9. С их же помощью измерялись цисты миксоспоридий. В полевых условиях наличие миксоспоридий определялось с помощью дорожного микроскопа «Биолам-13». Дальнейшая обработка препаратов проводилась в лабораторных условиях.

Также проанализированы все доступные литературные данные, касающиеся экологии и патогенеза миксоспоридий паразитов мускулатуры рыб северной части Тихого океана.

Результаты и их обсуждение

К настоящему времени по литературным данным известно более 130 видов миксоспоридий отряда Multivalvulea, из которых около 50 видов были обнаружены у рыб Тихого океана.

Еще в 1924 г. Глирист [2] описал новый вид *Chloromyxum thyrstitis* (*Kudoa thyrstitis*). Как он выяснил, мускулатура снека, зараженная этим паразитом, приобретает консистенцию белой творожистой массы (milkiness), а после смерти хозяина сильно разжижается. Аналогичную картину наблюдали и другие исследователи [3, 4]. Пораженные мышцы перерождаются, но даже сильное заражение рыб *Unicapsula muscularis* очень слабо отражаются на общем состоянии рыб, хотя по данным технологических исследований ухудшает вкусовые качества.

Hexacapsula neothunni – представитель отряда многостворчатых миксоспоридий вызывает поражения желтоперого тунца *Thunnus albacares* у тихоокеанского побережья Японии, который был обнаружен японскими паразитологами [5]. Вегетативная форма этих простейших представлена в виде желтых и серых цист, располагающихся в разжиженных желеобразных участках мышц. Такое желеобразное разжижение особенно сильно развивается после того как рыба погибает. Механизм гистолиза тканей изучается учеными и пока не ясен. Изменение консистенции мышц, по данным Дассона и др. [5], это вызвано резким увеличением протеолитической активности ферментов, которая выше у рыб, зараженных этими паразитами.

У лемонемы *Laemonema longipes* в мускулатуре были обнаружены миксоспоридии *Trilospora sphaerica*. У лемонемы эти паразиты в мышцах практически не заметны, и при рассмотрении были в виде мелких плазмодиев, окруженных соединительнотканной оболочкой белого цвета [6]. В Беринговом море у двуперого ликода *Licodes diapterus*, в основном в хвостовой части мускулатуры рыб, располагались цисты или вегетативные формы *Trilospora sphaerica*. Цисты этих простейших были темно-желтого или коричневого цвета и хорошо видны, и в области их расположения наблюдаются разжиженные участки ткани [6.].

Unicapsula pacifica – паразит мускулатуры малоглазого макруруса *Coryphaenoides pectoralis* нами был обнаружен в Охотском море и вдоль тихоокеанского побережья Курильских островов. В мускулатуре зараженных рыб, были хорошо видны цисты миксоспоридий. Но не были отмечены гистолизные изменения в мышцах, только после вылова рыбы через полчаса, в районе грудных плавников наблюдались размягченные участки мускулатуры. После изучения мышц под микроскопом были обнаружены удлиненные плазмодии с одной длинной псевдоподией и грубозернистой эндоплазмой, в которых, по нашим наблюдениям, образуется одна спора [6].

Интересно, что другой представитель этого рода вид *Unicapsula schulmani* был описан нами из мочевого пузыря малоглазого долгохвоста [6].

Представители миксоспоридий рода *Kudoa* приносят существенный ущерб рыбной промышленности, особенно виды *Kudoa thyrstitis*, *K. paniformis*, паразитирующие в рыбах Тихого океана [1].

Kudoa thyrstitis является паразитом мускулатуры рыб более чем 25 видов, распространён во всех океанах разных семейств, в том числе у лососевых, тресковых и камбаловых. В Тихом океане он встречается у тихоокеанского хека *Merluccius productus*. В мускулатуре хека

паразит встречался в виде многочисленных тонких волосовидных цист. При Эти цисты могут быть темными или белыми, также встречались рассеянно либо скученно, в зависимости от степени зараженности хозяина. Чаще всего спинная часть рыбы заражена значительно сильнее, чем хвостовая.

Встречались партии рыбы, когда заражение было одновременно микроспоридиями *K. thyrmites* и другим видом микроспоридий – *K. paniformis*.

Но картина была разная: вид *K. paniformis* образует соединительнотканые капсулы темного и даже черного цвета длиной до 1–5 мм. Общий процент инвазии тихоокеанского хека двумя видами микроспоридий достигал до 80 % [7].

Паразит *K. thyrmites* также был обнаружен у американского стрелозубого палтуса *Atheresthes stomias*, корифены *Coryphaena hippurus*, австралийской сардины *Sardinops sagax neopilchardus*, японского анчоуса *Engraulis japonicus*, поллака *Pollachius pollachius*, тихоокеанского малорота *Microstomus pacificus*, белобрюхой камбалы *Lepidopsetta bilineata*, австралийского анчоуса *Engraulis australis* [7].

В процессе исследования этих паразитов менялись такие показатели, как экстенсивности инвазии (ЭИ), *K. thyrmites* у рыб-хозяев этот показатель для каждого вида индивидуален.

В последние годы наблюдалось увеличение экстенсивности инвазии паразит *K. iwatai* в рыбоводных хозяйствах. Этот вид в типовых хозяевах – у красного морского карася *Pagrus major* и морского ерша *Oplegnathus punctatus* из Японии *K. iwatai* паразитирует только в соматической мускулатуре и жировой ткани. Но при паразитировании его в других регионах и в других хозяевах *K. iwatai* начинает вести себя агрессивно и локализуется практически во всех органах и тканях хозяина [8].

По нашим наблюдениям, *Kudoa sebastea*, обнаруженная у окуня *Sebastes minor* в виде мелких плазмодиев белого цвета, вызывала гистолиз мускулатуры после смерти хозяина. В мускулатуре у двух видов рыб из семейства терпуговых (южного одноперого терпуга *Pleurogrammus azonus* и восьмилнейного терпуга *Hexagrammos octogrammus*) микроспоридии *Kudoa azonus* располагались в мускулатуре как в виде цист, так и в виде диффузной инфильтрации [8].

У двух терпугов (*Pleurogrammus azonus* южного одноперого терпуга и *Hexagrammos octogrammus* бурого терпуга) были обнаружены в мускулатуре *Kudoa azoni*. У южного одноперого терпуга паразиты были в виде веретеновидных капсул белого цвета длиной 2–6 мм, которые располагаются параллельно мышечным волокнам и после снятия кожи видны невооруженным глазом. У бурого терпуга вегетативные формы микроспоридий наблюдались в виде мелких плазмодиев, диффузно располагающихся в мускулатуре.

У палтусов обнаружены микроспоридии *Kudoa spp-1*, ими было заражено 28 % особей, выловленных в северной части Тихого океана на глубинах 400–600 м. Паразиты диффузно располагаются по всей мускулатуре (иногда в уловах попадаются палтусы с уже нарушенной конституцией).

В Японском море *Kudoa sebastea* – вид, обнаруженный нами у *Sebastes minor*, заражение окуня достигало до 16 %. Паразит может вызывать гистолиз мускулатуры после смерти хозяина. Цисты в исследованных рыбах найдены не были, так как паразит встречался исключительно в виде диффузной инфильтрации [6].

Обнаружен в мускулатуре палтусовидных камбал паразит *Kudoa spp-2* до 20 % (*Hippoglossoides elassodon*), паразит образует серые веретеновидные капсулы до 2–7 мм в длину. В меньшей степени (5 %) ими заражена желтопёрая камбала (*Limanda aspera*). Вероятно, этот же или близкий к нему вид *Kudoa spp-3* вызывает слабое разжижение мускулатуры у звездчатой камбалы (*Platichthys stellatus*) и тихоокеанского малорота (*Microstomus pacificus*) [6].

В наших исследованиях паразитом *Kudoa caudata* были заражены около 7 % особей японской скумбрии *Scomber japonicus*, данный паразит вызывает гистолиз мышечной ткани [6].

У макруросов (малоглазого долгохвоста *Coryphanoides pectoralis* и пепельного макруруса *C. cinereus*) обнаружен *Kudoa spp-4*. Рыбы, зараженные *Kudoa profunda*, были обнаружены у

тихоокеанского побережья Курил на глубинах 800–1000 м. У первого вида было заражено 8 %, паразиты диффузно располагались по всему телу. У пепельного макруруса зараженность составила 20 %. Причем интенсивность и экстенсивность инвазии увеличивалась в зависимости от размера, с увеличением размера увеличивалась зараженность *Kudoa profunda*. Возможно, близкий вид паразитирует на чёрном макруресе *Coryphanoides acrolepis*, зараженность которого составила 25 %. Рыба, пораженная этими простейшими, была выловлена у о. Хонсю (тихоокеанское побережье) с глубин 800–1450 м, заражённые особи буквально нашпигованы цистами *Kudoa* spp-5 белого цвета длиной 5–12,5 мм.

Паразит *Kudoa galioformis* встречается в мускулатуре камбаловых рыб также у 9 видов тихоокеанских камбал [6].

Несколько видов миксоспоридий, такие как *K. nova*, *K. thyrsites*, *K. iwatai* обладают широким кругом хозяев, имеют широкое распространение в Мировом океане. Остальные встречаются более локально. Из известных видов рода *Kudoa* в бассейне Тихого океана к настоящему времени насчитывается около 50 видов: 6 видов – являются новыми – *Kudoa* spp nov. 1–6, в настоящее время из-за недостатка материала новые виды пока не опубликованы. Но мы предполагаем, что в Тихом океане видовое разнообразие паразитов этой группы значительно больше [6].

По характеру воздействия на организм рыб многостворчатые миксоспоридии делятся на две группы: 1) образующие капсулы (цисты) и 2) диффузно располагающиеся в мускулатуре. Миксоспоридии первой группы обычно проявляют невысокую ферментативную активность, лишь в некоторых случаях вызывая гистолит мышечной ткани вокруг цист.

В настоящее время эффективных средств, устраняющих влияние многостворчатых миксоспоридий нет. Только изучение миксоспоридий может существенным образом уменьшить ущерб, приносимый этими паразитами. В первую очередь, необходимо выявление возбудителей заболеваний. Выявить места очагов сильной зараженности и рыб, подверженных заболеванию. Это позволит указать места вылова рыбы, зараженной этими паразитами. При наличии сезонной зараженности рыб также можно рекомендовать наиболее благоприятные сроки вылова. В тех случаях, когда сильная зараженность какого-либо вида рыбы в данном районе сохраняется в течение всего года, можно рекомендовать использование этих рыб для других целей – кормовая мука и т.д. В данном случае массовый отлов зараженной рыбы, т.е. уменьшение плотности популяции, может оказаться средством «биологической мелиорации» рыб [6].

В 1973 г. в лаборатории технологической биохимии ТИПРО было проведено определение небелкового азота в мускулатуре тихоокеанского хека. Как известно, небелковые азотистые вещества является одним из компонентов, определяющим вкусовые качества рыбы. По данным исследования, содержание небелкового азота в мускулатуре зараженного хека несколько выше, чем у зараженного, т.е. у зараженного хека вкусовые качества несколько ниже [10].

Пораженная миксоспоридиями рыба внешне не отличается от здоровой, и при термической обработке жизнедеятельность их прекращается, поэтому даже при сильной зараженности обработанную рыбу можно использовать в технических целях.

При малой же зараженности миксоспоридиями рыба может быть пригодна в пищу.

Интенсивное замораживание не убивает миксоспоридий, а лишь временно останавливает разжижение тканей, после дефростации гистолит возобновляется и даже ускоряется. Рекомендуется рыбу, зараженную этими паразитами, замораживать сразу после вылова, и желательнее, чтобы дефростация была быстрой, и последующая термическая обработка должна проходить при высоких температурах (150–170 °С) [10].

Случаи развития многостворчатых миксоспоридий в организме человека пока не известны, поэтому для человека употребление заражённой миксоспоридиями рыбы в пищу не представляет опасности. У рыбы, пораженной миксоспоридиями, мышечная ткань изменяется по химическому составу за счет уменьшения количества белка и жира в сравнении с мышечной тканью здоровых рыб.

Возможность использования зараженного миксоспоридиями сырья в каждом отдельном случае решается из эстетических соображений – оценивается товарный вид. Следует избегать выбрасывания зараженной рыбы в море.

Библиографический список

1. Шульман С.С. Микоспоридии рода *Kudoa* (Multivalvulida Мухоспоридия) Атлантики // Проблемы зоологии. Л., 1976. С. 89–92.
2. Glichrist J.D. A protozoa parasite *Chloromyxum thyrsites* sp.n of the cape sea fish the snoek (*Thyrsites atum* Euph) // Transs Roy Soc.SAfr. 1924. Vol. 1. P. 263–273.
3. Forrester C.R. The relation of stosk dently to "milkenss" of lemon sole // Fish. Res. Board. Canada. Pac. Prog. Rept. 1956. No. 105. P. 11.
4. Patashnik K.M., Groninder N.S. Observation on milky condition in some Pasific coast fishes // J. Fish. Res. Board. Canada. 1964. Vol. 21, № 2. P. 335–346.
5. Arai J., Matsumoto K. On a new sporozoa *Hexacapsula neothunni* gen. et sp. nov. from the yellowfin tuna *Neothunnus macropterus* // J. Jap. Soc. Sci. Fish. 1953. № 18(7). P. 292–293.
6. Асеева Н.Л. Многостворчатые микоспоридии (Мухозоа, Multivalvulida) промысловых рыб Тихого океана // Водные биологические ресурсы северной части Тихого океана: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 80-летнему юбилею ФГУП «КамчатНИРО». КамчатНИРО. 2012. С. 509–515.
7. Kabata Z., Whitaker D.J. Two species of *Kudoa* (Мухоспореа: Multivalvulida) parasitic in the flesh of *Merluccius productus* (Ayres, 1855) (Pisces: Teleosti) in the Canadian Pacific // Can. J. Zool. 1981. Vol. 59, № 11. P. 2085–2091.
8. Юрахно В.М. Мировая фауна микоспоридий рода *Kudoa* (Мухоспореа, Kudoidae) // Современные проблемы теоретической и морской паразитологии: сборник научных статей / ред. К.В. Галактионов, А.В. Гаевская. Севастополь: Изд-ль Бондаренко Н.Ю., 2016. С. 13–10.
9. Aseeva N.L. New species of мухоспоридий from genus *Kudoa* (Мухозоа; Multivalvulida) found in muscles of some fishes of the Japan Sea // Vestnik zoologii. 2004. № 38. (2). P. 31–37.
10. Лосева А.В., Кизеветтер И.В. О влиянии микоспоридий на технологические свойства стрелозубых палтусов // Изв. ТИНРО. 1976. Т. 28. С. 8–9.

УДК 639.2.05

Олег Зинурович Бадаев

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: badayev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9797-7763

Павел Васильевич Калчугин

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), главный специалист, Россия, Владивосток, e-mail: pavel.kalchugin@tinro.ru

Возможность оперативного использования научно-промысловой информации на примере подзоны Приморье

Аннотация. Одной из причин низкого освоения промысловых рыб в подзоне Приморье является малоэффективная логистика поиска скоплений гидробионтов судами предприятий, ведущих прибрежный лов. Учетные траловые съемки научно-исследовательских судов могут служить источником важной краткосрочной промысловой информации для предприятий, занимающихся прибрежным рыболовством.

Ключевые слова: подзона Приморье, промысел, научные учетные съемки, поиск скопленных рыб, информация

Oleg Z. Badaev

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: badayev@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9797-7763

Pavel V. Kalchugin

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: pavel.kalchugin@tinro.ru

The possibility of operational use of scientific-fishery information on the example of the subzone of Primorye

Abstract. One of the reasons for the low development of aquatic biological resources in the Primorye subzone is the inefficient logistics of searching for accumulations of commercial hydrobionts by vessels of enterprises leading coastal fishing. Accounting trawl surveys of research vessels can serve as a source of important short-term fishing information for enterprises engaged in coastal fishing in the Primorye subzone. The purpose of the study: proposal for a logistics link to improve the efficiency of using operational information from research vessels by the fishing industry in the Primorye subzone.

Keywords: Primorye subzone, fishing, scientific accounting surveys, search for fish concentrations, information

Морской промысел в пределах российской зоны Японского моря имеет давнюю историю и играет немаловажную роль в социально-экономическом кластере страны [1, 2]. При относительно небольшом общем объеме рекомендованных к изъятию ВБР здесь обитает самое большое число видов промысловых гидробионтов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне.

В постсоветский период некоторые позиции в рыболовстве были сданы. Значительные и пока, как представляется, невосполнимые потери произошли с утратой масштабной промыс-

ловой разведки рыбы, которая была создана в СССР. Это выразилось в уменьшении объемов вылова и переработки, сокращении районов промысла, снижении численности рыбодобывающего флота. На основе результатов научно-исследовательских рейсов и промысловой информации, полученной в том числе наблюдателями на промысловых судах, составлялись месячные прогнозы ожидаемой промысловой обстановки по основным промысловым объектам (рыбам и беспозвоночным). Представленная в них информация позволяла до минимума сократить поисковый режим работы промыслового судна и в короткие сроки перейти к промыслу.

Изучению проблем рыболовства в подзоне Приморье уделяется немалое внимание [3, 4, 5, 6]. Однако исследования, как правило, ограничивались вскрытием проблемы без каких-либо практических, пусть даже узко тактических рекомендаций.

Целью настоящей работы является предложение логистического звена для повышения эффективности использования оперативной информации с научно-исследовательских судов рыбной промышленности в подзоне Приморье.

Название «камбалы» подаются в судовых суточных донесениях (ССД) из базы данных отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов (ВБР), наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов (ОСМ) и представляют собой группу видов *Limanda aspera*, *Cleisthenes herzensteini*, *Pseudopleuronectes herzensteini*, *Acanthopsetta nadeshnyi*, *Glyptocephalus stelleri*, *Hippoglossoides dubius*.

Использованы данные промыслового снюрреводного флота и учетных траловых станций НИС «Бухоро» в подзоне Приморье. При построении схемы добычи минтая *Theragra chalcogramma* и камбалы использованы те промысловые операции, которые проводились около ближайшей по координатам и времени (дата) траловой станции НИС.

Освоение промысловых объектов в подзоне Приморье находится на низком уровне (в среднем менее 20 % от научно рекомендованной величины изъятия) [6]. Значительный объем в ОДУ и РВ, а также в фактическом вылове среди рыб занимают минтай и камбалы [6]. Среди основных причин низкого освоения [6] в том числе можно назвать финансовые риски, связанные с поисковыми работами промысловых объектов силами малотоннажного и среднетоннажного флота при прибрежном рыболовстве. Организация рыболовства чаще имеет автономную (рейсовую) форму, когда судно выходит на промысел с береговой базы и по окончании лова на нее возвращается [6]. В зависимости от автономности плавания и условий промысла рейс может продолжаться от нескольких часов до нескольких суток.

Необходимое современное эффективное научное сопровождение деятельности рыбохозяйственного комплекса в пределах подзоны Приморье обеспечивается, прежде всего, филиалами отраслевого института ФГБНУ «ВНИРО» – ТИНРО и ХабаровскНИРО. Информационной основой для прогнозирования в большей части служат данные учетных съемок [7]. Учетные съемки в определенной мере могут служить промысловой разведкой. И не только показывая наличие промысловых концентраций или отсутствие видов ВБР, но и данные по состоянию среды (температура и т.д.). Рыбопромышленные организации могут оперативно использовать эту информацию для ориентирования своего промыслового флота.

Одними из самых значимых в подзоне Приморье промыслов являются добыча минтая и камбал [6]. Интенсивность этих промыслов (таблица) совпадает с их нерестом и может совпадать со временем проведения траловых учетных съемок.

На рис. 1–3 в качестве примера показаны распределение уловов добывающего снюрреводного флота на промыслах минтая и камбал и по данным одних из наиболее представительных траловых учетных съемок НИС «Бухоро» в подзоне Приморье осенью 2010 г. и весной 2015 г. [8, 9].

Если в подзоне Приморье есть ограничения по району промысла для минтая (глубины от 30 м и менее) и дальневосточных камбал (севернее мыса Золотой с 1 ноября по 30 апреля), то по срокам таких ограничений нет. Промысел минтая и камбал в регионе ведут круглогодично с разной интенсивностью, таблица.

Интенсивность промысла минтая и камбал в подзоне Приморье (среднеголетние 2000–2018 гг.) по месяцам, %

| Промысловый объект | Месяцы года | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
| Камбалы | 5.95 | 12.79 | 22.10 | 20.11 | 9.28 | 4.41 | 3.48 | 2.26 | 3.71 | 2.66 | 5.87 | 7.37 |
| Минтай | 2.93 | 5.02 | 10.45 | 15.10 | 23.72 | 13.46 | 3.75 | 2.33 | 3.32 | 7.51 | 7.36 | 5.05 |

Минтай в пределах подзоны Приморье распространен повсеместно. Весенний нерест происходит в районе залива Петра Великого в феврале-апреле на глубине 50–300 м [10, 11].

Капитаны рыболовных судов, выходящие на промысел в море, как правило, производят постановки орудий лова в тех местах, которые определены ими в результате многолетнего опыта (рис. 1, А). Но эта стратегия эффективна относительно. Формирование промысловых концентраций обусловлены как межгодовой изменчивостью в динамике численности и распределении сообщества nekтона [11, 12], в том числе минтая [10], так и динамикой гидрологического режима и других природных условий.

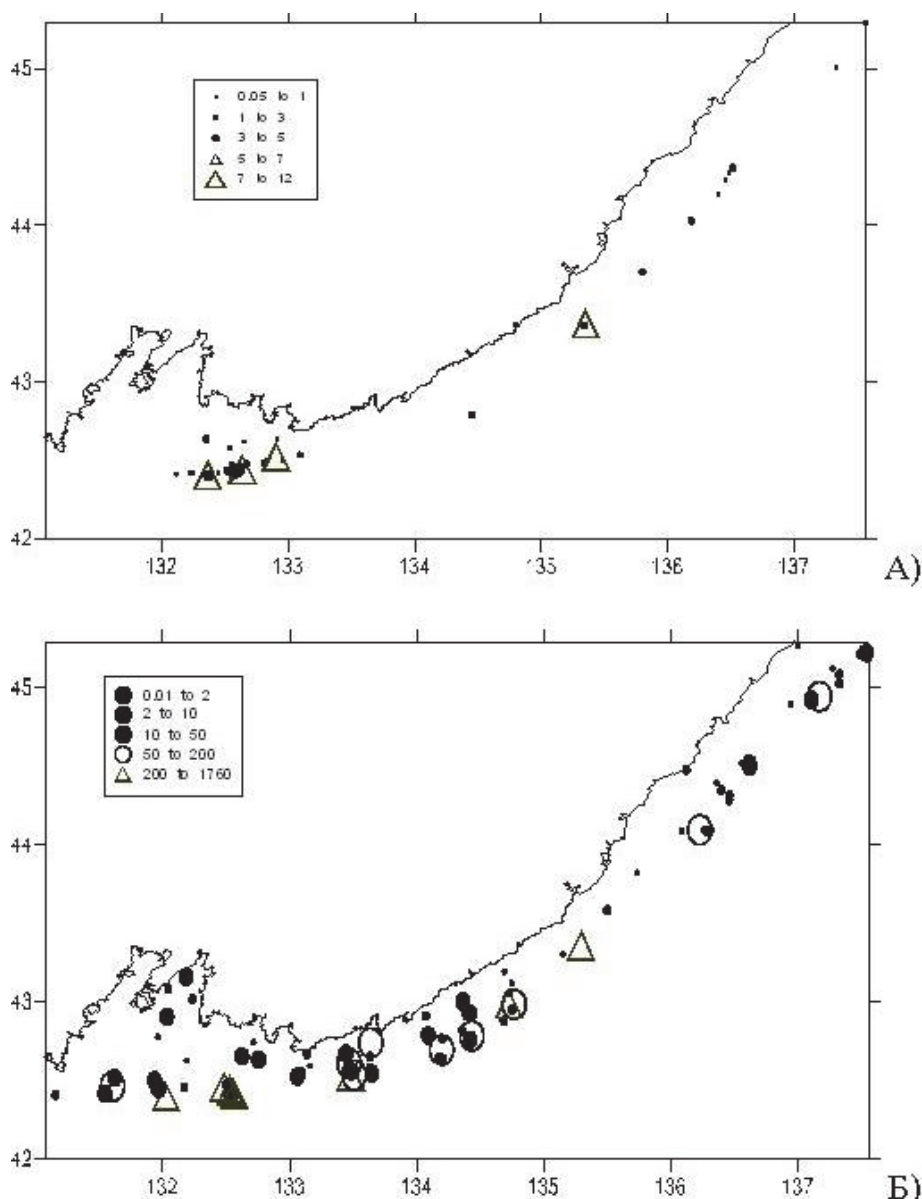


Рисунок 1 – Схема распределения уловов (только результативные промысловые операции) рыболовного флота на промысле минтая (тонн на судосутки) (А) и траловых учетных станций НИС «Бухоро» (кг/ч) (Б) 01.04–19.05.2015 г. в подзоне Приморье

Сравнение результатов показывает, что уловы рыболовных судов в большинстве случаев были невысокие. Высокие уловы отмечались лишь в тех районах, где по данным траловой учетной съемки наблюдались плотные скопления минтая (рис. 1, Б). В это время, судя по состоянию гонад рыб, взятых на биологический анализ, минтай подходил на нерест на изобаты менее 400 м, а после нереста рассредоточивался в процессе нагульных миграций, как следствие, изменялась концентрация на промысловых участках. Для сравнения приведены схемы распределения уловов промыслового флота и НИС «Бухоро» осенью 2010 г. (рис. 2).

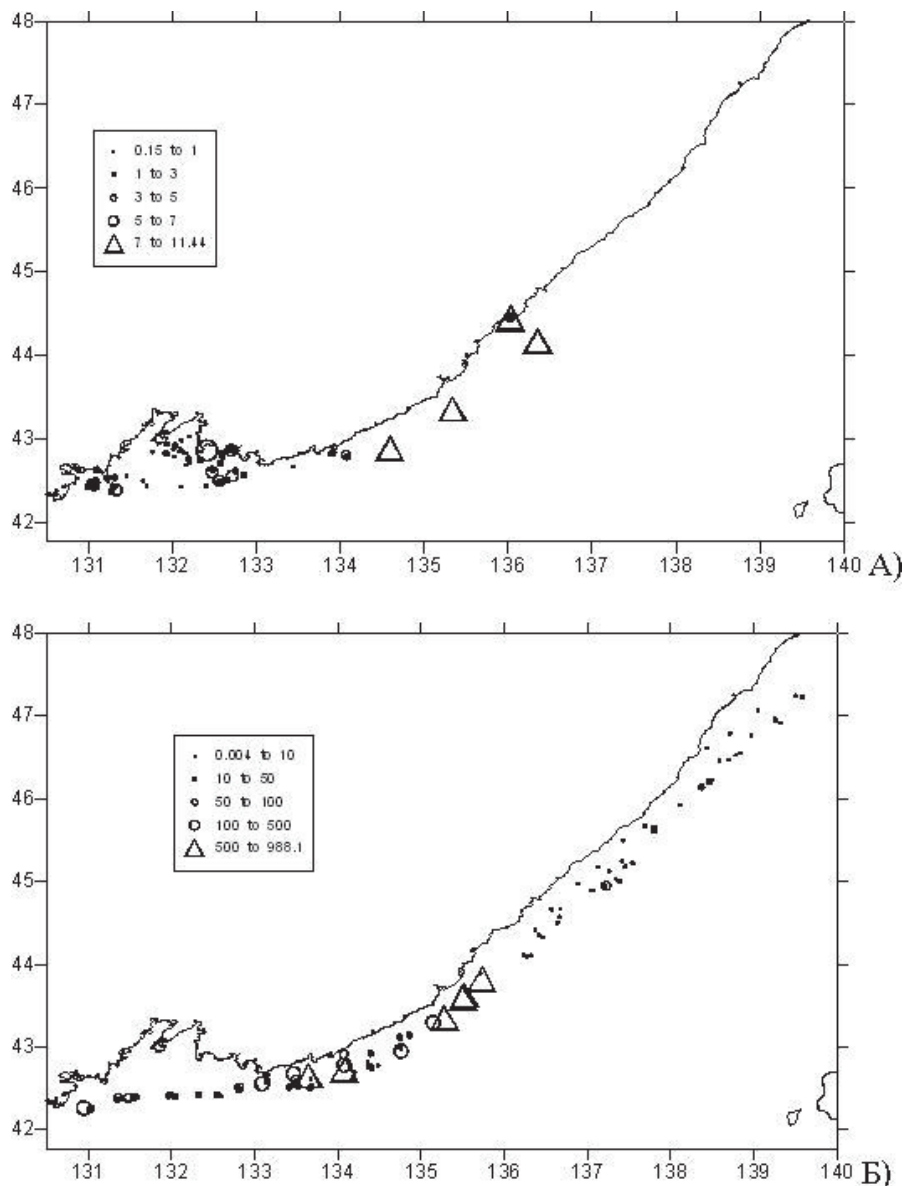


Рисунок 2 – Схема распределения уловов рыболовного флота (только результативные промысловые операции) на промысле минтая (тонн на судосутки) (А) и траловых учетных станций НИС «Бухоро» (кг/ч) (Б) 06.10–04.12.2010 г. в подзоне Приморье

Такое же положение касается промысла камбал (рис. 3). Для этой группы видов рыб характерны сезонные миграции [13]. Сроки миграций могут несколько сдвигаться в зависимости от гидрологического режима, складывающегося в конкретном году. Выходя на мелководье, камбалы рассеиваются и не образуют таких плотных скоплений, как в зимовальных ямах и во время миграций с зимовки.

Очевидно, что в случае поступления оперативной информации с учетных траловых станций на суда, которые ведут добычу водных биоресурсов, сократится количество промысловых операций на незначительных скоплениях и увеличится доля более результативных заметов.

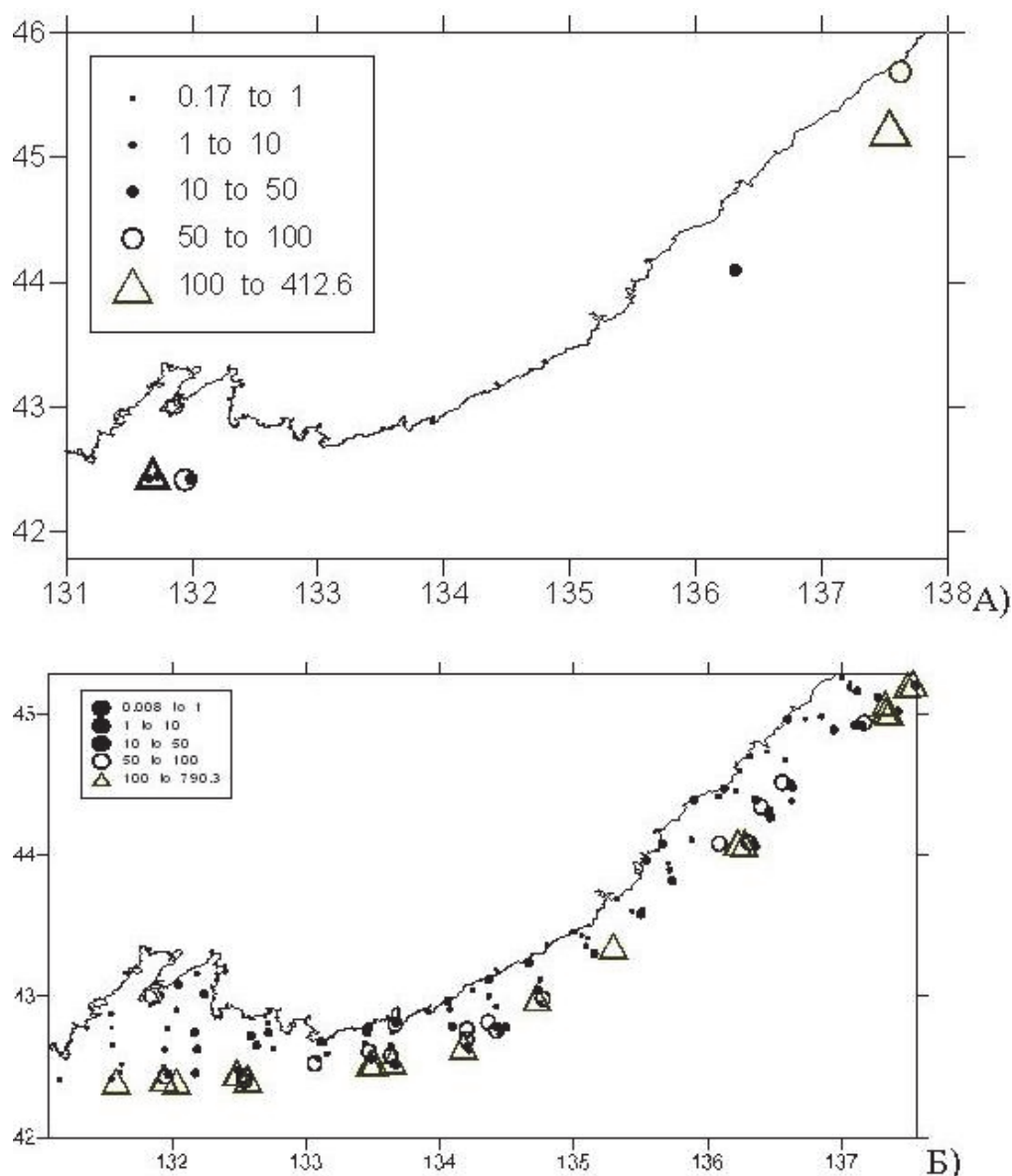


Рисунок 3 – Схема распределения уловов рыболовного флота (только результативные промысловые операции) на промысле камбал (тонн на судосутки) (А) и траловых учетных станций НИС «Бухоро» (кг/ч) (Б) 01.04–19.05.2015 г. в подзоне Приморье

Стареющий флот нуждается в обновлении. Для быстрого переоснащения большей части добывающего флота требуются значительные ресурсы, издержки финансовые и временные. В этот период предлагаемая мера может быть особенно актуальной, так как увеличивает вылов на единицу промыслового флота.

Расход топлива судна типа РС с главным двигателем 300 л. с. на переходе составляет 167 г л.с. / час или 50,1 кг / час [14]. Возьмем 5 ч как минимальное потерянное время для 1 судна, которое в день осуществляется на поиск и переход в более результативный район. За 5 ч расход топлива одним судном составит 0,25 т. Допустим, что не все суда находились на промысле и не все суда оказались в районе, где улов невысокий.

На промысле минтая и камбал в подзоне Приморье в 1999 г. было задействовано до 126 судов типа РС и 16 МРС [4]. Хотя структура флота и промыслов не претерпела значительных изменений на Дальнем Востоке России [15], отмечается некоторое уменьшение единиц флота в подзоне Приморье (рис. 4). Вполне допустимо, что судов с низким результатом на день было 25 единиц (без учета промысловых операций с нулевым уловом). Значит, общий расход топлива на нерезультативные переходы составит 6,25 т в день.

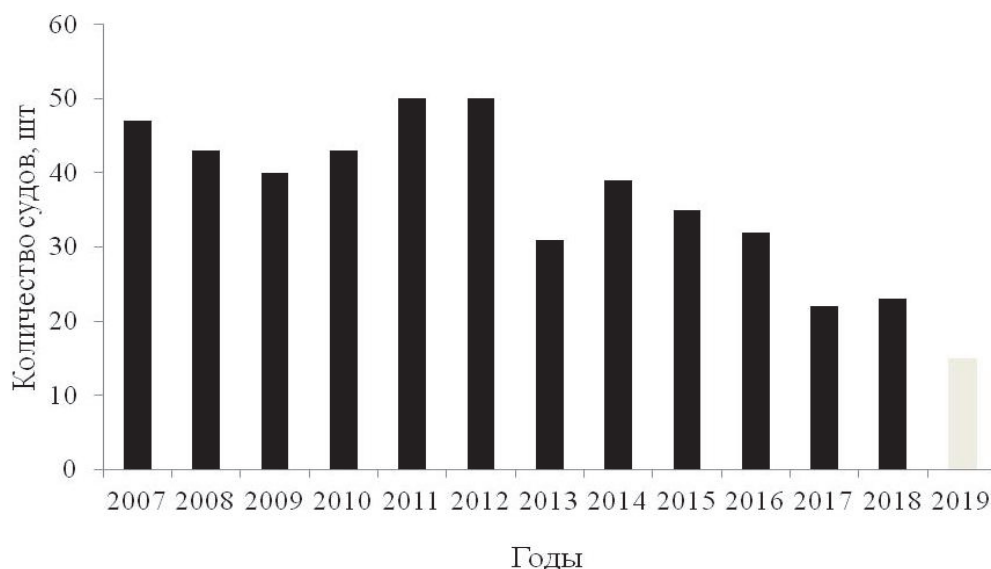


Рисунок 4 – Максимальное количество судов, выставяемых в месяц по годам (промысел минтая и камбал в подзоне Приморье, по данным ССД)

Результативно работать промысловый флот за счет привязки к скоплениям по данным учетных траловых съемок сможет в среднем в течение 10 дней. Следовательно, расход топлива в этот период на нерезультативные поиски флотом составит 62,5 т. При стоимости дизтоплива для бункеровки судов в 2019 г. около 50 тыс. руб./т¹ за 10 дней финансовые потери по топливу в результате нерезультативных поисков составят 3,125 млн руб.

Нахождение на промысле судна кроме топлива включает и другие значимые расходы, такие как зарплата, расход других ГСМ, питание экипажа, амортизационный износ, затраты топлива (причем повышенное) на мало результативные промысловые операции, в том числе поисковые работы и др.

Оперативными данными учетных съемок могут пользоваться не только суда, ведущие промысел минтая и камбал снюрреводами, и не только в исследуемом регионе. Оперативно обработанные в рыбохозяйственном институте данные могут иметь справочный характер не только по распределению уловов, но и биологическим характеристикам объектов: размерный и весовой состав, соотношение полов, состояние гонад, накормленность, линочная стадия, наполнение мышцами (ракообразные) и т.д.

Одним из важных ожидаемых положительных эффектов от оперативного использования рыбаками данных учетных съемок и иной оперативной информации может являться снижение выбросов ВБР. Например, на снюрреводном промысле в период 2004–2016 гг. в зоне Японское море выбросы малоценных или не поименованных в разрешении промысловых объектов в среднем составляли до 25 тыс. т в год [15]. Целенаправленные промысловые операции обеспечат уловы с большим содержанием желаемых биоресурсов. Снижение выбросов позволит компаниям, ведущим промысловую деятельность, проходить сертификацию промыслов.

Оперативная информация о сроках и изобатах формирования концентраций промысловых объектов, связанные с особенностями биологии (нерестом, нагулом и т.д.), позволит промышленникам наращивать необходимое количество промысловых единиц в необходимый период.

Информация с траловой съемки будет актуальной короткий период времени, в течение которого промысловое скопление может сохраняться. У разных видов оно различается от нескольких часов до нескольких суток. Дальше информация результатов съемки становится неактуальна, а если промысловое судно не успело «привязаться к скоплению», то теряется.

¹ Режим доступа: URL: <https://www.optom-toplivo.ru/catalog/dizelnoe-toplivo-dt-optom/> – дизельное топливо оптом в Приморском крае (дата обращения: 19.06.2019 г.).

Низкое освоение ВБР в подзоне Приморье связано с вопросами управления, в том числе организации промысла и использования научно-промысловой информации.

На примере снюрреводного промысла минтая и камбал в подзоне Приморье показано, что оперативное использование рыбопромысловым флотом информации, полученной с научно-исследовательских судов, проводящих учетные съемки, позволит:

- сократить время на поиски скоплений промысловых гидробионтов;
- обеспечить промысловые уловы на срок до 10 дней;
- повысить эффективность освоения ВБР;
- способствовать уменьшению выбросов ВБР.

Авторы выражают благодарность ведущему специалисту лаборатории промысловой гидроакустики, технологий лова Д.Л. Шабельскому за помощь в работе с базой данных ОСМ.

Библиографический список

1. Курмазов А.А. Прибрежное рыболовство Приморья – особенности развития // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127, вып. № 1. С. 3–19.
2. Христофорова Н.К. Дальний Восток России: природные условия, ресурсы, экологические проблемы. М.: Магистр, 2018. 832 с.
3. Дударев В.А., Байталюк А.А., Мокрин Н.М., Шелехов В.А. Современное состояние сырьевой базы рыболовства в северо-западной части Японского моря // Вопр. рыболовства. 2004. Т. 5, № 3(19). С. 405–417.
4. Жук А.П., Акулин В.Н., Мизюркин В.Н. и др. Сырьевая база промышленного рыболовства Приморья, ее освоение и предложения по обеспечению высокой результативности промысловой практики // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 160. С. 309–321.
5. Калчугин П.В., Соломатов С.Ф., Кобликов В.Н. Современное состояние рыболовства в подзоне Приморье и его перспективы // Рыб. хоз-во. 2015. № 2. С. 49–54.
6. Бадаев О.З., Болдырев В.З., Калчугин П.В. и др. Состояние водных биоресурсов и промысла в подзоне Приморье Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна // Рыб. хоз-во. 2020. № 3. С. 56-63. DOI: 10.37663/0131-6184-2020-3-56-63.
7. Планирование, организация и обеспечение исследований рыбных ресурсов дальневосточных морей России и северо-западной части Тихого океана / под ред. Л.Н. Бочарова, И.В. Мельникова. Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. 231 с.
8. Отчет рейсовый НИС «Бухоро» Японское море 05 октября – 06 декабря 2010 г. / Панченко и др. / № 26921. Архив ТИНРО. Владивосток, 2010. 142 с.
9. Отчет рейсовый НИС «Бухоро» Японское море 31 марта – 08 июля 2015 г. / Калчугин и др. / № 27813. Архив ТИНРО. Владивосток, 2015. 238 с.
10. Нуждин В.А. Минтай северо-западной части Японского моря – особенности биологии, размножения, промысел // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 53–73.
11. Шунтов В.П., Бочаров Л.Н., Волвенко И.В. и др. Атлас количественного распределения nekтона в северо-западной части Японского моря. М.: Изд-во ФГУП «Национальные рыбные ресурсы», 2004. 988 с.
12. Зверькова Л.М. Минтай. Биология, состояние запасов. Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. 248 с.
13. Дьяков Ю.П. Батиметрическое распределение и миграции камбалообразных рыб (Pleuronectiformes) в дальневосточных морях России // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2006. № 8. С. 54–84.
14. Флот рыбной промышленности. Справочник типовых судов. М.: Транспорт. 1990. 384 с.
15. Бадаев О.З. Прилов и выбросы на тралово-снюрреводных промыслах в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне // Вопросы рыболовства. 2020. Т. 21, № 1. С. 53–66.

Василий Владимирович Баринов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент кафедры «Промышленное рыболовство», кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: barinov.vv@dgtru.ru

Евгений Валериевич Осипов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, доцент кафедры «Промышленное рыболовство», кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: oev@mail.ru

**Возможности освоения промысла японского анчоуса (*Engraulis japonicus*)
в прибрежных водах подзоны Приморье**

Аннотация. Рассмотрены возможности освоения промысла японского анчоуса с применением акустических и световых полей для повышения плотности скоплений в зоне облова добывающего судна.

Ключевые слова: японский анчоус, пневмоакустическая система, светодиодные источники света, эффективность промысла

Vasily V. Barinov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: barinov.vv@dgtru.ru

Evgeniy V. Osipov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: oev@mail.ru

**Opportunities for developing the Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) fishery
in the coastal waters of the Primorye subzone**

Abstract. The possibilities of developing the Japanese anchovy fishery using acoustic and light fields to increase the density of aggregations in the fishing zone of the fishing vessel are considered.

Keywords: japanese anchovy, pneumoacoustic system, LED light sources, fishing efficiency

Перспективность освоения промысла японского анчоуса (*Engraulis japonicus*) обсуждается рыбохозяйственной наукой достаточно давно. Ареал распространения японского анчоуса обширный и охватывает Японское, Желтое, Восточно-Китайское моря, тихоокеанские воды Японии и Южных Курил [4, 6]. Запасы японского анчоуса (*Engraulis japonicus*) высоки, по данным ФАО ООН в 2020 г. продукция морского промышленного рыболовства по японскому анчоусу составила 970 тыс. т [8], что говорит о значительных запасах этого объекта промысла. Но в основном добыча анчоуса осуществляется такими странами, как Япония, Китай и Южная Корея и совсем не осваивается рыбодобывающими компаниями Российской Федерации, хотя запасы его значительны и в водах ИЭЗ России (подзона Приморье и тихоокеанская часть Южных Курил). Однако следует отметить, что крупные рыбодобывающие компании, ведущие промысел в исключительной экономической зоне России и по международным соглашениям, имеют для освоения массовый ресурс объектов промысла, обладающий большой добавочной стоимостью (минтай, сельдь, лососевые породы рыб, краб и т.д.), и не готовы идти на риски, связанные с освоением неиспользуемых водных биологических ресурсов,

к тому же без гарантированного спроса на данную продукцию на рынке. В то время как прибрежное рыболовство, в частности в Приморье, обладает достаточно ограниченной сырьевой базой, и вовлечение в оборот новых объектов промысла привело бы к повышению его экономической эффективности. О достаточно больших запасах японского анчоуса в прибрежных водах Приморья говорят массовые выбросы этого объекта на берег, наблюдавшиеся в октябре 2023 г.

В подзоне Приморье анчоус появляется сначала в конце мая – начале июня в заливе Посьета, в заливе Петра Великого – во второй половине июня сначала в Амурском заливе, а в июле его массовое распространение происходит в Уссурийском заливе и в августе анчоус наблюдается во всей нагульной части ареала, вплоть до южной части Татарского пролива, а иногда и севернее [2]. Непосредственный промысел анчоуса возможен при подходе плотных скоплений в аналогичном порядке: заливе Посьета (июнь); заливе Петра Великого, уже на всей акватории (июль, август), а также в Татарском проливе ближе к августу. В 50–60-е гг. осуществлялся экспериментальный промысел анчоуса ставными и кошельковыми неводами в Амурском и Уссурийском заливах: 1960 г. – 162,9 т, 1961 г. – 184,7 т, 1962 г. – 47,5 т, 1963 г. – 60 т, 1964 г. – 190 т. Однако из-за ряда организационных причин экспериментальный промысел не перерос в промышленную добычу [2].

В 2006 г. коллективом сотрудников Дальрыбвтуза и ТИПРО-Центра был выигран грант «Исследования и разработки методов и средств промысловой биоакустики в задачах интенсификации рыболовства», в рамках выполнения которого была поставлена задача разработки устройства по привлечению тихоокеанского кальмара и увеличения его концентрации в зоне облова добывающего судна, который также на тот момент не осваивался отечественными рыбаками. Реализации данного устройства была основана на принципе «хищник – жертва», где в качестве жертвы выступал японский анчоус, являющийся одним из основных объектов питания тихоокеанского кальмара.

Как многие пелагические стайные рыбы анчоус имеет протоки воздуха, связывающие плавательный пузырь с кишечником (*ductuspneumaticus*) и непосредственно с внешней средой (*ostiumgenitale*) посредством сфинктерных образований. Эти органы генерируют сигналы в акустическом диапазоне, которые позволяют осуществлять различное стайное взаимодействие анчоусов [1].

Для разработки устройства, основанного на бионическом принципе формирования акустических сигналов, сопровождающих жизнедеятельность анчоуса и имеющих сигнальное значение для тихоокеанского кальмара о наличии объекта питания, на первом этапе необходимо было зарегистрировать звуки анчоуса.

Исследования по акустическим сигналам анчоуса проводили в заливе Петра Великого на ставном неводе, рис. 1. Использовалось специальное калиброванное оборудование – акустический тракт (гидрофон ГИ-6, цифровой регистратор VY-H350), позволяющий осуществлять запись в диапазоне частот 100–10000 Гц [1, 3]. В ходе работ было выбрано 20 характерных и часто встречаемых сигналов анчоуса, для анализа фонограмм использовали специальную программу.



Рисунок 1 – Район расположения ставного невода [1]

На основе исследований был разработан специальный пневматический излучатель (ПИ), излучающий характерные сигналы анчоуса, который состоял из 10 излучателей для создания стай. Проведенные эксперименты показали увеличение улова анчоуса в ставном неводе на 275 % при применении ПИ.

В ходе дальнейших испытаний на промысле кальмара в 2009 г. на судне РБ-036 в заливе Петра Великого использовался эхолот ЕУ-60 (частота 70 и 120 кГц) [1]. На рис. 2 представлена эхограмма, показывающая увеличение плотности скопления анчоуса, сделанная в районе бухты Тихая при включении пневмоакустической системы (ПАС), состоящей из ПИ, имитирующих акустические сигналы анчоуса. Как видно из эхограммы, при включении ПАС происходит резкое увеличение концентрации анчоуса вблизи судна.

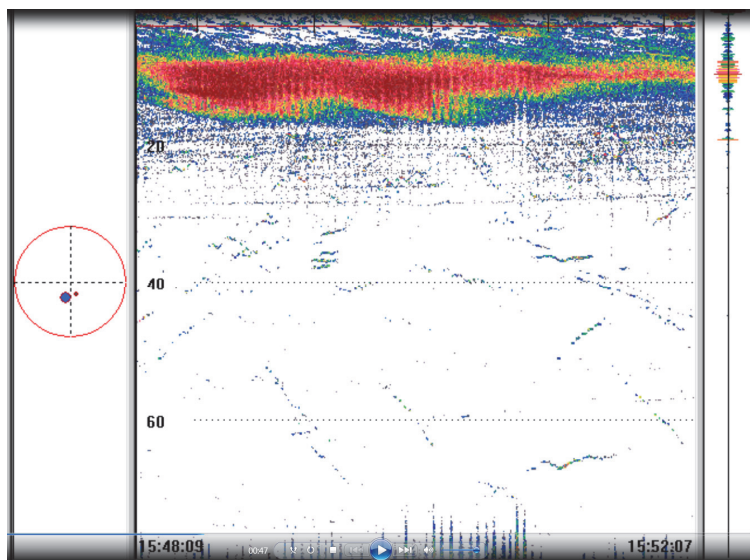


Рисунок 2 – Реакция анчоуса на акустические сигналы пневмоакустической системы

Анчоус, как и многие другие пелагические рыбы, обладает хорошей положительной реакцией на свет [7]. Успешный промысел анчоуса с применением искусственного светового поля ведется в Японии [5]. Технология заключается в следующем: используется 3 судна, одно из них представляет подсветчик, оборудованный светодиодными источниками света и предназначенный для концентрации анчоуса вблизи судна, два других – добытчики, ведущие облов кошельковыми неводами (рис. 3). Применение светодиодных источников света позволяет уменьшить промысловые затраты.



Рисунок 3 – Судно-подсветчик, оборудованное светодиодными люстрами

Светодиоды излучают свет зеленого спектра, так как этот диапазон световой энергии находится в зоне максимальной чувствительности глаза рыбы. После того как рыба сконцентрирована вокруг судна-подсветчика, добытчик совершает замет кошелькового невода, а подсветчик уходит работать со вторым судном. Так как анчоус является рыбой небольшого размера, и стенка, и сливная часть невода изготавливаются из мелкоячеистой дели. Для

уменьшения объёмов сачного полотна анчоус концентрируют в центральной части обменного пространства с помощью робота, оборудованного светодиодным светильником зеленого спектра (495 нм) излучения (рис. 4, 5).

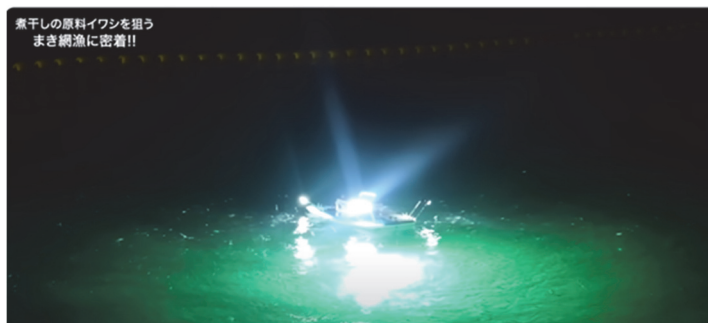


Рисунок 4 – Робот, концентрирующий анчоус в центральной части обменного пространства кошельковым неводом

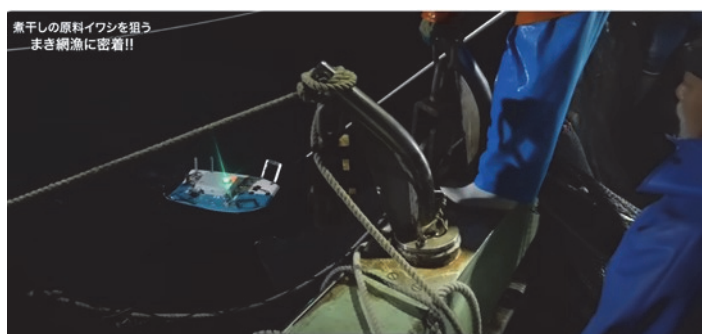


Рисунок 5 – Подъем робота на борт судна

В результате вышеизложенного можно сделать вывод, что применение средств интенсификации промысла, таких как пневмоакустическая система, имитирующая звуки анчоуса, и искусственное световое поле, создаваемое светодиодными источниками света (а лучше совместное использование обоих стимулов), позволяет увеличить уловы, а следовательно, повышает эффективность промысла.

Библиографический список

1. Баринов В.В. Совершенствование технологии промысла тихоокеанского кальмара: дис. ... канд. техн. наук по специальности 05.18.17. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. 158 с.
2. Василенко А.В., Шершенков С.Ю. Анчоус Японского моря: перспективы освоения промыслом // Рыб. хоз-во. 1997. № 6. С. 36–39.
3. Кузнецов М.Ю. Обоснование параметров акустических стимулов для дистанционного воздействия на поведение тихоокеанского кальмара и технологии его лова с использованием звука // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 162. С. 278–291.
4. Полутов И.А. Теплолюбивые рыбы у берегов Камчатки // Природа. 1954. № 3. С. 99.
5. Промысел анчоуса в Японии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=JtNANHjp46M>.
6. Линдберг Г.У. О нахождении иваси и анчоуса на Камчатке // Природа. 1935. № 5. С. 47–48.
7. Сидельников И.И. Добыча тихоокеанских рыб и кальмаров на свет. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. 136 с.
8. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2022. На пути к «голубой» трансформации. Рим: ФАО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.4060/cc0461ru>.

УДК: 639.2.053.7:597.556.333.7

Николай Анатольевич Барковский

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, соискатель, Россия, Москва, e-mail: barkassik1966@mail.ru

Ольга Юрьевна Вилкова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, Россия, Москва, e-mail: ovilk@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2303-744X, Web of Science: HKN-8769-2023, РИНЦ: 848040

Межгодовая динамика уловов аборигенных кефалей в Азовском море

Аннотация. С 2019 по 2022 гг. наблюдались смещение сроков интенсивности сезонных миграций и устойчивая тенденция падения уловов кефалей в Азовском море. Анализ межгодовой динамики уловов, экологических факторов и биологических особенностей поведения рыб позволит заблаговременно планировать рыбный промысел с корректировкой индивидуальной квоты добычи (вылова) рыбодобывающих предприятий.

Ключевые слова: кефали, Азовское море, вылов, сезонные миграции

Nikolay A. Barkovsky

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Degree Applicant, Russia, Moscow, e-mail: barkassik1966@mail.ru

Olga Yu. Vilkova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD in Geography, Russia, Moscow, e-mail: ovilk@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2303-744X, Web of Science: HKN-8769-2023, RSCI: 848040

Interannual dynamics of catches of native mullet in the Sea of Azov

Abstract. A shift in the timing and intensity of seasonal migrations and a steady downward trend in mullet catches in the Sea of Azov were observed from 2019 to 2022. Analysis of the interannual dynamics of catches, environmental factors and biological characteristics of fish behavior made it possible for fishing enterprises to plan fishing in advance with adjustments to the individual quota of catch.

Keywords: mullet, Sea of Azov, catch, seasonal migrations

Введение

Для эффективного осуществления рыболовства, как и для любого производства, важно заблаговременное планирование: заключение договоров пользования и оплата заявленных квот вылова, подготовка нужного количества орудий лова, плавсредств, подбор состава рыболовцевой бригады, подготовка к хранению и реализации продукции – контракты с приемщиками. При планировании учитываются объем желаемых уловов, величина которых прогнозируется исходя из материально-технических возможностей рыбодобывающей организации (колхоза, артели, бригады, индивидуального предпринимателя) и установленного для рыбохозяйственного бассейна объема общего допустимого улова или рекомендованного вылова (РВ) водного биологического ресурса. Однако на реальный результат промысла влияют как глобальные, так и локальные изменения экологических условий и связанные с ними осо-

бенности поведения рыб. Своевременное выявление таких изменений позволяет минимизировать материальные потери в ходе рыбопромысловых операций, в том числе корректировать индивидуальную квоту вылова.

В качестве объекта исследования выбраны аборигенные кефали Азово-Черноморского бассейна – лобан *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758), сингиль *Liza aurata* (Risso, 1810) и остронос *Liza saliens* (Risso, 1810).

Кефали ещё со времен Древней Греции были объектом прибрежного промысла в Азово-Черноморском бассейне. В настоящее время основными промысловыми видами Азовского моря являются бесспорные лидеры по объему вылова – хамса и тюлька, за ними следуют бычки и вселенец из Дальневосточного региона пиленгас *Planiliza haematocheila* (Temminck et Schlegel, 1845), удачно акклиматизированный в начале 1980-х гг. в Азовском море и хорошо адаптировавшийся в новых условиях. Основное внимание рыбохозяйственной науки направлено на изучение и оценку запасов именно этих видов. Между тем аборигенные кефали обладают весьма деликатесными вкусовыми качествами и, что важно, являются традиционной пищей населения прибрежных районов и зачастую значительно уступают в цене привозным видам рыбной продукции из других регионов. Как исторически, так и в настоящее время лов кефалей осуществляется в прибрежной зоне моря волокушами, закидными кефалевыми неводами (аламанами), ставными и обкидными одностенными сетями, ставными неводами, подъемными заводами, кольцевыми неводами, а также методом лова «на рогожку». Таким образом, с применением стационарных и маломобильных орудий лова эффективный лов кефалей возможен только на миграционных путях кефалей в определенные сезоны. Последние годы наблюдается смещение сроков и интенсивности миграций кефалей, что негативно отражается на величине их уловов.

Цель нашего исследования – оценить возможность реализации рекомендованного для коммерческого лова научно обоснованного объема вылова аборигенных кефалей в Азовском море, включая Керченский пролив, Таманский и Динской заливы, на фоне изменяющихся параметров водной среды. Задачи исследования – оценка тенденции изменений уловов кефалей в Азовском море и возможного влияния на них факторов среды.

Материалы и методы

При анализе динамики уловов использована информация, доступная на официальном сайте Росрыболовства [1], данные Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства, Статистического сборника АзНИИРХ [2], а также данные вылова рыболовецких бригад, расположенных в Таманском заливе и Керченском проливе, в том числе собственные данные. Вылов рыболовецкими бригадами осуществляется в сроки и орудиями лова, разрешенными Правилами рыболовства: в Азовском море – в соответствии с новой редакцией Правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна – с 1 июня по 19 августа и с 10 сентября по 31 декабря [3]. Вес улова учитывается только по весу промысловых особей, без прилова; особи непромыслового размера выпускаются из орудий лова.

Результаты

Аборигенные виды кефалей являются единой единицей запаса в Азово-Черноморском бассейне. Процентное соотношение отдельных видов кефалей в уловах может меняться в зависимости от погодных условий. Несколько раз в год в определенные сезоны они совершают миграции из Чёрного моря в Азовское и обратно – нерестовые, кормовые, на зимовку [4]. Для нереста кефалям важна плотность воды, позволяющая удерживать икру в верхнем слое пелагиали, и температура воды не менее 16 °С. После зимовки в Чёрном море по мере прогрева азовской воды с середины марта по начало мая кефали через Керченский пролив заходят в высокопродуктивное Азовское море для нагула. При этом часть их стай идет открытым морем, не приближаясь к берегам, а другая часть движется вблизи берега, задерживаясь в бухтах и за отдельными мысами. Эти прибрежные косяки доступны для облова [там же]. В первой декаде июня начинается нерестовая миграция в обратном направлении, из Азовского

в более солёное Чёрное море. Нерестовая миграция лобана проходит по мере созревания половых продуктов рыб, поэтому этот этап растянут на несколько месяцев [4, 5]. Сингиль же идёт более массово – плотными косяками. После нереста рыбы совершают обратную, трофическую, миграцию в Азовское море, где быстро набирают вес перед зимовкой. Кефали – преимущественно детритофаги, ранняя молодь рыб в ряде случаев может питаться нейстоном, потому эта трофическая группа особенно чутко реагирует на загрязнение воды, отражающееся на составе и количестве кормовых объектов нейстона. С приходом холодов, когда температура воды падает ниже 8 °С, кефали перестают питаться, группируются в косяки и совершают миграцию в Чёрное море к местам зимовки. Зимовка проходит в бухтах и местах со слабым течением. Лов кефалей осуществляется именно в момент миграций, на их путях. В другое время скопления рыб рассеяны, что делает промысел малоэффективным.

С 2019 г. наблюдаются нарушения в миграциях кефалей (смещаются их сроки и интенсивность) и существенное снижение уловов этих рыб на фоне благополучной ситуации с запасом кефалей в целом и высоким уровнем РВ. Квоты пользователей, осуществляющих промысел в Керченском проливе и Таманском заливе этих водных биологических ресурсов, выбираются не более чем на 50 %. В качестве примера приведён вылов успешного рыбодобывающего предприятия, расположенного в Таманском заливе (рис. 1). До 2021 г. индивидуальные квоты полностью осваивались, и рыбаки покупали дополнительные квоты. С 2021 г. на фоне описанной изменяющейся экологической ситуации ожидания промысловиков и приобретенные высокие квоты не оправдываются. При этом состояние запаса кефалей не вызывает опасений.

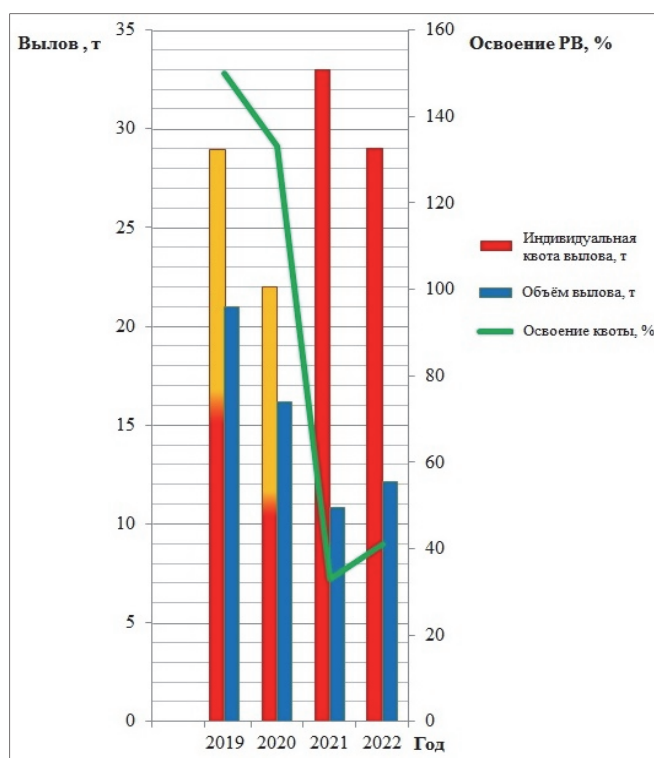


Рисунок 1 – Вылов кефалей отдельного взятого Индивидуального предприятия «ИП Коваль» в Таманском заливе. Желтым цветом обозначена дополнительно приобретенная квота. Освоение рассчитано с учетом первоначальной квоты

Согласно статистическим данным [1, 2] в 2006–2022 гг. азовский вылов кефалей находился в диапазоне 7,7–357,5 т (рис. 2). В целом плавно положительный тренд вылова кефалей достиг пика в 2018 г. при величине 357,5 т и уже в 2019 г. сменился устойчиво отрицательным. На пике вылова освоение этого ресурса в 2,5 раза превышало первоначально установленный объем рекомендованного вылова. Объем ресурса позволял приобретать рыбакам

дополнительные квоты. В первый момент смена трендов вылова была не критична и едва заметна. В следующие же годы уловы упали практически на порядок: если в 2019 г. азовский улов кефалей упал в два раза по сравнению с пиковым 2018 г. – до 134 т, то уже в 2022 г. это падение достигло 4-кратного уменьшения – до менее 90 т. При этом объем РВ по инерции существенно увеличивался, достигнув к моменту минимума вылова 2-кратного превышения над реальной величиной вылова (с учётом черноморского вылова). Примерно сходная картина наблюдается и с уловами в Чёрном море. С 2021 г. устанавливается общий для Чёрного и Азовского морей объём РВ, поэтому затруднительно определить превышение величины РВ над выловом кефалей отдельно в Азовском море. В 2021 г. вылов кефалей в Азовском море составил всего 81,0 т, в 2022 – 89,5 т.

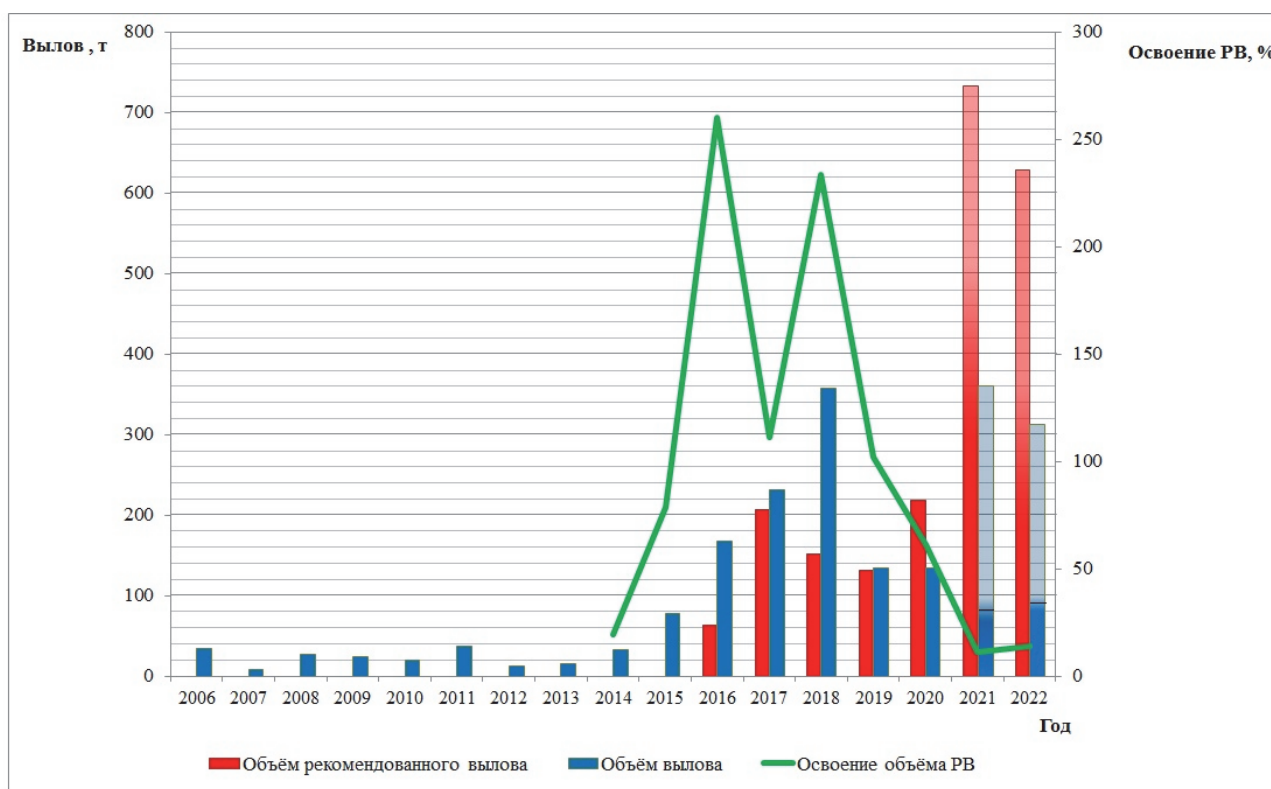


Рисунок 2 – Динамика объема уловов, величины рекомендованного вылова и освоения кефалей в Азовском море*

*Примечание. Учитывается суммарный вылов кефалей предприятиями Краснодарского края, Ростовской области и Республики Крым. Объёмы РВ и вылова на 2021 и 2022 гг. – суммарные для Чёрного и Азовского морей, что обозначено осветлением цветов рядов данных [Источник: 1, 2].

Обсуждение

В обозримом прошлом уловы кефалей в Азовском море никогда не отличались значительными объемами. Основная доля вылова исторически приходилась на черноморское побережье и северо-причерноморские лиманы [6]. Уловы 2017 и 2018 гг. в Азовском море можно назвать рекордными. На изменение миграций и динамику уловов рыб в современных условиях влияет ряд факторов, среди которых изменение сезонных температур воды, теплая затяжная осень, повышение солёности Азовского моря, загрязнение поверхностного слоя морской толщи, гидротехническое строительство, пресс хищников. Резкое падение уловов кефалевых рыб также могло стать следствием их недавней чрезмерной эксплуатации. Кроме того, период падения уловов совпадает с периодом бурного развития популяции медузы корнерота *Rhizostoma* sp. Этот желетельный макропланктон плотно заполняет рыболовные сети, препятствуя попаданию в них рыбы.

С 1980-х гг. по Черноморско-Каспийскому региону отмечается статистически значимое потепление в летний сезон, тесно связанное с ростом температуры поверхности морей [7]. Кефаль на зимовку уходила в более теплое Чёрное море, но, по-видимому, интенсивный летний прогрев Азовского моря и относительно мягкий осенне-зимний период, что отмечается последние несколько лет, позволяют ей здесь задерживаться и смещать на более поздний срок, замедлять или вообще не совершать зимнюю миграцию. Повышение солёности (а следовательно, и плотности) воды Азовского моря, значение которой достигает последние годы 14 ‰, а в Керченском проливе – 17 ‰ [8, 9], может спровоцировать нерест кефали непосредственно в местах нагула, что также нарушит нормальный ход нерестовой миграции, но при этом во время существенного осенне-зимнего понижения температуры воды мелководного Азовского моря личинку ожидает летальный исход. Эта гипотеза требует подтверждения. Пульсирующий характер миграций может быть связан с этологией кефалей. Стада кефалей предпочитают перемещаться ночью или во время штормов, чтобы избежать попадания в пасть хищникам – дельфинам; в другое время они приостанавливают миграцию, рассеиваются и пережидают в безопасных местах. Наиболее уязвимы рыбы во время прохождения пролива в районе острова Тузла – между островом и косой Тузла и между островом и мысом Павловский на Крымском берегу. Ширина проходов здесь составляет, соответственно, чуть более 1 км и 3 км. Именно здесь проходит Крымский мост. В ночные часы мост ярко освещен. Реакции рыб на светотени полноценно не изучены, поэтому в качестве рабочей гипотезы можно рассматривать следующее. Рыбы, совершающие миграции преимущественно ночью, могут воспринимать падающую на воду тень от моста непреодолимым препятствием и рассеиваться в ожидании благоприятных условий для продвижения (на боязни тени основан лов кефалей «на рогожку»). Наиболее благоприятное условие в этом случае – шторм, защищающий рыбу и от хищников, и от рыбаков. Во время штормов промышленный лов кефали не осуществляется: снимаются ставные невода, не выставляются ставные сети, не выходят в море маломерные суда. Косяки рыб, перемещающихся в шторм, не облавливаются.

Заключение

Несмотря на оптимистичные научно обоснованные прогнозы величины запаса кефалей в Азово-Черноморском бассейне и высокий уровень их рекомендованного вылова, динамика уловов кефалей в Азовском море показывает устойчивый тренд на их снижение. Причиной, снижающей эффективность лова рыбы, служит совокупность факторов: положительные аномалии температуры азовской воды в летний период, затяжная тёплая осень, повышенная солёность моря, близкая к черноморской, что смещает сроки миграций; аномальное развитие популяции медузы, забивающей рыболовные сети; отсутствие адаптаций у кефалей к новым условиям искусственной освещенности миграционного канала, что вносит сбой в ночные миграции. Заблаговременное планирование рыбного промысла и приобретение индивидуальной квоты добычи (вылова) для осуществления рыболовства должно опираться не только на рекомендованные объемы добычи (вылова), но и на экологические и биологические предпосылки. Анализ факторов, влияющих на современный промысел кефалей, и отсутствие перспектив их устранения приводит к выводу о целесообразности снижения планируемых индивидуальных объемов добычи (вылова) кефалей в Азовском море в ближайшей перспективе.

Библиографический список

1. Сведения об улове рыбы и добыче других водных биоресурсов. URL: <https://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika/>.
2. Уловы, запасы и искусственное воспроизводство водных биологических ресурсов, производство продукции аквакультуры в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне (2006–2015 гг.): статистический сборник / отв. ред. В.Н. Белоусов. Ростов-на-Дону: Минитайп, 2020. 128 с.
3. Правила рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна. 2020 [Электронный ресурс]. <https://sudact.ru/law/prikaz-minselkhoza-rossii-ot-09012020-n-1/pravilar-ybologvstva-dlia-azovo-chernomorskogo-rybokhoziaistvennogo/>.

4. Березин Н., Миндер Р., Печеник Л., Тараненко Н. Черноморская кефаль. Симферополь: Крымиздат, 1950. 54 с.
5. Васильева Е.Д. Рыбы Чёрного моря. Определитель морских, солоноватоводных, эвригаллиных и проходных видов с цветными иллюстрациями, собранными С.В. Богородским. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 238 с.
6. Шекк П.В. История и современное состояние кефалеводства в Северном Причерноморье // Изв. Музейного фонда имени А.А. Браунера. 2004. Т. 1, № 2. С. 1–10.
7. Торопов П.А., Алешина М.А., Семенов В.А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет // Вестник Московского университета. 2018. Серия 5: География. № 2. С. 67–77.
8. Кочергин А.Т., Жукова С.В., Малыгин Е.Ю. Межгодовая изменчивость солености и вертикальной термохалинной устойчивости в различных районах Азовского моря в летний период 1992–2016 гг. // Системы контроля окружающей среды. 2018. № 11(31). С. 63–68.
9. Отчет о научно-исследовательской работе в рамках исполнения государственного задания № 076-00005-20-02 на 2020 г. (заключительный) / Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («АзНИИРХ»). Ростов-на-Дону, 2020. 400 с. Инв. № 9150-р.

УДК 664.952

Татьяна Марьяновна Бойцова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, профессор, профессор кафедры «Промышленное рыболовство», доктор технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: boytsova.tm@dgtru.ru, SPIN-код: 2275-3434, Author ID: 277337, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-0626>, ResearcherID: AАН-9587-2021, Scopus Author ID: 57222147839

Ирина Сергеевна Сычева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистрант кафедры «Промышленное рыболовство», Россия, Владивосток

Восточно-Камчатская зона промысла минтая – пути повышения эффективности

Аннотация. Представлены данные по промышленной добыче минтая в Восточно-Камчатской зоне. Проведен анализ степени освоения квот за период 2015–2020 гг. Даны рекомендации по рациональному и эффективному использованию уловов.

Ключевые слова: промышленная добыча, минтай, квоты, степень освоения, эффективное использование

Tatiana M. Boitsova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Professor, Professor of the Department of Industrial Fisheries, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: boytsova.tm@dgtru.ru, SPIN-code: 2275-3434, Author ID: 277337, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1717-0626>, ResearcherID: AАН-9587-2021, Scopus Author ID: 57222147839

Irina S. Sycheva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's degree student of the Department of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok

East Kamchatka pollock fishing zone – ways to improve efficiency

Abstract. Data on industrial pollock production in the East Kamchatka zone are presented. The analysis of the degree of development of quotas for the period 2015–2020 is carried out. Recommendations on the rational and efficient use of catches are given.

Keywords: industrial mining, pollock, quotas, degree of development, effective use

Рыбодобывающая деятельность – многогранный процесс, который включает организацию, планирование и управление, технологию добычи, обработку и реализацию ВБР. На современном этапе развития отечественного рыболовства имеются проблемы в работе каждого из этих разделов, особенно в освоении ресурсного потенциала промысловых зон добывающим флотом, в силу устаревающих судов, не достаточной оснащенности их современным оборудованием для добычи и переработки. Это негативно влияет на собственную производственную деятельность и сдерживает общее развитие всего рыбохозяйственного комплекса.

Для совершенствования и дальнейшего развития рыбохозяйственной деятельности в принятой Правительством «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» обозначены основные направления по освоению новых объектов промысла, развитию прибрежного рыболовства, применению принципов рацио-

нального и комплексного подхода к переработке водного биологического сырья, обеспечению населения свежими и качественными продуктами на его основе [1].

Успешной реализации задачи по развитию рыболовства и достижения целевых показателей будет способствовать создание эффективной системы по достижению сбалансированности между количественными и качественными показателями процесса от добычи до реализации.

Одна из 6 промысловых зон Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна – Восточно-Камчатская зона – состоит из двух подзон: Карагинской и Петропавловско-Командорской [2]. Эта зона относится к определяющей для Дальневосточного региона по добыче минтая. Исследования, проводимые в зоне по степени освоения и реализации минтая, относятся к актуальным.

Для проведения исследований важно рассмотреть ведение промышленной добычи минтая с учетом промысловой доступности, ресурсного потенциала зоны за период 2015–2020 гг. При этом необходимо учитывать, что минтай относится к ОДУемым объектам промысла, поэтому важно выявление количественных и качественных показателей по вылову и освоению минтая в «Восточно-Камчатской зоне Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна». Цель работы – изучить пути повышения эффективности освоения ресурсного потенциала, в том числе рационального использования сырья, и развития промысловой системы «Восточно-Камчатская зона».

Минтай (*Theragra chalcogramma*) – придонно-пелагическая холодолюбивая рыба семейства тресковых. Наибольшее распространение получил в северной части Тихого океана. Максимальная длина тела 91 см, масса 5 кг; максимальная продолжительность жизни 15 лет [3].

Эта рыба обитает в холодной воде (2–9 С) и предпочитает глубины 200–300 м, но может мигрировать на глубины 500–700 м. В период нереста минтай встречается на мелководье 50–100 м глубиной. Нерестовые скопления минтая очень плотные. Начало нереста варьируется в разных частях Тихого океана.

Промышленная добыча минтая ведётся тралами. При этом уловы минтая и размеры пойманной рыбы зависят от урожайности поколений, состояния популяций и сезона лова. В зоне РФ минимальный промысловый размер – 35 см [4].

В Восточно-Камчатской зоне объемы вылова минтая представлены на рис. 1.

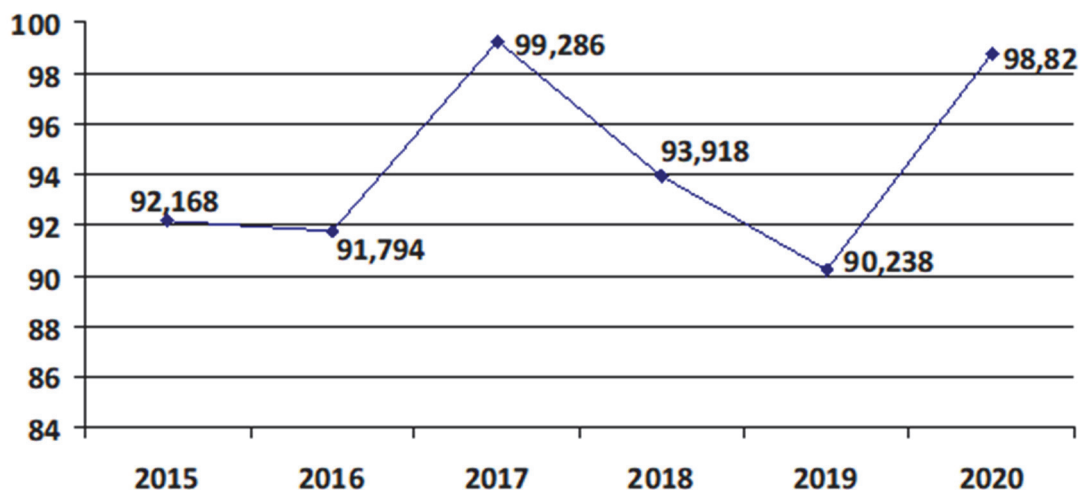


Рисунок 1 – Объемы вылова минтая в Восточно-Камчатской зоне в период 2015–2020 гг., тыс. т

Из представленных данных (рис. 1) видно, что в исследуемый отрезок времени в данной зоне наблюдалась волнообразная динамика объемов вылова. Так, в период с 2015 г. по 2016 г. произошло незначительное понижение объемов добычи с 92,168 тыс. т до 91,794 тыс. т, в 2017 г. – рост до 99,286 тыс. т, а в период 2017–2019 гг. отмечено резкое падение объемов добычи до 90,238 тыс. т, в 2020 г. объемы увеличились, приблизившись к показателю 2017 г.,

и достигли 98,82 тыс. т [5, 6]. В общем сложилась устойчивая тенденция повышения объемов добычи в исследуемый период наблюдения.

Эффективность работы любой системы, особенно имеющей тенденции к развитию, нельзя оценивать только по достижению количественных результатов. Важный и часто решающий фактор, характеризующий систему с точки зрения повышения эффективности ее работы – это показатель степени освоения сырьевых ресурсов – обозначенных как ОДУ. Степень освоения ОДУ за период 2015–2020 гг. в среднем находилась на уровне 97 % (таблица) [7, 8, 9, 10, 11, 12].

Объемы ОДУ, степень освоения квот минтая в Восточно-Камчатской зоне за период 2015–2020 гг.

| Объект | Год | ОДУ, тыс. т | Объем вылова, тыс. т | Степень освоения ОДУ, % |
|--------|------|-------------|----------------------|-------------------------|
| Минтай | 2015 | 94,6 | 92,168 | 97 |
| | 2016 | 96 | 91,794 | 96 |
| | 2017 | 102,5 | 99,286 | 97 |
| | 2018 | 96,1 | 93,918 | 98 |
| | 2019 | 91,7 | 90,238 | 98 |
| | 2020 | 103,2 | 98,820 | 96 |

Согласно исследованию производственных мощностей добывающего флота, осваивающего ресурсный потенциал минтая Восточной Камчатки в 2015–2019 гг., основными производственными единицами являлись следующие типы добывающего флота: БМРТ – большие автономные рефрижераторные траулеры; БМРТ – большие рефрижераторные рыболовные траулеры; РС – рыболовные сейнеры; СРТМ – средние рефрижераторные рыболовные траулеры; СТР – рефрижераторные сейнеры-траулеры; СЯМ – средние рефрижераторные ярусоловы; МРС – малые рыболовные сейнеры; МДС – малые добывающие суда; РТМС – рефрижераторные рыболовные траулеры (супертраулер); СДС – средние добывающие суда (рис. 2, 3).

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод, что в Петропавловско-Командорской подзоне наибольший удельный вес в общем улове имеет минтай, выловленный группами судов типа БМРТ, СРТМ, СТР, РС. Наиболее эффективную работу показали следующие типы судов: РС – 31 %; СТР – 21 %; СРТМ – 19 %; БМРТ – 11 %; БАТМ, МДС, РТМС – 8 %; МРС – 5 %; СЯМ – 5 %.

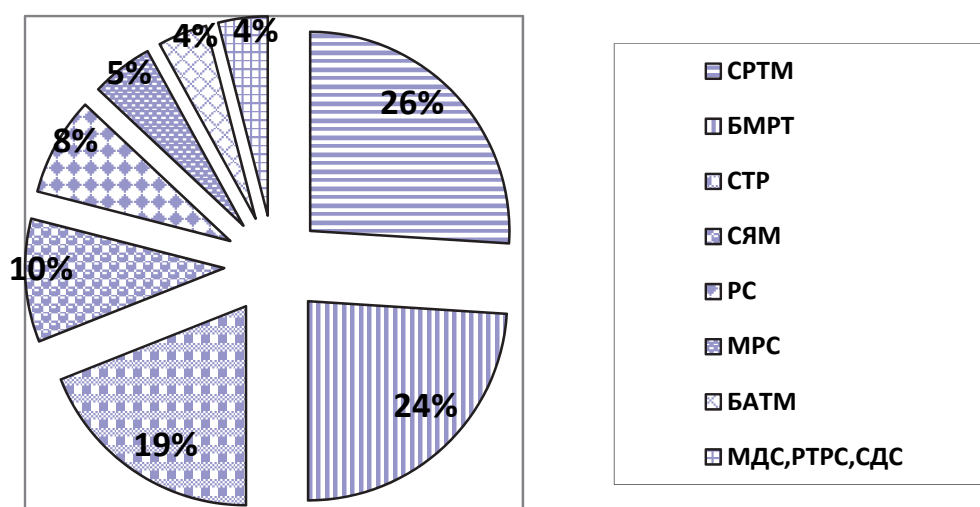


Рисунок 2 – Структура добывающего флота, осуществлявшего освоение ВБР в Карагинской подзоне в 2015–2019 гг., %

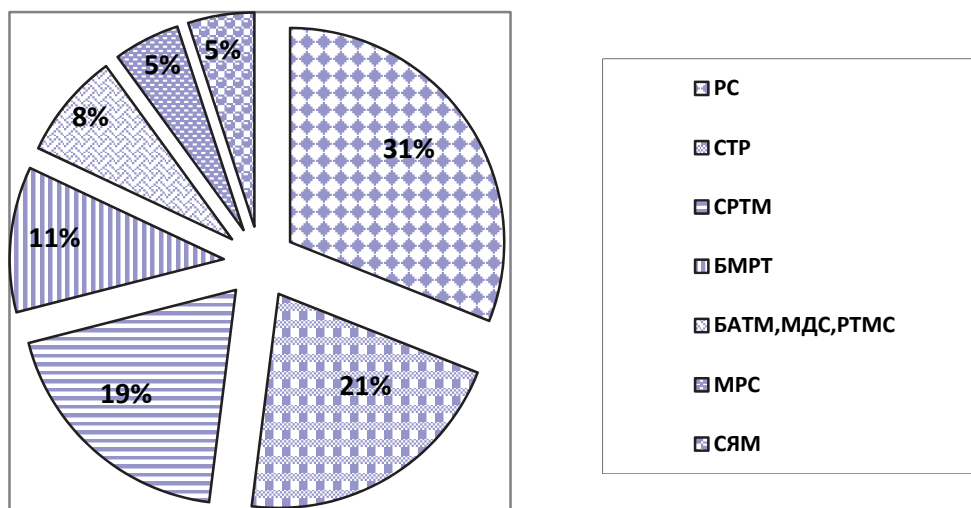


Рисунок 3 – Структура добывающего флота, осуществлявшего освоение ВБР в Петропавловско-Командорской подзоне в 2015–2019 гг., %

Для получения максимального дохода необходимо организовать возможную степень глубокой технологической обработки минтая. Основные направления его пищевого использования: мороженые филе (с кожей и без кожи), спинка, икра, печень. Для этого необходимо специальное оборудование, которое может быть установлено на добывающем судне.

В то же время эти хорошо зарекомендовавшие себя технологии переработки недостаточны и не обеспечивают комплексное и рациональное использование сырья. Например, остаются практически не используемыми молоко минтая, которые могут быть как самостоятельным продуктом в кулинарных изделиях, так и сырьем для получения БАВ. Кожа, в случае производства филе без кожи, может быть сырьем для получения морского коллагена или кожных изделий, костная ткань – для получения препарата от остеопороза. В настоящее время проведены исследования по изучению возможности переработки голов рыб в полуфабрикаты для получения жира из рыб Атлантического бассейна [13]. Аналогичные исследования можно провести для минтая.

Однако наиболее выгодный продукт из минтая – получение промытого фарша (сурими). Это производство может быть организовано на достаточно крупных добывающих судах типа БМРТ или на береговых предприятиях. При этом доставка минтая на берег должна быть быстрой, с максимально возможным сохранением качества сырья, желательное поддержание нахождения его в стадии посмертного окоченения, не допускающее денатурацию белка. Для получения качественного промытого фарша важно, чтобы рыба была безусловно свежей и чтобы мешающий структурообразованию саркоплазматический белок можно было удалить промывкой. Система машин для получения фарша должна включать филетировочную машину, неопресс для измельчения мышечной ткани рыбы и получения фарша, емкости для промывки фарша, фильтры тонкой очистки фарша, центрифугу для отделения влаги. Наибольшую проблему при реализации технологического процесса составляет наличие достаточного количества пресной воды, объем которой для получения 1 кг промытого фарша составляет порядка 3–5 л.

В свое время производство такого фарша было организовано на плавбазах типа «Спасск» и добывающих судах БМРТ типа «Сотрудничество».

Учитывая, что минтай вылавливают тралом, в уловах может находиться рыба разных размерных групп. Правилами рыболовства к вылову допускается минтай выше 35 см, однако в траловых уловах может встречаться и более мелкие экземпляры. Небольшие размеры рыбы не могут быть использованы для разделки на филетировочных машинах. В этом случае для получения промытого фарша может быть применена технология дезинтеграции мышечной ткани рыбы (ДМТР). В этой технологии исключается поштучная разделка рыбы. Все произ-

ходит в потоке воды с разрушением тушки рыбы в дезинтеграторе с одновременной промывкой, затем на сетчатом полотне происходит разделение измельченной мышечной ткани рыбы и непищевых фрагментов и отделение излишней воды от фарша [14].

Готовый фарш пользуется большим спросом, так как идет на получение имитированных продуктов типа крабовых палочек.

Для успешной реализации стратегических целей развития национального рыболовства необходимо совершенствовать организацию промысла водных биологических ресурсов, проводить модернизацию добывающего флота. Важно организовывать научно обоснованную расстановку промыслового флота с учетом специализации.

Создавать условия для возможного внедрения глубокой разделки рыбы, реализации принципа комплексного и рационального использования сырья.

Библиографический список

1. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 26 ноября 2019 г. № 2798-р.

2. Грибова К.А., Лисиенко С.В. Анализ современного состояния добычи водных биологических ресурсов в многовидовой промысловой системе Восточно-Камчатская промысловая зона в период 2013-2018 гг. // Рыб. хоз-во. 2020. № 1. С. 41–44.

3. Купина Н.М., Баштавой А.Н., Павел К.Г. Исследование химического состава, биологической ценности и безопасности минтая *Theragra chalcogramma* залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 310–319.

4. Приказ от 23. 05 2019 г. № 267. Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна.

5. Сведения об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов и производстве рыбной продукции за 2015–2020 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 16.08.2022).

6. Статистические данные Федерального агентства по рыболовству и Центра мониторинга и связи [Электронный ресурс]. 2020. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 10.09.2022).

7. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

8. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2016 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

9. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2017 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

10. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2018 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

11. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2019 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

12. Приказ об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2020 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.org.ru/> (дата обращения: 09.06.2022).

13. Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Романенко Н.Ю. и др. Обоснование рациональных режимов термического выделения липидов из жиросодержащих рыбных отходов // Рыб. хоз-во. 2023. № 4. С. 99–109. DOI:10.37883/01.31-6184-2023-4-99-104.

14. Бойцова Т.М. Современные технологии пищевого рыбного фарша и пути повышения их эффективности: монография. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2002. 156 с.

Роман Викторович Власенко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: roman.vlasenko@tinro.ru

**Запасы двустворчатого моллюска мерценарии Стимпсона
Mercenaria stimpsoni у берегов Приморского края
(история, оценка, перспективы)**

Аннотация. Описана история оценки и современное представление о запасах зарывающегося двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* у берегов Приморского края. На основе водолазных и донных исследований обобщены данные по вертикальному распределению моллюсков. Мерценария распространена в прибрежной зоне до глубины 30–45 м, но в зависимости от особенностей побережья глубина обитания моллюсков варьирует. По результатам многолетних водолазных исследований (2002–2021 гг.) побережья до глубины 20 м общий запас мерценарии оценен в 26,1 тыс. т на площади 103,3 км². На глубине 20–30 м общий запас вида может составлять 16,5 тыс. т на площади 59,2 км².

Ключевые слова: Японское море, мерценария Стимпсона, запасы

Roman V. Vlasenko

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Senior Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: roman.vlasenko@tinro.ru

**Stocks of the bivalve *Mercenaria stimpsoni* in the coastal waters of Primorye
(history, estimate, prospect)**

Abstract. The history of estimate and actual date of the stocks of the burrowing bivalve *Mercenaria stimpsoni* in the coastal waters of Primorye is described. Data from SCUBA-diving and dredge surveys were used to summarize the bathymetric distribution of mollusks in the region. The edges depth horizons for clam habitat range from shallow water to 30-45 m, but it depends on particular locality. Based on the results of long-term diving surveys (2002-2021 years) of the coastal waters down to the depth of 20 m, the total stock of *M. stimpsoni* is estimated at 26,100 t for the area 103,3 km². At a depth of 20-30 m, the total stock of clam can be 16,500 t for the area 59,2 km².

Keywords: Sea of Japan, *Mercenaria stimpsoni*, stocks

Добывающие организации проявляют стабильный интерес на протяжении многих лет к ряду двустворчатых моллюсков, обитающих у берегов Приморского края. Ресурсы этих объектов сосредоточены преимущественно на небольшой глубине и к настоящему времени хорошо изучены в ходе многолетних исследований. Суммарный промысловый запас двустворчатых моллюсков у берегов Приморского края оценивается в 100,69 тыс. т [1], заметное место – 21,8 % (22,2 тыс. т) принадлежит зарывающемуся двустворчатому моллюску – мерценарии Стимпсона *Mercenaria stimpsoni* (Gould, 1861). Современная оценка ресурсов мерценарии построена на результатах водолажных исследований, охватывающих прибрежную зону до глубины 20 м, однако известно, что на отдельных участках побережья моллюски обитают до 45 м [2]. В связи со сложностью изучения прибрежной зоны с её разнообразием грунтов, зарослями макрофитов и морских трав наиболее эффективными являются водолазные исследования [3], однако они обычно сложны в организации, затратны по времени, особенно при изучении инфауны, и целесообразны на небольшой глубине. Оценка ресурсов мерценарии в

нижних горизонтах ее обитания остается перспективной задачей, которую могут решить исследования при помощи драги.

Цель работы – описать историю оценок запасов мерценарии Стимпсона у берегов Приморского края и перспективы дальнейших исследований.

Материал и методика

История оценки запасов мерценарии Стимпсона у берегов Приморского края приводится по результатам анализа немногочисленных работ, в которых есть некоторые сведения по исследуемой теме [2, 4, 5], а также по данным прогнозов по возможному вылову промысловых гидробионтов на Дальневосточном бассейне России с 2008 по 2022 гг.

В работе используются ранее опубликованные материалы по результатам многолетних комплексных водолазных гидробиологических исследований на судах базы исследовательского флота БИФ «ТИНРО» у берегов Приморского края до глубины 20 м [6, 7], в которых описаны поселения мерценарии и их характеристики, приведена оценка запасов. При определении областей распределения моллюсков ниже исследованного горизонта анализировался характер их распределения в конкретных местообитаниях по водолажным данным. При высоком обилии моллюсков в приглубых местах область их распределения предположительно увеличивали, как правило, до глубины 30 м. Для уточнения глубин и особенностей уклона дна в анализируемых местах использованы навигационные карты.

При определении наибольшей глубины обитания мерценарии использованы материалы дражных исследований, проведенных на МРТК «Янтарь» БИФ «ТИНРО» в июле–августе 2010 г. В ходе работ выполнено 134 станции драгой весом 450 кг и шириной 1,6 м на отдельных акваториях Приморья в диапазоне глубин 10–128 м, глубина облавливаемого грунта составляла около 15 см. Также использованы данные, полученные в ходе наблюдений при промысле мерценарии у берегов северного Приморья от мыса Южный до мыса Елагина на глубине 10–30 м в 2012, 2013, 2017, 2018, 2022 и 2023 гг.

При расчете биомассы моллюсков на предполагаемых площадях их распределения от 20 до 30 м использованы данные средних удельных биомасс поселений в соответствующих районах по водолажным данным.

Результаты исследований

Зарывающийся двустворчатый моллюск мерценария Стимпсона обитает на песчаных, илисто-песчаных, иногда с примесью гальки и ракуши грунтах. У берегов Приморского края вид отмечен в диапазоне глубин от 2 до 45 м [2], моллюски формируют скопления в прибойных намывных и размывных песчаных бухтах, особенно массово встречаются у протяженных прибойных берегов разного типа, обитают также и в защищенно-зайляемых бухтах, но лишь у мысов.

Промысел мерценарии начат в 2010 г., добыча производится у берегов северного Приморья, где находятся обширные поселения моллюсков с высокими показателями обилия. Ежегодный вылов изменялся от 190 до 432 т, в среднем составляет 324 т. Добывают мерценарию рыболовными ботами, оснащенными специализированными драгами с гидроразрывом на глубине 10–30 м.

Мерценария является новым промысловым объектом по сравнению с рядом двустворчатых моллюсков: устрицей гигантской, морскими гребешками, мидиями и спизулой сахалинской, которые добывались жителями прибрежных территорий со времен позднего неолита, о чём свидетельствуют составы многочисленных раковинных куч на берегах разных бухт южного Приморья [2, 8]. Створки мерценарии при раскопках на местах древних поселений обнаруживаются редко или отсутствуют, что, вероятно, связано с рядом причин. Поскольку скопления вида находятся у открытых берегов и в наиболее приглубых участках дна, добыча является затруднительна без определенных навыков и технического оснащения. Кроме того, основная хозяйственная деятельность и добыча моллюсков сосредотачивалась на побережье залива Петра Великого, тогда как крупные промысловые скопления мерценарии находятся за его пределами к северу от мыса Поворотный.

В первые десятилетия прошлого века промысел моллюсков в водах Приморского края находился еще в зачаточном состоянии [2], его развитие в последующем было сопряжено с выявлением ресурсов промысловых видов. Экспедиционные поиски поселений массовых видов, особенно устриц, облегчало знание мест расположения древних раковинных куч [2]. Также о присутствии скоплений моллюсков могут свидетельствовать наличия их раковин в составе береговых выбросов после шторма. Стоит отметить, что нет сведений о массовых выбросах мерценарии даже в местах ее крупных поселений, что, вероятно, связано с особенностью формирования поселений именно в районах прибойно-размытых берегов и именно на тех глубинах, где воздействие волн ослабевает и не оказывает пагубного воздействия. Кроме того, массивная раковина моллюсков с концентрической скульптурой должна способствовать хорошему удерживанию их в толще грунта.

Данные о встречаемости и пространственном распределении мерценарии у берегов Приморья появились только после первых специализированных исследований прибрежных акваторий в регионе [2, 9]. В ранних работах приводятся сведения по встречаемости и обилию моллюсков лишь для отдельных разрозненных участков побережья, что не могло дать целостной картины расположения поселений и оценки их запасов, однако уже тогда упоминается о перспективности промысла вида. В последующем происходило накопление информации, что позволило определить основные черты экологии мерценарии [10]. В 1975 г. в заливе Петра Великого произведена оценка запасов мерценарии как сопутствующего вида в местах обитания промыслового моллюска спизулы сахалинской [4]. В начале нынешнего столетия появляются первые данные о ресурсах вида у берегов Приморья – немного больше 7 тыс. т [5], но оценка носила экспертную основу в виду всё еще слабой изученности акваторий.

В последующем водолазные ресурсные исследования на судах БИФ «ТИНРО» (сегодня «ВНИРО») стали проводиться на постоянной основе ежегодно, что позволяло планомерно и комплексно изучать прибрежную зону до глубины 20 м, включая и инфауну мягких грунтов. В прогнозах по возможному вылову промысловых гидробионтов на Дальневосточном бассейне России мерценария входила в список малоизученных потенциально промысловых моллюсков до 2008 г., запас вида к тому моменту был оценен в объеме немного больше 9 тыс. т. на площади 3873 га (рис. 1). Далее при исследовании новых акваторий открывались ранее неизвестные поселения моллюсков, а также уточнялись данные по уже известным. Оценки ресурсных показателей ежегодно возрастали и в 2014 г. составляли около 25 тыс. т на площади до 10031 га. С 2014 по 2021 гг. проводился главным образом мониторинг отдельных поселений, что не привело к существенным изменениям оценок.

К настоящему времени водолажными исследованиями охвачена практически вся прибрежная полоса Приморского края за исключением отдельных акваторий. Определено 41 поселение мерценарии, для них приведены такие характеристики, как площадь распределения моллюсков, их обилие, размерный и весовой составы, оценены запасы (численность и биомасса). В заливе Петра Великого описано 15 поселений моллюсков, суммарная площадь и общий запас их составляет 1552,2 га (15,5 км²) и 2,5 тыс. т. На участке от мыса Поворотный до мыса Золотой – 26 поселений, распределены они на общей площади в 8785,8 га (87,8 км²), их суммарный запас равен 23,6 тыс. т. Таким образом, общий разведанный запас мерценарии у берегов Приморского края оценен в 26,1 тыс. т (промысловый 22,2 тыс. т), на площади 10338 га (103,3 км²). Основной ресурсный потенциал вида сосредоточен за пределами залива Петра Великого – северо-восточнее мыса Поворотный, здесь находятся 90 % запаса моллюсков и 85 % от занимаемых ими площадей.

Мерценария является видом с длительным жизненным циклом, наибольшие возрастные показатели, установленные методом склерохронологии у особей из вод южного Приморья, составили: 46 лет в заливе Восток [11], 60 и 67 лет у о. Попова в бухте Пограничная и у мыса Проходной соответственно (по собственным неопубликованным данным). Максимальный же установленный возраст для вида определен у особи из вод у северных берегов о. Хоккайдо – 99 лет [12]. Говоря о максимально возможной продолжительности жизни моллюсков, стоит уточнить, что при различных наборах экологических факторов их выживаемость будет

разной, поэтому обнаружение наиболее долгоживущих особей, известных для исследованной акватории, должно быть связано здесь со стабильными и наиболее благоприятными для этого условиями – глубиной, особенностями грунта, волновым воздействием и др.

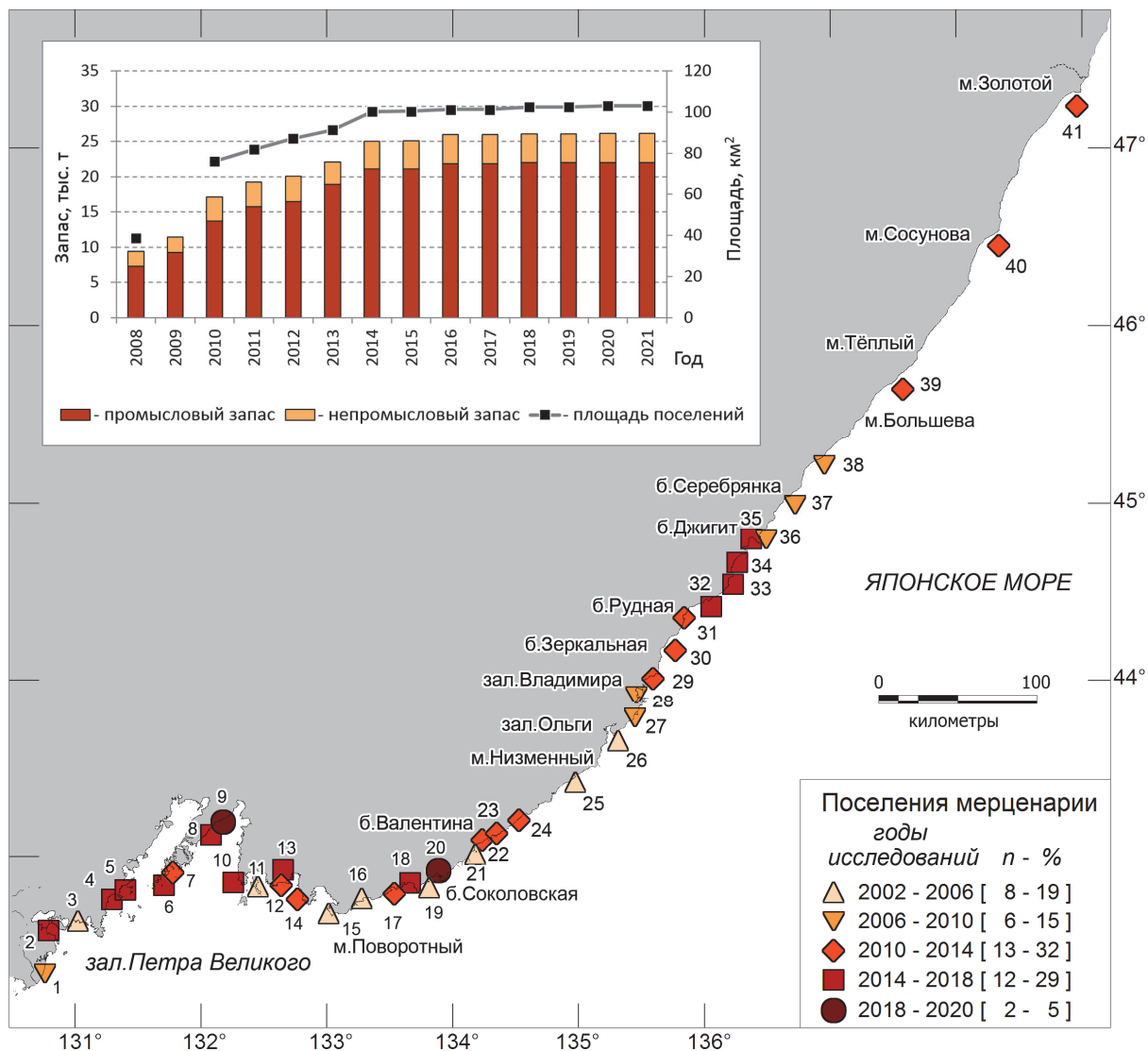


Рисунок 1 – Расположение поселений мерценарии и годы оценки запасов

Мерценария, обитая в пределах локальных местообитаний, таких как заливы и бухты – обычно весьма разнообразных по условиям, или вдоль открытых протяженных побережий – часто однообразных, формирует скопления с пространственной неоднородностью размерно-возрастного состава в зависимости от воздействия факторов среды. Как правило, моллюски, образуя поселения, распределяются так, что часть их находится в наиболее благоприятных для выживания условиях, а часть – в средних и экстремальных. Учитывая продолжительный период жизни, свойственный виду, и ослабленное (циклическое) пополнение, роль именно стабильных скоплений в местах, благоприятных для выживаемости, является определяющей в поддержании поселения в долгосрочной перспективе.

В процессе ежегодных водолазных исследований побережья Приморского края с 2002 по 2021 гг. проведены повторные исследования ряда поселений мерценарии: с двухлетним промежутком на участке мыс Балюзек – мыс Южный (2010 и 2012 гг.), с пятилетним – бухты Нерпа, Зеркальная и Рудная (2008 и 2013 гг.), с шестилетним – бухты Баклан (2010 и 2016 гг.), Лидовка, заливы Опричник и Китовое Ребро (2008 и 2014 гг.) Результаты мониторинга не показали серьезных изменений в распределении моллюсков и их размерном составе по истечении указанных временных промежутков, все незначительные различия носят естествен-

ный характер или определены разными сезонами проведения работ. Кроме того, помимо полноценного мониторинга проводились и исследования на отдельных участках с известными скоплениями мерценарии, что подтверждало нахождение их в прежних местах.

Для анализа характера изменений в поселениях мерценарии за длительные промежутки времени можно использовать работу Бирюлиной [4], в которой приводятся данные по ряду поселений из залива Петра Великого и работу Разина [2], содержащую информацию по обилию мерценарии на отдельных участках от мыса Поворотный до залива Владимира.

В заливе Петра Великого попутно с изучением поселений спизулы водолазным способом в 1970-х гг. собрана и приведена информация по поселениям мерценарии из 9 отдельных поселений [4]. Нынешние данные по истечении 30–40 лет подтверждают наличие 6 поселений на прежних местах, в том числе и двух в бухтах Сивучья и Калевала, исследованных в 2007 г. и не рассматриваемых в контексте данной работы по причине нахождения их в границах ДВГМЗ. Три акватории – район о. Михельсона в заливе Китовом и бухты Анна и Гайдамак, где ранее описаны поселения мерценарии, в ходе наших работ не исследованы. Предыдущие и нынешние данные показывают схожести в низких обилиях моллюсков и обычно низких долях непромысловых особей в поселениях.

О постоянстве мест обитания мерценарии на участке от мыса Поворотный до залива Владимира можно сказать, анализируя и данные 70–80-летней давности [2], где приводятся показатели обилия по 10 отдельным площадкам. Наши данные подтверждают неизменность локализации скоплений моллюсков, по крайней мере, на 7 участках, где в настоящее время они формируют поселения, нередко с высоким обилием. В двух районах у мыса Силина (бухта Валентина) и в бухте Чернореченская (в прошлом Таухе) описана встреча моллюсков на глубине 20–35 м, по нашим данным, мерценария формирует здесь обширные поселения на глубине до 20 м, но и сейчас, по-видимому, нижний горизонт обитания находится глубже. Исключением является лишь бухта Каплунова (ранее Чусовая), где в ходе исследований 2003 г. моллюсков не обнаружено, что возможно определилось незначительной площадью их распределения.

Таким образом, учитывая продолжительный жизненный цикл мерценарии, высокое постоянство мест локализации поселений и особенности батиметрического распределения моллюсков, при котором наиболее устойчивые скопления сформированы в местах, где пагубное воздействие прибойных явлений минимизировано, стоит принять актуальной картину географического распределения поселений вида у берегов Приморья (см. рис. 1). Приведенные описания свидетельствуют о стабильности поселений как в краткосрочной (несколько лет), так и долгосрочной перспективе (несколько десятков лет). Приведенные оценки разведенных запасов в условиях отсутствия стационарности в соотношении смертности и пополнения будут означать некоторую допустимую численность и биомассу, характерную для конкретных акваторий. При отсутствии катастрофических изменений в прибрежных зонах и интенсивного промысла стоит ожидать незначительные колебания приведенных запасов, по крайней мере, в среднесрочной перспективе.

Проведение водолазных гидробиологических исследований в будущем является перспективной задачей для мониторинга поселений моллюсков и контроля над состоянием их запасов. При этом обнаружение новых, тем более крупных поселений мерценарии у берегов Приморья в пределах 20 м прибрежной зоны маловероятно. Большой интерес имеют исследования более глубоких участков дна вдоль открытых прибойных берегов, где, как известно, моллюски также встречаются. Проведение таких работ позволило бы сделать оценку запасов мерценарии более полноценной, а также расширить знания по экологической ёмкости прибрежных комплексов Приморского края в целом.

По результатам водолазных исследований составлена картина батиметрического распределения мерценарии по каждому району побережья Приморья отдельно, однако определить нижние горизонты обитания моллюсков, где он смещается глубже 20 м, в рамках проведенных исследований невозможно. Чтобы приблизиться к решению данной проблемы были использованы результаты одной дражной съемки, выполненной в 2010 г., и данные периодических наблюдений в ходе дражного промысла мерценарии (рис. 2).

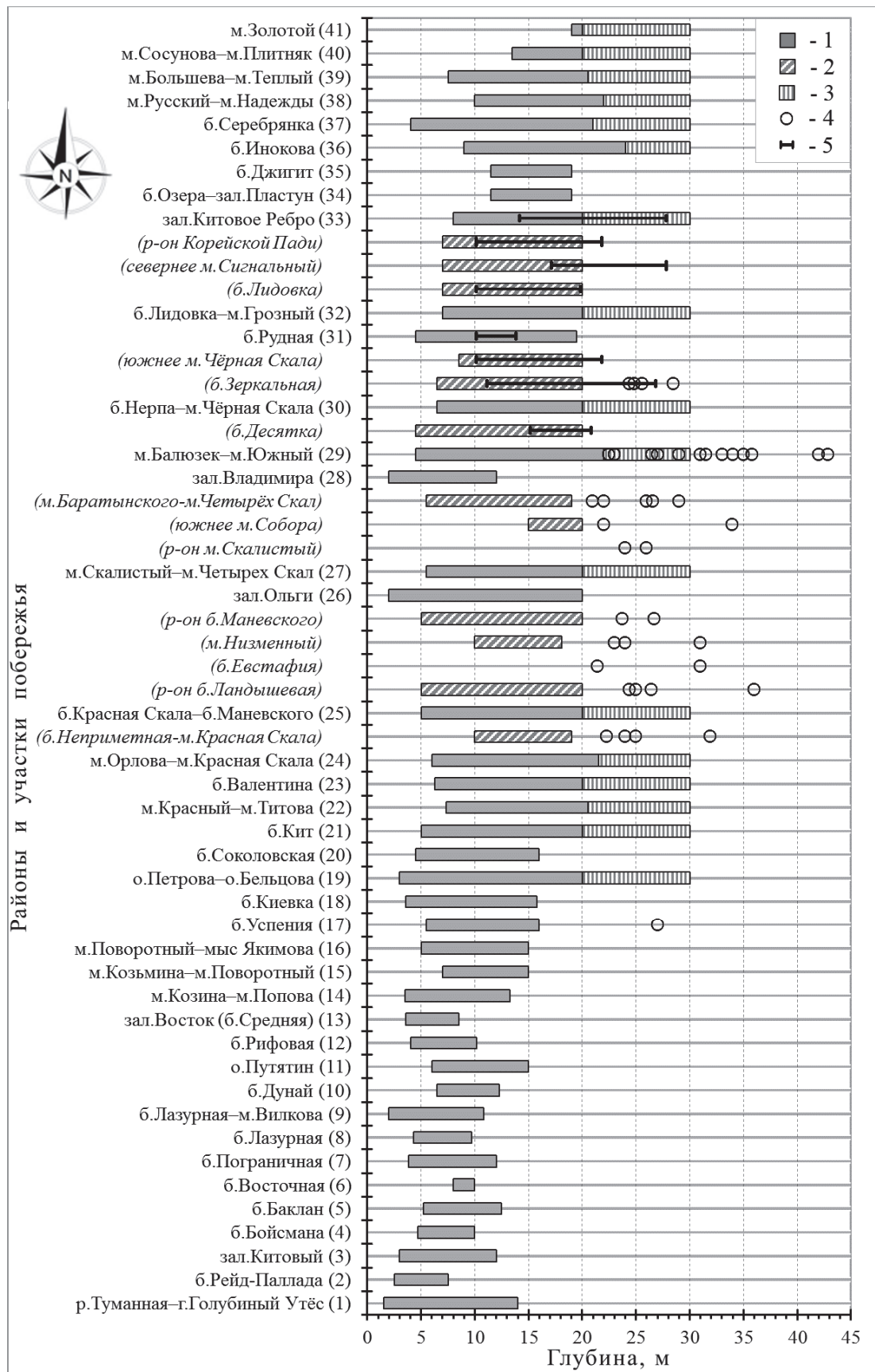


Рисунок 2 – Данные по батиметрическому распределению мерценарии на разных участках побережья Приморского края: 1 – распределение по данным водолазных исследований; 2 – распределение на отдельных участках района по данным водолазных исследований; 3 – предполагаемый диапазон обитания и расчета запасов; 4 – поимки драгой; 5 – диапазон ведения дражного промысла

При дражном промысле мерценарии у берегов северного Приморья от мыса Южный до залива Китовое Ребро отмечены случаи успешного лова на глубине более 20 м, это свидетельствует о том, что в таких местах моллюски встречаются не в следовых количествах, а именно могут создавать плотные промысловые скопления. Таким образом, возникла идея о предположительной оценке запасов мерценарии в более глубоких местах обитания, не обследуемых водолазным способом. Определено 17 поселений (таблица, рис. 2), где площади распределения моллюсков расширены до 30 м, запасы рассчитаны при использовании средних показателей биомасс поселений на глубине до 20 м по водолазным данным. В результате подсчётов установлено, что суммарный запас мерценарии в диапазоне глубин 20–30 м может составлять 16,5 тыс. т. на площади 59,2 км² (таблица).

Наибольшие площади распределения моллюсков на глубине 20–30 м (более 500 га) определены на участках мыс Красный – мыс Титова, м. Орлова – мыс Красная Скала, бухта Нерпа – мыс Чёрная Скала, мыс Балюзек – мыс Южный и мыс Большева – мыс Тёплый, для них же оценены и наибольшие показатели запасов (до 2 тыс. т и более). В пяти поселениях, находящихся в районах о. Петрова – о. Бельцова, мыс Красный – мыс Титова, бухта Красная Скала – бухта Маневского, мыс Балюзек – мыс Южный и у мыса Золотой запасы вида на глубоких горизонтах могут превышать разведанные на глубине до 20 м, в районе бухты Кит примерно равные, в остальных 11 оценки ниже разведанных (таблица).

Поселения мерценарии на глубине 20–30 м с оценками предполагаемых площадей и запасов у берегов Приморского края

| № | Район (поселение) | Площадь, га | Удельная биомасса, г/м ² | Запас, т | Доля от оценок до 20 м |
|----|---|-------------|-------------------------------------|----------|------------------------|
| 1 | О. Петрова – о. Бельцова (19) | 67 | 543,1 | 362 | 2,7 |
| 2 | Бухта Кит (21) | 113 | 18,9 | 21 | 1 |
| 3 | Мыс Красный – мыс Титова (22) | 535 | 438,4 | 2344 | 2,3 |
| 4 | Бухта Валентина (23) | 87 | 85,8 | 75 | 0,7 |
| 5 | Мыс Орлова – мыс Красная Скала (24) | 738 | 297,6 | 2198 | 0,8 |
| 6 | Бухта Красная Скала – бухта Маневского (25) | 437 | 342,4 | 1495 | 1,6 |
| 7 | Мыс Скалистый – мыс Четырех Скал (27) | 182 | 222,8 | 405 | 0,7 |
| 8 | Мыс Балюзек – мыс Южный (29) | 795 | 238,6 | 1898 | 1,3 |
| 9 | Бухта Нерпа – мыс Чёрная Скала (30) | 559 | 436 | 2436 | 0,6 |
| 10 | Бухта Лидовка – мыс Грозный (32) | 218 | 317,7 | 693 | 0,3 |
| 11 | Залив Китовое Ребро (33) | 128 | 448,8 | 573 | 0,5 |
| 12 | Бухта Инокова (36) | 35 | 93,1 | 33 | 0,3 |
| 13 | Бухта Серебрянка (37) | 103 | 276,7 | 285 | 0,7 |
| 14 | Мыс Русский – мыс Надежды (38) | 411 | 134,6 | 553 | 0,4 |
| 15 | Мыс Большева – мыс Тёплый (39) | 1233 | 170 | 2096 | 0,9 |
| 16 | Мыс Сосунова – мыс Плитняк (40) | 46 | 129,9 | 60 | 0,1 |
| 17 | Мыс Золотой (41) | 237 | 425,3 | 1007 | 1,7 |
| | | 5924 | | 16534 | |

В ходе дражных исследований изучен состав скоплений мерценарии в ряде районов (рис. 3). По итогам анализа всех выборок (5 мест, 7 станций, 1042 экз.) длина раковины у моллюсков варьировала в пределах 17–77 мм (средняя – 59,5±0,2 мм), общая масса – 1–180 г (средняя – 72,1±0,9 г). В районе мыса Красная Скала (№ 5 в таблице) частотное распределение моллюсков по длине раковины и общей массе мономодальное с преобладанием особей от 60 до 70 мм (72,3 %) и от 70 до 110 г (60,4 %), доля непромысловой части (размеры менее 55 мм) низка – 4,7 %. В бухте Ландышева (№ 6 в таблице) размерный состав также мономодальный с преобладанием особей от 55 до 70 мм (76 %), тогда как в распределении по массе выделяются группы 40–90 г (61 %) и 100–120 г (20 %), доля непромысловой части – 15,7 %. У мыса Низменный (тоже № 6 в таблице) наблюдается бимодальное распределение по длине раковины и общей массе, преобладают особи с размерами 45–60 мм (39,3 %) и 65–70 мм

(26,2 %), массой 20–60 г (48,3 %) и 90–110 г (20,5 %), непромысловая часть – 41,8 %. У мыса Скалистый (№ 7 в таблице) частотное распределение моллюсков по длине раковины и общей массе мономодальное с преобладанием особей с размером 55–70 мм (74 %) и массой 50–80 г (56 %), непромысловая часть – 17,0 %. В бухте Зеркальная (№ 9 в таблице) нет выраженных модальных групп в размерном и весовом составах, доля непромысловой части значительная – 62,8 %.

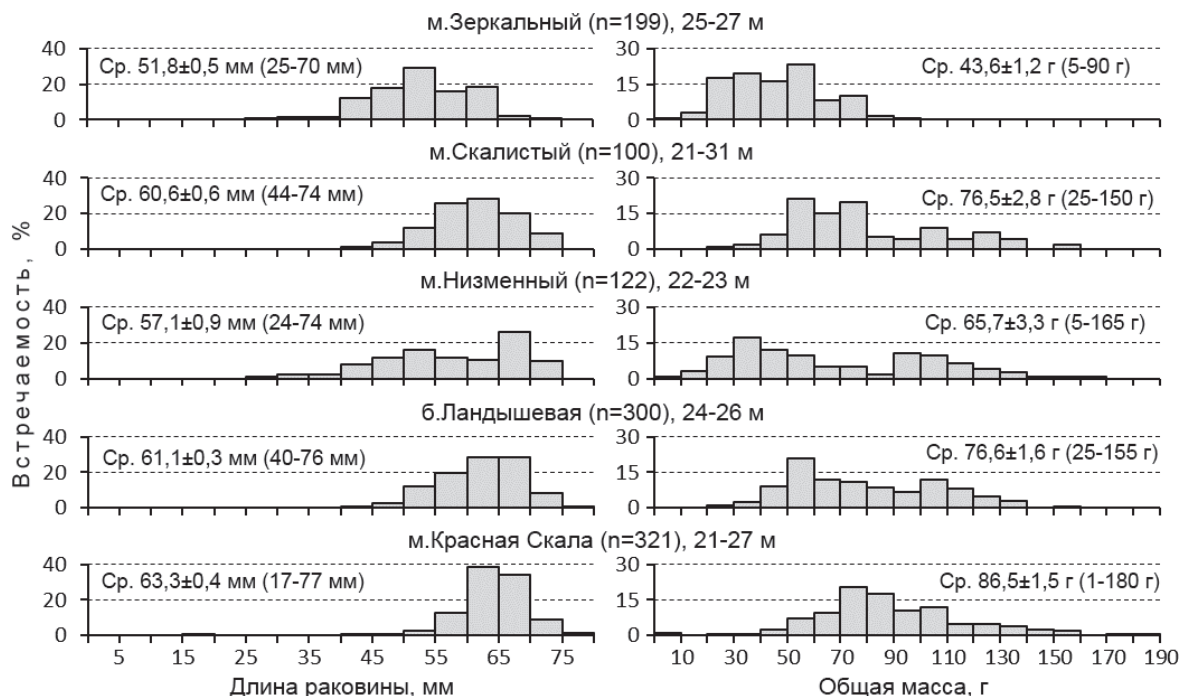


Рисунок 3 – Размерный состав мерценарии на отдельных участках (2010 г.)

Поселения мерценарии у открытых прибойных берегов на глубине более 20 м различны по своему составу на разных участках, что свидетельствует о значительном влиянии локальных факторов здесь на моллюсков. Каких-либо особенностей в составе свойственных изученным скоплениям, отличающих их от поселений на меньших глубинах не отмечено. Поселения можно охарактеризовать как сформированные с ослабленным пополнением, для размерного состава большинства из них характерно преобладание крупных промысловых моллюсков. Исключением является только поселение у бухты Зеркальной, где доля мелких непромысловых моллюсков значительная.

Заключение

До недавнего времени знания о запасах мерценарии Стивенса у берегов Приморского края были весьма ограничены. Описать особенности распределения моллюсков, построить целостную картину расположения их поселений и оценить запасы удалось только по результатам большого числа водолазных гидробиологических исследований, проведенных в период с 2002 г. по 2021 г. Работами охвачена значительная часть прибрежной полосы Приморья до глубины 20 м, однако нижний горизонт обитания мерценарии на отдельных участках смещается глубже. Поэтому в вопросе дальнейшего изучения запасов мерценарии перспективными являются исследования на глубине более 20 м, которые целесообразно проводить при помощи драги. В рамках настоящей работы произведены предварительные оценки площадей распределения мерценарии на глубине 20–30 м, оценены запасы.

Общий разведанный запас мерценарии у берегов Приморского края по результатам водолазных исследований до 20 м глубины оценен в 26,1 тыс. т на площади 103,3 км². На глубине от 20 до 30 м общий запас вида может составлять 16,5 тыс. т. на площади 59,2 км². Таким образом, общий суммарный запас мерценарии может достигать 42,6 тыс. т на площади

162,5 км². Разведанные запасы и площади их распределения составляют 61 и 64 % соответственно, предполагаемые – 39 и 36 %.

Имея высокую биомассу и численность, мерценария интересна не только в промышленном аспекте, а также должна являться важным компонентом в функционировании прибрежных биологических комплексов региона, поэтому дальнейшие работы в области изучения запасов вида, несомненно, позволят более осознанно подходить к обсуждению такого вопроса.

Библиографический список

1. Седова Л.Г. Промысел и ресурсы двустворчатых моллюсков в прибрежье Приморского края (Японское море) // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы 11-й Нац. (всерос.) науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ. 2020. С. 54–58.

2. Разин А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья: монография. М. ОГИЗ; Хабаровск: ДАЛЬГИЗ, 1934. 110 с.

3. Состав, структура и распределение донных биоценозов в прибрежных водах залива Посъет (Японское море) / О.А. Скарлато [и др.] // Исслед. фауны морей. 1967. Т. 5(13). С. 5–61.

4. Бирюлина М.Г. Запасы спизулы *Spisula sachalinensis* (Schrenk) и некоторых сопутствующих ей видов в заливе Петра Великого // Тр. Тихоокеанского океанологического института. 1975. Т. 9. С. 88–101.

5. Атлас двустворчатых моллюсков дальневосточных морей России / сост. С.В. Явнов. Владивосток: Дюма, 2000. 168 с.

6. Власенко Р.В. *Mercenaria stimpsoni* (Bivalvia, Veneridae) как промысловый объект у берегов Приморского края (Японское море) // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: V науч.-практ. конф. молодых ученых с международным участием. Москва: ВНИРО, 2017. С. 61–66.

7. Власенко Р.В. Распределение и ресурсы двустворчатого моллюска мерценарии Стилпсона *Mercenaria stimpsoni* в прибрежных водах Приморья // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 181. С. 77–88.

8. Вострецов Ю.Е., Раков В.А. Исследование раковинных куч памятников раннего железного века южного Приморья // Изв. Алтайского гос. ун-та. Серия: История, политология. 2009. Т. 4/1. С. 46–54.

9. Закс И.Г. Предварительные данные о распределении фауны и флоры в прибрежной полосе залива Петра Великого в Японском море // Произв. силы Дальнего Востока: I конф. по изучению произв. сил Дальнего Востока. Новосибирск, 1927. Т. 4. С. 213–247.

10. Голиков А.Н., Скарлато О.А. Моллюски залива Посъет (Японское море) и их экология // Тр. Зоол. ин-та. М.: Наука. 1967. Т. 42. С. 5–152.

11. Селин Н.И. Пространственно-временные изменения структуры популяции и рост двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* в Японском море // Биология моря. 1995. Т. 21, № 1. С. 51–59.

12. Interannual to decadal variability of summer sea surface temperature in the Sea of Okhotsk recorded in the shell growth history of Stimpson's hard clams (*Mercenaria stimpsoni*) / K. Tanabe [et al.] // Global and Planetary Change. 2017. № 157. P. 35–47.

УДК 639.2

Нина Сергеевна Иванко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: ivns@mail.ru

Светлана Владимировна Лисиенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Владивосток, e-mail: lisienkosv@mail.ru

Командорский кальмар: распределение между пользователями с 2015 по 2022 гг. в зоне Восточно-Камчатская

Аннотация. Рассматриваются результаты анализа распределения квот на добычу командорского кальмара между пользователями в Восточно-Камчатской зоне. Выполнено разделение пользователей по четырем группам и проведен анализ долей объемов квот каждой группы.

Ключевые слова: квоты добычи (вылова), промышленное и прибрежное рыболовство, кальмар командорский, общий допустимый улов, инвестиционные квоты, пользователи водных биоресурсов

Nina S. Ivanko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: ivns@mail.ru

Svetlana V. Lisienko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technology, Head of the Chair of the Department of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok, e-mail: lisienkosv@mail.ru

Berryteuthis magister: distribution between users from 2015 to 2022 in the East Kamchatka zone

Abstract. An analysis of the distribution of quotas for catching *Berryteuthis magister* between users in the East Kamchatka zone was carried out. The users were divided into four groups and the quota shares of each group were analyzed.

Keywords: quotas of production (catch), industrial and coastal fishing, *Berryteuthis magister*, total allowable catch, investment quotas, users of aquatic biological resources

Основой для стабильного развития промышленного рыболовства в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (далее – ДВБР) является рациональное использование ресурсного потенциала каждой промысловой зоны и подзоны ДВБР [1]. Для проведения исследования выбран восьмилетний период с 2015 г. по 2022 г. и подзона Петропавловско-Командорская Восточно-Камчатской зоны ДВБР.

Командорский кальмар *Berryteuthis magister* (далее – кальмар) является важным промысловым объектом в ДВРБ. Его добыча ведется в пяти зонах ДВРБ. В разных зонах кальмар является объектом, на добычу которого устанавливаются объемы общего допустимого улова (далее – ОДУ) и объектом, добыча которого ведется по рекомендованным объемам [2]. В частности, ОДУ на добычу кальмара устанавливается для выбранной для исследования подзоны.

На протяжении рассматриваемого восьмилетнего периода объемы ОДУ для Петропавловско-Командорской подзоны на вылов (добычу) кальмара не изменялись и составляли 15 тыс. т ежегодно, что составляет 13,6 % ОДУ кальмара по всему ДВРБ.

Динамика освоения кальмара в подзоне представлена на рис. 1.

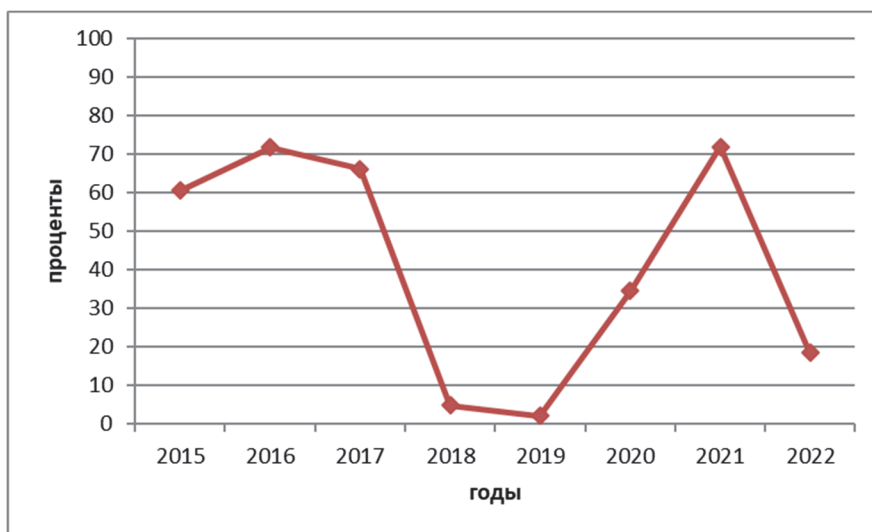


Рисунок 1 – Динамика освоения объемов ОДУ за 2015–2022 гг., %

Из представленных на графике данных видно, что на всем рассматриваемом периоде наблюдалось недоосвоение промыслового объекта. Средний процент освоения за рассматриваемый восьмилетний период составил 41,3 %. Наибольший процент освоения кальмара был в 2016 и 2021 гг. и составлял 71,7 и 71,9 % соответственно. Наименьший процент освоения кальмара был в 2018 и 2019 гг. и составлял 4,9 и 2,2 % соответственно. Недоосвоение кальмара наблюдается во всех промысловых зонах ДВБР, в которых ведется его добыча (вылов) [2, 3].

Ежегодно на основании нормативно-правовых документов Росрыболовства [4–8] ведется распределение ОДУ кальмара по видам квот. Значительная часть квот для промышленного рыболовства (с 2020 г. и (или) прибрежного рыболовства). Для прибрежного рыболовства квоты в рассматриваемой подзоне не выделялись.

На рис. 2 представлена динамика объемов распределенных квот для промышленного рыболовства.

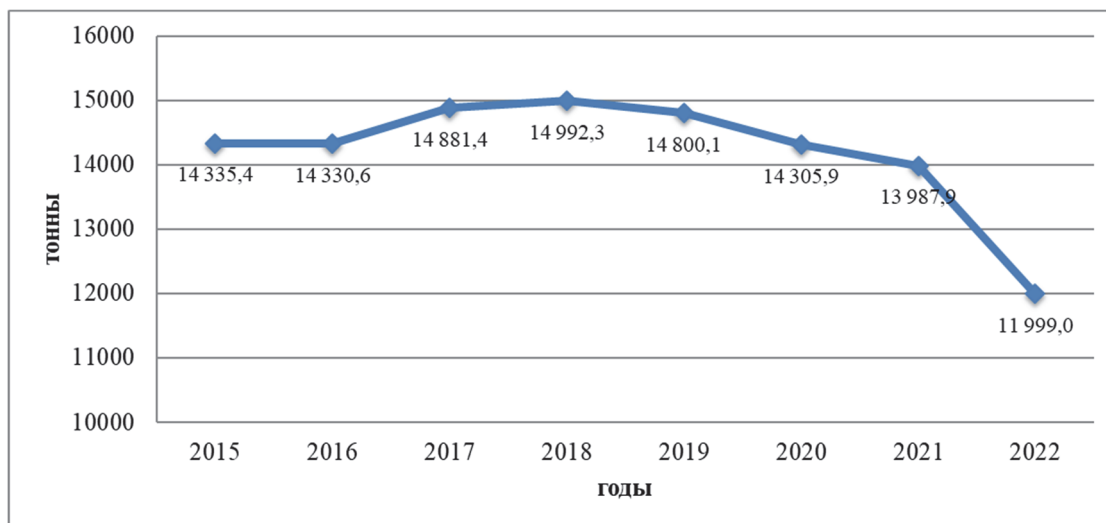


Рисунок 2 – Общие объемы распределенных объемов квот для целей промышленного рыболовства

Согласно представленным на графике данным видно, что при постоянных значениях ОДУ распределение квот для целей промышленного рыболовства различается по годам. Положительная динамика за период 2015–2019 гг. сменилась постепенным снижением объемов квот. Так, в 2015 г. в Петропавловско-Командорской подзоне между пользователями было распределено 95,6 % от установленного на этот год ОДУ, т.е. было распределено 14 335,4 т. В 2016 г. наблюдалось незначительное снижение процента распределения, было распределено 95,5 % (14 330,6 т). В последующие два года процент распределенных квот вырос, в 2017 г. – 99,2 % (14 002,3 т), в 2018 г. – 99,9 % (14 992,3 т). Снижение доли распределенных квот в 2019 г. (98,7 %, или 14 800,1 т) объясняется введением новых правил. Дальнейшее снижение доли распределенных квот в 2020 г. – 95,4 % (14 305,9 т), в 2021 г. – 93,3 % (13 987,9 т), в 2022 г. – 80 % (11 999 т) связано с введением инвестиционных квот.

В 2020 г. впервые были выделены объему ОДУ на инвестиционные цели в области рыболовства для осуществления промышленного рыболовства и (или) прибрежного рыболовства (далее – инвестцели) в размере 692,79 т, далее ежегодно объемы увеличивались: в 2021 г. – до 1 010,762 т, в 2022 г. – до 2 999,742 т.

На рис. 3 представлена динамика объемов выделенных и распределенных квот на инвестцели.

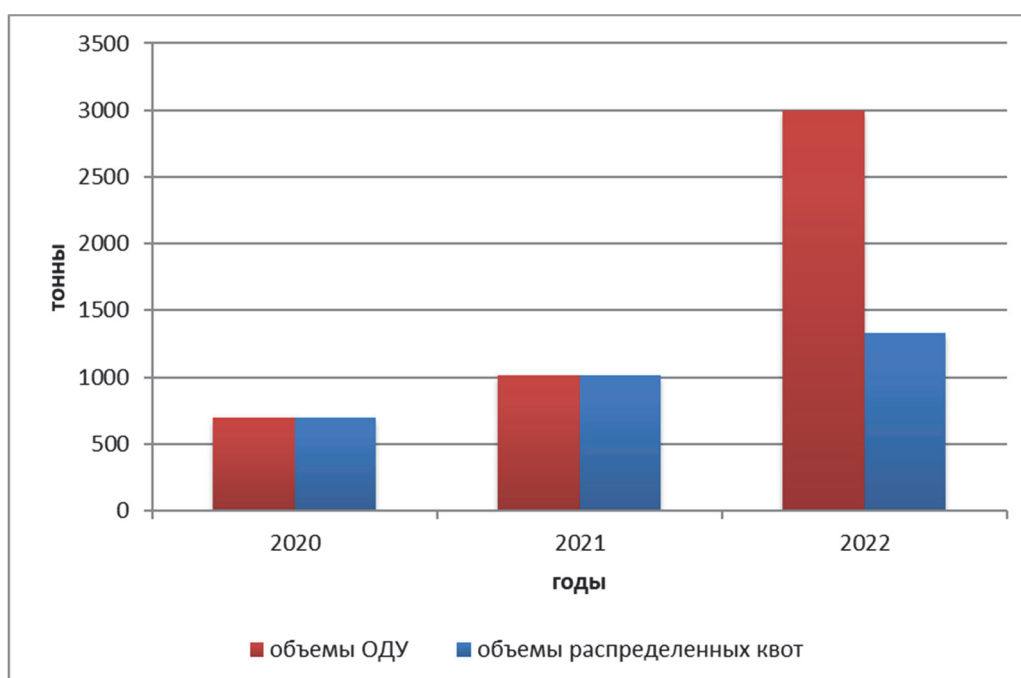


Рисунок 3 – Общие объемы ОДУ и распределенных квот, предоставленных на инвестиционные цели (для промышленного рыболовства) за 2020–2022 гг., т

Согласно представленным на графике данным видно, что в 2020 и 2021 гг. объемы распределенных квот на инвестцели соответствовали объемам ОДУ, установленным для этих целей, а в 2022 г. доля распределенных квот составила 44,3 % от заявленных объемов ОДУ.

Проведенный анализ объемов частей ОДУ, распределенных между пользователями, показал, что для пользователей квот Петропавловско-Командорской подзоны Восточно-Камчатской зоны ДВРБ наименьший объем доли за рассматриваемый восьмилетний период составлял 4,56 т, а наибольший – 4 659,887 т. Таким образом, авторы провели ранжирование объемов квот по четырем группам: до 100 т (группа А), от 100 до 1 000 т (группа Б), от 1 000 до 3 000 т (группа В), свыше 3 000 т (группа Г). Все пользователи были отнесены к одной из групп по годам.

Всего за весь рассматриваемый восьмилетний период было зафиксировано 15 пользователей без учета пользователей инвестиционных квот (16 с учетом пользователей инвести-

ционных квот). Динамика распределения числа пользователей (без учета пользователей инвестиционных квот) по годам представлена на рис. 4.

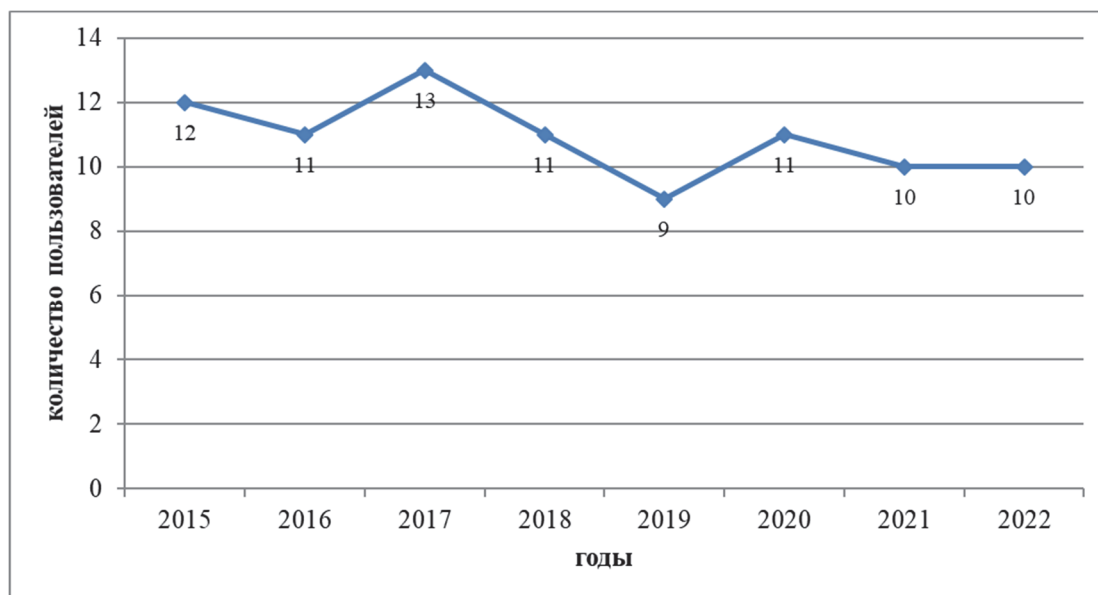


Рисунок 4 – Динамика распределения квот добычи кальмара между пользователями за 2020–2022 гг., ед.

Из графика видно, что максимальное число пользователей из общего их количества за весь рассматриваемый период наблюдалось в 2017 г. и составило 13 ед. В 2019 г. наблюдалось наименьшее число пользователей. Не наблюдается четкой зависимости освоения объемов ОДУ (см. рис. 1) от количества пользователей, имевших квоты. При одинаковом числе пользователей в 2021 и 2022 гг. освоение объемов ОДУ кальмара сильно различается и равно 71,9 и 18,5 % соответственно. Аналогичная ситуация наблюдается и по остальным годам.

Динамика зависимости числа пользователей и количества лет, в течение которых они имели квоты на добычу кальмара, представлена на рис. 5.

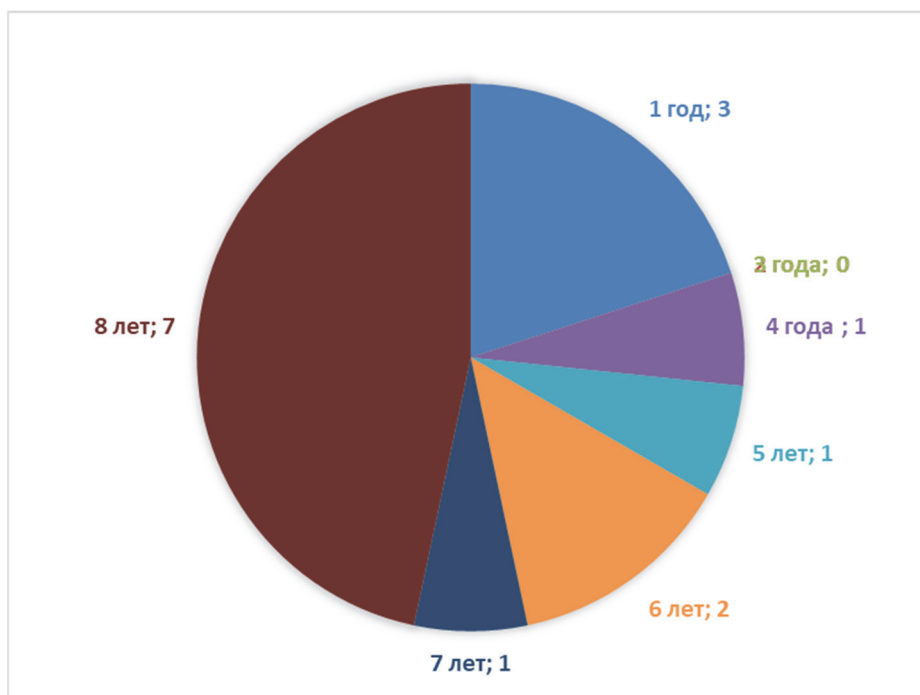


Рисунок 5 – Динамика распределения зависимости числа пользователей от длительности пользования квотами, ед.

Из диаграммы видно, что 7 пользователей (46,7%) имели квоты на всем рассматриваемом восьмилетнем периоде, 3 пользователя (20 %) имели квоты только один год, 2 пользователя (13,3 %) – 6 лет, по одному пользователю – 4 года, 5 лет и 7 лет.

В группе А за весь восьмилетний период наблюдалось 3 пользователя, при этом ни один из пользователей не имел квот на весь рассматриваемый период. Один из пользователей имел квоты только один год, два других – по 6 лет. В группе Б в период с 2015 по 2017 гг. наблюдалось 7 пользователей, в 2018 г. их количество сократилось до 6, так как одному из пользователей была увеличена доля и он «перешел» в группу В. Таким образом, в группе Б 3 пользователя имели квоты весь рассматриваемый период, 2 пользователя имели квоты только по одному году (один – в период 2015–2018 гг., второй – в период 2019–2022 гг.), по одному были пользователи, имевшие квоты 3 года (далее пользователь относился к группе В), и имевшие квоты 5 (с 2015 по 2019 гг.) и 7 лет. В группе В в период с 2016 по 2017 гг. наблюдалось 2 пользователя, в 2018 г. число пользователей увеличилось на 1 (переход из группы Б), пользователи имели квоты все 8 лет. В группе Г за весь рассматриваемый восьмилетний период наблюдалось 2 пользователя, которые имели квоты на протяжении всех восьми лет.

Два пользователя инвестиционных квот относятся к группе Б. У одного из пользователей объемы квот на протяжении периода 2020–2022 гг. оставались неизменными, а у второго увеличились в 2 раза в 2021 г. по сравнению с 2020 г., а в 2022 г. – в 1,5 раза по сравнению с предыдущим годом.

Динамика распределения числа пользователей без учета пользователей инвестиционных квот по группам представлена на рис. 6.

На рис. 7 представлено распределение среднегодовых объемов квот по группам пользователей за периоды 2015–2018 гг. и 2019–2022 гг.

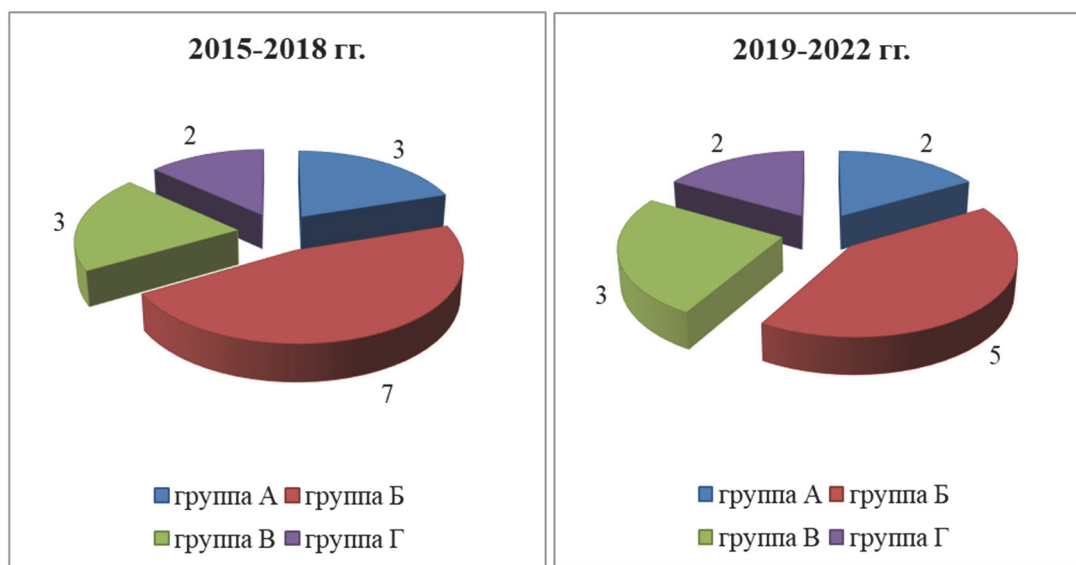


Рисунок 6 – Динамика распределения пользователей по группам, ед.

На основании представленных в диаграммах данных можно сформулировать следующие результаты: основной объем квот приходится на доли пользователей группы Г, в которой на протяжении рассматриваемого периода было по 2 пользователя, имевших квоты все восемь лет, у самой многочисленной группы Б (в среднем 7 пользователей за период 2015–2018 гг. и 5 пользователей за период 2019–2022 гг.) удельный вес общего среднегодового объема квот составил 6,9 % за период 2015–2018 гг. и 6,3 % – за период 2019–2022 гг., что значительно ниже показателей удельного веса для группы В – 19,1 и 21,7 % за периоды 2015–2018 гг. и 2019–2022 гг. соответственно и группы Г – 73,7 и 71,5 % за периоды 2015–2018 гг. и 2019–2022 гг. соответственно.

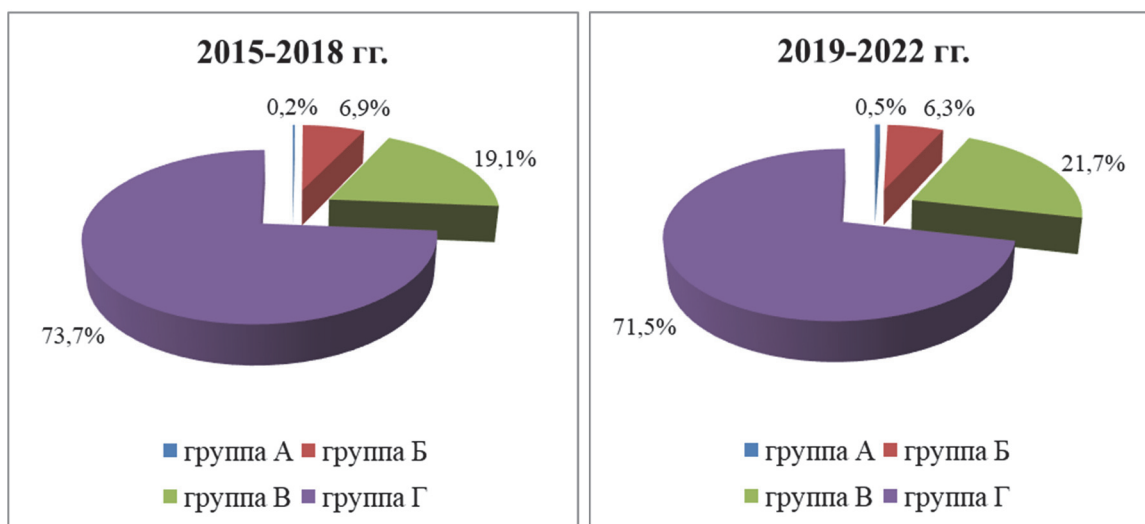


Рисунок 7 – Динамика распределения среднегодовых объемов квот по группам пользователей, %

Проведенный анализ позволил изучить динамику распределения объемов квот для целей промышленного рыболовства в Петропавловско-Командорской подзоне Восточно-Камчатской зоны ДВРБ. Удельный вес пользователей групп В и Г составлял 25–30 %, а среднегодовой объем квот этих групп составлял 87,5–89 %. Дальнейшее исследование будет направлено на изучение освоения выделенных квот каждой группой и выявление того, какая из групп работает стабильнее, а какая недоосваивает выделенные квоты.

Библиографический список

1. Лисиенко С.В. Совершенствование организации ведения добычи водных биологических ресурсов с целью успешной реализации стратегического развития отечественного рыболовства // Рыб. хоз-во. 2013. № 3. С. 17–21.
2. Иванко Н.С., Лисиенко С.В. Анализ освоения кальмаров Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в 2017–2021 гг // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 60, № 2. С. 23–32.
3. Лисиенко С.В., Иванко Н.С., Машкова А.С. Исследование состояния освоения кальмара командорского в двух промысловых зонах // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Международной науч.-техн. конф. Владивосток, 2021. С. 30–35.
4. О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2015, 2016, 2017, 2018 гг. (с изменениями). Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).
5. О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна для осуществления прибрежного рыболовства по пользователям Российской Федерации на 2015, 2016, 2017, 2018 гг.(с изменениями) Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).
6. О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользовате-

лям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2019, 2020, 2021, 2018 гг. (с изменениями). Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).

7. О распределении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна применительно к видам квот их добычи (вылова) на 2020, 2021, 2022 гг. (с изменениями). Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).

8. О распределении объема части общего допустимого улова водных биологических ресурсов, утвержденного применительно к квоте добычи (вылова) водных биологических ресурсов, предоставленной на инвестиционные цели в области рыболовства для осуществления промышленного и (или) прибрежного рыболовства по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2020, 2021, 2022 гг.(с изменениями). Приказы Минсельхоза России [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2023).

УДК 639.2.053.7(26)

Денис Владимирович Измятинский

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro-center.ru

Лора Николаевна Ким

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: kln07@bk.ru

Надежда Леонидовна Асеева

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Вера Николаевна Измятинская

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение, средняя общеобразовательная школа № 61, учитель, Россия, Владивосток, e-mail: izmdenver@rambler.ru

Дмитрий Геннадьевич Кравченко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: gennadyevich85@yandex.ru

**Оценки ресурсов камбал в подзоне Приморье в 2023 г.
по данным промысловых уловов**

Аннотация. По промысловым данным, в подзоне Приморье в 2023 г. зарегистрировано 11 видов камбал. По обилию преобладали колючая и малоротая камбалы. В 2023 г. биомасса камбал в подзоне Приморье составила 90,4 тыс. т, а плотность биомассы на отдельных станциях промысла изменялась от 10 кг/км² до 23 т/км², составив в среднем 8,9 т/км². Рассмотрены размерная структура камбал, время их основного нереста в 2023 г., соотношение полов в их скоплениях и выведены зависимости между общей и промысловой длиной камбал, а также между их общей длиной и весом тела особей.

Ключевые слова: камбалы, подзона Приморье, биомасса, численность, размерная структура, соотношение полов, нерест

Denis V. Izmyatinsky

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro-center.ru

Lora N. Kim

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: kln07@bk.ru

Nadezhda L. Aseeva

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Vera N. Izmyatinskaya

Municipal budgetary educational institution, Secondary school No. 61, Teacher, Russia, Vladivostok, e-mail: izmdenver@rambler.ru

Dmitry G. Kravchenko

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («ТИНРО»), Leading Specialist, PhD, Russia, Vladivostok,
e-mail: gennadyevich85@yandex.ru

Estimates of flounder resources in the Primorye subzone in 2023 according to the data of commercial catches

Abstract. According to commercial data, 11 species of flounders were registered in the Primorye subzone in 2023. Scaly-eyed plaice and Korean flounder predominated by the abundance. In 2023, the biomass of flounders in the Primorye subzone amounted to 90.4 thousand tons, and the biomass density at fishery stations varied from 10 kg/km² to 23 t/km², averaging 8.9 t/km². The size structure of flounders, the time of their main spawning in 2023, the sex ratio in their accumulations are considered, and the dependencies between the total and commercial length of flounders, as well as between their total length and body weight of individuals are got.

Keywords: flounders, Primorye subzone, biomass, abundance, size structure, sex ratio, spawning

Введение

Мониторинг за состоянием камбальных популяций в Приморье ведётся с момента образования ТОНС (Тихоокеанской научной станции) [1, 2, 3 и др.], что было первым названием института, ныне являющегося Тихоокеанским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). До 1980-х гг. биологические данные по морским промысловым рыбам подзоны Приморье чаще всего получали на рыбокомбинатах или на промысловых судах, и по ним, с добавлением информации по статистике вылова, оценивали состояние ресурсов, в том числе камбальных. Примерно с середины 1980-х гг., когда в подзоне Приморье начали проводить учётные съёмки, основным методом оценки ресурсов камбал стал площадной [4, 5 и др.]. Согласно этому методу величина численности и биомассы рыб на акватории определённой площади пропорциональна величине уловов на протраленном участке с учётом коэффициентов уловистости [6]. Но данный метод предполагает выполнение траловых уловов, для которых выведена формула оценки ресурсов рыб [7]. Однако в последние годы, в связи с уменьшением научного штата в Тихоокеанском филиале, учётные съёмки удаётся проводить не каждый год. И в 2023 г., в связи с отсутствием съёмок, нам пришлось полностью вернуться к практике сбора материалов на рыбокомбинатах и на промысле. В настоящее время на промысле в подзоне Приморье самым часто используемым орудием лова является снюрревод, а также, кроме трала, для вылова рыб активно применяются пассивные орудия лова, в частности различные модификации ставных сетей [8]. Ранее нами была разработана методика оценки ресурсов рыб по уловам снюрревода [9] и ставных сетей [10].

Целью работы является оценка ресурсов камбал в подзоне Приморье и анализ их биологического состояния по результатам промысловых уловов.

Материал и методика

В основу работы положены материалы промысловых уловов, выполненных в 2023 г. на малотоннажных и среднетоннажных судах (МРС-086, МС «Рокос», РПШ-1136, РС-360 «Дивный», РС «Ураганный», СТР «Южно-Морской» и СТР «Калиновск») и бригадами прибрежного лова. Упомянутые суда вели промысел снюрреводом, за исключением РС «Ураганный», вооружённого донным тралом; а работающие с нами бригады прибрежного лова – ставными сетями и удочками.

Полученные оценки ресурсов камбал рассчитаны по уловам снюрревода с помощью формулы [9]

$$C = \frac{1000000 / \left(\frac{\pi d^2}{2} + \frac{dh_{тр}}{2} \right) c}{V}, \quad (1)$$

где C – численность (шт.) или биомасса (кг) вида в расчёте на 1 км^2 ; c – улов вида, 1000000 – количество квадратных метров в одном квадратном километре; π – число π ; округленно равное $3,14$; V – коэффициент объёмности облова, показывающий, какое количество горизонтов воды высотой $6\text{--}8$ м облавливалось снюрреводом (при принятом нами значении 3 делается допущение, что в трёх облавливаемых горизонтах воды указанной высоты плотность распределения рыб одинакова); d – диаметр круга, половиной периметра которого является длина верхней подборы снюрревода; $h_{\text{тр}}$ – высота равнобедренного треугольника, образованная стягиванием урезов к судну.

$$d = \frac{2l_{\text{сет}}}{\pi}, \quad (2)$$

где $l_{\text{сет}}$ – длина верхней подборы снюрревода.

$$h_{\text{тр}} = \sqrt{a^2 - \frac{d^2}{4}}, \quad (3)$$

где a – сторона равнобедренного треугольника, равная длине одного уреза без провисающей над грунтом части. Провисающая над грунтом часть уреза равна глубине места лова, умноженной на 3 .

Кроме того, в прибрежной зоне моря (до глубины 8 м) плотность камбал оценивалась по уловам ставных сетей согласно формуле [10]

$$C = \frac{1000000}{l} \times \frac{c}{24 \times 60 / p}, \quad (4)$$

где l – площадь выставленного порядка сетей (равная длине порядка, умноженной на гипотетическую ширину размером 1 м); 24 – количество часов в сутках; 60 – количество минут в одном часе; p – период времени, в течение которого состав рыб не изменяется (нами принимаются 10 мин).

В случаях отсутствия возможностей вести промысел с судов, закидным неводом и ставными сетями бригады занимались учебным ловом. Многочисленные сопоставления уловов удочкой и ставными сетями показали, что улов удочкой можно привести к улову ставной сети, а именно, улов удочкой одного рыбака-любителя примерно соответствует улову ставной сети протяженностью 50 м за это же время.

Результаты и обсуждение

По промысловым данным, в подзоне Приморье в 2023 г. зарегистрировано 11 видов камбал. Большинство из них попадались в уловы снюрревода (табл. 1), за исключением полосатой камбалы *Liopsetta pinnifasciata*, лов которой осуществлялся ставными сетями. Согласно оценкам ресурсов камбал, выполненных по уловам снюрревода, как по численности, так и по биомассе, явно выделялось два доминирующих вида – колючая *Acanthopsetta nadeshnyi* и малоротая *Glyptocephalus stelleri* камбалы. Палтусовидная *Hippoglossoides dubius*, желтополосая *Limanda herzensteini*, остроголовая *Cleisthenes herzensteini*, желтопёрая *Limanda aspera*, японская *L. yokohamae*, длиннорылая *L. punctatissima* и звёздчатая *Platichthys stellatus* камбалы в промысле 2023 г. имели второстепенное значение, внося каждая в общую биомассу уловов от $1,0$ до $8,9$ %. Кроме перечисленных камбал, единично в уловах снюрревода встречалась двухцветная камбала *Kareius bicoloratus*.

В 2023 г. общая биомасса камбал в подзоне Приморье повысилась до $90,4$ тыс. т, по сравнению с 2022 г., когда она составляла $72,4$ тыс. т. Но численность камбал по оценкам 2023 г. ($336,9$ млн. экз.) была ниже, чем по оценкам 2022 г. ($417,1$ млн экз.). Следовательно, в

2023 г. увеличение биомассы камбал произошло преимущественно за счёт увеличения веса особей ряда относительно урожайных поколений разных видов, присутствующих в уловах и ранее, но подросших в данном году.

Таблица 1 – Оценки биомассы (В), численности (N) и среднего веса особей разных видов камбал в подзоне Приморье, по данным уловов снюрревода в 2023 г.

| Вид | В, тыс. т | В, % | N, млн экз. | N, % | Вес, г |
|---------------------------------|-----------|-------|-------------|-------|--------|
| <i>Acanthopsetta nadeshnyi</i> | 37.2 | 41.1 | 159.2 | 47.3 | 0.233 |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> | 15.6 | 17.3 | 60.9 | 18.1 | 0.257 |
| <i>Hippoglossoides dubius</i> | 8.9 | 9.8 | 25.0 | 7.4 | 0.355 |
| <i>Limanda herzensteini</i> | 8.5 | 9.4 | 25.4 | 7.5 | 0.336 |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> | 7.7 | 8.5 | 36.7 | 10.9 | 0.209 |
| <i>Limanda aspera</i> | 6.8 | 7.5 | 17.6 | 5.2 | 0.386 |
| <i>Limanda yokohomae</i> | 3.1 | 3.5 | 5.1 | 1.5 | 0.614 |
| <i>Limanda punctatissima</i> | 1.1 | 1.2 | 4.5 | 1.4 | 0.245 |
| <i>Platichthys stellatus</i> | 1.0 | 1.1 | 1.5 | 0.4 | 0.661 |
| <i>Kareius bicoloratus</i> | 0.5 | 0.6 | 1.0 | 0.3 | 0.509 |
| Все камбалы | 90.4 | 100.0 | 336.9 | 100.0 | 0.268 |

На отдельных станциях промысла биомасса камбал изменялась от 10 кг/км² до 23 т/км², составив в среднем 8,9 т/км². В целом величина промысловых уловов камбал в заливе Петра Великого была выше, чем в водах северного Приморья. При добыче камбал в подзоне Приморье главным промысловым полигоном традиционно являлся участок в восточной части Уссурийского залива. Здесь, по усреднённой величине уловов, выделялись две основные зоны – с плотностью биомассы камбал от 4 до 10 т/км² и с плотностью их биомассы от 10 до 15 т/км².

К основным промысловым камбалам подзоны Приморье обычно относятся колючая, малоротая и желтопёрая камбалы: колючая – по причине её явного преобладания по численности над другими камбалами (особенно в водах северного Приморья), а малоротая и желтопёрая – вследствие заметно выделяющихся вкусовых свойств. Желтопёрую камбалу добывают преимущественно в заливе Петра Великого, колючую камбалу – в водах северного Приморья, а малоротую – в обоих этих районах. Определённое разграничение промысла желтопёрой и колючей камбал происходит вследствие предпочтения ими разных диапазонов глубин.

По данным учётных работ, биомасса колючей камбалы в подзоне Приморье с 2008 г., когда она была равна 8,8 тыс. т, постепенно возрастала, достигнув к нынешнему году 26,8 тыс. т. Длина колючей камбалы в уловах изменялась от 20 до 43 см, при среднем значении 28,4 см (рис. 1). В её размерном ряду отмечено две модальные группы – первая представлена особями длиной 22–23 см, а вторая – особями длиной 29–31 см. Особи первой модальной группы в основном являлись неполовозрелыми. В общей сложности, на долю молоди в скоплениях колючей камбалы по численности пришлось около 24 %. Вторая модальная группа была образована особями преимущественно в возрасте 6 и 7 лет, которые в популяции этого вида могут быть охарактеризованы как средневозрастные. Так как более старшевозрастные группы были немногочисленны, в целом можно сделать вывод, что в популяции колючей камбалы на данный момент пополнение преобладает над остатком.

Биомасса малоротой камбалы в 2023 г., по сравнению с 2022 г., несколько понизилась, но держится на среднемноголетнем уровне. График размерного состава малоротой камбалы в 2023 г. был близок к кривой нормального распределения (рис. 2) – с модальной группой особей от 30 до 37 см, находящихся в возрасте от 6 до 10 лет. Такая форма кривой размерно-возрастного состава свидетельствует о том, что в популяции малоротой камбалы остаток уравновешен с пополнением. При этом доля молоди в её облавливаемых скоплениях в среднем была равна около 5 %.

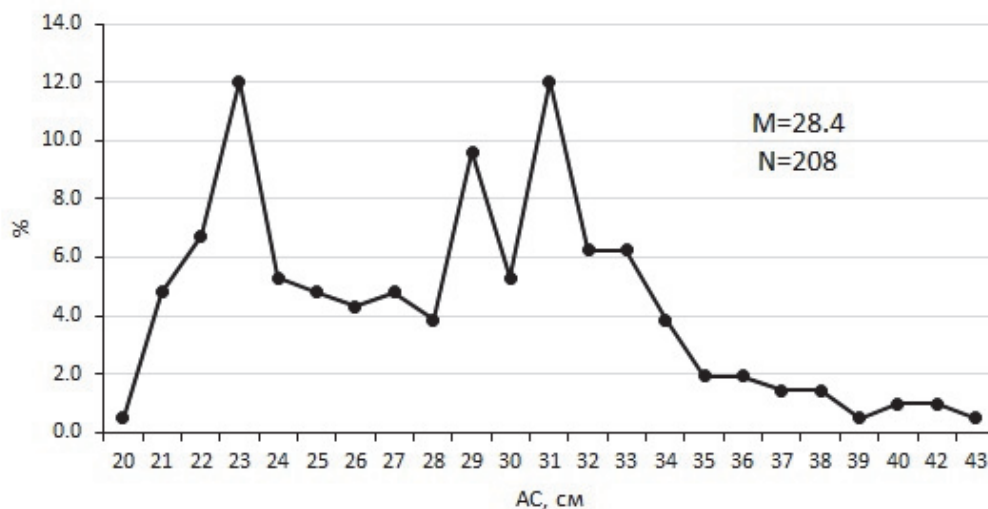


Рисунок 1 – Размерный состав колючей камбалы в водах северного Приморья в 2023 г.

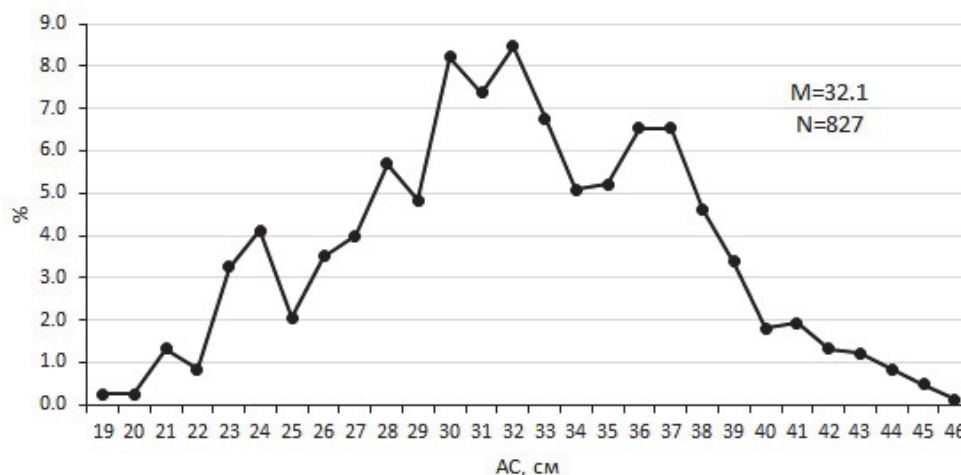


Рисунок 2 – Размерный состав малоротой камбалы в заливе Петра Великого в 2023 г.

По результатам наших исследований у малоротой камбалы удалось определить период массового нереста в заливе Петра Великого в 2023 г. При рассмотрении стадий зрелости гонад малоротой камбалы в разные месяцы видно, что в феврале у неё преобладала III стадия зрелости, а также встречались особи на II и IV стадиях (рис. 3). В мае около 50 % особей находились в процессе нереста – на V стадии зрелости, небольшая часть особей были уже отнерестившимися (на VI стадии), но более 40 % особей имели IV или IV–V стадии зрелости. В августе только небольшой процент особей были недавно отнерестившимися (на VI стадии), а в основном гонады особей малоротой камбалы были на III стадии зрелости. Судя по этим данным, пик нереста малоротой камбалы в 2023 г. приходился на июнь и первую половину июля.

Анализ наполнения желудков малоротой камбалы, выполненный в феврале и августе, показал, что интенсивность её питания была выше в августе, когда средняя степень наполнения составила 3,0 балла, в то время как в феврале этот показатель был равен 1,1 балла.

Большую часть уловов желтопёрой камбалы (свыше 60 %) образовывали особи довольно узкого размерного и возрастного диапазона – длиной от 25 до 31 см и в возрасте от 4 до 7 лет. Все эти поколения, очевидно, являются среднеурожайными, на основании чего можно полагать, что желтопёрая камбала в настоящее время не находится в депрессивном состоянии. Доля более старшевозрастных особей была тоже существенна (34,2 %), а рыбы моложе 4 лет, как правило, ещё не вступили в промысловое стадо.

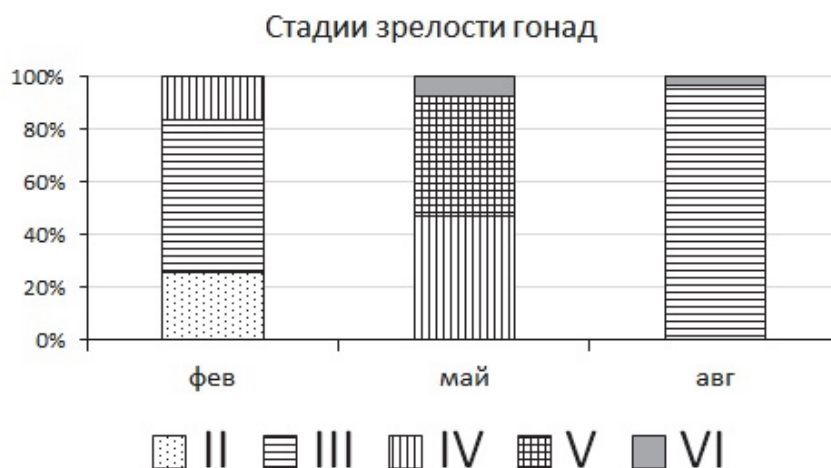


Рисунок 3 – Изменение стадий зрелости гонад малоротой камбалы в разные месяцы в 2023 г.

Судя по анализу состояния гонад желтопёрой камбалы в разные месяцы, пик её нереста приходился на вторую половину мая и июнь. Так, в мае нерестящимися были около половины пойманных особей, а в августе 80 % особей уже отнерестились.

У остальных камбал размерно-возрастная структура была схожей с таковой у рассмотренных нами видов. Несколько более крупными особями были представлены только звёздчатая и двухлинейная камбалы. Длина звёздчатой камбалы в уловах варьировала от 29 до 65 см, составляя в среднем 37,9 см. А двухлинейная камбала попадалась в штучных количествах, но длина части её особей также превышала 60 см.

Согласно обобщённым данным по стадиям зрелости гонад можно говорить, что нерест у разных видов длится более значительную часть года, чем принято считать по литературным данным [11, 12, 13 и др.]. В то время как в литературе приводятся данные, что нерест колючей и малоротой камбал наблюдается с мая [14], нами были зафиксированы недавно отнерестившиеся экземпляры колючей камбалы в феврале, а малоротой камбалы – в марте. Но об интенсивности нереста можно говорить более уверенно. По нашим данным, в 2023 г. пик нереста полосатой камбалы пришёлся на первую половину января (а также вторую половину декабря предыдущего года), японской камбалы – на апрель и первую половину мая, желтополосой камбалы – на июнь, остроголовой камбалы – на вторую половину июня и первую половину июля. Анализы, сделанные в конце августа, показали, что абсолютное большинство особей у всех исследованных камбал были на III стадии зрелости, т.е. они уже успели восстановиться после нереста; только что отнерестившиеся особи на VI стадии попадались, но их было немного. У части экземпляров малоротой камбалы, проанализированных в октябре, гонады уже переходили на стадию III–IV.

Соотношения полов в скоплениях разных видов было близко к 1 : 1. Только у палтусовидной камбалы соотношение самок и самцов было 3 : 1, что, вероятно, объясняется случайностью выборки, так как у данного вида самыми массовыми возрастными группами были 4- и 5-годовики, а самки начинают преобладать над самцами в старшевозрастных группах камбал [15]. У большинства рассмотренных нами камбал количество самок немного превышало количество самцов. Но у желтопёрой и желтополосой камбал, наоборот, самцов было немного больше.

Нами были выведены зависимости между общей (у камбал длина по Смиуту AC равна общей длине) и промысловой (AD) длиной разных видов, а также между их общей длиной и массой тела (табл. 2). При сравнении двух длин одних и тех же камбал коэффициент детерминации (R^2) во всех случаях был выше 0,97. При сравнении общей длины и массы показатель случайной дисперсии, не описываемой данным коэффициентом детерминации, как правило, был более существенным. Но при этом значения коэффициента детерминации не опускались ниже величины 0,7.

Таблица 2 – Характеристика соотношения параметров длины и массы разных видов камбал в подзоне Приморье в 2023 г. (в соответствующих столбцах приводятся показатели средних длин АС и АД в провесе, средней массы особей, а также уравнения зависимости и коэффициенты детерминации между этими параметрами)

| Вид | АС | АД | Масса | Зависимость м/у АС и АД | R ² м/у АС и АД | Зависимость м/у АС и массой | R ² м/у АС и массой |
|---------------------------------|------|------|-------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| <i>Acanthopsetta nadeshnyi</i> | 26.1 | | 160 | | | $y=0.0048x^{3.1561}$ | 0.9641 |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> | 31.3 | | 263 | | | $y=0.0021x^{3.3939}$ | 0.7034 |
| <i>Hippoglossoides dubius</i> | 28.0 | | 176 | | | $y=0.0045x^{3.1478}$ | 0.9925 |
| <i>Limanda herzensteini</i> | 27.0 | 23.7 | 280 | $y=0.9013x-0.9706$ | 0.9706 | $y=0.021x^{2.8621}$ | 0.9088 |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> | 29.1 | 25.6 | 232 | $y=0.9432x-1.9449$ | 0.987 | $y=0.0067x^{3.0965}$ | 0.9678 |
| <i>Limanda aspera</i> | 28.4 | | 283 | | | $y=0.1985x^{2.1601}$ | 0.8237 |
| <i>Limanda yokohomae</i> | 28.5 | 24.8 | 371 | $y=0.9129x-1.1518$ | 0.9768 | $y=0.0166x^{2.9481}$ | 0.9135 |
| <i>Limanda punctatissima</i> | 27.0 | 23.3 | 260 | $y=1.0124x-4.0847$ | 0.9717 | $y=0.0152x^{2.9468}$ | 0.9049 |

Заключение

1. Во время промысла в подзоне Приморье в 2023 г. зарегистрировано 11 видов камбал. По биомассе и численности явно преобладали два вида – колючая и малоротая камбалы.

2. Общая биомасса камбал в подзоне Приморье в 2023 г. составила 90,4 тыс. т, что выше оценок их биомассы, полученных в 2022 г. (72,4 тыс. т). Оценки численности камбал в 2023 г. (336,9 млн экз.), наоборот, были ниже, чем в 2022 г. (417,1 млн экз.).

3. На отдельных станциях промысла биомасса камбал изменялась от 10 кг/км² до 23 т/км², составив в среднем 8,9 т/км².

4. Анализ размерно-возрастного состава разных камбал показал, что их популяции в настоящее время находятся в нормальном состоянии.

5. По анализу состояния гонад можно сделать вывод, что в 2023 г. у полосатой камбалы основной нерест наблюдался в зимний период, у японской камбалы – в весенний период, у малоротой, желтопёрой и желтополосой камбал – в весенне-летний период, а у остроголовой камбалы – в летний период.

6. Соотношение полов в популяциях разных камбал было близко к 1 : 1.

7. Выведены зависимости между общей и промысловой длиной камбал, а также между их общей длиной и массой тела.

Библиографический список

1. Охрянкин Д.И., Моисеев П.А., Таранец А.Я. Промысловые камбалы Приморья. Владивосток: ТИНРО, 1936. 41 с.

2. Демидова М.Т. Материалы по биологии желтополосой камбалы // Вестник ДВ филиала АН СССР. 1939. № 33(1). С. 173–190.

3. Моисеев П.А. Некоторые данные о влиянии промысла на состояние стада камбал залива Петра Великого // Зоол. журн. 1946. Т. 25, № 5. С. 451–458.

4. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. 217 с.

5. Вдовин А.Н., Измятинский Д.В., Соломатов С.Ф. Основные результаты исследований рыб морского прибрежного комплекса Приморья // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 168–190.

6. Никольский Г.В. Теория динамики стада рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1974. 447 с.

7. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 289 с.

8. Асеева Н.Л., Ким Л.Н., Иванкова З.Г., Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В. Оценка вылова наиболее востребованных видов семейств камбаловых Pleuronectidae и рогатковых Cottidae в подзоне Приморье в 2022 г. // Вопр. рыболовства. 2023. Т. 24, № 2. С. 73–80.

9. Ким Л.Н., Измятинский Д.В. Опыт оценки ресурсов рыб в заливе Петра Великого по данным снюрреводных уловов // Изв. ТИНРО. 2018. Т. 194. С. 205–214.
10. Ким Л.Н., Измятинский Д.В. Форма регистрации уловов закидного невода и ставных сетей и опыт оценки ресурсов рыб с помощью этих орудий лова // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 204–218.
11. Фадеев Н.С. Северотихоокеанские камбалы: распространение и биология. М.: Агропромиздат, 1987. 174 с.
12. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. 366 с.
13. Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 552 с.
14. Иванков В.Н., Иванкова З.Г., Волкова Т.Д. Типы икрOMETания и сроки нереста камбал залива Петра Великого // Ученые записки ДВГУ. 1972. Т. 60. С. 49–61.
15. Дьяков Ю.П. Размерно-половая и половозрастная структура популяций дальневосточных камбал (Pleuronectidae) // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 177. С. 77–113.

Василий Владимирович Кудакоев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, доцент кафедры «Промышленное рыболовство», кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: kudakaev.vv@dgtru.ru

Методика точного размещения деталей на цилиндрических поверхностях в 3D-сборках на примере проектирования дуги траловой доски в «Компас 3D»

Аннотация. В настоящее время одним из самых популярных инструментов 3D-проектирования в России является пакет программ «Компас 3D». Данный пакет широко применяется при проектировании в машиностроении, приборостроении, строительстве. Для перечисленных отраслей уже существует множество различных обучающих материалов, в том числе и видео. В то же время необходимо отметить, что информации по применению программ «Компас 3D» в промышленном рыболовстве практически нет. Предложена методика точного размещения детали «Ребро» в сборке дуги траловой доски на цилиндрической поверхности бугеля.

Ключевые слова: дуга траловой доски, 3D-моделирование, траловые доски

Vasili V. Kudakaev

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: kudakaev.vv@dgtru.ru

A technique for accurately placing parts on cylindrical surfaces in 3D assemblies using the example of designing a trawl door bracket in Compass 3D

Abstract. Nowadays, one of the most popular 3D design tools in Russia is the Compass 3D software suite. This suite is widely used in design in mechanical engineering, electrical engineering, and construction engineering. For the listed industries, there are already many different training materials, including video lessons. At the same time, it should be noted that there is practically no information on the use of Compass 3D software in Industrial Fishing. The article will propose a method for accurately placing the “Rib” part in the trawl door arc 3D assembly on the cylindrical surface of the clamp.

Keywords: trawl door bracket, 3D design, trawl doors

Ранее в работах [1], [2], [3] рассматривался процесс создания 3D-деталей траловых досок в зарубежной системе AutoDesk Inventer. Программа AutoDesk Inventer является одной из наиболее современных и используется широким кругом пользователей во всём мире. Это позволяет большому кругу пользователей данной программой делиться опытом работы и совместному поиску решений при трёхмерном моделировании. В настоящий момент вышеуказанное программное обеспечение не доступно на территории РФ. Наиболее близкая из отечественных разработок является программа «Компас 3D». В работе [4] было представлено параметрическое моделирование детали «Пластина крепления ваера к траловой доске». В той же работе было произведено небольшое сравнение зарубежной и отечественной программ. Принципы 3-мерного моделирования примерно схожи, но тем не менее есть сложные моменты, возникающие при моделировании элементов орудий рыболовства, которые не описываются в многочисленных инструкциях и видеоуроках представителей компании-разработчика и различных блогеров. Как пример возникающих трудностей при создании 3D-сборок – это размещение деталей на цилиндрических поверхностях.

здаёт дополнительные сложности для её определения. Если начать рассчитывать недостающие размеры, потребуется много времени.

Рассмотрим методику с использованием стандартных инструментов «Компас 3D» для размещения детали «Ребро» в представленной выше сборке. В соответствии с представленным выше алгоритмом разместим и определим в сборке все детали, кроме детали «Ребро», рис. 2. Методика будет состоять из 4 этапов. Первый этап – это размещение детали «Ребро» в сборке, при этом при вставке при помощи параметров выставим ориентацию, максимально удобную для дальнейшего определения детали в сборке, рис. 3.

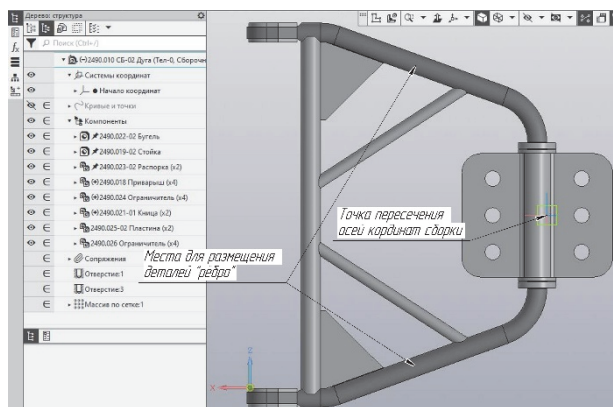


Рисунок 2 – Сборка дуги без ребер

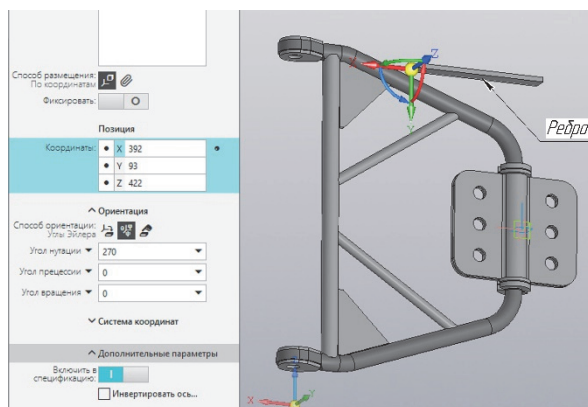


Рисунок 3 – Вставка детали «Ребро»

Второй этап – это определения ребра в сборке путём выравнивания его параллельно осевой детали «Бугель» (см. рис. 1, поз. 4) в месте для размещения детали «Ребро» (см. рис. 2). Деталь «Ребро» является листовым телом. Для построения использовался эскиз в виде отрезка длиной 400 мм, лежащего на оси (в данном случае оси X эскиза детали «Ребро»). Также при построении листового тела было выбрано симметричное построение, поэтому ось X детали «Ребро» может быть использована для параллельного совмещения с осевой линией на участке детали «Бугель» в месте для размещения (см. рис. 2). Чтобы совместить ось X детали «Ребро» с осевой линией указанного выше участка, необходимо выполнить следующие действия:

- в дереве сборки найти деталь «Ребро», раскрыть раздел «Начало координат» и выделить пункт «Ось X», в результате в рабочем пространстве у детали «Ребро» подсветится ось X (рис. 4);
- на панели «Размещение компонентов» кликнуть по инструменту «Совпадение», в раскрывшейся панели «Параметры» выбрать опцию «Параллельность»;
- на раскрывшейся панели параметров «Параллельность» необходимо указать 2 объекта, которые должны быть параллельны друг другу, при этом можно заметить, что первый объект назначен (это ранее выбранная ось X от детали «Ребро»), а для того, чтобы выбрать второй объект, необходимо кликнуть левой кнопкой мышки по участку детали «Бугель» в месте для размещения детали «Ребро» (см. рис. 2). В результате место для размещения детали подсветится и ребро встанет параллельно осевой линии этого участка детали «Бугель», рис. 4;
- для завершения действия необходимо нажать зелёную галочку на панели «Параметры».

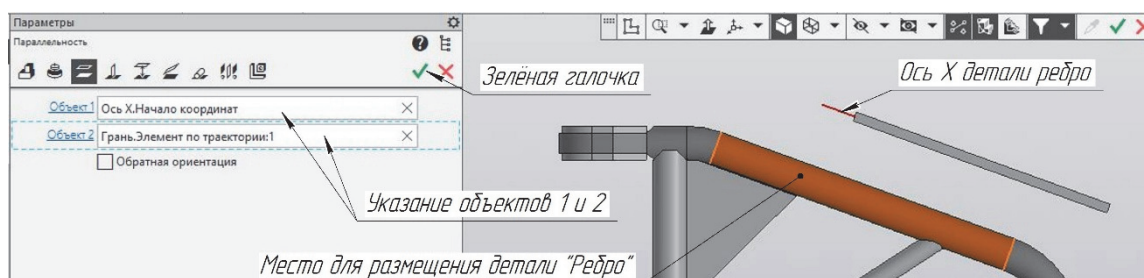




Рисунок 4 – Выставление детали «Ребро» параллельно осевой линии участка детали «Бугель»

Третий этап – это определение мест касания нужной грани детали «Ребро» и детали «Бугель». Так как в сборке детали «Бугель» и «Ребро» должны быть зафиксированы неподвижно относительно друг друга, то в данном случае целесообразнее будет просто определить расстояние между параллельными плоскостями всей сборки и детали «Ребро». Для этого необходимо выполнить следующие действия:


- в дереве сборки найти деталь «Ребро», раскрыть раздел «Начало координат» и выделить пункт «Плоскость XY» (на этой плоскости лежит эскиз детали «Ребро»), в результате в рабочем пространстве у детали «Ребро» подсветится плоскость XY (рис. 5);

- вращая сборку в пространстве, необходимо определить, с какой стороны детали «Ребро» расположена выделенная плоскость (это нужно для того, чтобы в дальнейшем можно было рассчитать, на каком расстоянии должны располагаться сопоставляемые плоскости), в нашем случае плоскость располагается на грани детали «Ребро» ближе к плоскости всей сборки XY (рис. 5);

- на панели «Размещение компонентов» кликнуть по инструменту «Совпадение», в раскрывшейся панели «Параметры» выбрать опцию «На расстоянии» ;

- на раскрывшейся панели параметров «На расстоянии» необходимо указать 2 объекта, которые должны быть на определённом расстоянии друг от друга, при этом можно заметить, что первый объект назначен (это ранее выбранная плоскость XY от детали «Ребро»), а для того, чтобы выбрать второй объект, необходимо, нажав на кнопку «Дерево»  в раскрывшемся дереве в разделе (сборки) «Начало координат», кликнуть левой кнопкой мышки по «Плоскость ZY». В результате в пространстве построения подсветится плоскость сборки ZY и появится текущее расстояние между двумя плоскостями, рис. 5;

- нажав на кнопку «Параметры», вернуться к параметрам опции «На расстоянии» и выставить расстояние половины диаметра сечения бугеля ($50/2=25$), при этом необходимо сохранить исходный знак расстояния (в нашем случае это знак «-»), т.е. значение будет -25, рис. 5;

- для завершения действия необходимо нажать зелёную галочку  на панели «Параметры».

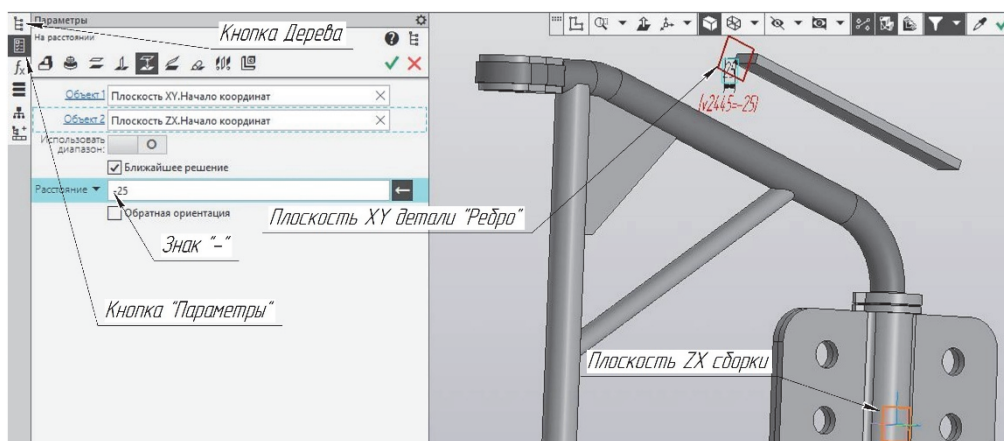


Рисунок 5 – Определение расстояния между параллельными плоскостями

Здесь стоит отметить, что, когда выполняется указание расстояния между плоскостями, сразу же производится фиксация объекта (в данном случае детали «Ребро») от вращения, так как нельзя вращать плоскость детали, которая имеет определённое расстояние от основной плоскости сборки.

Четвёртый этап – это определение положения детали «Ребро» по вертикали и горизонтали в соответствии с чертежом на рис. 1. На этом этапе и возникает основная сложность определения положения деталей в подобных сборках. Расстояние 60 мм, указанное на чертеже (см. рис. 1) – это расстояние от поверхности детали «Стойка» (поз. 2) до точки посередине одного из наикротчайших рёбер детали «Ребро» (поз. 9). В программе «Компас 3D» задать определение этого расстояния невозможно, кроме того, на чертеже не указано расстояние

этой точки по вертикали. Поэтому в данной статье предлагается выполнить этот этап следующими действиями:

- для проверки и удобства временных расчётов создать в «Компас 3D» чертёж сборки и вставить вид с уже построенной модели сборки «Дуга», примерно, как показано на рис. 1;

- построить вертикальную вспомогательную прямую через исходную точку, до которой указан размер 60 мм на рис. 1, нанести горизонтальные размеры от этой точки до ребра детали «Ребро», от детали «Стойка» – до вертикальной осевой линии на детали «Бугель» в месте крепления детали «Пластина», рис. 6;

- как было показано в третьем этапе, в модели сборки определить расстояние между плоскостью сборки ZY и выбранным ребром детали «Ребро». При указании параметра «Расстояние», сохраняя исходный знак (в нашем случае «-»), учитывая выше полученные размеры (рис. 6), введём значение $-(560-60+2.39+25)$, рис. 7. Здесь значение 25 – радиус сечения прутка детали «Бугель», т.е. расстояние между плоскостью сборки ZY и осевой линией детали «Бугель»;

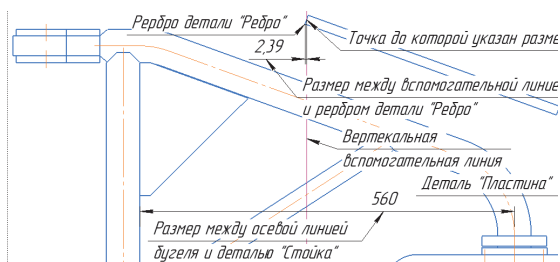


Рисунок 6 – Вспомогательные построения на чертеже

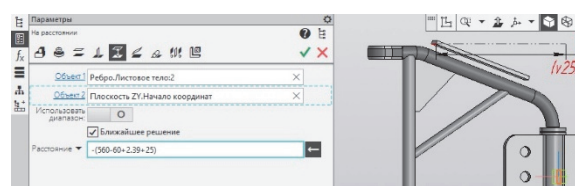


Рисунок 7 – Вспомогательные построения на чертеже

- в чертеже нажатием кнопки **Перестроить** обновить чертёж, удалить ненужные вспомогательные прямые и размеры, подобно методу, описанному в двух предыдущих пунктах, с помощью вспомогательных прямых рассчитать вертикальное расстояние между исходной точкой до ребра детали «Ребро», рассчитать расстояние от исходной точки до плоскости сборки XY, при котором на проекционном виде будут совпадать осевые линии деталей «Ребро» и «Бугель», и затем по полученным данным в модели сборки задать расстояние от ребра детали «Ребро» до плоскости сборки XY.

В статье предложена методика точного размещения деталей на цилиндрических поверхностях в 3D-сборках на примере проектирования дуги траловой доски. Представленная методика основана на взаимосвязи проекционного вида сборки на чертеже с её 3D-моделью, при которой изменения в 3D-модели мгновенно переносятся на чертёж. Использование предложенной методики является заменой сложных математических расчётов простыми геометрическими построениями.

Библиографический список

1. Кудакаев В.В. Динамические сборки в системе AutoDesk Inventor на примере траловой доски проекта 2490 // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. 2022. С. 113–118.

2. Кудакаев В.В. Параметрическое моделирование деталей траловых досок в системе AutoDesk Inventor // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. 2021. С. 13–17.

3. Кудакаев В.В. 3D-моделирование сложных элементов траловых досок с целью дальнейшего исследования их гидродинамических характеристик // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы Нац. науч.-техн. конф. 2020. С. 55–60.

4. Кудакаев В.В. Параметрическое моделирование пластины крепления ваера к траловой доске пр. 2490 в «КОМПАС 3D» // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Нац. науч.-техн. конф. 2022. С. 8–1.

УДК 582.26.08

Владимир Николаевич Кулепанов

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), руководитель группы изучения макрофитов и морских ежей лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: kulepanovvn@mail.ru

Дмитрий Анатольевич Соколенко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), заведующий сектором двустворчатых моллюсков лаборатории бентоса, Россия, Владивосток

Роман Викторович Власенко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей, Россия, Владивосток

**Состояние зарослей массовых видов макрофитов в прибрежье Приморья
(Японское море)**

Аннотация. По данным исследований 2021 г., сахарина японская первого года вегетации преобладала в южных районах прибрежья Приморья, а промысловые заросли двухлетних водорослей располагались в северных районах. Костария ребристая доминировала вдоль всего обследованного побережья. Десмарестия произрастала и преваляровала на больших глубинах, чем сахарина и костария. По сравнению с результатами съемки 2007 г. основные закономерности распределения массовых видов макрофитов не претерпели значимых изменений.

Ключевые слова: Японское море, макрофиты, доминирующие виды

Vladimir N. Kulepanov

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Head of the Group for the Study of Macrophytes and Sea Urchins of the Laboratory of Commercial Invertebrates and Algae, PhD in Biological Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: kulepanovvn@mail.ru

Dmitriy A. Sokolenko

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Head of the Bivalve Mollusk Sector of the Benthos Laboratory, Russia, Vladivostok

Roman V. Vlasenko

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Specialist of the Laboratory of Commercial Invertebrates and Algae, Russia, Vladivostok

The state of thickets of mass species of macrophytes in the coastal region of Primorye

Abstract. Saccharina japonica has prevailed first year in southern areas. Costaria costata dominated along all of Primorye. Desmarestia viridis grew and prevailed on depths, than Saccharina japonica and Costaria costata. In comparison with the data of 2007 the basic laws of distribution of mass kinds of seaweeds have not undergone appreciable changes.

Keywords: Japan Sea, seaweeds, dominant species

Морские водоросли и травы – важнейший компонент экосистем прибрежной зоны морей. Они являются базисом трофической пирамиды и вносят существенный вклад в её продук-

тивность. Основу фитомассы макрофитобентоса прибрежных вод Приморского края формируют бурые водоросли: костария ребристая *Costaria costata*, десмарестия зеленая *Desmarestia viridis* и сахарина японская *Saccharina japonica*. Последняя является важным промысловым видом. В отдельных районах на твердых грунтах преобладает морская трава филлоспадикс *Phyllospadix iwatensis*. Цель работы – анализ современного состояния зарослей массовых видов макрофитобентоса в прибрежье Приморья.

Исследования зарослей макрофитов в прибрежье Приморья проводили в мае–июне 2021 г. от мыса Поворотный до мыса Гиляк на девяти выбранных участках водолазным методом на глубинах от 1,5 до 20 м, в отдельных случаях до 30 м. Дополнительно анализировали данные, собранные в этот же период в 2007 г. Материалы собраны по общепринятым гидробиологическим методикам [1]. Оценивали общее проективное покрытие дна макрофитами (ОПП), проективное покрытие отдельными видами (ПП) [2, 3]. На каждой станции отбор проб макрофитов производили с площади 0,25 м², с последующим пересчетом на квадратный метр. В 2021 г. выполнено 175 водолазных станций, в 2007 г. – 204 станции. Уровень доминирования видов оценивался при помощи коэффициента Бродской-Зенкевича: \sqrt{BN} , где В – удельная биомасса; N – частота встречаемости [4, 5].

В прибрежье Приморья произрастает более 200 видов водорослей-макрофитов, но в формировании растительного покрова участвуют небольшое число видов [6]. Рассмотрено состояние зарослей трех видов бурых водорослей, произрастающих на твердых грунтах: *S. japonica* первого и второго года вегетации, *C. costata*, *D. viridis* и *Ph. iwatensis*.

Сахарина японская первого года вегетации преобладала в южных районах прибрежья (мыс Поворотный – о. Чихачева), где она встречалась на 68 % станций с ПП до 100 % (в среднем 26–28 %), биомасса – от 0,13 до 1,75 кг/м². Водоросли второго года вегетации преобладали в северных районах прибрежья Приморья (мыс Сосунова – мыс Гиляк). Частота встречаемости (ЧВ) сахарины на станциях достигала 57,8 %, ПП – 29 %, биомасса – 7,46 кг/м².

Костария преобладала в зарослях макрофитобентоса, частота встречаемости на твердых грунтах в большинстве районов превышала 50 % (максимум 83,3 % в районе бухта Триозерье – бухта Успения), ПП варьировало от 6 до 41 %, биомасса от 1,08 до 5,97 кг/м². Костария на станциях чаще всего произрастала с сахариной первого года вегетации. Диапазон глубин произрастания костарии (2,5–18 м) был шире, чем у сахарины первого и второго года вегетации (1,5–13,3 м и 2,5–12,5 м соответственно).

Десмарестия занимала более глубоководные участки с твердыми грунтами. Она отмечена на большинстве станций, с проективным покрытием, обычно не превышающим 15 %, за исключением района бухта Триозерье – бухта Успения, где ПП её зарослей достигало 60 %. Биомасса варьировала от 0,185 до 2,496 кг/м². В отличие от сахарины и костарии, десмарестия преобладала на глубинах более 5 м (средняя глубина 8,4 м). Водоросли встречались вплоть до глубины 30 м. В самом северном районе исследований (мыс Плитняк – мыс Гиляк) десмарестия не обнаружена.

Филлоспадикс произрастал вдоль всего прибрежья с частотой встречаемости от 16 до 33 % и ПП до 55 %. Параметры обилия зарослей филлоспадикса в 2021 г. не отличалась от показателей, полученных ранее [7]. Диапазон глубин произрастания растений, имеющих однолетний цикл развития (костария, десмарестия), был шире, чем у двухлетних (сахарина) и многолетних растений (филлоспадикс) (таблица).

Сравнение коэффициента Бродской-Зенкевича в 2021 и 2007 гг. показало, что их характер существенно не изменился (рис. 1).

ЧВ на станциях и ПП сахарины первого года вегетации постепенно снижалась с юга на север, а водорослей второго года вегетации увеличивалась. Костария преобладала во всех районах, а её ПП снижалось с юга на север (рис. 2)

Филлоспадикс преобладал в 2007 г. в северных районах (мыс Сигнальный – мыс Грозный, мыс Сосунова – мыс Плитняк, мыс Плитняк – мыс Гиляк). В 2021 г. ЧВ филлоспадикса на станциях снизилась, но его ПП было достаточно высоким (рис. 3).

Багитметрический диапазон обитания массовых видов макрофитов в 2021 г.

| Район | <i>S. japonica</i> I + | <i>S. japonica</i> 2 + | <i>C. costata</i> | <i>Ph. iwatensis</i> | <i>D. viridis</i> |
|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| Мыс Поворотный – Скалы Крейсер | 1,5 – 12,0 5,6 | 3,8 3,8 | 3,5 – 6,5 4,6 | 3,8 – 6,5 4,8 | 3,5 – 15,8 8,2 |
| Бухта Триозерье – бухта Успения | 3,1 – 10,0 5,8 | 3,8 – 4,5 4,1 | 3,1 – 15,0 6,2 | 3,1 – 7,2 5,0 | 3,1 – 15,0 8,0 |
| Мыс Овсянкина – мыс Белявского | 3,4 – 12,1 8,3 | 3,6 – 6,3 3,9 | 3,4 – 12,1 5,7 | 3,4 – 6,5 5,5 | 3,4 – 30,0 10,4 |
| Мыс Низменный – мыс Средняя Скала | 2,5 – 3,0 3,0 | 2,5 – 3,5 3,0 | 2,5 – 13,0 5,2 | 2,5 – 5,5 3,7 | 2,5 – 15,5 7,4 |
| Мыс Средняя Скала – о. Чихачева | 2,8 – 6,0 4,4 | 2,8 – 5,0 3,5 | 2,8 – 9,0 4,3 | 2,8 – 4,0 3,4 | 3,5 – 28,0 6,9 |
| Мыс Чихачева – мыс Собора | 3,0 – 5,6 5,0 | 4,8 4,8 | 3,0 – 13,0 4,9 | 4,0 – 5,6 4,6 | 3,0 – 13,0 7,0 |
| Мыс Сигнальный – мыс Грозный | 4,0 – 6,0 5,3 | 4,0 – 6,0 4,1 | 4,0 – 18,0 8,9 | 5,0 – 12,6 9,6 | 4,0 – 22,5 11,1 |
| Мыс Сосунова – мыс Плитняк | 6,5 – 13,3 7,2 | 2,5 – 12,5 4,9 | 2,5 – 16,7 8,2 | 3,0 – 8,4 6,0 | 2,5 – 13,9 8,5 |
| Мыс Плитняк – мыс Гиляк | 3,5 – 11,3 4,1 | 3,5 – 5,5 4,2 | 3,5 – 15,0 7,5 | 2,3 – 5,5 4,0 | - - |

В числителе минимальная и максимальная глубина (метры) произрастания, в знаменателе – средняя.

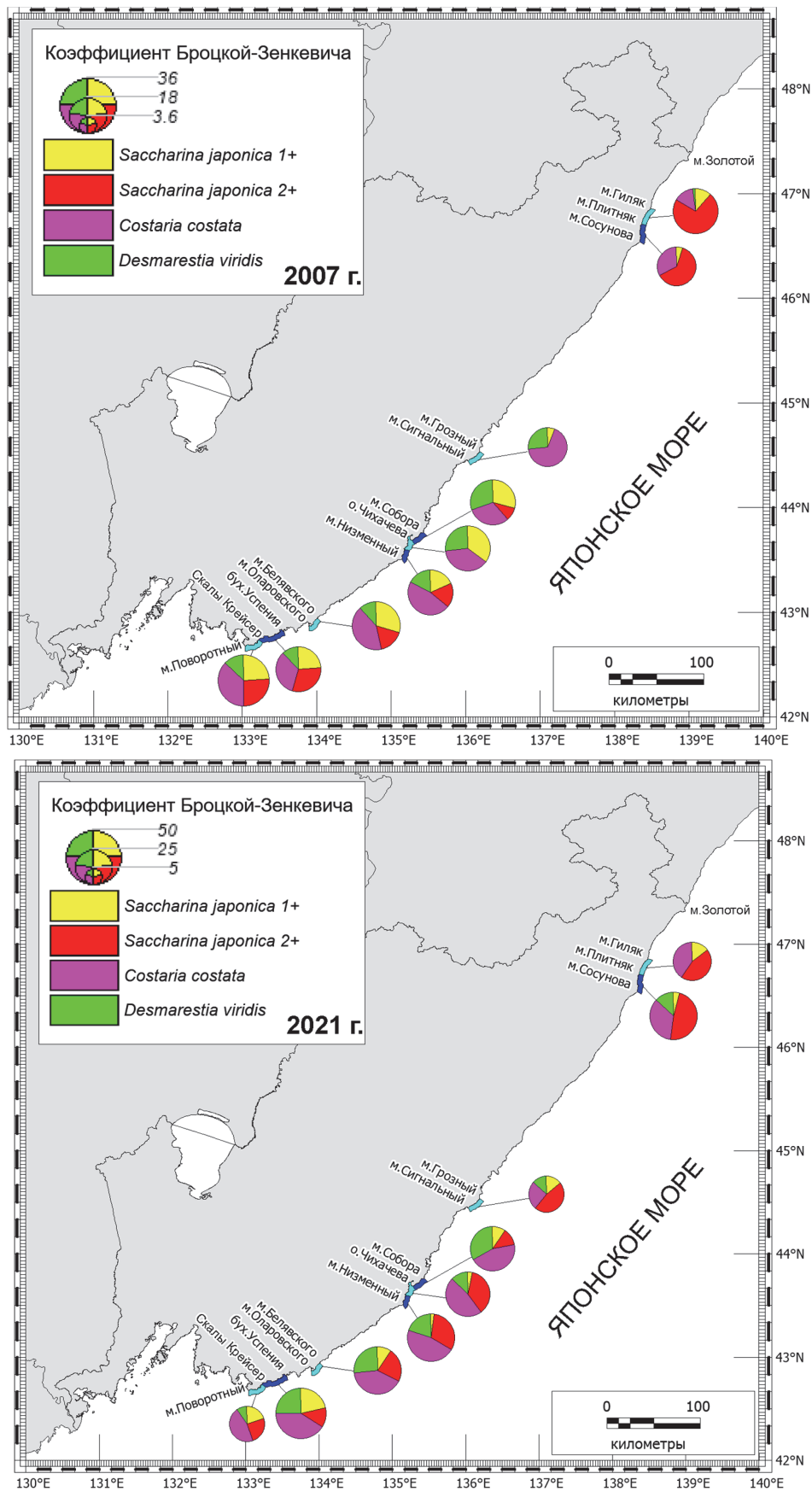


Рисунок 1 – Распределение коэффициента доминирования трех видов бурых водорослей (*S. japonica*, *C. costata*, *D. viridis*) на 9 участках побережья Приморья в 2007 и в 2021 гг.

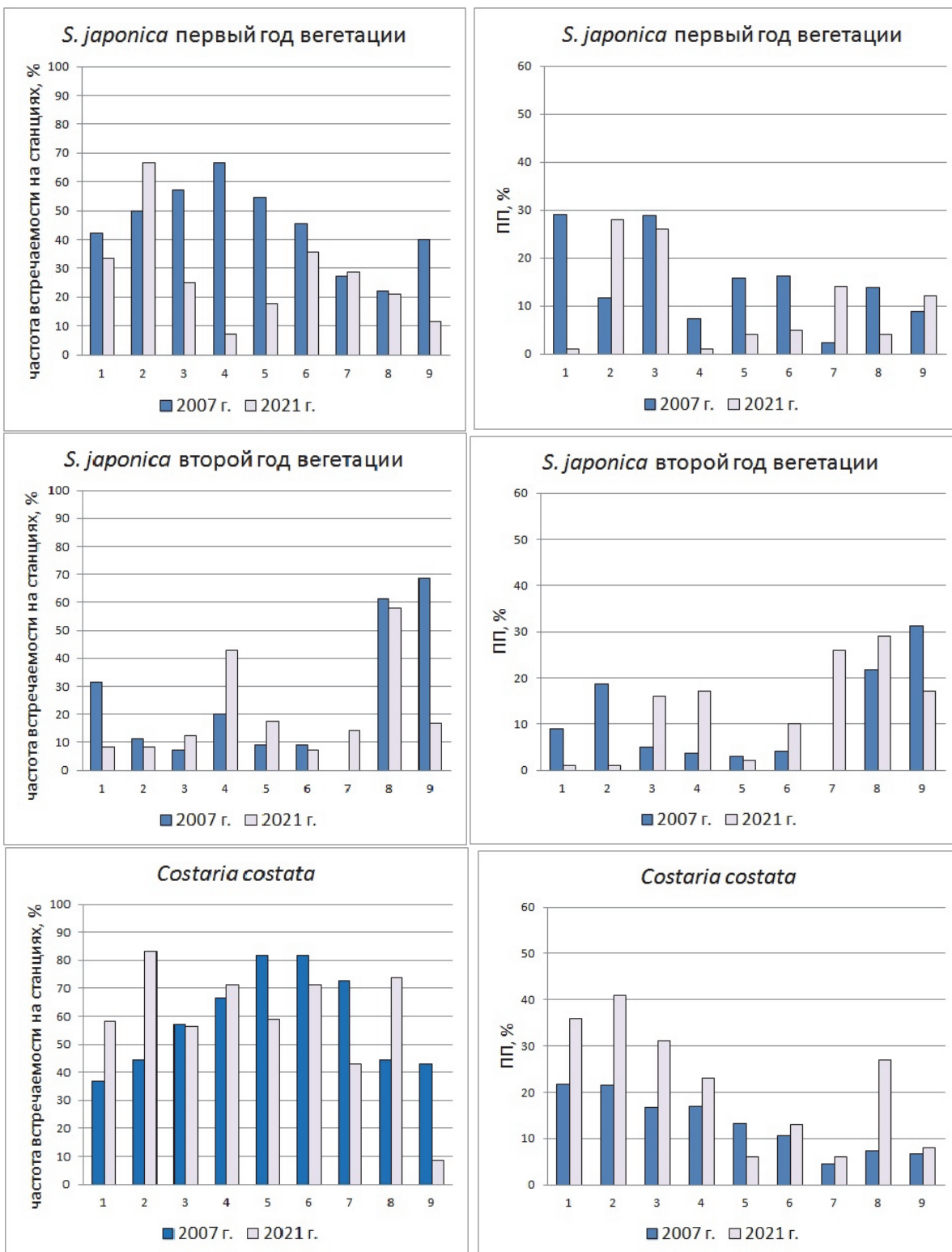


Рисунок 2 – ЧВ на станциях и средние значения ПП сахарины первого и второго года вегетации и костарии по районам: 1 – мыс Поворотный – Скалы Крейсер, 2 – бухта Триозерье – бухта Успения, 3 – мыс Овсянкина – мыс Белявского, 4 – мыс Низменный – мыс Средняя Скала, 5 – мыс Средняя Скала – о. Чихачева, 6 – о. Чихачева – мыс Собора, 7 – мыс Сигнальный – мыс Грозный, 8 – мыс Сосунова – мыс Плитняк, 9 – мыс Плитняк – мыс Гиляк

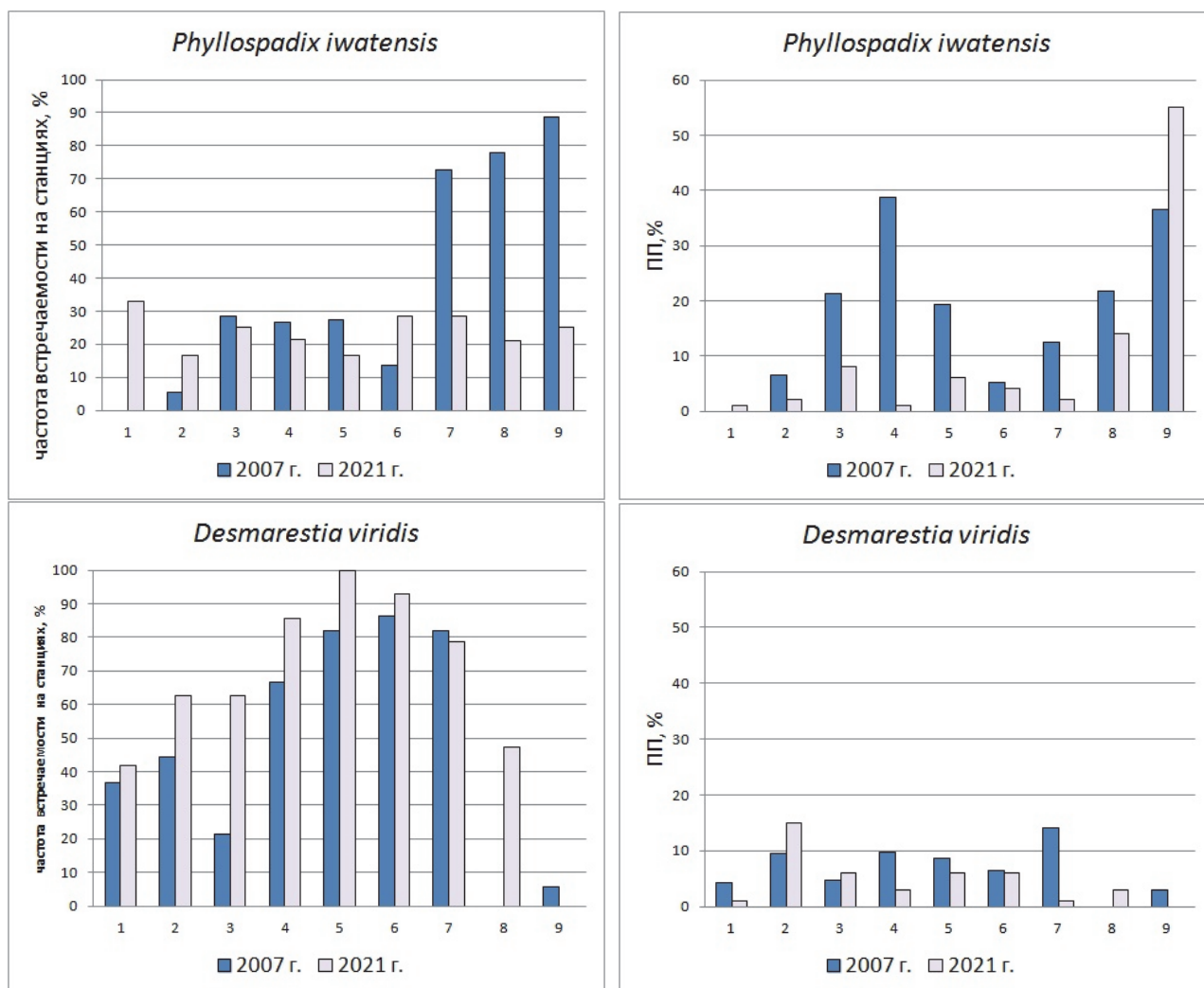


Рисунок 3 – ЧВ на станциях и средние значения ПП филлоспадикса и десмарестии (по оси абсцисс обозначения те же, что на рис. 2)

Диапазон значений ОПП водорослей на станциях с твердыми грунтами на разных участках в 2021 г. варьировал от 21 до 66 %, в 2007 г. этот показатель был несколько выше – от 29 до 77 %.

Результаты исследования показывают естественные межгодовые изменения состояния зарослей массовых видов, в первую очередь связанные с длительностью их жизненного цикла. Сахарина японская имеет 2-летний цикл. Вегетация костарии и десмарестии протекает один год, массовое развитие спорофитов происходит весной и в первой половине лета, а к осени их слоевища уже разрушаются. Филлоспадикс – многолетнее растение, которое формирует клоновую дернину. Динамичные условия прибрежных биотопов обуславливают межгодовые колебания частоты встречаемости и показателей обилия вышеуказанных макрофитов.

Библиографический список

1. Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А., Штрик В.А. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоёмов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Выпуск 3. Методы ландшафтных исследований и оценки запасов донных беспозвоночных и водорослей морской прибрежной зоны. М.: Изд-во ВНИРО, 2005. 135 с.
2. Воронов А.Г. Геоботаника: учеб. пособие для ун-тов и пед. ин-тов. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Высш. школа, 1973. 384 с.

3. Любарский Е.Л. Об оценке проективного покрытия компонентов травостоя // Экология. 1974. № 1. С. 98–99.
4. Броцкая В.А., Зенкевич Л.А. Количественный учет фауны Белого моря // Тр. ВНИРО. 1939. Т. 4. С. 3–150.
5. Дуленин А.А., Гусарова И.С. Широкие изменения состава и структуры растительности в северо-западной части Татарского пролива // Биология моря. 2016. Т. 42, № 4. С. 260–267.
6. Гусарова И.С., Суховеева М.В., Моргутова И.А. Аннотированный список водорослей-макрофитов северного Приморья // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 626–641.
7. Кулепанов В.Н., Жильцова Л.В. Динамика ресурсов *Phyllospadix iwatensis* Makino на побережье Японского моря (Приморье) // Растительные ресурсы. 2004. Вып. 9. С. 29–35.

УДК 639.2

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-код: 7035-5279, AuthorID: 393895

Павел Владимирович Насенков

Калининградский государственный технический университет, старший преподаватель кафедры промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru, SPIN-код: 7434-6253, AuthorID: 1102950

Разработка гидродинамического устройства вертикального раскрытия разноглубинного трала 18/95 м

Аннотация. Вертикальное раскрытие устья разноглубинного трала обеспечивается гидростатическими и гидродинамическими устройствами: кухтылями, гидродинамическим щитком, бипланом, гипланом и др. Гидростатическая оснастка верхней подборки хорошо работает на малых скоростях траления, а гидродинамическая оснастка – на больших скоростях. Лов ряпушки разноглубинными тралами на оз. Виштынецкое должен обеспечиваться скоростью траления не ниже 1,6 м/с. Вертикальное раскрытие устья трала должно быть максимальным. В летнее время ряпушка на оз. Виштынецкое обитает на глубинах от 30 до 50 м. Для обеспечения заданного вертикального раскрытия устья трала 18/95 м, а это около 9,0 м, предложена оснастка в виде гиплана $F=0,115 \text{ м}^2$ и гидростатического плава, распределенного по всей верхней подборке.

Ключевые слова: гидродинамические устройства, разноглубинный трал, ряпушка, оснастка, гиплан, раскрытие

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-code: 7035-5279, AuthorID: 393895

Pavel V. Nasenkov

Kaliningrad State Technical University, Senior Lecturer at the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru, SPIN-code: 7434-6253, AuthorID: 1102950

Development of a hydrodynamic device for vertical opening of a mid-water trawl 18/95 m

Abstract. The vertical opening of the mouth of a mid-water trawl is ensured by hydrostatic and hydrodynamic devices: clams, hydrodynamic flap, biplane, hyplane, etc. The hydrostatic equipment of the upper selection works well at low trawling speeds, and the hydrodynamic equipment at high speeds. Fishing for vendace with mid-water trawls on the lake. Vishtynetskoe must be provided with a trawling speed of at least 1.6 m/s. The vertical opening of the trawl mouth should be maximum. In the summer, vendace on the lake. Vishtynetskoe lives at depths from 30 to 50 m. To ensure a given vertical opening of the trawl mouth of 18/95 m, which is about 9.0 m, equipment in the form of a hyplane $F = 0.115 \text{ м}^2$ and hydrostatic float distributed throughout the upper selection was proposed.

Keywords: hydrodynamic devices, mid-water trawl, Vendace, equipment, gyplane, opening

Несмотря на широкое распространение гидродинамических щитков (далее щиток) и целый ряд их достоинств в эксплуатационном отношении, все же необходимо отметить их малую эффективность для прибрежного рыболовства, связано это с небольшой скоростью траления, при которой щитки работают не эффективно (рис. 1).



Рисунок 1 – Устройства раскрытия устья разноглубинного трала

Как отмечено, гидродинамические щитки (далее ГЩ) составляют группу гидродинамических подъемных устройств мягкой конструкции (см. рис. 1). Среди этих устройств наибольшее распространение получили подъемные гибкие щитки. Их первыми начали применять при облове пелагических рыб. Применение гидродинамического щитка способствовало как увеличению вертикального раскрытия трала, так и лучшему облову рыб. Подводными наблюдениями за работой тралов доказано, что подъемный щиток, идущий над тралом, выполняет две функции: перемещаясь впереди и выше центра верхней подборы, щиток вместе с оттяжками, с помощью которых он установлен на трале, отпугивает рыб и вынуждает их сконцентрироваться перед устьем трала, попадаясь таким образом в зону облова; обладая значительной гидродинамической подъемной силой, увеличивает вертикальное раскрытие трала. Наибольшее применение в отечественном рыболовстве получили прямоугольные плоские подъемные щитки (рис. 2) [1, 2].

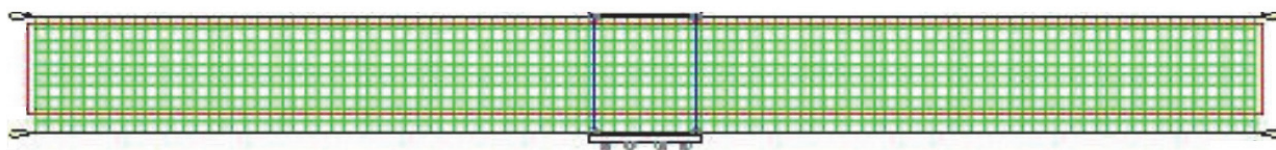


Рисунок 2 – Схематизация гидродинамического щитка

Поляра вогнутого пластинчатого крыла приведена на рис. 3.

Так, использование гидродинамического щитка на разноглубинном трале 18/96 м показано на рис. 4–6.

При проведении экспериментов на оз. Виштынецкое с разноглубинным тралом 18/95 м (далее РТ 18/95 м) [3] выявлено несколько недочетов при эксплуатации гидродинамического щитка, выполненного из брезента:

- высокая амплитуда колебаний щитка;
- неустойчивость при буксировке трала на скоростях при постановке трала до 1,0 м/с;
- крутка полотна щитка (щиток не отключали при выборке трала, он наматывался на кабельно-сетной барабан (далее КБС)).

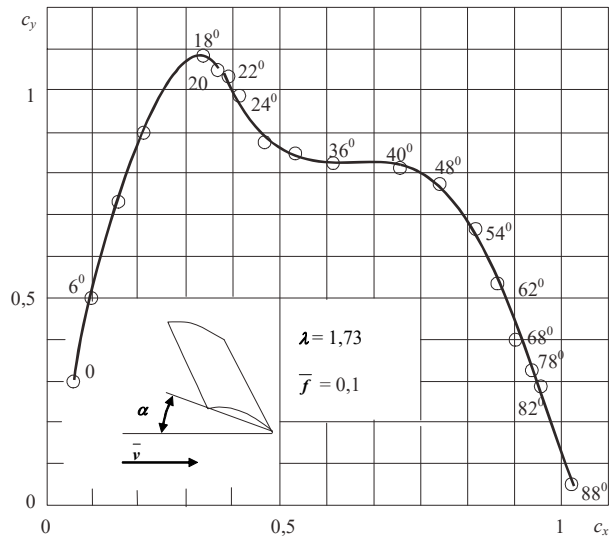


Рисунок 3 – Поляра вогнутого пластинчатого крыла

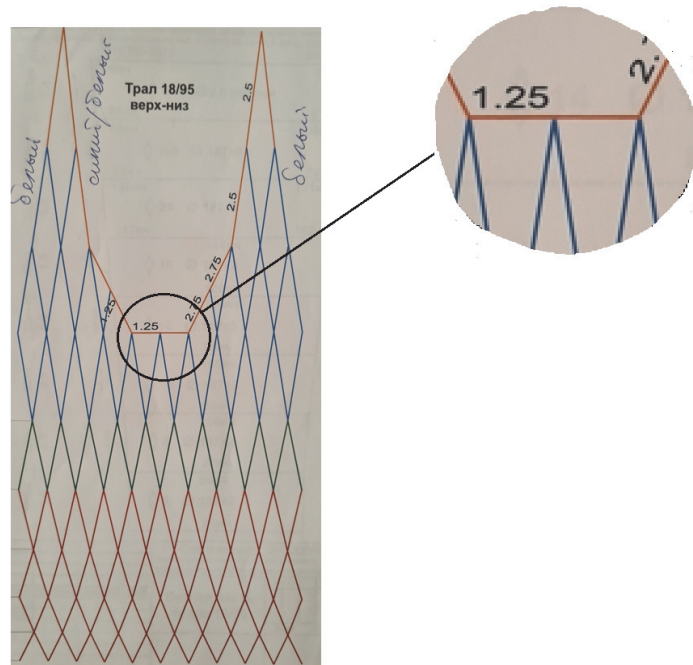


Рисунок 4 – Канатная часть разноглубинного трала 18/95 м



Рисунок 5 – Гидродинамический щиток



Рисунок 6 – Гидродинамический щиток на верхней подборе РТ 18/95 м

Подъемные устройства типа щитков принимают свою рабочую форму только во время движения трала при наличии определенного вертикального и горизонтального раскрытия. Их принцип действия аналогичен действию спортивного парашюта, а конструктивное исполнение может быть самым различным. Известны случаи, когда такие устройства представляют собой просто полосы из парусины или мелкоячейной дели. Учитывая тот факт, что при наличии некоторого количества плава устье трала находится под определенным углом атаки к направлению скорости потока, щиток создает гидродинамическую подъемную силу.

При учете необходимости намотки щитка на КБС, а также неэффективной его работы на малых скоростях траления было принято решение заменить щиток гидростатической оснасткой, распределенной по верхней подборе и гипланом, или гибким подъемным устройством. Гибкое подъемное устройство типа «Скат» конструкции В.П. Карпенко приведено на рис. 7 [4].

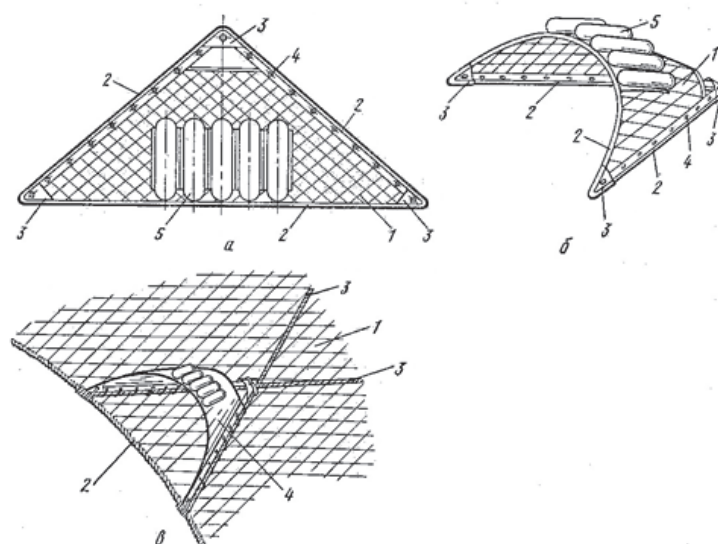


Рисунок 7 – Гибкое подъемное устройство типа «Скат» конструкции В.П. Карпенко:
 а – устройство «Скат» в развернутом виде; б – устройство «Скат» в рабочем состоянии;
 1 – полотнище; 2 – ликтрос; 3 – оковка угла полотнища; 4 – люверсы; 5 – поплавок-латкарманы;
 в – схема установки устройства «Скат» на трале: 1 – верхняя часть рала; 2 – верхняя подборка;
 3 – пожилины по верхней части трала; 4 – «Скат»

Наиболее удачной и совершенной конструкцией устройств этой группы являются парашютные подъемные устройства типа «Скат». Эти устройства представляют собой трапецевидной формы в плане полотнище, выполненное из эластичного тканевого материала, не теряющего своей эластичности при намокании в морской воде (например, дакрон, ткани типа «болонья», прорезиненные ткани и т.д.). Для увеличения прочности полотнище изготавливают из нескольких слоев с продольной и диагональной строчкой и окантовкой из ликтроса (капроновый фал) по периметру. Углы имеют оковку из дюралюминиевых пластинок, а по боковым кромкам вмонтированы люверсы. В центральной части полотнища сверху, начиная от передней кромки, продольно в несколько рядов расположены латкарманы, в которые закладывается определенное количество малогабаритных (диаметром 70–90 мм) поплавков. По данным экспериментальных исследований и опытных испытаний, установлено, что отношение величины плавучести поплавков к площади полотнища должно составлять 100 Н/м². На рис. 8 приводятся зависимости гидродинамических коэффициентов гиллана «Скат» от угла атаки.

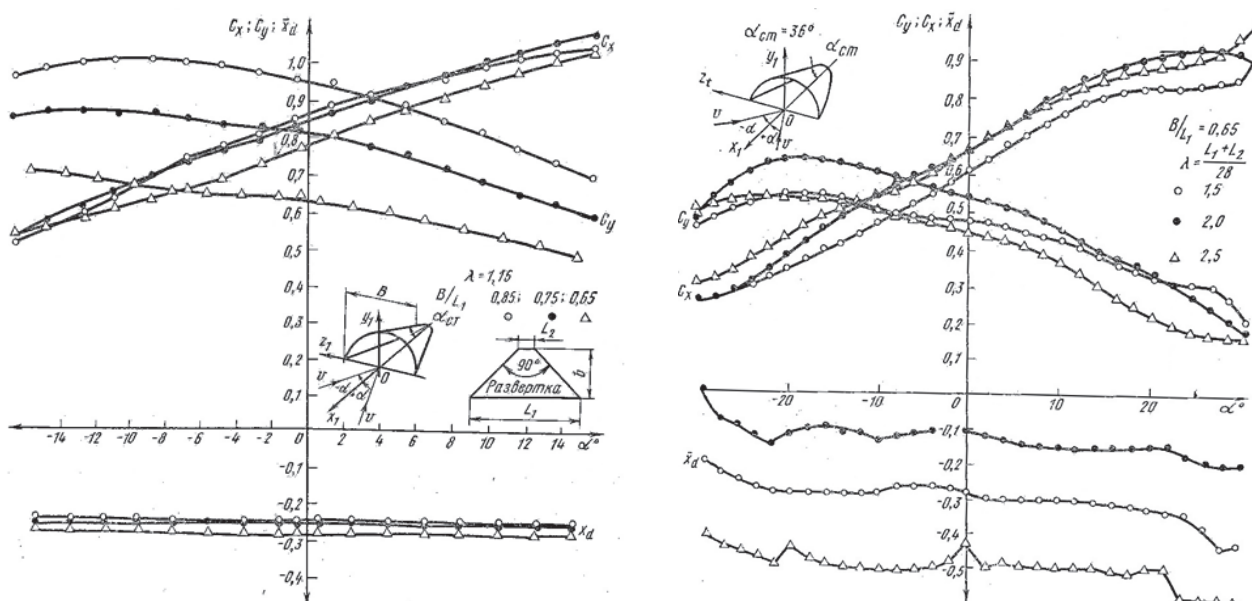


Рисунок 8 – Зависимости гидродинамических коэффициентов гиллана «Скат» от угла атаки

Устройства типа «Скат» монтируют на трал в его гужевой части таким образом, чтобы по мере увеличения горизонтального раскрытия трала, а также поднятия полотнища за счет подъемной силы поплавков образовывался конусообразный купол, создающий при движении в воде подъемную гидродинамическую силу.

На рис. 9 представлен общий вид парашютного подъемного устройства типа «Скат», разработанного в ГДР.

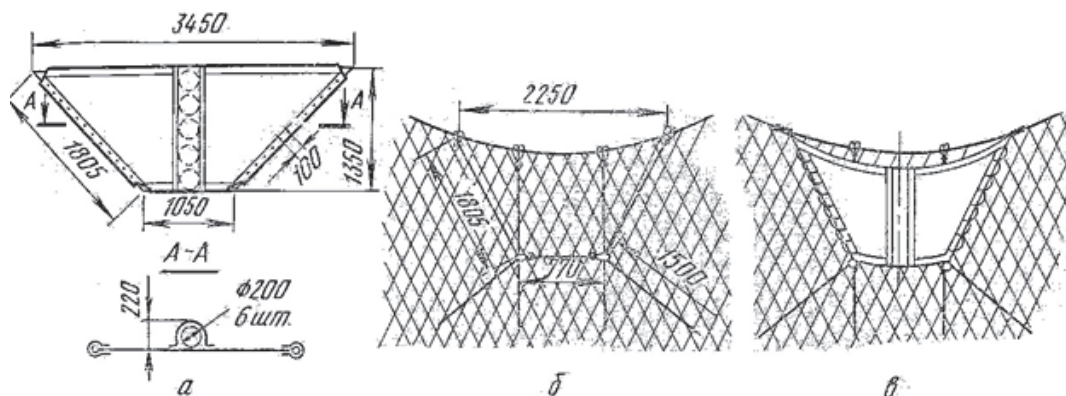


Рисунок 9 – Общий вид парашютного подъемного устройства типа «Скат»: а – вид на устройство в развернутом виде; б, в – схема монтажа устройства на трале

На коэффициент подъемной силы большое влияние оказывает и степень горизонтального раскрытия несущего купола. Это весьма ценное свойство, присущее только подъемным устройствам такого типа, означающее, что они автоматически увеличивают подъемную силу при увеличении горизонтального раскрытия трала и, наоборот, уменьшают подъемную силу при закрытии трала по горизонтали. Максимум коэффициента подъемной силы наблюдается при угле атаки $\alpha = (-10^\circ) \div (-20^\circ)$. За угол атаки принят угол, образованный вектором скорости с плоскостью, в которой лежат боковые кромки несущего купола. Рассмотренные ранее подъемные устройства типа «Гиплан» и другие, имеющие форму конусообразной или эллипсоидной оболочки, при одинаковых параметрах ее раскрытия, удлинения и угла атаки будут иметь практически такие же гидродинамические характеристики, что и парашютные подъемные устройства типа «Скат».

На рис. 10 приводятся две схемы крепления гиплана на РТ 18/95 м.

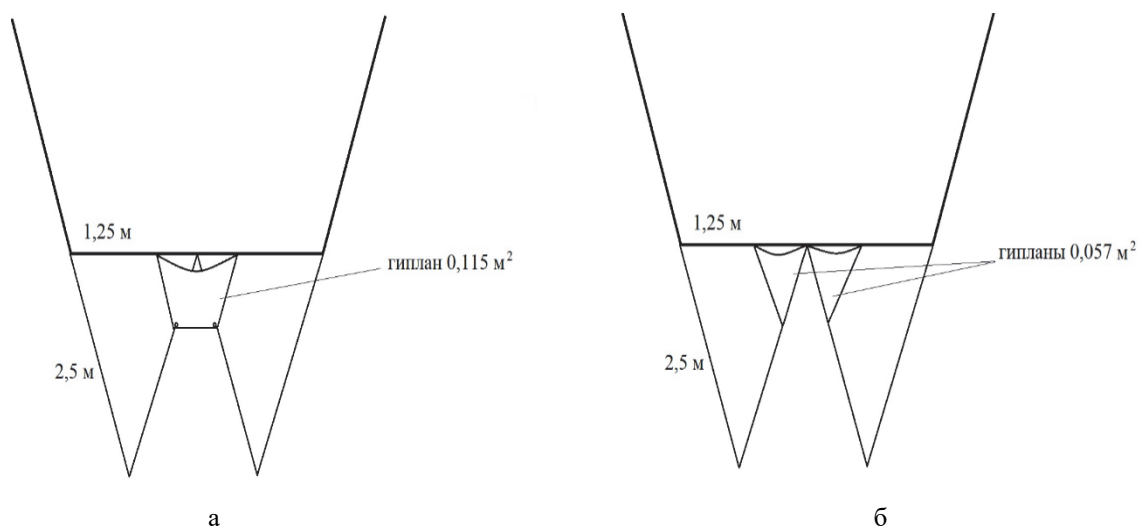


Рисунок 10 – Схемы гипланов для трала 18/95 м: а – гиплан-1; б – гиплан-2

На рис. 11 приведена схема гиплана-1, разработанного кафедрой промышленного рыболовства КГТУ.

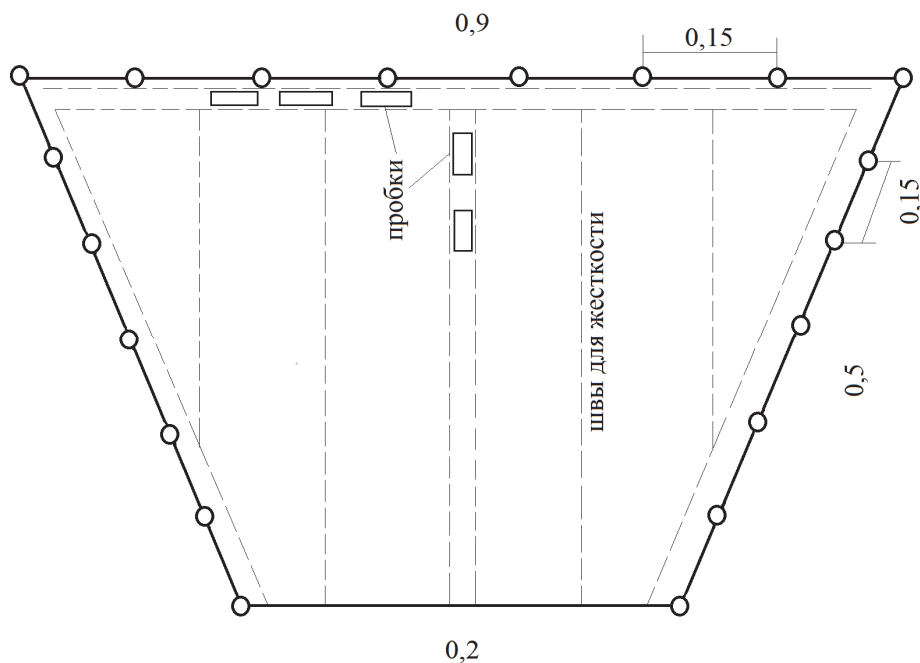


Рисунок 11 – Схема гиплана-1

В табл. 1 приведены характеристики гиплана-1 (гиплан), разработанного кафедрой промышленного рыболовства КГТУ.

Таблица 1 – Конструктивные характеристики ГРУ-1 (гиплан)

| Материал гиплана | Площадь гиплана в плане F_z , м ² | Габариты, мм×мм×мм |
|------------------|--|--------------------|
| Брезент СКПВ | 0,115 | 0,2×0,5×0,9 |

В табл. 2 приводятся гидродинамические характеристики ГРУ-1 (гиплан).

Таблица 2 – Гидродинамические характеристики ГРУ-1 (гиплан)

| Скорость потока v , м/с | Подъемная сила Q_z , Н |
|---------------------------|--------------------------|
| 1,1 | 56,0 |
| 1,6 | 142,0 |
| 2,0 | 234,0 |

Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

Библиографический список

1. Недоступ А.А. Экспериментальная гидромеханика орудий рыболовства. М.: Моркнига, 2014. 363 с.
2. Недоступ А.А., Ражев А.О., Коротков В.К. Дискретная математическая модель гибкого подъемного тралового щитка // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 2, № 4(38). С. 207–211.
3. Карпенко В.П., Фридман А.Л. Устройства раскрытия рыболовных тралов. М.: Пищ. пром-сть, 1980. 248 с.
4. Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Львова Е.Е., Сысенко В.В., Аскарлов Д.В., Белозер И.С. Экспериментальные исследования разноглубинного трала 18/95 м на оз. Виштынецкое // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 2. С. 92–98.

УДК 639.2.081.1; 639.2.061; 639.2.07

Евгений Валериевич Осипов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: oev@mail.ru

Павел Андреевич Бородин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: pavel_borodin@mail.ru

Тимофей Павлович Карпелёв

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток

**Разработка программы приемо-сдаточных испытаний
на примере комплекса промышленного оборудования
для вылова крабов ловушками**

Аннотация. Разработана программа приёмо-сдаточных испытаний для комплекса промышленного оборудования для конкретного краболовного судна, находящегося на завершающей стадии постройки и готового к монтажу комплекса промышленного оборудования для промысла краба ловушками.

Ключевые слова: промышленные механизмы, промысел краба, рыболовное судно

Evgeny V. Osipov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD in Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: oev@mail.ru

Pavel A. Borodin

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD in Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: pavel_borodin@mail.ru

Timofey P. Karpelev

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok

Development of a program of acceptance tests on the example of a complex of commercial equipment for catching crabs with traps

Abstract. A program of acceptance tests has been developed for a complex of fishing equipment for a specific crab vessel, which is at the final stage of construction and ready for installation of a complex of fishing equipment for crab fishing with traps.

Keywords: fishing mechanisms, crab fishing, fishing vessel

В настоящее время в связи с интенсификацией обновления промышленного флота в России возникла необходимость обновления документального сопровождения процедур ввода в эксплуатацию новых судов, оснащенных современным промышленным оборудованием. Для этого группой авторов предпринята попытка предложить рыбодобывающим компаниям, занимающимся оснащением новых и переоснащением уже эксплуатируемых добывающих судов новым промышленным оборудованием, программу приёмо-сдаточных испытаний для удобства принятия грамотных технических решений.

Ввиду большого количества различных орудий и способов лова авторы решили разработать программу для конкретного промыслового судна, заканчивающего постройку на судостроительном предприятии в России, для оснащения его конкретным промысловым комплексом для добычи краба ловушечными порядками. Для разработки программы взят проект краболовного судна DAMEN Crab Catcher 5712-LS и комплекс промыслового оборудования CMKOREA.

Для составления программы необходимо следовать правилам оформления проектно-конструкторской документации, составить необходимые и достаточные разделы пояснительной записки и снабдить документ необходимой графической частью в виде чертежей.

Титульный лист содержит область утверждающего программу генерального директора рыбодобывающего предприятия, проводящего приёмо-сдаточные испытания, в верхней левой части листа, в центре – название программы с указанием типа судна и комплекса промыслового оборудования, ниже слева – область согласования с начальником отдела добычи предприятия, справа – разработчики программы испытаний.

На следующей странице в содержании перечисляем все разделы документа, включая приложения, с указанием их номеров страниц. Далее подробно рассмотрим содержание разделов примера документа, поскольку исключение каких-либо пунктов может существенно снизить ценность программы.

Основной целью таких работ является определение оптимальных тяговых и скоростных характеристик механизмов и узлов комплекса промыслового оборудования вылова крабов ловушками, достигается решением следующих задач:

- 1) влияние давления в гидросистемах привода промысловых механизмов от тяговых усилий;
- 2) влияние конструктивных особенностей рабочих органов промысловых механизмов;
- 3) обоснование максимального тягового усилия лебёдок промыслового комплекса вылова краба ловушками;
- 4) обоснование конструктивных особенностей рабочих органов промыслового комплекса.

Реализация данных задач необходима при использовании соответствующего метрологического обеспечения [1, 2], а также условий проведения эксперимента (у причала или в море).

В любом случае предложена методика проведения экспериментов, включающая следующие этапы.

На первом этапе работ проводятся тарировка манометров, установленных на машинах подачи рабочей жидкости на гидроприводах промысловых механизмов в следующей последовательности:

- 1) проверка производится при минимальной скорости вращения тягового органа от минимальной до максимальной нагрузки;
- 2) по манометру определяется давление, соответствующее данным нагрузкам;
- 3) замеры производятся при нагрузках в диапазоне от 0,05 т до M_{max} в зависимости от типа устройства промыслового механизма с помощью регулировочного винта предохранительного клапана гидропривода механизма;
- 4) определение фактического тягового усилия лебёдки какого-либо устройства производится по формуле

$$T = \frac{2 \times 0,159 \times q_e \times \eta_{мех} \times \Delta P_e \times u_p \times \eta}{D_{шквива}}, \quad (1)$$

где q_e – рабочий объём гидромотора, m^3 ; $\eta_{мех}$ – механический КПД гидромотора; ΔP_e – давление в линии подвода к гидромотору по показанию манометра, соответствующее перепаду давления в гидромоторе конкретного устройства; u_p – передаточное число редуктора конкретного механизма; η – КПД лебёдки конкретного механизма; $D_{шквива}$ – рабочий диаметр шкива или навивного барабана, м;

5) определение скорости выборки м/с (м/мин) можно производить по формуле

$$V = \frac{\pi \times D_{\text{шкива}} \times n}{u_p}, \quad (2)$$

где n – число оборотов шкива или барабана навивного – определяется по тахометру при его наличии, об/мин.

Практические результаты показывают, что необходимо четко следовать инструкциям порядку выполнения работ, к которым были согласно гидравлической схеме краболовного судна добавлены данные технических параметров, позволяющие корректировать неполадки монтажа.

Общие требования:

- перед первым запуском гидросистемы лебёдки – укладки хребтины, хребтиноукладчика, лебёдки подъема ловушек, лебёдки выборки хребтины (УШИДА) – проверить прочность трубных соединений. Просмотреть всю систему, сверяясь со схемами трубопровода или чертежа с тем, чтобы каждая труба была подсоединена к нужному отверстию. Давление открывания предохранительного клапана установлено на каждой линии разгрузки насоса. Данные по давлению находятся в технических характеристиках на чертежах оборудования;

- определить давление циркуляции жидкости, для чего дать насосу работать в режиме, когда все клапаны управления находятся в нейтральном положении. Ждать до тех пор, пока жидкость не достигнет своей нормальной рабочей температуры 50–60 °С. Чтобы убедиться в том, что жидкость циркулирует, регулировочный винт на главном предохранительном клапане заворачивать до тех пор, пока манометр на этом клапане не стабилизируется. После этого регулировать клапан на величину, указанную на схеме трубопровода;

- все клапаны управления (манипуляторы) имеют встроенные предохранительные блоки. Их местоположение и давление открывания указаны на схеме трубопровода гидравлической системы;

- все системы привода лебёдок и устройств требуют регулировки клапанов управления на манипуляторах в положении «выбирать». Давление открывания клапана читать на манометре главного предохранительного клапана;

- различные шумы гидросистем привода лебёдок или устройств характеризуют работу гидравлической системы. Некоторые из этих шумов нормальные, другие являются индикацией неполадок и требуют принятия мер к устранению.

Испытания лебёдки укладки хребтины и хребтиноукладчика (рис. 1):

1) тяговое максимальное усилие, равное 750 Н (75 кгс), настраивается регулировочным винтом предохранительного блока манипулятора по показанию динамометра ДПУ-10 (на схеме, поз. 3) и показанию манометра главного предохранительного клапана гидросистемы;

2) тяговое усилие лебёдки хребтиноукладчика, равное 2000 Н (200 кгс), настроить регулировочным винтом предохранительного блока манипулятора по показателю динамометра ДПУ-10 (поз. 3), закреплённого стропами за корпус лебёдки укладки хребтины (поз. 6) и корпус ёмкости хранения хребтины. Давление гидросистемы привода хребтиноукладчика зафиксировать по манометру главного предохранительного клапана гидросистемы;

3) частоту вращения шкива клинового лебёдки укладки хребтины в холостом режиме (должно быть не менее 65 об/мин) и навивного барабана хребтиноукладчика замерить с помощью тахометра ТМ.

Испытания лебёдки подъема ловушки приведены на рис. 2:

1) для формирования груза массой 1000 Н (100 кг), использовать груза, применяемые на швартовых испытаниях остойчивости судна при креновании;

2) в соответствии с приведённой схемой, груз массой 1000 Н (100 кгс), и показанием динамометра ДПУ-10 на высоте 1,5 м от главной палубы в режиме «СТОП» манипулятора отрегулировать винтом предохранительного блока манипулятора давление в гидросистеме привода лебёдки подъема ловушек. Травление шкентеля лебёдки подъема ловушки не допустимо;

3) максимальную частоту вращения навивного барабана в холостом режиме замерить тахометром ТМ (должна быть не менее 75 об/мин).

Испытания лебёдки выборки хребтины (УШИДА) (рис. 3):

1) при испытании л.в.х. (УШИДА) использовать причальную стенку с установкой стационарного блока 1-У50 ОСТ 5.2002-78 и второго на высоте около 10 м в подвешенном виде от того же блока. Завести канат полипропиленовый окружностью не менее 70 мм через два блока, мальгогер бортовой судна и шкив лебёдки выборки хребтины (УШИДА);

2) в режиме «ВЫБОРКА» поднять груз массой 5 т на высоту не менее 2 м в соответствии с приведённой схемой испытаний;

3) в режиме «СТОП» настроить давление в гидросистеме привода лебёдки выборки хребтины (УШИДА) регулировочным винтом предохранительного блока манипулятора. Опускание груза не допустимо;

4) максимальную частоту вращения шкива лебёдки выборки хребтины (УШИДА) замерить тахометром ТМ (должна быть не менее 45 об/мин).

Динамические испытания лебёдки выборки хребтины (УШИДА):

1) проведение динамических испытаний л.в.х. (УШИДА) необходимо после испытаний у причальной стенки, при выходе в море на глубинах до 40–50 м с поднятием и травле груза разной массы: 1000 кг; 2000 кг; 3000 кг; 4000 кг; 5000 кг. Испытания проводить с повышением массы, схема показана на рис. 4;

2) для работы использовать маркированную хребтину марками 40 или 50 м в зависимости от глубины проведения испытаний, поэтому при выборе участка постановки рекомендуется сделать марки через 30, 40, 50 м, схема приведена на рис. 5;

3) перед проведением испытаний необходимо прогнать хребтину 3–5 раз через клиновидный барабан лебёдки выборки хребтины (УШИДА) для ее притирки и лучшего заклинивания, такую процедуру необходимо выполнить перед каждым испытанием при увеличении массы груза;

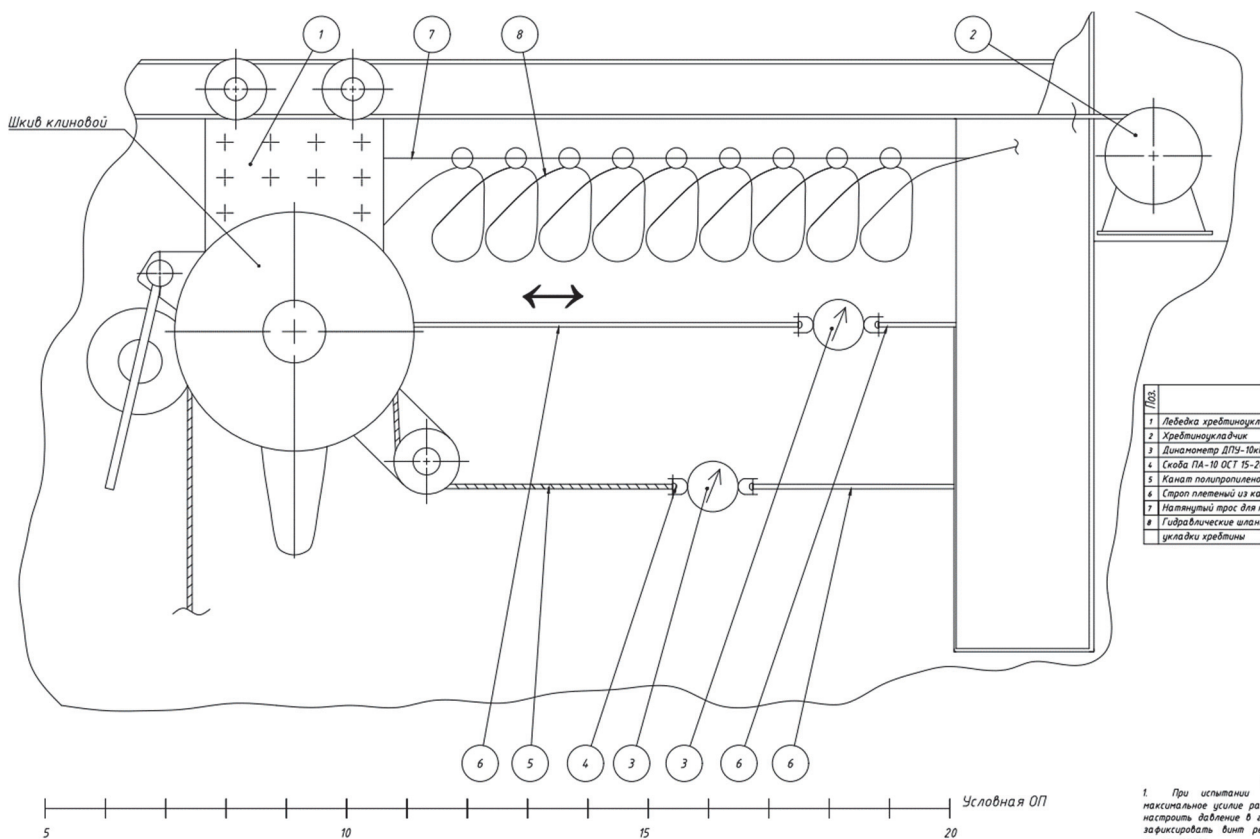


Рисунок 1 – Схема испытания лебёдки укладки хребтины и хребтиноукладчика

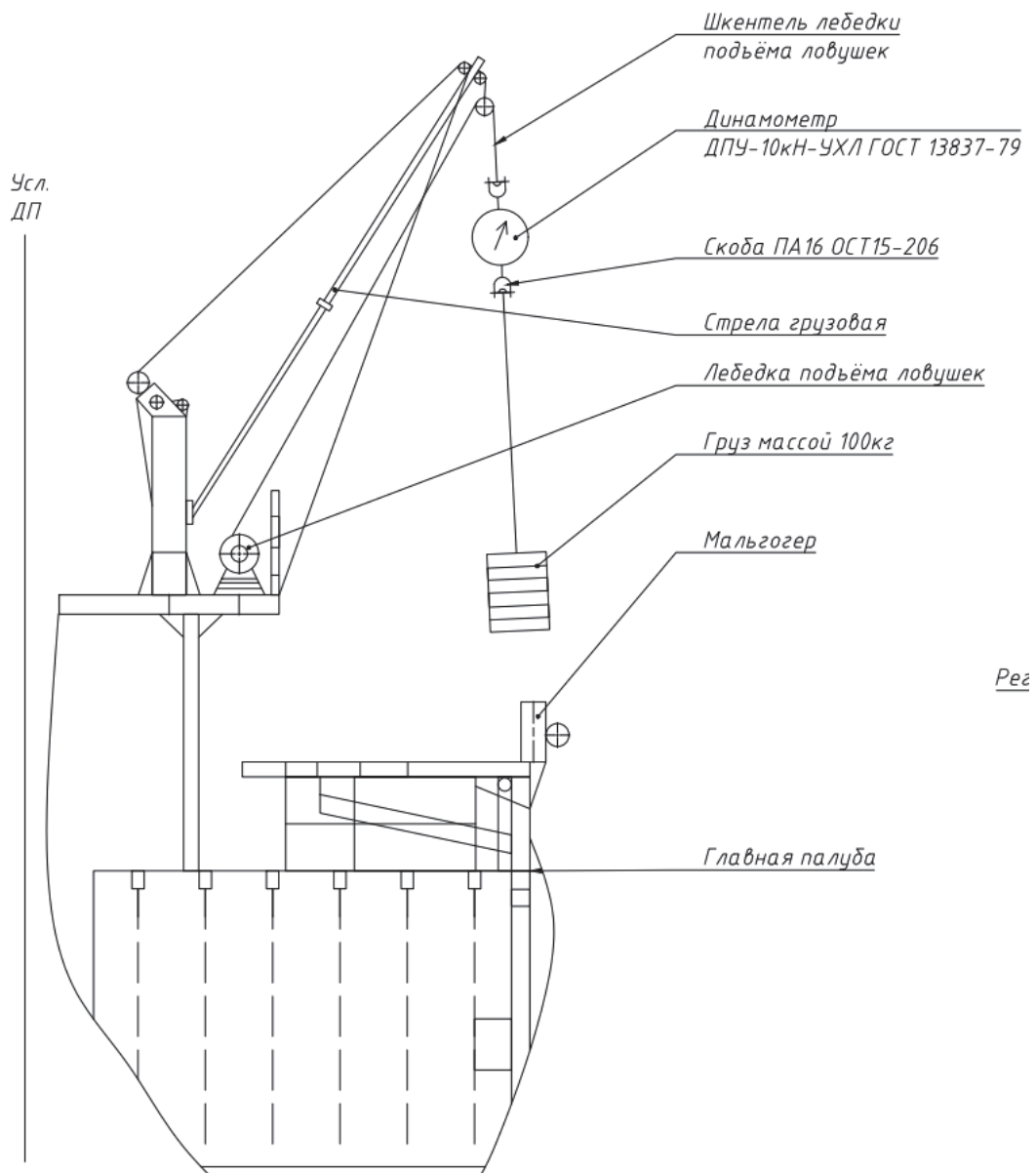


Рисунок 2 – Результаты испытания лебёдки подъема ловушки

Смотри в нос (Шп 4.9)

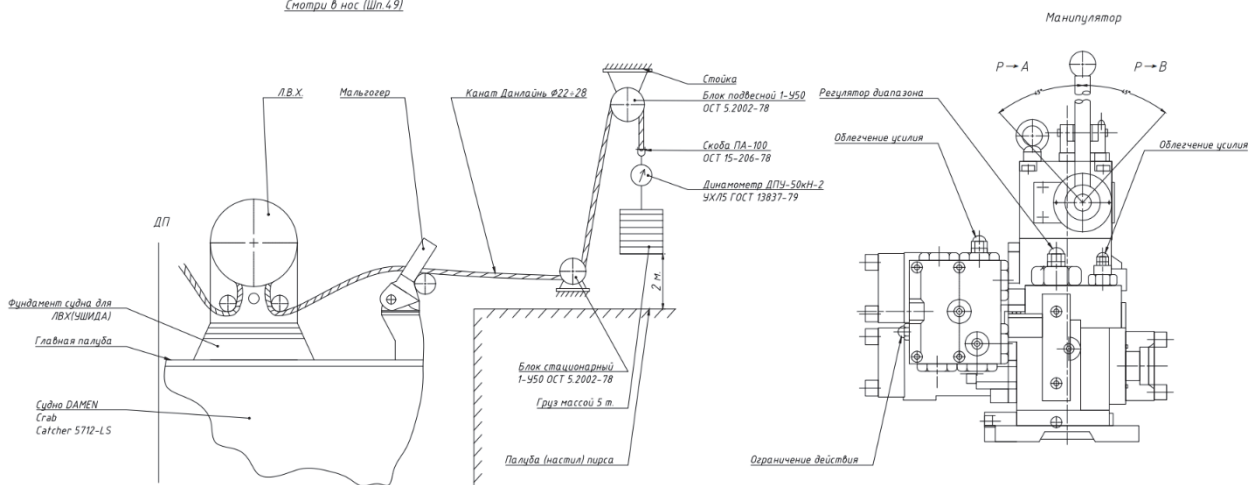


Рисунок 3 – Схема испытания лебёдки выборки хребтины

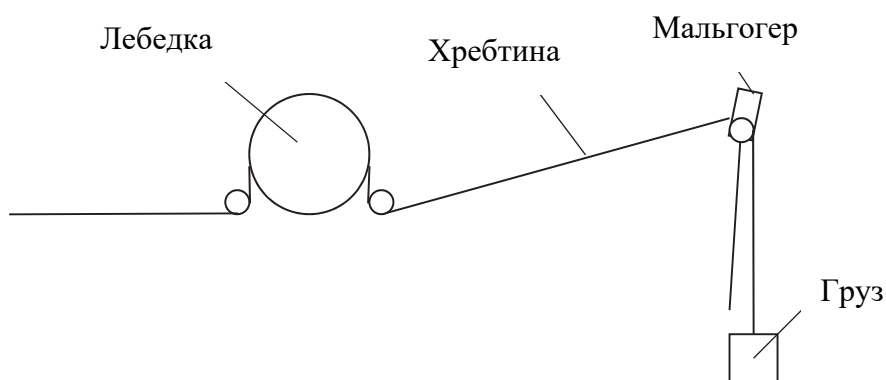


Рисунок 4 – Схема динамического измерения лебёдки выборки хребтины

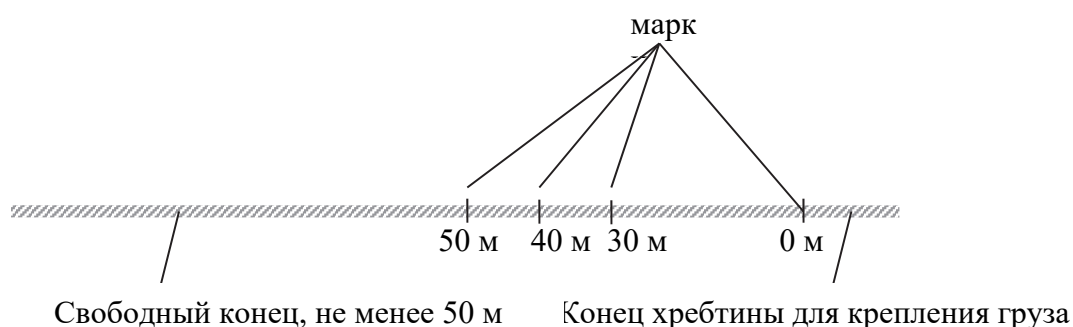


Рисунок 5 – Схема маркировки хребтины

4) испытания проводить при положении манипулятора в среднем положении и максимальном, для каждого положения данные заносятся в отдельную таблицу. Время измеряется секундомером, а скорость выборки рассчитывается таким образом:

$$V = (\text{длина участка между марками}) / (\text{время выборки или травления}).$$

Все данные сводятся в таблицы измерений.

Данная методика применяется во время ввода новых судов на промысел и может быть адаптирована для других проектов судов. Также данная система позволяет выявлять особенности работы оборудования на промысле.

Библиографический список

1. ГОСТ 8.417-2002. Межгосударственный стандарт. Единицы величин.
2. ГОСТ 2405-8. Межгосударственный стандарт. Манометры, вакуумметры, мановакуумметры, напорометры, тягомеры и тягонапорометры.

Евгений Валериевич Осипов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент кафедры «Промышленное рыболовство», кандидат технических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: oev@mail.ru

**Методика расчета и численная реализация движения волн
для задач аквакультуры и прибрежных орудий
промышленного рыболовства**

Аннотация. Предлагается для расчета и численной реализации использовать модели нелинейных волн с учетом последующего расчета полученных профилей движения частиц воды при моделировании сложного их воздействия на конструкции морской аквакультуры и прибрежных орудий промышленного рыболовства. В современных методах расчета конструкции морской аквакультуры и прибрежных орудий промышленного рыболовства сложная динамика воздействия морской среды на эти конструкции значительно упрощена, что сказывается на отсутствии теоретически обоснования коэффициентов запасов прочности их элементов.

Ключевые слова: аквакультура, ярусные конструкций, прибрежное рыболовство, численное моделирование

Evgeny V. Osipov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: oev@mail.ru

Calculation method and numerical implementation of wave motion for problems of aquaculture and coastal industrial fishing gear

Abstract. The work proposes to use nonlinear wave models for calculation and numerical implementation, taking into account the subsequent calculation of the resulting motion profiles of water particles when modeling their complex impact on the structures of marine aquaculture and coastal industrial fishing gear. In modern methods for calculating the design of marine aquaculture and coastal industrial fishing gear, the complex dynamics of the impact of the marine environment on these structures is significantly simplified, which affects the lack of theoretical justification for the safety factors of their elements.

Keywords: aquaculture, longline structures, coastal fisheries, numerical modeling

В настоящее время разработано большое количество моделей расчета ярусных конструкций морской аквакультуры [1–3]. Особенность всех этих моделей – подход к расчету каждой конструкции яруса, при этом часть систем решается с использованием общей системы уравнений. Такой подход требует более сложного составления решения системы, при этом с использованием уравнений в частных производных. При этом расчет производится с учетом только текущих нагрузок, как это влияет на длительную прочность данных конструкций не рассматривается. Следующий важный фактор – выбор расстояния между элементами, на которых находится мидия [4], это влияет на рост мяса мидии, что связано с водными потоками, несущими питание. Поэтому для удобства и конструирования (в том числе для компьютерного) и расчета конструкций используется ранее разработанный дискретный подход к расчету конструкции [5]. Такой подход позволяет легко встроить в систему расчета отдельный модуль, позволяющий моделировать движение частиц и дискретно их давление переносить на элементы конструкций.

Рассмотрим систему морской аквакультуры гирлянду, которая может иметь различные конструкции (рис. 1, а, б). Важным отличием от способов расчета стационарных конструкций орудий лова в данном случае является то, что конструкции аквакультуры работают достаточно продолжительное время в воде (до несколько лет) и испытывают динамические нагрузки различной интенсивности, поэтому необходимо учитывать эти характеристики среды.

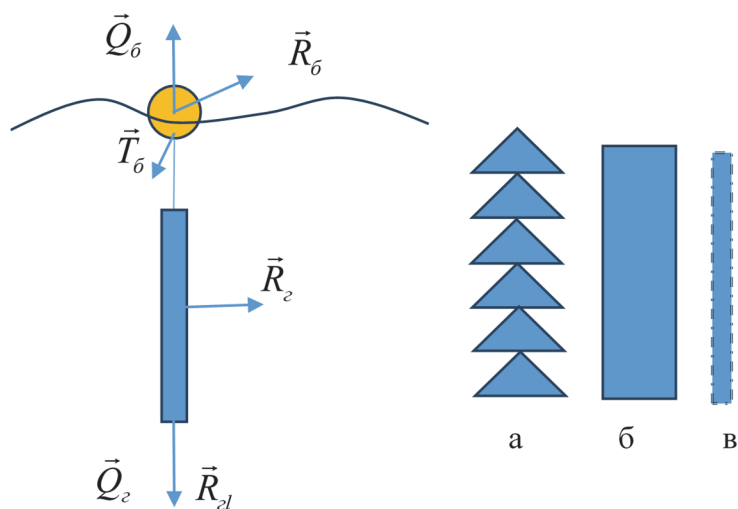


Рисунок 1 – Гирлянды морской аквакультуры

При выборе глубины нахождения гирлянды, а также всей системы (рис. 1) необходимо определиться с природными глубинами обитания гидробионтов.

Для приморского гребешка (*Patinopecten yessoensis*) оптимальные глубины обитания 6–30 м, на это влияет волновая нагрузка в бухтах и на открытых участках. Поскольку гребешок чувствителен к волновой нагрузке, например, на более открытых участках залива Петра Великого и от мыса Поворотный до залива Владимира приморский гребешок обитает на глубинах 10–48 м, образуя массовые скопления в основном на глубинах 18–30 м. Поэтому это нужно учитывать при проектировании конструкции.

Мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*) в Приморье обитает на глубинах 2–40 м, зафиксировали резкое сокращение биомассы мидий, связанное с увеличением глубины их обитания. Мидии первого года жизни светолюбивы, рост моллюсков в темноте ниже, чем на свету.

Трепанг (*Apostichopus japonicus*) обитает на глубинах от 1 до 25 м, но наиболее многочислен на глубинах 3–4 м, в защищенных от штормов бухтах, подобная ситуация и у различных морских ежей.

Ламинарии: ламинария японская (комбу) (*Saccharina japonica*) – мелководная форма (0,5–15 м), глубоководная (10–25 м); ламинария сахаристая (*Saccharina latissima*) (0,5–15 м), оба вида лучше растут в местах с постоянным течением, иногда образуя скопления на участках с бурным потоком воды на мысах. Все это показывает необходимость значительного водообмена для ламинарии.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что на глубину обитания большинства выращиваемых гидробионтов оказывает влияние течений и волн, для одних она отрицательна, для других – положительна. Это должно определять конструкции сооружений морской аквакультуры, при этом положительная плавучесть элементов этих конструкций для одних объектов должна оказывать динамическое влияние на садки с гидробионтами, а для других – нет.

В настоящее время разработано большое количество моделей движения волн, которые позволяют рассчитывать течения и нагрузки на портовые сооружения, изменения очертаний бухт. В нашей работе будем использовать модели нелинейных волн (в виде трохойды), так как они близки к реальным процессам (рис. 2), наиболее близкой является модель Герстнера

$$z_w(x, t) = r \left(\sin(kx - \omega t) + \frac{\pi r}{\lambda} \cos 2(kx - \omega t) \right), \quad (1)$$

где r – амплитуда волн; $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$ – круговая частота; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, определяющее количество длин волн, укладываемых в 2π ; τ – период волн на мелководье $\tau = 1,46\sqrt{H}$.

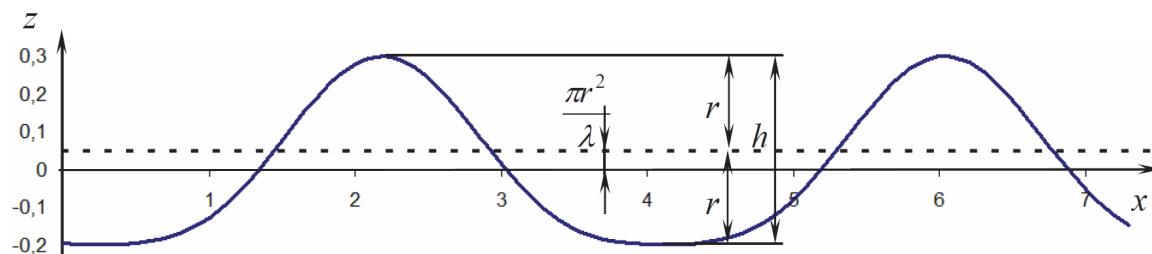


Рисунок 2 – Трохоидальные волны

Скорость гребней волны, движущихся вдоль оси x с фазовой скоростью, определяется

$$c = \frac{\omega}{k} = \frac{\lambda}{\tau}.$$

На больших глубинах фазовая скорость находится по формуле $c = 1,25\sqrt{\lambda}$, на ограниченной глубине H при $H > \frac{L}{2}$ фазовая скорость находится по формуле $c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi} \text{th}(kH)}$, в противном случае фазовая скорость при малой глубине находится по формуле $c = \sqrt{gH}$.

Вертикальную скорость найдем по формуле

$$v_z = z_{-1} - z_w, \quad (2)$$

где z_{-1} – глубина профиля волны на предыдущей секунде расчета.

Угловая скорость вращения частиц по орбитам (рис. 3) равна частоте волны ω , радиус частиц определяется по формуле

$$r = r_0 e^{-kz}, \quad (3)$$

где $r_0 = h/2$ – радиус частицы на поверхности воды.

Из формулы следует изменение высоты волны по глубине

$$h = h_0 e^{-kz}, \quad (4)$$

где h_0 – высота волны на поверхности воды.

Линейная скорость частиц

$$v = \omega r. \quad (5)$$

Скорость волнового течения максимальна на середине склона волны и уменьшается с глубиной, определяется по формуле Стокса

$$v_a = cr_0^2 (k)^2 e^{-kz}. \quad (6)$$

На рис. 4 показаны траектории частиц при движении волны.

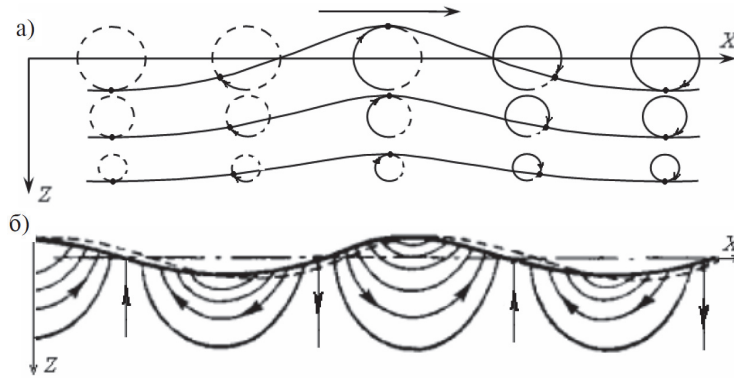


Рисунок 3 – Траектории частиц жидкости (а) и линии тока (б) под поверхностью волн

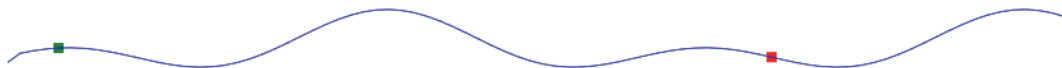


Рисунок 4 – Фото движения частиц в волне [6]

Таким образом, при подходе волнового профиля в середине волны волновое течение возрастает и направлено вниз, а затем по движению волны, после прохождения волны также в середине волны направлено вверх, а затем против движения волны. Поэтому в случае сооружений аквакультуры и стационарных орудий рыболовства возникают сложные давления жидкости на эти конструкции.

На рис. 5 представлен интерфейс программы, модулирующей движение волнового профиля (зеленая точка) с данной высотой волны, ее длиной и глубиной места, программа в красной точке рассчитывает скорость волны, вертикальную скорость на поверхности и на заданной глубине.

Это позволяет определять для каждого рассматриваемого участка, где устанавливать сооружения марикультуры и на какой глубине располагать гирлянды, задаваясь разными вариантами условий волнообразования, при этом учитывая параметры роста культивируемых гидробионтов.



Глубина м Высота волны м Длина волны м Скорость на глубине м

Скорость волны = 2.79 м/с. Скорость вертикальная = -0.58 м/с. Скорость вертикальная на глубине = -0.019 м/с.

Линейная волны Нелинейные волны

Рисунок 5 – Интерфейс программы моделирования волнового профиля

Библиографический список

1. Raman-Nair W., Colbourne B. Dynamics of a mussel longline system // *Aquacultural Engineering*. 2003. Vol. 27, Issue 3. P. 191–212.
2. Knysh A., Tsukrov I., Chambers M., Robinson Swift M., Sullivan C., Drach A. Numerical modeling of submerged mussel longlines with protective sleeves // *Aquacultural Engineering*. 2019. Vol. 88. P. 14.
3. Raman-Nair W., Colbourne B., Gagnon M., Bergeron P. Numerical model of a mussel longline system: coupled dynamics. *Ocean Eng.* 2008. 35. P. 1372–1380.
4. Díaz, C. & Figueroa, Yanina. Effect of different longline farming designs over the growth of *Mytilus chilensis* (Hupé, 1854) at Llico Bay, VIII Región of Bio-Bio, Chile / *Aquacultural Engineering*. 2011. Vol. 45, Issue 3. P. 137–145.
5. Осипов Е.В. Объектно-ориентированные методы расчета орудий рыболовства. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2009. 89 с.
6. Ван-Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. М.: Мир, 1986. 184 с.

УДК 639.2/.3:33; 639.2/.3:658

Борис Иванович Покровский

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), кандидат технических наук, профессор, Россия, Владивосток, e-mail: boris.bpokrovskiy@tinro.ru

Александр Михайлович Кайко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат экономических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: kaiko.am@gmail.com

Дмитрий Леонидович Шабельский

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro.ru

**К вопросу о повышении эффективности промысла
и переработки дальневосточной сардины**

Аннотация. Рассмотрена экономическая эффективность модернизации добывающих судов для целей специализированного промысла дальневосточной сардины, организации промысла сардины группой судов в составе принимающего судна. Как образец рассматривается крупнотоннажный траулер, прошедший модернизацию для приема на борт сырца с использованием рыбонасоса, сортировку, шоковую заморозку с применением антиокислителя и последующее размещение в специальную тару.

Ключевые слова: дальневосточная сардина, промысел, переработка, себестоимость, рентабельность

Boris I. Pokrovskiy

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), PhD in Technical Sciences, Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: boris.pokrovskiy@tinro-center.ru

Alexandr M. Kaiko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Economic Sciences, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: kaiko.am@gmail.com

Dmitriy L. Shabelskiy

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru

**On the issue of increasing the efficiency of fishing
and processing of Far Eastern sardines**

Abstract. The economic efficiency of modernization of mining vessels for the purposes of specialized fishing of the Far Eastern sardine organization of sardine fishing by a group of vessels as part of the receiving vessel is considered. As a sample, a large-tonnage trawler is considered, which has been modernized for receiving raw materials on board using a fish pump, sorting, shock freezing with the use of an antioxidant and subsequent placement in a special container.

Keywords: Far Eastern sardine, fishing, processing, cost, profitability

В структуре продуктов питания из сырья животного происхождения значительное место занимает рыба и продукты рыбные переработанные. Пищевая ценность рыбных продуктов

обусловлена большим содержанием белков, в составе которых содержится целый комплекс незаменимых аминокислот, необходимых для поддержания жизнедеятельности человека. За последние пять лет рыбохозяйственный комплекс России находится в стабильно устойчивом состоянии. Его сырьевая база позволяет ежегодно вылавливать около 5 млн т рыбы и морепродуктов. Следует отметить, что, несмотря на достаточную консервативность видового состава объектов промысла, за последние 6–8 лет идет его активное обновление за счет «новых» объектов промысла: дальневосточная сардина иваси и скумбрия.

Добыча дальневосточной сардины осуществляется в летне-осенний период с использованием технологии тралового лова. Особенностью работы судов на вылове сардины является ее промысловое соседство с японской скумбрией. Эта соседство позволяет одновременно осваивать оба промысловых объекта. При этом структурное соотношение данных объектов промысла в общем объеме их добычи колеблется от 70 до 90 % в пользу дальневосточной сардины, в зависимости от направления суточных миграций сардины и скумбрии. Традиционным районом промысла сардины и скумбрии на Дальнем Востоке является северо-западная часть Тихого океана: водные акватории, прилегающие к Курильским островам. Оба рассматриваемых вида рыбы характеризуются значительными флюктуациями численности. При этом промежутки времени между вспышками численности сардины и скумбрии достигают 30 лет. Такой срок превышает нормативный период эксплуатации любого типа судна, а следовательно, кардинально меняются его технические характеристики, орудия лова, способы добычи рыбы и технология ее обработки. Если в ретроспективном периоде вылов этих видов рыбы осуществлялся кошельковыми неводами, то в настоящее время эти орудия лова применяются крайне редко, а добыча рыбы осуществляется траловым ловом. Показатели добычи скумбрии и сардины иваси отечественным флотом в 2022 г. представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Вылов сардины иваси и скумбрии в северо-западной части Тихого океана (СЗТО) в 2022 г., т (*)

| Показатель | Объект промысла | |
|---|-----------------|----------|
| | Сардина иваси | Скумбрия |
| Рекомендованная величина вылова, всего | 536000 | 273500 |
| в Тихоокеанской Южно-Курильской СЗТО | 485000 | 250000 |
| в исключительной экономической зоне Японии ** | 51500 | 23500 |
| Вылов фактический, всего | 288326 | 49893 |
| в Тихоокеанской Южно-Курильской СЗТО | 272808 | 10883 |
| в Охотоморской Южно-Курильской СЗТО | 457 | 7 |
| в исключительной экономической зоне Японии | 15049 | 38999 |
| в открытых водах СЗТО | 12 | 4 |

Примечание. * – по данным отраслевой системы мониторинга «Росрыболовство»;

** – квота для российских пользователей на взаимной основе.

Как видно из табл. 1, из рекомендованной величины возможного вылова сардины в Южно-Курильской зоне (Тихоокеанская подзона) северо-западной части Тихого океана объем добычи данного вида рыбы составил 272888 т (56,1 %). Недолов сардины иваси в 2022 г. составил 43,9 %, или 212192 т.

В исключительной экономической зоне Японии в соответствии с решением Российско-Японской Комиссии о взаимных отношениях в области рыболовства было выловлено 15049 т сардины, недолов составил более 70 %.

Фактическое освоение величины возможного вылова скумбрии в Южно-Курильской зоне северо-западной части Тихого океана составило 4,4 %. Для российской стороны квоты на вылов скумбрии в исключительной экономической зоне Японии были увеличены по сравнению с ранее принятым Протоколом, объем добычи данного вида рыбы составил 38999 т. Общий вылов скумбрии российскими рыбаками в 2022 г. составил 49883 т, а недолов в Тихоокеанской подзоне Южно-Курильской зоны рыболовства составил 239117 т.

Основными причинами низкого освоения рекомендуемой величины возможного вылова сардины и скумбрии являются: недостаточное выставление судов на промысел, отсутствие промысловой разведки, моральный и физический износ добывающих судов, особенно среднетоннажной группы, которым не хватает мощности для буксировки тралов с необходимой скоростью при лове скумбрии.

Возрастной и количественный состав судов типа СТР Дальневосточного бассейна представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Возрастной и количественный состав судов типа СТР ДВ бассейна

| Год постройки | Количество судов, ед. | Средний возраст, лет |
|---------------|-----------------------|----------------------|
| 1967–1980 гг. | 23 | 56 |
| 1981–1991 гг. | 143 | 41 |
| 1992–2000 гг. | 76 | 31 |

Как видно из представленных данных, практически весь состав среднетоннажного добывающего флота Дальневосточного бассейна находится за пределами нормативного срока службы судов. Вывод этих судов из эксплуатации и замена новыми на сегодняшний день не представляются возможными из-за миллиардных затрат на строительство и, безусловно, нерентабельности размещения такого объема судостроения на российских предприятиях судостроения.

Запредельный возрастной состав рыбопромысловых судов вызывает необходимость проведения тщательной оценки их технического состояния для принятия решения о возможности дальнейшей эксплуатации судов за счет модернизации.

Авторами рассмотрена эффективность модернизации добывающих судов и их эксплуатации на промысле сардины и скумбрии группой судов в составе принимающего судна (крупнотоннажный траулер типа БМРТ, прошедший модернизацию для приема рыбы-сырца на борт, шокую заморозку и упаковку в тару с добавлением антиокислителя).

В настоящее время на продовольственном рынке продукция из сардины иваси заняла определенную нишу и представлена следующими видами обработки (табл. 3).

Таблица 3 – Динамика выпуска продукции из сардины иваси по видам переработки (количество предложений на продовольственном рынке, ед.), по данным «РК-Профи»

| Вид переработки | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|
| Свежемороженая рыба | 207 | 147 | 1614 | 1512 | 1269 | 1428 |
| Консервы рыбные | 108 | 785 | 1279 | 1121 | 929 | 1092 |
| Соленая рыба | 1 | 1 | 100 | 327 | 275 | 253 |
| Копченая рыба | - | 1 | 59 | 176 | 151 | 110 |
| Пресервы рыбные | - | 7 | 57 | 161 | 76 | 33 |
| Мука рыбная | - | 12 | 45 | 3 | - | 4 |
| Итого | 316 | 953 | 3154 | 3300 | 2700 | 2920 |

Из представленных в табл. 3 данных следует, что количество предложений продукции из сардины иваси увеличилось с 316 ед. в 2016 г. до 2920 ед. в 2021 г. при максимальной величине данного показателя в 2019 г. – 3300 предложений продукции из сардины иваси. Среди общего количества предложений наибольший удельный вес приходится на свежемороженую продукцию (около 50 %) и консервы рыбные (около 40 %).

Сравнительный анализ результатов деятельности предприятия для текущего варианта работы по сравнению с выпуском продукции с добавленной стоимостью демонстрирует увеличение рентабельности при повышении степени переработки рыбного сырца [1]. Современные продовольственные рынки развиваются под девизом «Свежесть сырца в свежесть выпускаемой продукции». В соответствии с этим требованием перед предприятиями рыбохозяйственной специализации ставятся задачи постоянного обновления ассортимента, выпуск новой продукции, доступной для различных слоев населения. В свою очередь, эти задачи

обуславливают необходимость появления нового оборудования и технологий, способов добычи рыбы и ее переработки, транспортировки сырья и готовой продукции.

Разработанная авторами [2] методика исследования эффективности эксплуатации модернизированных добывающего и приемо-перерабатывающего судов на промысле сардины иваси с расчетом условий достижения уровня нулевой рентабельности промысла и переработки позволяет определять пороговые значения [3] эффективности применения данного типа судов для конкретных условий ведения промысла и выпуска продукции простой переработки на борту приемо-перерабатывающего судна.

Промысел сардины и скумбрии ведет группа среднетоннажных траулеров, прошедших модернизацию для работы тралом без выборки его на палубу, перекачки улова в RSV-танки для транспортировки на борт принимающего судна. Для расчета эксплуатационно-производственных показателей совместной работы добывающих судов и приемо-перерабатывающего судна составлен рейсовый режим с учетом времени промысла сардины иваси (табл. 4).

Таблица 4 – Проект рейсового режима работы судов, сут

| Элементы режима работы судов | Тип судна | |
|---------------------------------|------------|------------------|
| | Добывающее | Перерабатывающее |
| Календарное время | 365 | 365 |
| Внеэксплуатационное время | 50 | 50 |
| Эксплуатационное время | 315 | 315 |
| в том числе на промысле сардины | 100 | 100 |

На основе проекта рейсового режима работы судов, суточных норм вылова и переработки рыбы рассчитаны основные эксплуатационные и производственные показатели с учетом нулевой рентабельности ведения промысла.

По рыбодобывающему судну для расчета общесудовых расходов составлена смета затрат на производство по методике рейсового планирования, определена себестоимость судосутки в эксплуатации, рассчитаны общие затраты одного судна на промысле сардины и определены расходы на 1 т выловленного сырья. Расчетная цена для обеспечения нулевой рентабельности работы судна, эксплуатируемого в режиме добычи рыбы, составляет 65,3 тыс. руб. за 1 т, табл. 5.

Таблица 5 – Основные экономические показатели работы добывающего и обрабатывающего судна при нулевой рентабельности

| Показатель | Величина |
|---|-----------|
| <i>Рыбодобывающее судно типа СТР</i> | |
| Суточная норма вылова, т | 20,0 |
| Суммарные общесудовые затраты в эксплуатации (смета), тыс. руб. | 411289,2 |
| Себестоимость содержания 1 с/с в эксплуатации, тыс. руб. | 1305,7 |
| Общие затраты судна на промысле сардины, тыс. руб. | 13057,0 |
| Затраты на 1 т выловленного сырья, тыс. руб. | 65,3 |
| <i>Рыбоперерабатывающее судно типа БМРТ</i> | |
| Суточная норма переработки рыбы-сырца, т | 200,0 |
| Суммарные общесудовые затраты в эксплуатации (смета), тыс. руб. | 716992,6 |
| Себестоимость содержания 1 с/с в эксплуатации, тыс. руб. | 2276,2 |
| Общесудовые затраты на промысле сардины, тыс. руб. | 227620,0 |
| Прямые затраты на производство продукции (сырье и материалы), тыс. руб. | 1502612,0 |
| Суммарные затраты на производство продукции, тыс. руб. | 1730232,0 |
| Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб. | 86,95 |

Расчет эксплуатационных затрат по обрабатываемому судну выполнен аналогично, но с учетом прямых расходов на производство продукции (стоимость сырья, тары и тарных материалов, затраты на антиокислитель). Расчетная цена для обеспечения нулевой рентабельности судна, эксплуатируемого в режиме приемки и заморозки сардины, составляет 86,95 тыс. руб. за 1 т готовой продукции.

Таким образом, организация промысла сардины группой судов в составе крупнотоннажного судна, прошедшего модернизацию для приема на борт сырца по рыбонасосам и его переработки с помощью шоковой заморозки и средних траулеров, прошедших модернизацию для работы тралом без выборки на палубу, показала, что нулевая рентабельность добычи 1 т сардины иваси составляет 65,3 тыс. руб., а величина данного показателя при производстве мороженой продукции равна 86,95 тыс. руб. за 1 т.

Полученные результаты могут быть использованы:

- судовладельцами при подготовке вариантов решений о продлении сроков эксплуатации судов, планировании работ по модернизации, выборе экономически эффективных районов промысла и формировании режимов работы судна;
- банками при расчете оценок окупаемости кредитных ресурсов для проектов модернизации судов предельных возрастов;
- страховыми компаниями для оценки залоговой стоимости судна;
- проектными организациями при подготовке проектов модернизации, выборе устанавливаемого оборудования, оценки общей стоимости работ по модернизации и согласовании с банком стоимостных показателей.

Заключение

Предварительный анализ перспектив использования промысловых и приемо-перерабатывающих судов на промысле дальневосточной сардины показывает, что есть возможности снизить эффект воздействия сильных маркетинговых отрицательных рыночных факторов, угроз санкционного характера, недостатков, связанных с сырьевым характером выпуска устаревшего ассортимента продукции простейшей переработки и снижением эффективности добывающего и приемо-перерабатывающего флота за счет фактического и морального износа основного оборудования.

Результаты выполненных исследований показывают, что развитие инновационной составляющей (использование новой тактики применения тралового оборудования, перерабатывающих рыбонасосов и шоковой заморозки) позволяет выпускать и накапливать на борту приемо-перерабатывающего судна высококачественную конечную продукцию, позволяющую сохранять свойства свежести сырца в течение достаточно длительного времени.

Библиографический список

1. Покровский Б.И., Шабельский Д.Л., Шаповалов М.Е., Кайко А.М. Исследование условий устойчивой деятельности предприятия промысла и переработки недоосваиваемых ресурсов пресноводных водоемов // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 2. С. 196–202.
2. Инновационный подход к развитию структуры основных фондов рыбопромышленных предприятий / Д.Е. Гармаш, Б.И. Покровский, О.И. Костюкова, А.И. Соломин // Национальные интересы: Приоритеты и безопасность. 2012. № 38(179). С. 38–44.
3. Гафуров А.Р. Методика определения пороговых значений индикаторов энергетической безопасности // Вопросы экономических наук. 2011. № 1(46). С. 23–34.

УДК 639.2

Алексей Олегович Ражев

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Калининград, e-mail: aleksej.razhev@klgtu.ru, SPIN-код: 4535-5888, AuthorID: 723215

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-код: 7035-5279, AuthorID: 393895

Расчет характеристик разноглубинного трала при заданном раскрытии

Аннотация. При проектировании и в процессе эксплуатации разноглубинных траловых систем необходимо правильно рассчитать конструктивные и силовые параметры трала и его оснастки в заданных условиях промысла и заданном раскрытии устья трала, а также определить требуемые тяговые характеристики рыболовного судна. В статье приводится описание разработанной с этой целью программы для ЭВМ, выполняющей расчет циклов кройки сетных пластин, массы канатных связей канатной части и сетных пластин сетной части, размеров сетных пластин, агрегатного сопротивления трала, требуемой скорости траления на основании требуемых параметров раскрытия и характеристик траловых досок, гидродинамического щитка, грузов-углубителей, загрузочной цепи, располагаемой тяги судна. Разработанное программное обеспечение может применяться в научных исследованиях, учебном процессе, при проектировании и в процессе эксплуатации разноглубинных тралов.

Ключевые слова: моделирование, разноглубинный трал, оснастка, раскрытие устья, гидродинамика

Aleksey O. Razhev

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, Leading Researcher, Russia, Kaliningrad, e-mail: aleksej.razhev@klgtu.ru, SPIN-code: 4535-5888, AuthorID: 723215

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-code: 7035-5279, AuthorID: 393895

Calculation of characteristics a midwater trawl at a given opening

Abstract. When designing and operating midwater trawl systems, it is necessary to correctly calculate the design and power parameters of the trawl and its equipment in the specified fishing conditions and the specified opening mouth of the trawl, as well as to determine the required traction characteristics of the fishing vessel. The article describes a computer program developed for this purpose that calculates the cutting cycles of mesh plates, the mass of the rope ties of the cable part and the mesh plates of the mesh part, the dimensions of the mesh plates, the aggregate drag of the trawl, the required trawling speed based on the required opening parameters and characteristics of the trawl boards, hydrodynamic shield, cargo-deepeners, loading chain, the available thrust of the vessel. The developed software can be used in scientific research, educational process, in the design and operation of midwater trawls.

Keywords: modeling, midwater trawl, equipment, opening mouth, hydrodynamics

При проектировании и в процессе эксплуатации разноглубинных траловых систем необходимо правильно рассчитать конструктивные и силовые параметры трала и его оснастки в заданных условиях промысла, а также определить требуемые тяговые характеристики рыболовного судна [1–3]. Для решения поставленной задачи в Калининградском государственном техническом университете в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов» авторами статьи был разработан программный продукт – программа для ЭВМ «Моделирование характеристик разноглубинного трала (задано раскрытие)». Разработка программного продукта осуществлялась в среде визуального проектирования программного обеспечения Embarcadero RAD Studio на языке программирования C++.

Назначение программы для ЭВМ – моделирование процесса эксплуатации разноглубинного трала, а именно: расчет циклов кройки сетных пластин, массы канатных связей канатной части и сетных пластин сетной части, размеров сетных пластин, агрегатного сопротивления трала, требуемой скорости траления на основании требуемых параметров раскрытия и характеристик траловых досок, гидродинамического щитка, грузов-углубителей, загрузочной цепи, располагаемой тяги судна.

Перед расчетом системы «судно – трал» необходимо задать ее входные параметры. Входными параметрами трала являются конструктивные и силовые характеристики его канатной и сетной частей, а также оснастки. Входными параметрами рыболовного судна – его располагаемая тяга.

Программный продукт работает в интерактивном режиме – все выходные (расчетные) параметры пересчитываются при изменении любого входного параметра.

На рис. 1 изображена вкладка программы для ввода входных и отображения выходных параметров канатной части. Количество рядов канатной части задается пользователем в диапазоне от 1 до 12.

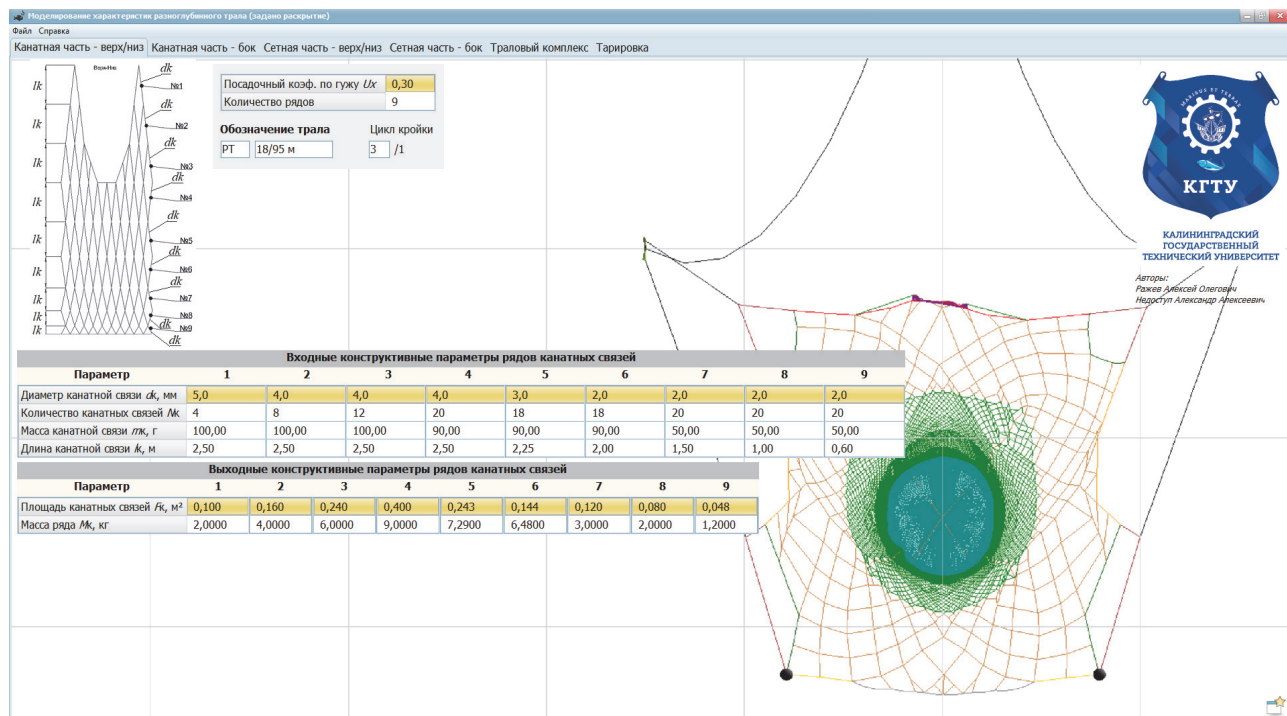


Рисунок 1 – Вкладка «Параметры канатной части»

На рис. 2 изображена вкладка программы для ввода входных и отображения выходных параметров сетной части, состоящей из сетных пластин, мешка и рубашки. Количество сетных пластин задается пользователем в диапазоне от 1 до 10.

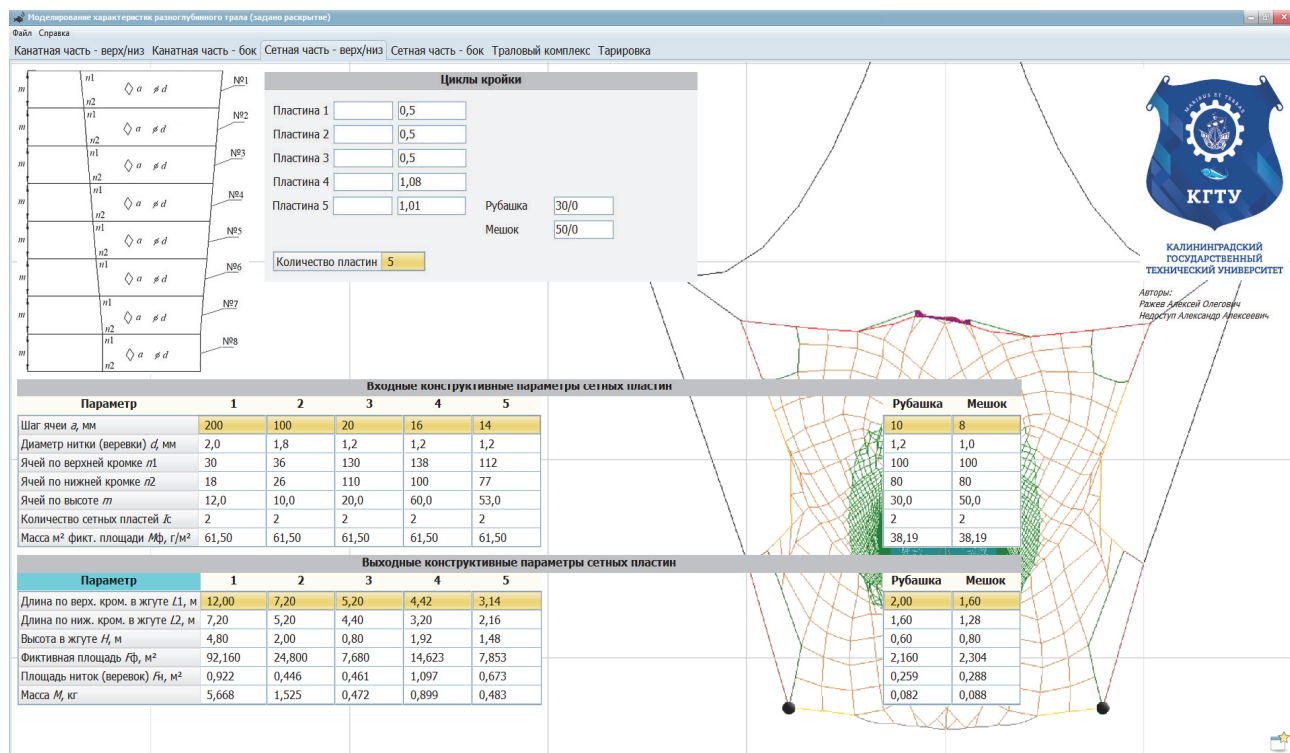


Рисунок 2 – Вкладка «Параметры сетной части»

В табл. 1 приведены входные параметры рядов верхней и нижней канатной части разноглубинного трала РТ 18/95 м. В табл. 2 приведены выходные параметры рядов верхней и нижней канатной части. В табл. 3 приведены входные параметры пластин верхней и нижней сетной части.

В табл. 3 приведены входные параметры пластин верхней и нижней сетной части разноглубинного трала РТ 18/95 м. В табл. 4 приведены выходные параметры пластин верхней и нижней сетной части.

Таблица 1 – Входные конструктивные параметры рядов канатных связей (верх-низ)

| Параметр | Канатная связь | | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Диаметр канатной связи d_k , мм | 5,0 | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| Количество канатных связей N_k | 4 | 8 | 12 | 20 | 18 | 18 | 20 | 20 | 20 |
| Масса канатной связи m_k , г | 2,00 | 4,00 | 6,00 | 9,00 | 7,29 | 6,48 | 3,00 | 2,00 | 1,20 |
| Длина канатной связи l_k , м | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,50 | 2,25 | 2,00 | 1,50 | 1,00 | 0,60 |

Таблица 2 – Входные конструктивные параметры рядов канатных связей (верх-низ)

| Параметр | Канатная связь | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Площадь канатных связей F_k , м | 0,100 | 0,160 | 0,240 | 0,400 | 0,243 | 0,144 | 0,120 | 0,080 | 0,048 |
| Масса ряда канатных связей M_k , кг | 2,00 | 4,00 | 6,00 | 9,00 | 7,29 | 6,48 | 3,00 | 2,00 | 1,20 |

Таблица 3 – Входные конструктивные параметры сетных пластин (верх-низ)

| Параметр | Сетная пластина | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Рубашка | Мешок |
| Шаг ячеи a , мм | 200 | 100 | 20 | 16 | 14 | 10 | 8 |
| Диаметр нитки (веревки) d , мм | 2,0 | 1,8 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,0 |
| Ячей по верхней кромке $n1$ | 30 | 36 | 130 | 138 | 112 | 100 | 100 |
| Ячей по верхней кромке $n2$ | 18 | 26 | 110 | 100 | 77 | 80 | 80 |
| Ячей по высоте m | 12,0 | 10,0 | 20,0 | 60,0 | 53,0 | 30,0 | 50,0 |
| Количество сетных пластин Ic | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Масса фиктивной площади $Mф$, г/м | 61,50 | 61,50 | 61,50 | 61,50 | 61,50 | 38,19 | 38,19 |

Таблица 4 – Входные конструктивные параметры сетных пластин (верх-низ)

| Параметр | Сетная пластина | | | | | | |
|--|-----------------|--------|-------|--------|-------|---------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Рубашка | Мешок |
| Длина по верхней кромке в жгуте $L1$, м | 12,00 | 7,20 | 5,20 | 4,42 | 3,14 | 2,00 | 1,60 |
| Длина по нижней кромке в жгуте $L2$, м | 7,20 | 5,20 | 4,40 | 3,20 | 2,16 | 1,60 | 1,28 |
| Высота в жгуте H , м | 4,80 | 2,00 | 0,80 | 1,92 | 1,48 | 0,60 | 0,80 |
| Фиктивная площадь $Fф$, м | 92,160 | 24,800 | 7,680 | 14,623 | 7,853 | 2,160 | 2,304 |
| Площадь ниток (веревки) $Fн$, м | 0,922 | 0,446 | 0,461 | 1,097 | 0,673 | 0,259 | 0,288 |
| Масса M , кг | 5,668 | 1,525 | 0,472 | 0,899 | 0,483 | 0,082 | 0,088 |

Значения циклов кройки сетных пластин (рис. 3) являются как входными, так и расчетными параметрами.

Расчетные значения отображаются в десятичной форме. В дальнейшем, для отображения циклов кройки на чертежах, оператор вручную указывает напротив каждого расчетного значения его представление в виде дроби. Например, для расчетного значения цикла кройки сетной пластины 0,5 вводится дробное значение 1/2; для расчетного значения цикла кройки сетной пластины 0,33 вводится дробное значение 1/3. Если расчетное значение цикла кройки не может быть представлено дробью, необходимо подобрать количество ячеек с учетом копусности сетной части траля.

На рис. 4 изображена вкладка «Параметры тралового комплекса». На данной вкладке присутствуют как входные (задаваемые пользователем), так и выходные (расчетные) параметры.

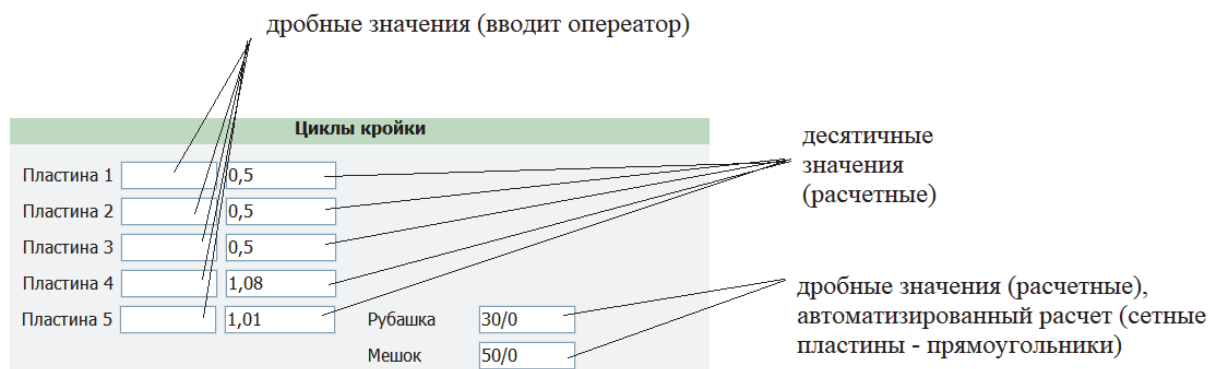


Рисунок 3 – Циклы кройки сетных пластин

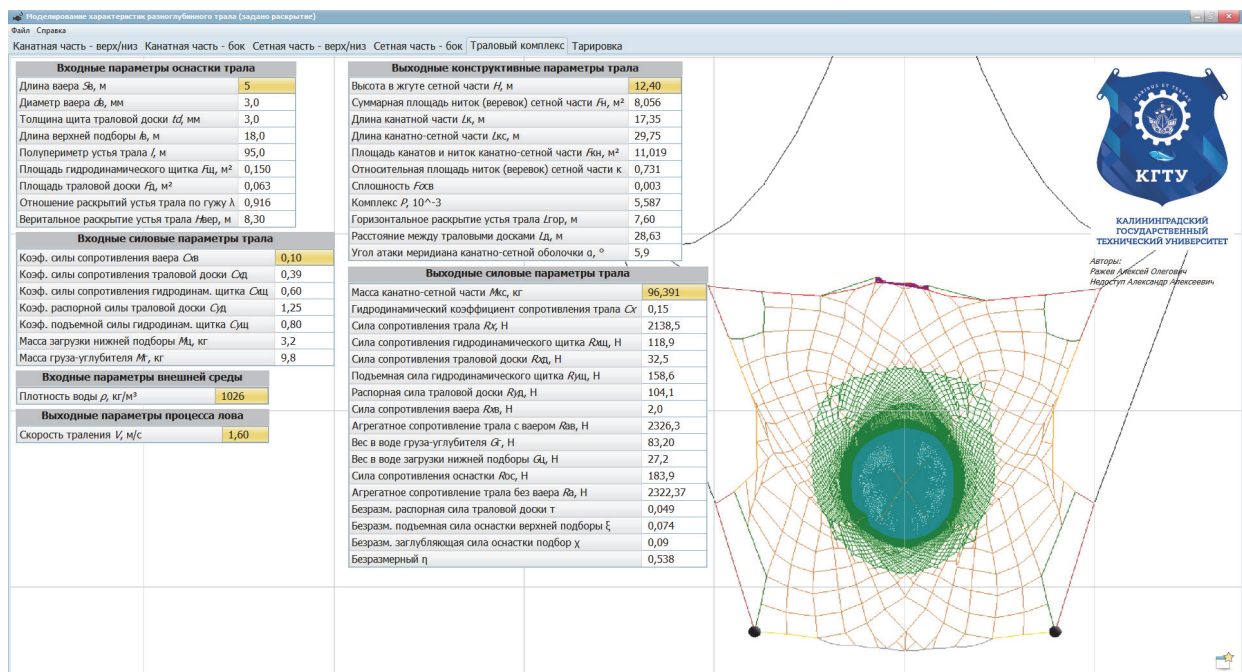


Рисунок 4 – Вкладка «Параметры тралового комплекса»

Для расчета выходных параметров трала необходимо знать скорость траления v , которая в нашей постановке задачи является расчетным параметром. Ее нахождение сводится к решению квадратного уравнения (1) относительно x , связанного с v уравнением (2), при ограничении $v \in [0.5 \dots 3]$:

$$-2,573x^2 + 3,86x - \lambda = 0, \quad (1)$$

$$v = \sqrt{xG / \left(\frac{1}{2} \rho C_{yD} F_D - \frac{1}{2} x \rho C_{y\text{щ}} F_{\text{щ}} \right)} \quad (2)$$

где λ – отношение раскрытий устья трала по гужу; G – вес в воде груза-углубителя и загрузки нижней подборы; ρ – плотность воды; C_{yD} – коэффициент распорной силы траловой доски; F_D – площадь траловой доски; $C_{y\text{щ}}$ – коэффициент распорной силы гидродинамического щитка; $F_{\text{щ}}$ – площадь гидродинамического щитка.

При решении (1) выбирается корень, дающий большее значение v с учетом ограничения на значение v и положительное подкоренное значение (2).

Ниже приведен фрагмент кода программы на языке программирования C++ для вычисления скорости траления.

```
float D = 3.86f * 3.86f - 4.f * 2.573f * lam;
float x1 = (-3.86f + sqrtf(D)) / (2.f * -2.573f);
float x2 = (-3.86f - sqrtf(D)) / (2.f * -2.573f);
float v = 0;

if(x1 > 0) {
    float v1 = CalcV(x1);
    if(v1 >= 0.5f && v1 <= 3.f)
        V = v1;
}

float v2 = CalcV(x2);
```

```

if(v2 > 0.5f && v2 <= 3.f && v2 > V)
    V = v2;

float CalcV(float x) {
    float Kd = 0.5f * Cyd * ro * Ftd;
    float Ksh = 0.5f * Cysh * ro * Fsh;
    float y = x * G / (Kd - x * Ksh);
    return y <= 0 ? 0.f : sqrt(y);
}

```

Для вычисления силы гидродинамического сопротивления R_x по заданному раскрытию устья трала необходимо решить систему нелинейных уравнений

$$\begin{cases} R_x = (0,4\alpha - 0,09) \rho v^2 F_{\text{кн}} \\ \tau = R_{y\text{д}} / R_x \\ \xi = R_{y\text{ш}} / R_x \\ \chi = G / R_x \\ \alpha = f(\tau, \xi, \chi) \end{cases}, \quad (3)$$

где $F_{\text{кн}}$ – суммарная площадь ниток и канатов трала; $R_{y\text{д}}$ – распорная сила траловой доски; $R_{y\text{ш}}$ – подъемная сила оснастки верхней подборы; τ, ξ, χ – безразмерные характеристики сил $R_{y\text{д}}, R_{y\text{ш}}$ и G соответственно; α – промежуточный параметр, являющийся функцией от безразмерных характеристик.

Данную систему можно решить методом последовательного приближения, например, методами Ньютона или Левенберга–Марквардта [4]. В нашей задаче можно воспользоваться ускоренным методом, фрагмент кода программы которого представлен ниже.

```

void CalcRx() {
    float a1 = expf(1.861f + 1.863f * tau - 2.345f * tau * tau);
    float a2 = 7.027f + 15.696f * eps - 21.2f * eps * eps;
    float sinksi = sinf(8.73f * ksi), cosksi = cosf(11.93f * ksi);
    float a3 = sinksi * sinksi * cosksi * cosksi * 25.f - 0.6f;
    a4 = 0.5f * a1 + (tauksi < 1.25f ? 0.25f * (a2 + a3) : 0.5f * a2);
    alpha = a4 + 110.f * expf(-6.74f * Focb) * (P - 0.02);
    Cx = alpha * 0.04f - 0.09f;
    Rx = Cx * roVV * Fkn;
    tau = Ryd / Rx;
    eps = Rysh / Rx;
    ksi = G / Rx;
    tauksi = tau / ksi;
}

tau = 0.08f; eps = 0.12f; ksi = 0.15f;
tauksi = tau / ksi;

```

```

Rxsh = Cxsh * roVV * Fsh;
Rxd = Cxd * roVV * Ftd;
Rysh = Cysh * roVV * Fsh;
Ryd = Cyd * roVV * Ftd;
Rxv = Cxv * roVV * Sv * dv;
Ros = Rxd + Rxd + Rxsh;
CalcRx();

for(int i = 0; i < 1000; i++) {
    float rx = Rx;
    CalcRx();

    if(fabs(Rx - rx) / Rx < 0.001f)
        break;
}

```

В приведенном коде условием завершения итерационного процесса является выполнение условия $\varepsilon_i < 0,001$ при

$$\varepsilon_i = \left| R_x^{[i]} - R_x^{[i-1]} \right| / R_x^{[i]}, \quad (4)$$

где в квадратных скобках указан порядковый номер итерации; i – порядковый номер текущей итерации; ε_i – относительная погрешность R_x на итерации i .

На рис. 5 изображена вкладка «Тарировка». На данной вкладке осуществляется подбор судна исходя из его тяговых характеристик и расчетной требуемой скорости траления. Программа отображает графики зависимости агрегатного сопротивления трала и располагаемой тяги судна от скорости траления (рис. 6). Точка их пересечения определяет оптимальные условия использования тяги судна.

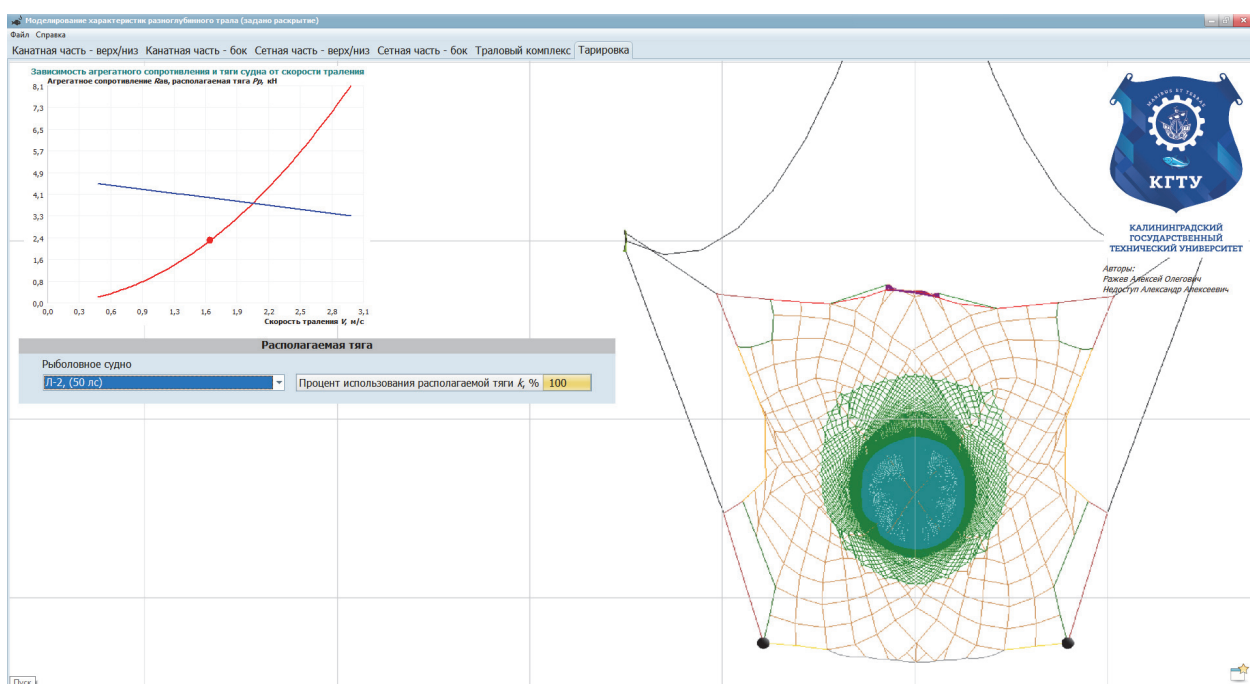


Рисунок 5 – Вкладка «Тарировка»

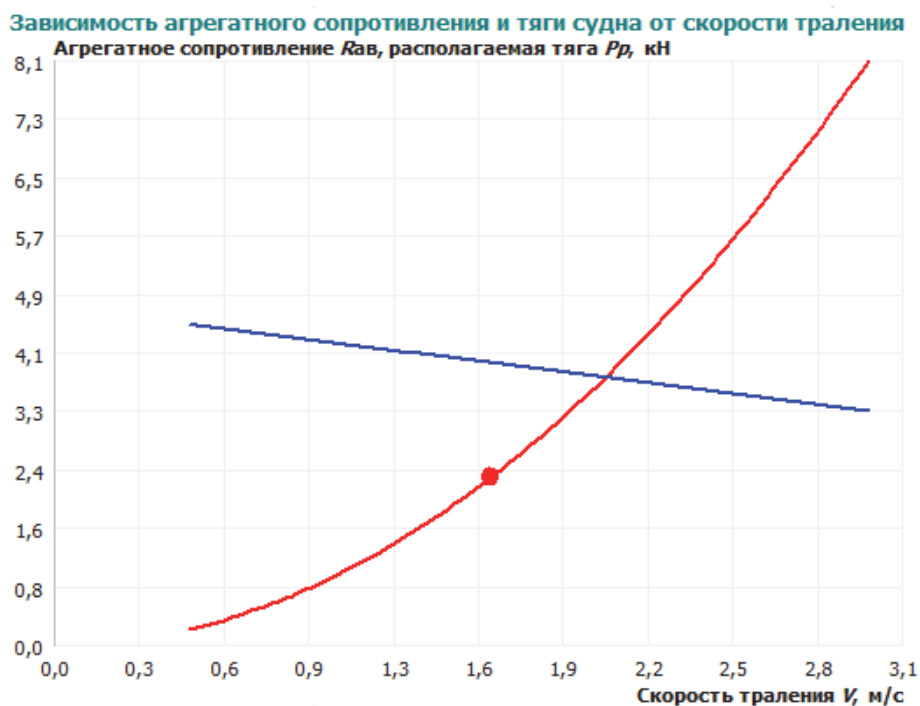


Рисунок 6 – График зависимости силы агрегатного сопротивления и располагаемой тяги от скорости траления

На рис. 6 красным цветом отображен график зависимости агрегатного сопротивления трала от скорости траления, синим цветом отображен график зависимости располагаемой тяги судна от скорости траления. Точкой на красном графике указана расчетная требуемая скорость траления.

При помощи разработанной программы для ЭВМ был произведен расчет разноглубинного трала РТ 18/95 м для лова ряпушки [5], который был использован при проведении экспериментов на озере Виштынецкое Калининградской области. Результаты экспериментов показали, что математическая и имитационная модели программы для ЭВМ «Моделирование характеристик разноглубинного трала (задано раскрытие)» адекватны. В процессе экспериментов применялось рыболовное судно с располагаемой тягой 50 л. с. и процентом использования располагаемой тяги – 100 %.

Разработанное программное обеспечение может применяться в научных исследованиях, учебном процессе, при проектировании и в процессе эксплуатации разноглубинных тралов.

Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

Библиографический список

1. Недоступ А.А., Ражев А.О. Моделирование орудий и процессов рыболовства: учеб. пособие. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. Ч. I. 433 с.
2. Недоступ А.А., Ражев А.О. Моделирование орудий и процессов рыболовства: учеб. пособие. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2019. Ч. II. 444 с.
3. Розенштейн М.М., Недоступ А.А. Механика орудий рыболовства. М.: Моркнига, 2011. 528 с.
4. Поляк Б.Т. Метод Ньютона и его роль в оптимизации и вычислительной математике // Тр. Института системного анализа Российской академии наук. 2006. Т. 28. С. 44–62.
5. Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Львова Е.Е., Сысенко В.В., Аскарлов Д.В., Белозер И.С. Экспериментальные исследования разноглубинного трала 18/95 м на оз. Виштынецкое // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 2. С. 92–98.

УДК 639.2

Егор Ильич Сергеев

Калининградский государственный технический университет, аспирант кафедры промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: pyrojaeger@gmail.com, SPIN-код: 8513-8316, AuthorID: 1215546

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-код: 7035-5279, AuthorID: 393895

**Имитационное и экспериментальное исследования
гидродинамики модели лодки WYATBOAT-430**

Аннотация. Рассматривается гидродинамика моторной лодки типа Wyatboat-430. Лодки Wyatboat-430 применяются для прибрежного лова, а также во внутренних водоемах, проведения научных исследований запасов гидробионтов в водоемах Российской Федерации. Для обоснования тяговых характеристик моторной лодки Wyatboat-430 были проведены экспериментальные исследования в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ». Гидродинамическое сопротивление катамарана зависит от многих характеристик: формы корпуса лодок, шероховатости поверхности корпуса, в частности днища лодок, размеров лодок, скорости буксировки, расстояния между лодками (крепления) и др. Предложена схематизация катамарана, математическая модель, основанная на дифференциальных уравнениях в частных производных Навье-Стокса, расчетная область, начальные и граничные условия. В данной статье рассматривается гидродинамика моторной лодки типа Wyatboat-430 двумя способами. В одном случае – с помощью имитационного моделирования, в другом случае – в опытовом бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ», и сравнение двух проведенных экспериментов.

Ключевые слова: агрегатное сопротивление, гидродинамика, катамаран, эксперименты, бассейн, полигон, лодка, программный продукт

Egor I. Sergeev

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, Postgraduate student of the Department of Industrial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: alejsej.razhev@klgtu.ru, SPIN-code: 8513-8316, AuthorID: 1215546

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-code: 7035-5279, AuthorID: 393895

**Simulation and experimental studies of the hydrodynamics
of the boat model WYATBOAT-430**

Abstract. This article discusses the hydrodynamics of a motor boat of the Wyatboat-430 type. Boats Wyatboat-430 are used for coastal fishing, as well as in inland waters, conducting scientific research of aquatic life stocks in reservoirs of the Russian Federation. To substantiate the traction characteristics of the motor boat Wyatboat-430, experimental studies were conducted in the experimental pool of the KSTU. The hydrodynamic resistance of a catamaran depends on

many characteristics: the shape of the hull of the boats, the roughness of the hull surface, in particular the bottom of the boats, the size of the boats, the speed of towing, the distance between the boats (attachment), etc. A schematization of catamaran, a mathematical model based on Navier-Stokes partial differential equations, a computational domain, initial and boundary conditions are proposed. This article discusses the hydrodynamics of a motor boat of the Wyatboat-430 type in two ways. In one case with the help of simulation modeling, in the other case in the experimental pool of the KSTU, and a comparison of the two experiments conducted.

Keywords: aggregate resistance, hydrodynamics, catamaran, experiments, swimming pool, landfill, boat, software product

Проблемы достижения оптимальных параметров моторных лодок при их движении и буксировки активных орудий промышленного рыболовства сопряжены с множеством проблем, это [1–4]:

1. Отсутствие в ряде районов разрешений на промысел активными орудиями рыболовства.
2. Отличия в соответствии располагаемой тяги моторной лодки и сопротивления орудия промышленного рыболовства.
3. Отсутствие на моторных лодках механизации промысловых операций

Это не полный список ограничений в эксплуатации моторных лодок в прибрежной зоне и во внутренних водоемах Российской Федерации активных орудий промышленного рыболовства.

Эти ограничения накладывают определенные условия работы, а также ставят задачи, которые решаются различными методами, такими как физический и имитационный эксперименты.

В данной статье выполняется анализ и сравнение двух выполненных экспериментов. Первый эксперимент проводится с помощью имитационного моделирования для расчета гидродинамики с помощью 3D-модели моторной лодки типа Wyatboat-430, созданной в программе Blender, выполнялся расчет сопротивления корпуса судна в программе Maxsurf Resistance. Данный эксперимент является примерным, так как программа выполняет приближенный расчет, и это необходимо, чтобы оценить, какие сопротивления могут быть у модели.

На рис. 1 изображена моторная лодка Wyatboat-430. Технические характеристики лодки представлены в табл. 1.

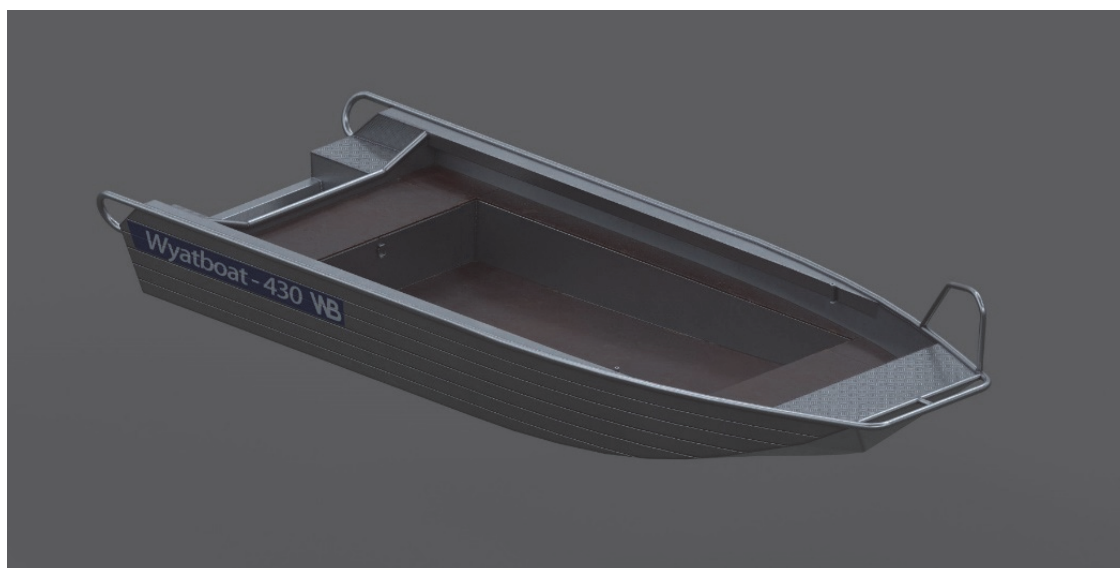


Рисунок 1 – Моторная лодка Wyatboat-430 (3D-модель)

Характеристики моторной лодки Wyatboat-430 приводятся в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики моторной лодки Wyatboat-430

| | | | |
|----------|-----------|------------------|-----------|
| Длина, м | Ширина, м | Материал корпуса | Масса, кг |
| 4,3 | 1,6 | Алюминий | 189 |

По данным таблицы определена эмпирическая формула для расчета агрегатного сопротивления плавучего якоря (ошибка не более 10 %)

Maxsurf Resistance – специализированная программа для оценки требования к сопротивлению и мощности любой конструкции, использующая стандартные методы прогнозирования. Благодаря созданной 3D-модели на основе полученного с натуры ГЧ были произведены расчеты сопротивления корпуса лодки.

На рис. 2–3 изображены результаты расчетов. В табл. 2 представлены результаты в численном виде.

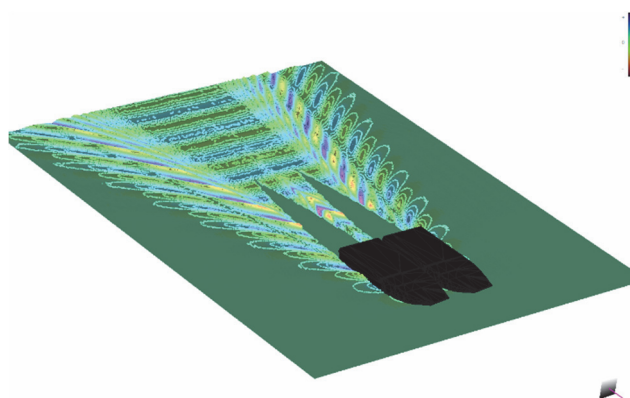


Рисунок 2 – Картина волнообразования. Расстояние между корпусами 0 м

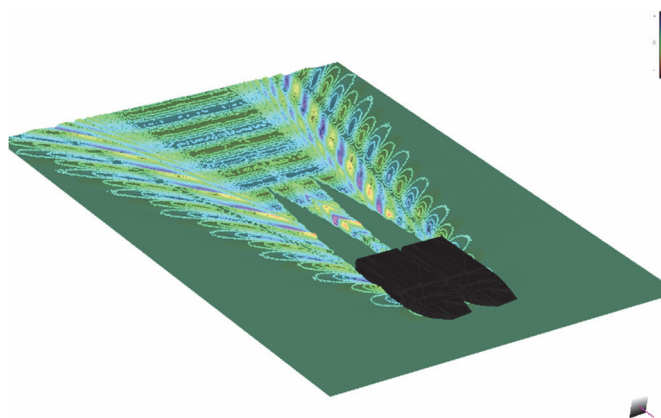


Рисунок 3 – Картина волнообразования. Расстояние между корпусами 2 м

Таблица 2 – Сводная таблица результатов расчетов программы

| Расстояние м/у борта В, м | Масштаб плотности воды C_p |
|---------------------------|------------------------------|
| 0 | 158,18 |
| 1 | 158,18 |
| 2 | 158,18 |

График результатов представлен на рис. 4.

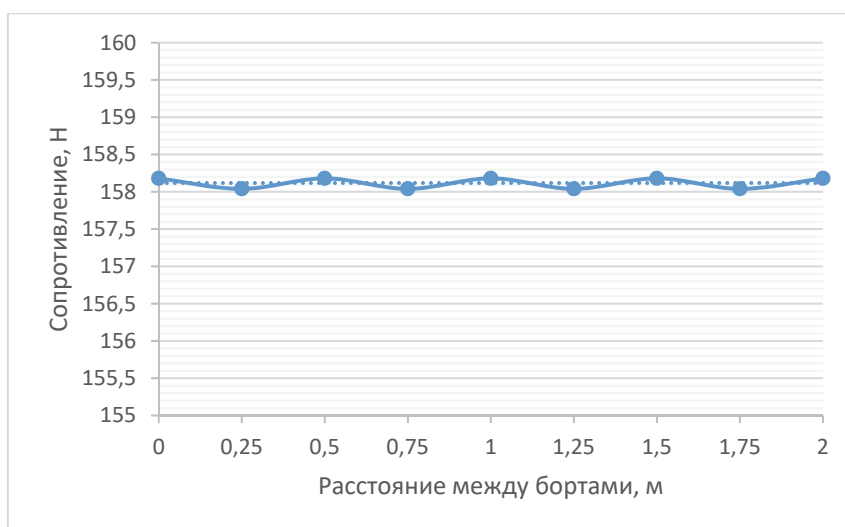


Рисунок 4 – График зависимости сопротивления от расстояния между бортами

В данном исследовании создали модель лодки Wyatboat -430 из стеклопластика, над которой проводились испытания в опытном бассейне ФГБОУ ВО «КГТУ». Опытный бассейн ФГБОУ ВО «КГТУ» предназначен для проведения физических моделей судов с целью определения их гидродинамических характеристик на тихой воде, а также на волнении как регулярном, так и нерегулярном. Длина бассейна составляет 30 м, а максимальная скорость, которая развивает тележка, составляет 3 м/с. Опытный бассейн представлен на рис. 5.



Рисунок 5 – Опытный бассейн

По теории мультифизического подобия [5] рассчитаны масштабы подобия моторной лодки Wyatboat -430. Масштабы подобия приводятся в табл. 3.

Таблица 3 – Масштабы подобия моторной лодки Wyatboat-430

| Масштаб геометрических характеристик C_l | Масштаб массы C_m | Масштаб плотности воды C_p |
|---|------------------------|---------------------------------|
| 0,15 | 0,0034 | 1,0 |

Характеристики модели моторной лодки Wyatboat-430 приводятся в табл. 4. Модель моторной лодки Wyatboat-430 представлена на рис. 6.

Таблица 4 – Характеристики модели моторной лодки Wyatboat-430

| Длина, м | Ширина, м | Высота, м |
|----------|-----------|-----------|
| 0,645 | 0,24 | 0,097 |



Рисунок 6 – Модель моторной лодки Wyatboat-430

Проведены опыты по исследованию гидродинамических характеристик модели лодки Wyatboat-430. Эксперименты обоснованы с учетом методики проведения опытов с корпусами моделей судов [5]. Результаты испытаний представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний модели моторной лодки Wyatboat-430

| № | Скорость, м/с | Сопротивление, Н | | |
|---|---------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| | | Расстояние бортов 0 мм | Расстояние бортов 75 мм | Расстояние бортов 150 мм |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0,994 | 0,209 | 0,197 | 0,191 |
| 3 | 1,517 | 0,629 | 0,538 | 0,511 |
| 4 | 2,041 | 0,647 | 0,586 | 0,584 |
| 5 | 2,512 | 0,732 | 0,692 | 0,687 |

График проведенных испытаний модели моторной лодки Wyatboat- 430 приводится на рис. 7.

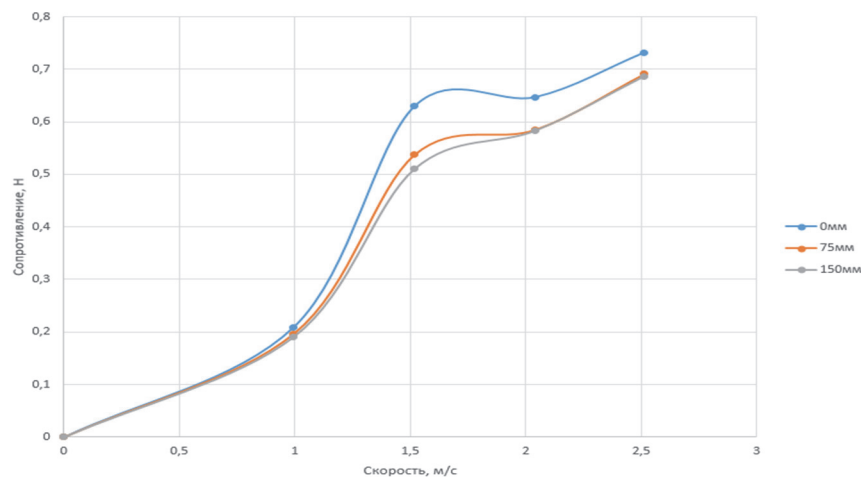


Рисунок 7 – График проведенных испытаний моделью моторной лодки Wyatboat-430

В ходе проведения имитационного и экспериментального исследований гидродинамики моторной лодки Wyatboat получены следующие результаты:

1. Имитационное исследование показало, что влияние расстояний между бортами не оказывает заметного влияния на мореходные характеристики.

2. Экспериментальное исследование показало, что сопротивление при варианте борт в борт не самые благоприятные для катамарана. Разница между вторым вариантов и третьим вариантом не значительны.

Если сравнивать показатели двух исследований, то получается слишком большая разница в показаниях. Но, как было сказано выше, имитационное моделирование показывает приблизительные показания сопротивления. Это необходимо, чтобы примерно представлять, какие сопротивления будут возникать у данного объекта.

А экспериментальное исследование показало точные показатели сопротивления.

Исследование выполнено в рамках выполнения государственного задания по теме «Разработка физических, математических и предсказательных моделей процессов эксплуатации донного и разноглубинного траловых комплексов».

Библиографический список

1. Денисов Л.И. Рыболовство на водохранилищах. М.: Пищ. пром-сть, 1978. 288 с.
2. Исаев А.И., Карпова Е.И. Рыбное хозяйство водохранилищ: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ВО «Агропромиздат», 1989. 255 с.
3. Северов Ю.А., Сайфуллин Р.Р. Техника и орудия сбора ихтиологического материала во внутренних водоемах: методическое пособие. Казань: КФУ, 2015. 40 с.
4. Самбаев Н.С. Промысловое состояние на Шардаринском водохранилище и применяемые орудия лова // Каспий и глобальные вызовы: материалы Междунар.науч.-практ. конф. Секция 5: Приоритетные направления развития аквакультуры в Прикаспии. Астрахань, 2022. С. 568–574.
5. Радциг А.Н. Экспериментальная гидроаэромеханика. М.: Изд-во МАИ, 2004. 296 с.

Секция 2. ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И ЭКОЛОГИЯ

УДК 591.23

Valeriy P. Belyaev

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: vbelyaev01@gmail.com

Konstantin S. Vainutis

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (NSCMB FEB RAS), Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: vainutisk@gmail.com

Generalization of data on biology of the parasitic nematode *Rhabdochona coronocauda* – the causative agent of rhabdochoniasis of fish genus *Chanodichthys* in Khanka Lake

Abstract. In total, 14 individuals of three *Chanodichthys* species were examined for helminth infestations: *Chanodichthys erythropterus*, humpback *C. dabryi* and Mongolian rudd *C. mongolicus*. Fish was caught in Khanka Lake near the Continental Research Station of TINRO near the village of Kamen-Rybolov in mid-December 2022. Infection of all three species with the intestinal nematode *Rhabdochona coronocauda* was detected, its morphometry was also investigated and genetic data for this parasite was obtained for the first time.

Keywords: *Rhabdochona coronocauda*, rhabdochoniasis, phylogeny, Khanka Lake, *Chanodichthys*

Валерий Павлович Беляев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, Россия, Владивосток, e-mail: vbelyaev01@gmail.com

Константин Сергеевич Вайнутис

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУН «НИЦМБ ДВО РАН»), Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: vainutisk@gmail.com

Обобщение сведений по биологии паразитической нематоды *Rhabdochona coronocauda* – возбудителя рабдохоза верхоглядов озера Ханка

Аннотация. В 2023 г. на предмет гельминтных инвазий были исследованы 14 особей верхоглядов следующих видов: верхогляд *Chanodichthys erythropterus*, ханкайская горбушка *C. dabryi* и монгольский краснопёр *C. mongolicus*, объекты были отловлены в озере Ханка на территории континентальной НИС ТИНРО близ села Камень-Рыболов в середине декабря 2022 г. Выявлено заражение всех трёх видов кишечной нематодой *Rhabdochona coronocauda*, также была исследована его морфометрия и впервые получены генетические данные для этого паразита.

Ключевые слова: *Rhabdochona coronocauda*, рабдохоз, филогения, озеро Ханка, *Chanodichthys*

Vainutis et al. [1] presented the novel data on the morphometrics and morphology of *Rhabdochona coronocauda* infecting three species of the genus *Chanodichthys* during the winter period of 2022. Specifically the species: *Chanodichthys erythropterus*, *C. dabryi*, and *C. mongolicus*. Ichthyological material (Table 1) for the study was caught in the territory of the Continental Research Station of TINRO near the village Kamen'-Rybolov (Fig. 1) and kindly provided by lead researcher of TINRO M.E. Shapovalov.



Figure 1 – A schematic map of Khanka Lake with the locality where the ichthyological material was collected, marked with triangle

Table 1 – Information on the definitive fish hosts and number of helminths isolated

| Species of fish | Date | Length of body, cm | Num. of fishes | Infected fish | Num. of parasites |
|------------------------------------|---------------|--------------------|----------------|---------------|-------------------|
| <i>Chanodichthys erythropterus</i> | December 2022 | 33–39 | 6 | 3 | 14 |
| <i>Chanodichthys mongolicus</i> | | 32–39 | 4 | 2 | 14 |
| <i>Chanodichthys dabryi</i> | | 33,5–37 | 4 | 3 | 34 |

Upon dissecting the gastrointestinal tracts (GIT) of all three species of *Chanodichthys*, undigested chitinous remains of certain species of crustaceans and insects were found. According to literature data, insects of the caddisfly order Trichoptera (*Hydropsyche*) [3, 4] and the mayfly order Ephemeroptera (*Caenis*, *Ecdyonurus*, *Ephemera*, *Ephemerella*, *Heptagenia*) [2] serve as intermediate hosts for the representatives of the genus *Rhabdochona*. As the air temperature in Primorsky Krai in December drops to 0°C, by this time insects perish, usually in October. In that case we can suppose that fish is infected with larvae in autumn by eating insects containing *Rhabdochona*. Rhabdochonids develop to mature worms by December because of filling of the uterus with eggs with fully developed larva inside. In addition to this suggestion, we can add the fact of collecting 65 rhabdochonids in one fish *C. erythropterus* (unpublished data) in summer in period of high activity of insects.

Morphological description of *Rhabdochona coronocauda* (Fig. 2)

Based on 14 mature individuals (three males and 11 females). Small nematodes with finely cross-striated cuticle. Body length 7.115–7.92 mm (males); 9.267–11.503 mm (females). Body width 0.089–0.115 mm (males); 0.098–0.178 mm (females). Narrow lateral alae extending approximately from level of anterior margin of muscular esophagus to level of cloacal opening in females and to phasmids in males. Mouth oval, with four small submedian sublabia surrounded by four

submedian cephalic papillae and pair of lateral amphids. Buccal capsule small, funnel-shaped, with widely separated basal ridges formed by chitinous bars. There are six anterior teeth: one dorsal, one ventral, and four lateral (two on each side). Pharynx relatively long. Deirids small, simple, unbranched, located near middle of vestibule or posterior to it. Number of phasmids in males: seven pre-cloacal and six post-cloacal pairs. In females, uterus extensively filled with numerous eggs 0.026–0.033 mm long and 0.017–0.019 mm wide.

Remarks. The morphology of the observed worms is completely consistent with that of the species *Rhabdochona coronocauda*, as described by Moravec et al. [6], especially by next signs: the presence of cuticular wings at the anterior end of the body, an oval hexagonal mouth with rounded corners, the number of teeth, the presence of deirid – cervical papillae, the number of papillae at the caudal end in males. Morphologically similar species – *Rh. denudata* and *Rh. longispicula*. *Rhabdochona coronocauda* have six teeth, small simple deirids, tail of females carries crown-like cuticular outgrowths at the end, males have seven preanal and five postanal papillae. *Rh. denudata* have 14 teeth, medium-sized bifurcated deirids, tail of both sexes is conical, with sharp cuticular spike at tip. Males have 11 preanal and six postanal papillae. *Rh. longispicula* have 14 teeth, same sized and shaped deirids, tail of both sexes also conical with sharp cuticular spike at tip, males have eight preanal and six postanal papillae [6].

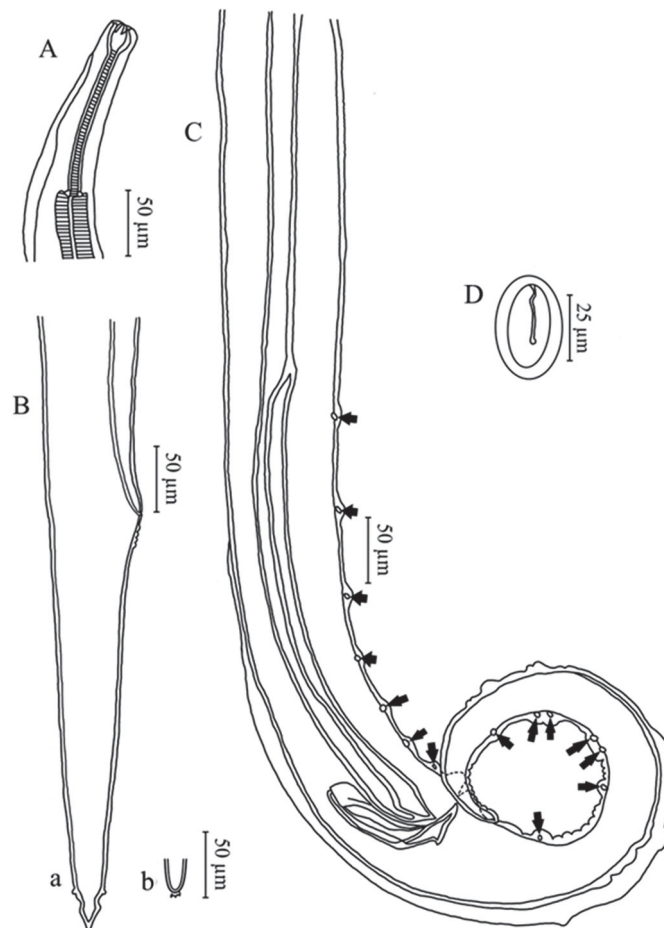


Figure 2 – Distinctive features of *Rhabdochona coronocauda*. A – Cephalic region; B – Caudal region of a female; C – Caudal region of a male, with arrows indicating papillae, a – lateral view, b – ventral view; D – Egg containing developing larva

Also Vainutis et al. [1] investigated the infestation rates of fish with *Rh. coronocauda* which were as follows: average intensity of infestation was four worms per individual of *Chanodichthys erythropterus*, seven worms per individual of *C. mongolicus*, and 11 worms per individual of *C. dabryi*. Regarding the prevalence of infestation, it was 50% for *Chanodichthys erythropterus* and *C. mongolicus* and 75% for *C. dabryi* (Table 2).

Table 2 – Infestation rates of three *Chanodichthys* species infected with the nematode *Rhabdochona coronacauda* in mid-december 2022 in Khanka Lake

| Species of host | The total number of worms | PI ¹ | II ² , min/max | AII ³ | AI ⁴ |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| <i>C. erythropterus</i> | 14 | 50% | 3/6 | ~4,67 | ~2,33 |
| <i>C. dabryi</i> | 34 | 75% | 2/29 | ~11,33 | 8,5 |
| <i>C. mongolicus</i> | 14 | 50% | 4/10 | 7 | 3,5 |

1 – prevalence of infestation; 2 – intensity of infestation; 3 – average intensity of infestation; 4 – abundance index

Additionally, Belyaev and Vainutis [7] presented the first molecular data for species *Rh. coronacauda*: three complete nucleotide sequences of the 18S ribosomal RNA gene, each 1752 bp in length, were obtained. Using Bayesian inference method, a phylogenetic tree was reconstructed for 17 species of the family Rhabdochonidae based on a 1659 bp fragment of the 18S gene (Fig. 3). The Khanka species, *Rh. coronacauda*, occupied an independent position in relation to 16 species uploaded from the GenBank database, and occupied a terminal branch on the phylogenetic tree.

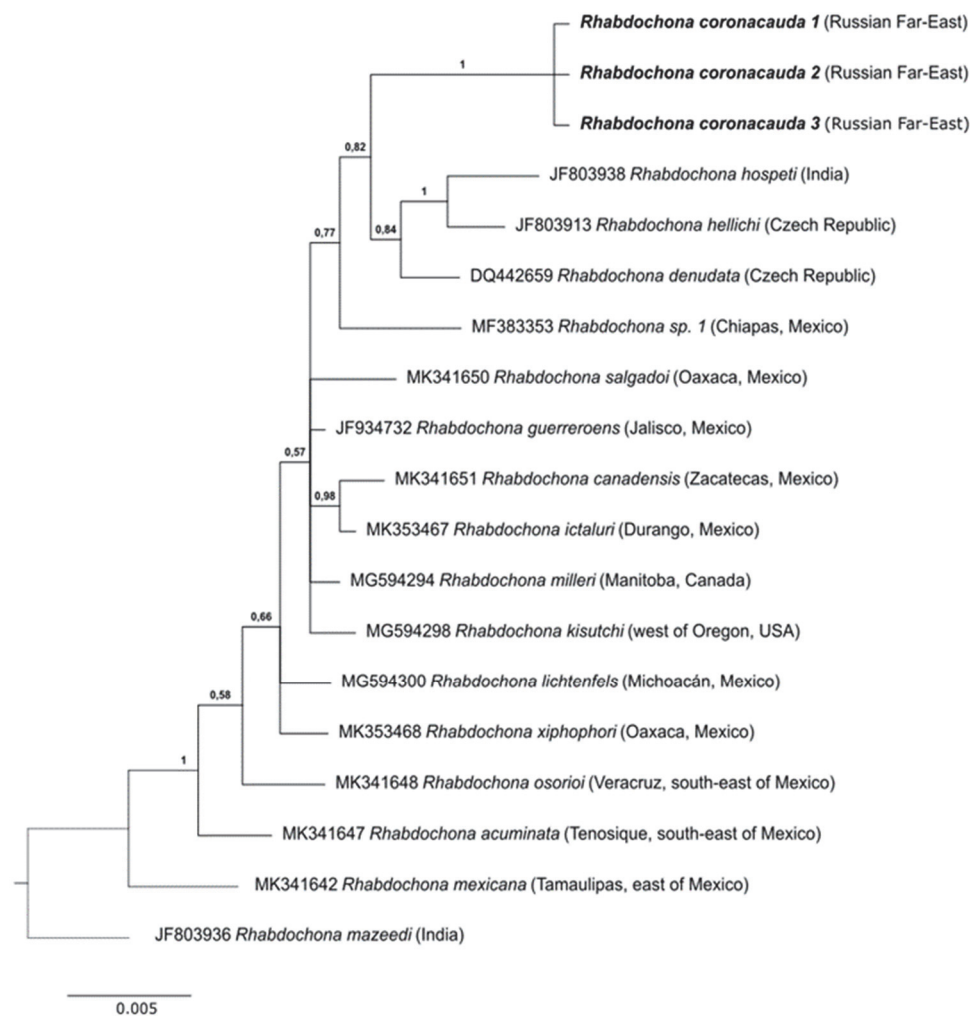


Figure 3 – Phylogenetic Bayesian tree reconstructed for the representatives of the genus *Rhabdochona* based on the fragment of the 18S rRNA gene. Numbers on branches represent posterior probability values

Analysis of genetic p-distances (Table 3) showed that *Rh. coronacauda* differs from other rhabdochonid species at a level acceptable for interspecies differentiation in nematodes based on the 18S rRNA gene, which is 0.79–3.17%. This, in turn, serves as evidence of its recent divergence from other members of the genus *Rhabdochona* and confirms its classification as the previously described species *Rh. coronacauda*.

Table 3 – Genetic p-distances between *Rh. coronacauda* and other representatives of the genus *Rhabdochona* estimated based on the fragment of the 18S rRNA gene

| Nº | GenBank Accession No., species | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|----|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | <i>Rh. coronacauda</i> 1 | | 0,0028 | 0,0026 | 0,0024 | 0,0025 | 0,0023 | 0,0025 | 0,0025 | 0,0023 | 0,0025 | 0,0024 | 0,0041 | 0,0027 | 0,0027 | 0,0026 | 0,0034 | 0,0027 |
| 2 | MK341648 <i>Rh. osorioi</i> | 1,264 | | 0,0022 | 0,0019 | 0,0019 | 0,0016 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0039 | 0,0020 | 0,0019 | 0,0017 | 0,0027 | 0,0022 |
| 3 | JF803938 <i>Rh. hospeti</i> | 1,138 | 0,822 | | 0,0018 | 0,0021 | 0,0018 | 0,0022 | 0,0021 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0019 | 0,0040 | 0,0022 | 0,0022 | 0,0021 | 0,0029 | 0,0021 |
| 4 | JF803913 <i>Rh. hellichi</i> | 0,885 | 0,632 | 0,506 | | 0,0017 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0018 | 0,0014 | 0,0017 | 0,0015 | 0,0039 | 0,0019 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0028 | 0,0023 |
| 5 | MG594298 <i>Rh. kisutchi</i> | 0,948 | 0,569 | 0,695 | 0,442 | | 0,0009 | 0,0014 | 0,0014 | 0,0009 | 0,0018 | 0,0011 | 0,0039 | 0,0017 | 0,0019 | 0,0019 | 0,0026 | 0,0020 |
| 6 | MG594294 <i>Rh. milleri</i> | 0,822 | 0,442 | 0,569 | 0,316 | 0,126 | | 0,0011 | 0,0011 | 0,0000 | 0,0015 | 0,0006 | 0,0038 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0025 | 0,0018 |
| 7 | MK353466 <i>Rh. canadensis</i> | 1,011 | 0,631 | 0,759 | 0,506 | 0,316 | 0,189 | | 0,0016 | 0,0011 | 0,0019 | 0,0009 | 0,0040 | 0,0018 | 0,0022 | 0,0021 | 0,0028 | 0,0019 |
| 8 | MK353468 <i>Rh. xiphophori</i> | 1,011 | 0,505 | 0,759 | 0,506 | 0,316 | 0,189 | 0,379 | | 0,0011 | 0,0016 | 0,0012 | 0,0039 | 0,0016 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0026 | 0,0021 |
| 9 | JF934732 <i>Rh. guerrerensis</i> | 0,822 | 0,442 | 0,569 | 0,316 | 0,126 | 0,000 | 0,189 | 0,189 | | 0,0015 | 0,0006 | 0,0038 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0016 | 0,0025 | 0,0018 |
| 10 | DQ442659 <i>Rh. denudata</i> | 0,948 | 0,569 | 0,569 | 0,442 | 0,506 | 0,379 | 0,569 | 0,442 | 0,379 | | 0,0016 | 0,0039 | 0,0019 | 0,0017 | 0,0016 | 0,0027 | 0,0022 |
| 11 | MK353467 <i>Rh. ictaluri</i> | 0,885 | 0,505 | 0,632 | 0,379 | 0,190 | 0,063 | 0,126 | 0,252 | 0,063 | 0,442 | | 0,0039 | 0,0015 | 0,0019 | 0,0018 | 0,0027 | 0,0019 |
| 12 | JF803936 <i>Rh. mazedii</i> | 2,785 | 2,532 | 2,658 | 2,468 | 2,405 | 2,342 | 2,532 | 2,405 | 2,342 | 2,405 | 2,404 | | 0,0039 | 0,0038 | 0,0038 | 0,0039 | 0,0039 |
| 13 | MK341650 <i>Rh. salgadoi</i> | 1,138 | 0,695 | 0,822 | 0,569 | 0,442 | 0,316 | 0,505 | 0,442 | 0,316 | 0,632 | 0,379 | 2,405 | | 0,0022 | 0,0021 | 0,0026 | 0,0023 |
| 14 | MK341647 <i>Rh. acuminata</i> | 1,201 | 0,569 | 0,822 | 0,569 | 0,632 | 0,506 | 0,695 | 0,569 | 0,506 | 0,506 | 0,569 | 2,405 | 0,759 | | 0,0007 | 0,0026 | 0,0024 |
| 15 | MH754716 <i>Rh. lichtenfelsi</i> | 1,138 | 0,506 | 0,759 | 0,506 | 0,569 | 0,442 | 0,632 | 0,506 | 0,442 | 0,442 | 0,506 | 2,342 | 0,695 | 0,063 | | 0,0025 | 0,0024 |
| 16 | MK341645 <i>Rh. mexicana</i> | 1,770 | 1,072 | 1,327 | 1,201 | 1,075 | 0,947 | 1,136 | 1,009 | 0,947 | 1,138 | 1,072 | 2,465 | 1,074 | 1,011 | 0,948 | | 0,0029 |
| 17 | MF383353 <i>Rhabdochona</i> sp. 1 | 1,201 | 0,821 | 0,759 | 0,822 | 0,632 | 0,505 | 0,568 | 0,694 | 0,505 | 0,759 | 0,568 | 2,722 | 0,821 | 1,011 | 0,948 | 1,389 | |

It's worth noting that according to the World Register of Marine Species (WoRMS) database, the genus *Rhabdochona* includes 86 valid species and 20 with unconfirmed status. To the date taxonomic status was confirmed for 16 valid species based on the genetic data [8-12], and according to the results of the present study for Khanka species *Rh. coronacauda*. In further studies, genetic data would be obtained for *Rh. longispicula*, which also inhabits Khanka Lake.

References

1. Вайнутис К.С., Беляев В.П., Андреев М.Е., Воронова А.Н. Рабдохноз трёх видов верхогляда *Chanodichthys* (Actinopterygii: Cyprinidae) в условиях оз. Ханка в раннезимний период. XIV Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование», 21–22 марта 2023 года, Петропавловск-Камчатский, Россия.
2. Moravec F. Some aspects of the taxonomy, biology, possible evolution and biogeography of nematodes of the spirurine genus *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Rhabdochonidae, Thelazioidea). Acta Parasitologica. 2010. 55(2). p. 144–160. <https://doi.org/10.2478/s11686-010-0017-3>.
3. Штейн Г.А. К вопросу о жизненном цикле и условиях обитания нематоды *Rhabdochona denudata* (Dujardin, 1845). Докл. АН СССР. 1959. Т. 127, № 6. С. 1320–1321.
4. Moravec F. Trichopteran larvae (Insecta) as the intermediate hosts of *Rhabdochona hellichi* (Nematoda: Rhabdochonidae), a parasite of *Barbus barbus* (Pisces). Parasitology Research. 1995. 81. P. 268–270. DOI: 10.1007/BF00937122.
5. Saraiva A.M., Pereira A., Cruz C. Observations on the occurrence and maturation of *Rhabdochona anguillae* (Nematoda: Rhabdochonidae) in the Sousa River, Portugal. Helminthologia. 2002. 39. P. 41–43.
6. Moravec, F., Ermolenko, A.V., Besprozvannykh, V.V., & Scholz, T. New data on the morphology of some Far-Eastern species of *Rhabdochona* (Nematoda: Rhabdochonidae), as revealed by SEM observations. Folia parasitologica. 2012. 59(3). P. 195–208. <https://doi.org/10.14411/fp.2012.027>.
7. Беляев В.П., Вайнутис К.С. Филогенетические связи нематоды *Rhabdochona coronacauda* (Rhabditida: Thelazioidea) – кишечного паразита верхоглядов рода *Chanodichthys* озера Ханка. Всероссийская конференция памяти академика Владимира Леонидовича Касьянова «Морская биология в 21 веке: биология развития, молекулярная и клеточная биология, биотехнология морских организмов», 12–15 сентября 2023 года, Владивосток, Россия.
8. Wijová, M., Moravec, F., Horák, A., & Lukes, J. Evolutionary relationships of Spirurina (Nematoda: Chromadorea: Rhabditida) with special emphasis on dracunculoid nematodes inferred from SSU rRNA gene sequences. International journal for parasitology. 2006. 36(9). P. 1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2006.04.005>
9. Mwita, C.J., & Nkwengulila, G. Phylogenetic relationships of the metazoan parasites of the clariid fishes of Lake Victoria inferred from partial 18S rDNA sequences. Tanzania Journal of Science. 2010. 36. P. 47–58.
10. Laetsch, D. R., Heitlinger, E. G., Taraschewski, H., Nadler, S. A., & Blaxter, M. L. The phylogenetics of Anguillicolidae (Nematoda: Anguilliculoidea), swimbladder parasites of eels. BMC evolutionary biology. 2012. 12. P. 60. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-12-60>.
11. Choudhury, A., Nadler, S.A. Phylogenetic Relationships of Spiruromorph Nematodes (Spirurina: Spiruromorpha) In North American Freshwater Fishes. Journal of Parasitology. 2018. 104(5). P. 496–504. <https://doi.org/10.1645/17-195>.
12. Santacruz, A., Ornelas-García, C., & Pérez-Ponce de León, G. Diversity of *Rhabdochona mexicana* (Nematoda: Rhabdochonidae), a parasite of *Astyanax* spp. (Characidae) in Mexico and Guatemala, using mitochondrial and nuclear genes, with the description of a new species. Journal of Helminthology. 2020. E34. P. 94. <https://doi.org/10.1017/S0022149X19000014>.

Konstantin S. Vainutis

Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: vainutisk@gmail.com

Anastasia N. Voronova

Pacific Branch of VNIRO («TINRO»), PhD, Lead Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: avoronova92@gmail.com

First sequencing data on spiny-headed worms of the species *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* (Acanthocephala: Leptorhynchoididae) isolated from the intestine of *Hemiculter lucidus* from Primorsky Krai

Abstract. Using the method of complete parasitological dissection, we examined eight individuals of the Ussuri sharpbelly *Hemiculter lucidus*, caught in the Sokolovka River, which flows into the Sokolovskaya Bay of the Sea of Japan, near the Preobrazhenie town. We isolated 20 mature acanthocephalans of the genus *Pseudorhadinorhynchus*, family Leptorhynchoididae, from the intestine. Preliminary morphological analysis established the species belonging to *P. samegaiensis* Nakajima et Egusa, 1975. The first genetic data for this species were obtained and its phylogenetic relationships with other genera of the family Leptorhynchoididae were revealed.

Keywords: *Pseudorhadinorhynchus*, Acanthocephala, Russian Far East, phylogeny, 28S rRNA gene

Константин Сергеевич Вайнутис

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУН «НИЦМБ ДВО РАН»), Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: vainutisk@gmail.com

Анастасия Николаевна Воронова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: avoronova92@gmail.com

Первые генетические данные скребней вида *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* (Acanthocephala: Leptorhynchoididae), извлечённых из кишечника востробрюшки *Hemiculter lucidus* из Приморского края

Аннотация. Методом полного паразитологического вскрытия обследовано восемь особей уссурийской востробрюшки *Hemiculter lucidus*, выловленной в реке Соколовка, впадающей в Соколовскую бухту Японского моря, близ пгт. Преображение. В кишечнике обнаружены 20 половозрелых скребней рода *Pseudorhadinorhynchus*, семейства Leptorhynchoididae. Предварительный морфологический анализ позволил установить принадлежность к виду *P. samegaiensis* Nakajima et Egusa, 1975. Получены первые генетические данные для этого вида и установлены его филогенетические связи с другими родами семейства Leptorhynchoididae.

Ключевые слова: *Pseudorhadinorhynchus*, Acanthocephala, Дальний Восток России, филогения, ген 28S рРНК

Introduction

Pseudorhadinorhynchus Akhmerov & Dombrovskaja-Akhmerova, 1941 is a genus of intestinal spiny-headed worms from the former family Illiosentidae accepted as a junior synonym of the family Leptorhynchoididae according to Kita et al. [1]. Originally *Pseudorhadinorhynchus* included three species from cyprinids of the Amur River basin: *P. leuciscus* (Krotov et Petrotschenko, 1956), *P. pseudaspisii* Akhmerov & Dombrovskaja-Akhmerova, 1941, and *P. markewitschi* Akhmerov & Dombrovskaja-Akhmerova, 1941 (presented in the Keys of Bauer [2]). Two species *P. leuciscus* and *P. samegaiensis* were recorded in the rivers of Primorsky Krai by Motora [3]. The worms discovered in our work are morphologically closer to the species *P. samegaiensis*. The latter was described from the intestine of rainbow trout in Samegai, Shiga Prefecture, Japan by Nakajima and Egusa [4]. Among the latest observations of Motora [3], we can highlight that from Kievka Bay, which is located closer to Sokolovskaya Bay where our parasitological material was discovered.

Genetic data for species of the genus *Pseudorhadinorhynchus* are not available in GenBank, and the question of taxonomic position in the family Leptorhynchoididae remains open. Thus, the aim of this study was to obtain genetic data for *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* from the Sokolovka River with the reconstruction of phylogenetic relationships with other genera of the family Leptorhynchoididae.

Material and methods

Morphological analyses

During field surveys eight individuals of *Hemiculter lucidus* were caught in the Sokolovka River in an area 1.5 km from the mouth of the river (Sokolovskaya Bay, the Sea of Japan) in the Primorsky region of the Russian Far East. Intestine of examined fish was infected with 20 spiny-headed worms. Specimens used for morphological examination (six worms) were washed in fresh water, overstained in alum carmine and destained in a solution of 1% hydrochloric acid. Specimens were then dehydrated in a graded ethanol series, cleared in clove oil and mounted in Canada balsam. Identification was based on the keys of Bauer [2] and study of Nakajima and Egusa [4].

DNA extraction, amplification and sequencing

Genomic DNA was extracted from six samples using the alkaline lysis method HotShot [5]. The partial 28S rRNA gene was amplified using three overlapping PCR fragments: amplicon 1 – forward 5'-CAAGTACCGTGAGGGAAAGTTGC and reverse 5'-CAGCTATCCTGAGGGAAAC; amplicon 2 – forward 5'-ACCCGAAAGATGGTGAAGTATG and reverse 5'-CTTCTCCAAC(T/G)TCAGTCTTCAA; amplicon 3 – forward 5'-CTAAGGAGTGTGTAACAACCTACC and reverse 5'-AATGACGAGGCATTTGGCTACCTT developed by García-Varela and Nadler [6]. Amplicons were analysed on the ABI PRISM 3130 Genetic Analyzer at the FSC of Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia.

Alignment and phylogenetic analyses

Nucleotide sequences were assembled and aligned using MEGA X with default options [7]. The phylogenetic analyses included 14 species of two classes: 13 species of Palaeacanthocephala and one species (rootgroup taxon) of Eoacanthocephala: Genetic divergence was estimated using genetic p-distances, which were calculated by including all substitution types and considering gamma distribution and invariable sites in MEGA X. Phylogenetic analyses were carried out using Bayesian inference (BI) algorithm in MrBayes v. 3.1.2 software [8] with the GTR+I+G model [chosen using the Bayesian information criteria (BIC)] including gamma and invariant sites selected in jModeltest v. 2.1.5 [9]. The MCMC algorithm was performed using 500,000 generations and two independent runs (average standard deviation of split frequencies was less than 0.01), 25 % of generations were discarded as burn-in in MrBayes v. 3.1.2 software [8].

Outgroup taxa for the 28S rRNA reconstructions included species representing two orders of the class Palaeacanthocephala: Echinorhynchida – family Echinorhynchidae (*Echinorhynchus truttae*, AY829097) and family Rhadinorhynchidae (*Rhadinorhynchus* sp., AY829099); order Polymorphida – family Polymorphidae (*Polymorphus brevis*, AY829105) and family Plagiorhynchidae (*Plagiorhynchus cylindraceus*, AY829102; *P. transversus*, MN057698). The phylogenetic tree was rooted with the species *Floridosentis mugilis* (AY829111) – family Neoechinorhynchidae, order Neoechinorhynchida, class Eoacanthocephala.

Results

Phylum Acanthocephala Rudolphi, 1808

Class Palaeacanthocephala Meyer, 1931

Order Echinorhynchida Southwell & Macfie, 1925

Family Leptorhynchoididae Witenberg, 1932

Type genus *Leptorhynchoides* Kostylev, 1924.

Genus *Pseudorhadinorhynchus* Akhmerov & Dombrovskaja-Akhmerova, 1941

Pseudorhadinorhynchus samegaiensis Nakajima, Egusa, 1975 (Fig. 1)

Type host: Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (= *Salmo gairdnerii irideus* Gibbons, 1855).

Type locality: Samegai, Shiga Prefecture, Japan.

New host recorded: The Ussuri sharpbelly *Hemiculter lucidus* (Dybowski, 1872)

Localization: intestine.

New locality: Sokolovka River, Sokolovskaya bay, Preobrazheniye town, Primorsky region, Russia (42°54'32.8"N 133°54'09.3"E).

Description (based on three males and three females).

Body elongated, cylindrical, spinose, widened at middle and tapering at anterior and posterior ends. Anterior trunk covered with stout spines more extensive ventrally than dorsally. Males smaller than females. Proboscis elongated, cylindrical, covered with hooks of varying size, arranged in 14 rows. Hooks decrease in size gradually towards posterior end of proboscis. Caudal region short, proboscis receptacle claviform. Lemnisci long, cylindrical, unequal extending to posterior margin of proboscis receptacle.

Molecular genetic analyses

28S rRNA gene

Six partial sequences of 28S rDNA of *Pseudorhadinorhynchus* sp. had length of 2186 bp. Intraspecific genetic variability was 0 % between each of the sequences of *Pseudorhadinorhynchus* sp. Phylogenetic tree reconstructed with Bayesian Inference was subdivided into three main clades. First clade represented outgroup species *Floridosentis mugilis* from the acanthocephalan class Eoacanthocephala. Second and third clades were formed of the families from the class Palaeacanthocephala. Third clade contained eight species of seven genera of the family Leptorhynchoididae: *Leptorhynchoides*, *Pseudoleptorhynchoides*, *Koronacantha*, *Dollfusentis*, *Tegorhynchus*, *Metacanthocephalus*, *Pseudorhadinorhynchus*. The genus *Pseudorhadinorhynchus* had terminal position in the phylogenetic tree and was sister in relation to the genus *Tegorhynchus*. Inter-generic distances within the family Leptorhynchoididae varied in the range of 2.15 % – 12.73 %

Intergeneric genetic distances estimated between seven genera of the family Leptorhynchoidae based on the fragment of the 28S rRNA gene (2270 bp): *Leptorhynchoides*, *Pseudoleptorhynchoides*, *Koronacantha*, *Dollfusentis*, *Tegorhynchus*, *Metacanthocephalus*, *Pseudorhadimorhynchus*

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 Pr1 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 2 Pr2 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | 0 | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 3 Pr3 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | 0 | 0 | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 4 Pr4 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | 0 | 0 | 0 | | 0,0000 | 0,0000 | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 5 Pr5 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0,0000 | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 6 Pr6 <i>Pseudorhadimorhynchus</i> cf. <i>samegatensis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0,0034 | 0,0037 | 0,0032 | 0,0069 | 0,0067 | 0,0069 | 0,0066 |
| 7 LC730867 <i>Metacanthocephalus ovicephalus</i> | 2,525 | 2,525 | 2,525 | 2,525 | 2,525 | 2,525 | | 0,0043 | 0,0038 | 0,0071 | 0,0068 | 0,0069 | 0,0065 |
| 8 AY829092 <i>Tegorhynchus</i> sp. | 2,943 | 2,943 | 2,943 | 2,943 | 2,943 | 2,943 | 4,019 | | 0,0042 | 0,0072 | 0,0070 | 0,0071 | 0,0068 |
| 9 MK282754 <i>Dollfusentis bravoae</i> | 2,149 | 2,149 | 2,149 | 2,149 | 2,149 | 2,149 | 3,318 | 3,780 | | 0,0072 | 0,0071 | 0,0069 | 0,0067 |
| 10 AY829094 <i>Koronacantha pectinaria</i> | 12,354 | 12,354 | 12,354 | 12,354 | 12,354 | 12,354 | 12,734 | 13,371 | 12,669 | | 0,0036 | 0,0069 | 0,0064 |
| 11 AY829095 <i>Koronacantha mexicana</i> EU090951 | 11,875 | 11,875 | 11,875 | 11,875 | 11,875 | 11,875 | 12,067 | 12,844 | 12,331 | 2,982 | | 0,0069 | 0,0065 |
| 12 <i>Pseudoleptorhynchoides lamothei</i> | 12,108 | 12,108 | 12,108 | 12,108 | 12,108 | 12,108 | 12,208 | 12,284 | 12,226 | 12,273 | 12,354 | | 0,0060 |
| 13 AY829093 <i>Leptorhynchoides thecatus</i> | 10,829 | 10,829 | 10,829 | 10,829 | 10,829 | 10,829 | 10,457 | 11,242 | 10,949 | 10,197 | 10,563 | 7,976 | |

References

1. Kita, Y., Hiruta, S.F., Sasaki, M., & Kajihara, H. (2023). Systematic position of the genus *Metacanthocephalus* Yamaguti, 1959 (Palaeacanthocephala: Echinorhynchida) inferred from molecular evidence, with a redescription of *Metacanthocephalus ovicephalus* (Zhukov, 1960) // Parasitology International. Vol. 94. 102731. <https://doi.org/10.1016/j.parint.2023.102731>.
2. Bauer, O.N. (1987). Key to parasites of freshwater fishes of the fauna of the USSR. Part III. Izdat. Nauka, Leningrad, 583 p. [In Russian].
3. Motora, Z.I. (2019). Acanthocephalans of fish from the northwestern Japan Sea // Izvestiya TINRO. Vol. 198, Is. 3. pp. 93–118. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-198-93-118> [In Russian].
4. Nakajima, K., & Egusa, S. (1975). *Pseudorhadinorhynchus samegaiensis* n. sp. (Acanthocephala), from cultured rainbow trout, *Salmo gairdnerii* in Japan // Fish Pathology. Vol. 10, Is. 1. pp. 58–68. <https://doi.org/10.3147/jsfp.10.58>
5. Truett, G. E. (2006). Preparation of genomic DNA from animal tissues. In: J. Kieleczawa (Ed.), The DNA book: protocols and procedures for the modern molecular biology laboratory (pp. 33–46). Jones and Bartlett Publisher, Sudbury.
6. García-Varela, M., & Nadler, S.A. (2005). Phylogenetic relationships of Palaeacanthocephala (Acanthocephala) inferred from SSU and LSU rDNA gene sequences // The Journal of Parasitology. Vol. 91, Is. 6. pp. 1401–1409. <https://doi.org/10.1645/ge-523r.1>.
7. Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms // Molecular biology and evolution. Vol. 35, Is. 6. pp. 1547–1549. <https://doi.org/10.1093/molbev/msy096>.
8. Huelsenbeck, J. P., Ronquist, F., Nielsen, R., & Bollback, J. P. (2001). Bayesian inference of phylogeny and its impact on evolutionary biology // Science. Vol. 294. pp. 2310–2314. <https://doi.org/10.1126/science.1065889>.
9. Darriba, D., Taboada, G. L., Doallo, R., & Posada, D. (2012). jModelTest 2: more models, new heuristics and parallel computing // Nature Methods. Vol. 9. 772. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2109>.

УДК 597.593.2+42

Diana S. Lysak

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's degree student, Russia, Vladivostok, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Huang Zshiyuan

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's degree student, Russia, Vladivostok, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Scientific adviser – Galina G. Kalinina, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

English advisor – Marina O. Pestova, Associate Professor

**Biological characteristics of black grenadier East Sakhalin subzone
of the Sea of Okhotsk in 2019, 2020**

Abstract. The size-mass, sex composition, degree of maturity of the gonads of Pacific grenadier were analyzed during trawl and longline fishing in East Sakhalin subzone of the Sea of Okhotsk 2019, 2020.

Keywords: Pacific grenadier, size composition, mass composition, sex composition, *Coryphaenoides acrolepis*, East Sakhalin

Диана Сергеевна Лысак

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистр 2-го курса, Россия, Владивосток, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Хуан Цзшиюань

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистр 2-го курса, Россия, Владивосток, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Научный руководитель – Галина Георгиевна Калинина, кандидат биологических наук, доцент

Консультант по английскому языку – Марина Олеговна Пестова, доцент

**Биологическая характеристика чёрного макруруса
Восточно-Сахалинской подзоны Охотского моря в 2019, 2020 гг.**

Аннотация. Проанализирован размерно-массовый, половой состав, степень зрелости гонад чёрного макруруса Восточно-Сахалинской подзоны Охотского моря при траловом и ярусном лове в 2019, 2020 гг.

Ключевые слова: чёрный макрурус, *Coryphaenoides acrolepis*, размерный состав, массовый состав, половой состав, восточный Сахалин

Black grenadier (*Coryphaenoides acrolepis*) – broad-boreal bathibental species inhabiting bottom horizons from 35 to 3700 m, more often 600–2500 m. May occur hover above depths of up to 9900 m [2]. Black grenadier is one of the four most numerous longtails of the boreal zone of the Pacific Ocean.

It distributed in the northern part of the Pacific Ocean from the southern regions of the Okhotsk Sea to Navarino underwater canyon. Large accumulations were found off the coast of

Kamchatka in the Okhotsk Sea and in the Pacific waters of the northern Kuril Islands [6]. Until recently, little was known about grenadiers in the East Sakhalin subzone. The change in situation was facilitated by the use of longline fishing in the fishery, allowing to cover scattered concentrations of grenadiers in contrast to trawl fishing. Data on maximum body length and weight vary. Top of the Head Studies (1967) and Matsui (1990) show 96 cm. According to the latest information, the maximum size of the composition is 104 cm, weight is 5 kg [2, 3, 7].

The purpose of the work is to study some features of the biology of the black grenadier East-Sakhalin subzone of the Okhotsk Sea in 2019, 2020. The work is based on materials obtained during monitoring studies within the framework of the thematic plan of FSUE "TINRO" on fishing trawl cruises, conducted in 2019–2020 (YMS "Vostok-1" and BMRT "Nikolai Chepik", respectively).

The main material was obtained from trawls, the catch from which was collected by employees of Federal State Budgetary Institution "TINRO-Center" and provided to the author. Fishing was carried out off the coast of East Sakhalin (Table 1).

Table 1 – Material used as the basis for the work

| Area | Species | Date | Depth range, m | Biological analyzes, sp. |
|-----------------------|-----------------|---------------------|----------------|--------------------------|
| East-Sakhalin subzone | Black grenadier | May–June 2019 | 600-1300 | 260 |
| | | August–October 2020 | 500-1200 | 250 |

Biological analysis of the research object included determination of: Smith size AC, cm; mass, g; gender; degree of gonad maturity. Length measurements were carried out with precision up to 0.1 cm, weight up to 1 g. Statistical data processing was performed using by using Microsoft Excel and Microsoft Word software.

The size composition of black grenadier from the 2019 longline catch was presented by specimen from 51 to 128 cm. Individuals with a body length from 71 to 90 cm accounted for 72% (Fig. 1). The average size of individuals was 83.4 ± 0.15 (Table 2).

Table 2 – Length of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2019

| Sex | X _{min} , cm | X _{max} , cm | $\bar{X} \pm m_x$, cm | n, sp. |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------|
| Male | 51 | 95 | $76,5 \pm 0,3$ | 84 |
| Female | 53 | 128 | $87 \pm 0,18$ | 176 |
| Male and Female | 51 | 128 | $83,4 \pm 0,15$ | 260 |

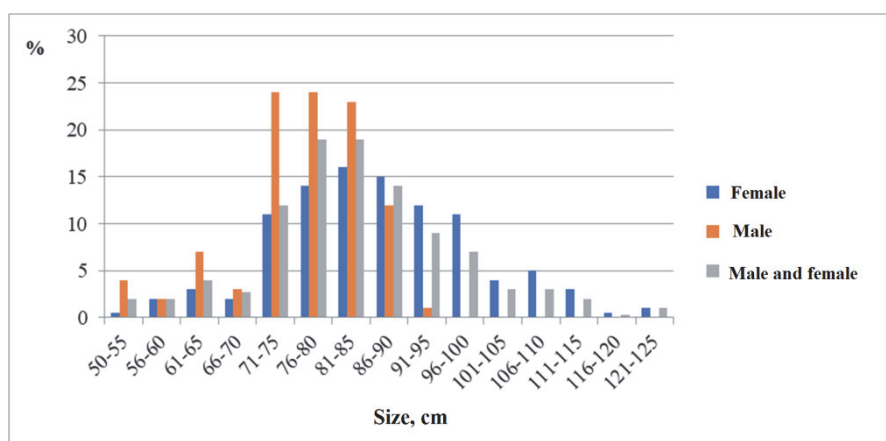


Figure 1 – Size composition of black grenadier from longline catches of the East Sakhalin subzone in 2019

The maximum size of black grenadier according to previous years is 104 cm, weight – 5 kg [2, 7]. The work involved an individual that exceeded these values – 11.9 kg. Either an error was made in the data or in the identification of the species (possibly with the small-eyed grenadier), or the black grenadier can reach such a size, given the lack of knowledge this type of fish.

The size composition of black grenadier from the 2020 bottom trawl catch was represented by species from 24 to 90 cm (Table 3). Individuals of the majority of grenadiers with a body length from 41 to 55 cm accounted for 67% (Fig. 2). The average size of individuals was 49 ± 0.11 cm.

Table 3 – Length of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2020

| Sex | X_{min} , cm | X_{max} , cm | $\bar{X} \pm m_x$ cm | n, sp. |
|-----------------|----------------|----------------|----------------------|--------|
| Male | 24 | 74 | $47 \pm 0,17$ | 98 |
| Female | 24 | 90 | $50 \pm 0,17$ | 152 |
| Male and Female | 24 | 90 | $49 \pm 0,11$ | 250 |

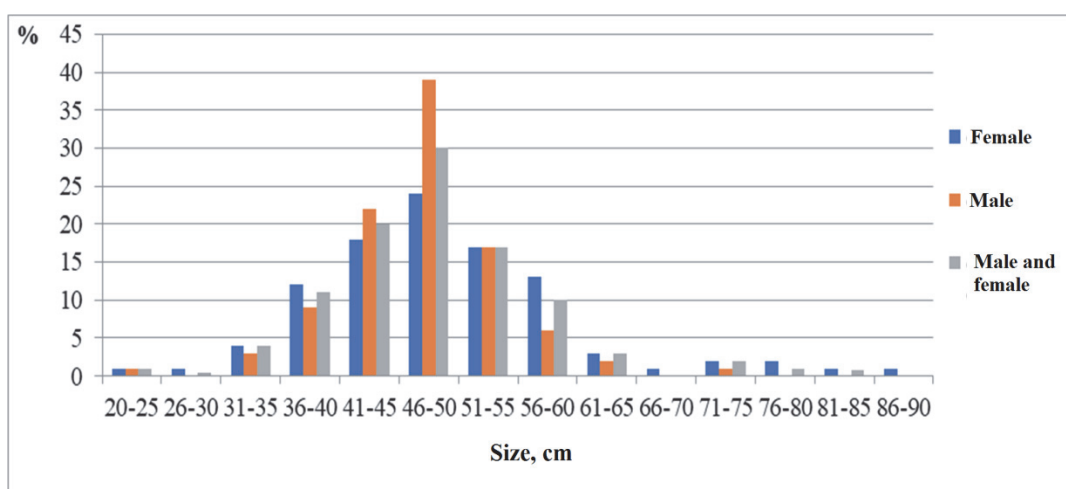


Figure 2 – Size composition of black grenadier from trawl catches of the East Sakhalin subzone in 2020

In Okhotsk Sea black grenadier is characterized by individuals of two modal groups measuring 36–50 and 58–78 cm [2, 4]. In longline catches, mainly individuals 71–90 cm were found, i.e. a little more than expected, when fishing with a bottom trawl – 41–55 cm. Also, the maximum length values in 2019 (128 cm) were higher than in 2020 (90 cm).

In 2020, there was a sharp decrease in the number of individuals larger than 60 cm (Fig. 2), while in 2019 it was individuals larger than 60 cm that formed the bulk of the catch (see Fig. 1). Sexual dimorphism was more pronounced during longline fishing (females - 87 ± 0.18 cm and males 76.5 ± 0.3 cm) than during trawl fishing (females - 50 ± 0.17 cm and males 47 ± 0.17 cm) (Table 4, 5). Since longline and trawl have different size selectivity, larger grenadiers were caught in 2019 than in 2020.

The mass composition of black grenadier in 2019 catch was represented by individuals from 1 to 11.9 kg (Table 4). Individuals weighing 1.6–3.0 kg were found in large numbers, which was 54% (Fig. 3). The average mass of individuals is 2.5 ± 0.2 (Table 4).

Table 4 – Mass of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2019

| Sex | X_{min} , kg | X_{max} , kg | $\bar{X} \pm m_x$ kg | n, sp. |
|-----------------|----------------|----------------|----------------------|--------|
| Male | 1 | 4,6 | $2,0 \pm 0,1$ | 84 |
| Female | 1,2 | 11,9 | $3,4 \pm 0,2$ | 176 |
| Male and Female | 1 | 11,9 | $2,5 \pm 0,2$ | 260 |

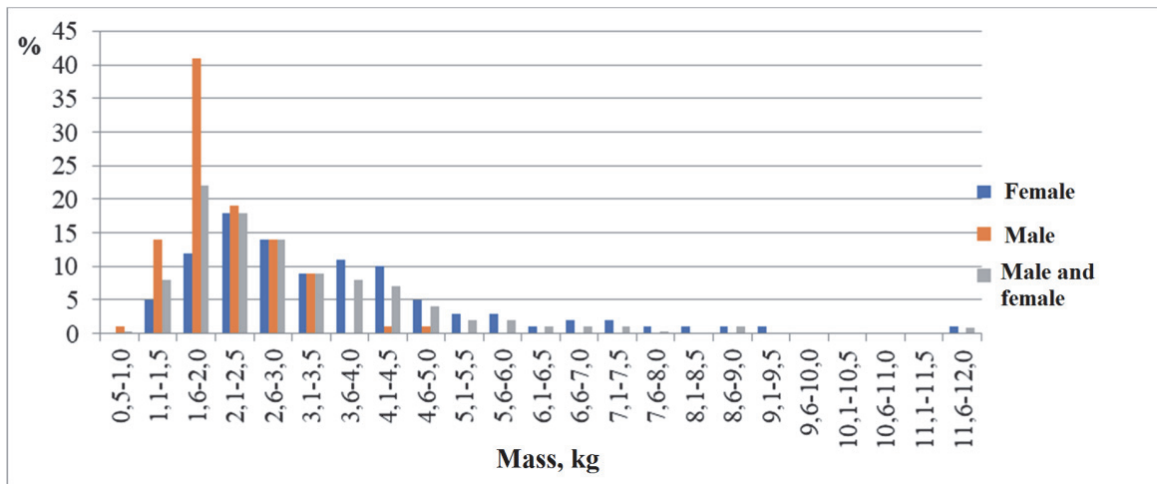


Figure 3 – Mass composition of black grenadier from longline catches of the East Sakhalin subzone in 2019

The mass composition of black grenadier in 2020 catch was represented by individuals from 0.3 up to 3.1 kg (Table 5). The bulk of the catch was made up of individuals weighing 0.1–0.5 kg, which amounted to 71% (Fig. 4). The average mass of individuals is 0.4 ± 0.02 (Table 5).

Table 5 – Mass of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2020

| Sex | X_{min} , kg | X_{max} , kg | $\bar{X} \pm m_x$ kg | n, sp. |
|-----------------|----------------|----------------|----------------------|--------|
| Male | 0,6 | 1,4 | $0,3 \pm 0,04$ | 98 |
| Female | 0,3 | 3,1 | $0,4 \pm 0,07$ | 152 |
| Male and Female | 0,3 | 3,1 | $0,4 \pm 0,02$ | 250 |

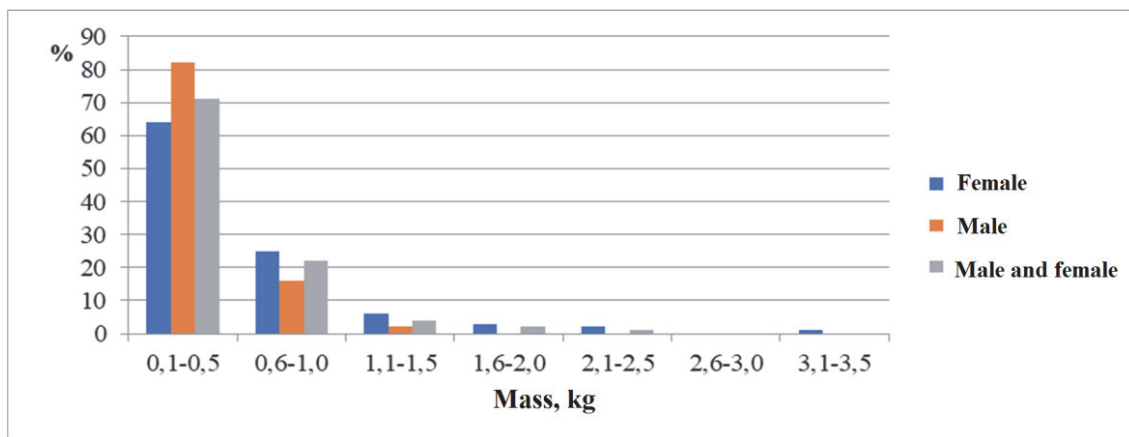


Figure 4 – Mass composition of black grenadier from trawl catches of the East Sakhalin subzone in 2020

Thus, from the longline catches, black grenadiers with a larger mass were found (2.5 ± 0.2) than in bottom trawl fishing (0.4 ± 0.02). In 2019, males and females by weight were on average differed more than in 2020 (Table 5). This can be explained by the fact that in the trawl individuals with low mass were caught in large numbers due to the characteristics of the trawl as fishing gear.

Sex ratio of black grenadier in 2019 and 2020. turned out to be in the ratio 1:2 in favor of females (68 and 61%, respectively) (Fig. 5). Females of black grenadier meet in large numbers in the bathypelagic zone, males in the near-bottom layers [1].

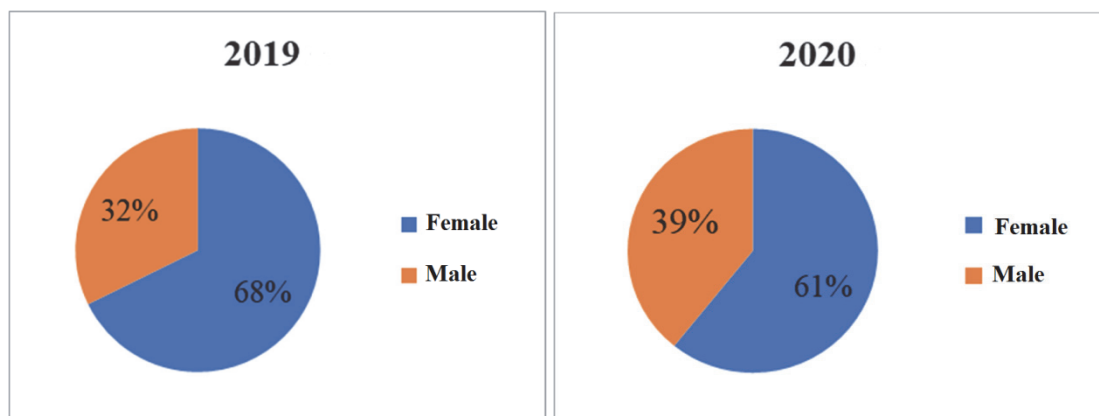


Figure 5 – Sex ratio of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2019–2020

East Sakhalin subzone in 2019–2020 Spawning of the black grenadier begins in the winter-spring period with a peak in spring (April–May) [2, 6]. In Fig. 6 in most males, the gonads were at stage II of maturity (49%). Small proportions were stage III (33%) and IV (2%). As for females, the gonads were at stage II of maturity (45%). In other cases: II–III (32%), III (17%), III–IV (6%).

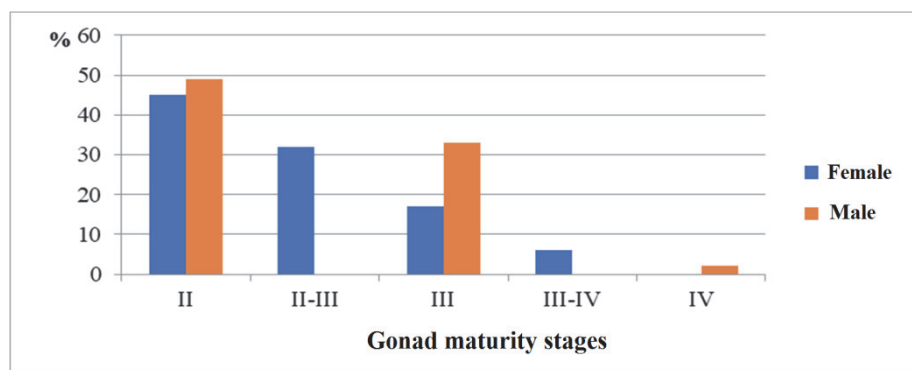


Figure 6 – Stages of gonad maturity of black grenadier in the East Sakhalin subzone in 2019

In 2020, males (93%) and females (95%) had stage II gonad maturity (Fig. 7). Only a very small proportion had gonads with subsequent stages of maturity.

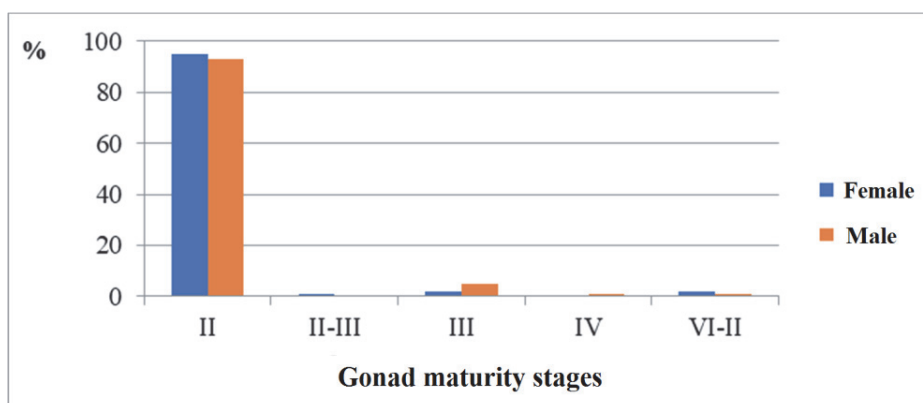


Figure 7 – Stages of maturity of the gonads of the black grenadier of the East Sakhalin subzone in 2020

Thus, as a result of the study, data on size, mass, sexual composition of the catches, and also determined the stages of maturity of the gonads of the black grenadier for longline and trawl fish-

ing in 2019, 2020 in the East Sakhalin subzone of Okhotsk sea. Size-mass characteristics were found that were greater than those indicated in the literature. The sex ratio was 1:2. The gonads as a whole were at stage II maturity. Compared to trawl fishing, longline fishing can be carried out at greater depths and thereby catching mature, large individuals.

The results can be used to predict catches of black grenadier in waters of East Sakhalin subzone and will supplement information on the biology of objects.

References

1. Залогин Б.С., Косарев А.Н. Моря. М.: Мысль, 1999. 400 с.
2. Кодолов Л.С. Некоторые данные по биологии чёрного макруруса *Coryphaenoides acrolepis* (Bean, 1883) // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 134. С.144–153.
3. Макушок В.М. Долгохвосты (сем. Macrouridae, или Coryphaenoididae auct) // Тихий океан. Биология Тихого океана. Кн. III. Рыбы открытых вод. М.: Наука, 1967. С. 200–227.
4. Тупоногов В.Н. Распределение и биологическое состояние макрурусов в Охотском море и у Курильских островов летом-осенью 2000 г. // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 56–66.
5. Тупоногов В.Н., Кодолов Л.С. Полевой определитель промысловых и массовых видов рыб дальневосточных морей России. Владивосток: Изд-во «Русский остров», 2014. 336 с.
6. Тупоногов В.Н., Явнов С.В. Атлас рыб ДВ морей России (окуни, терпуги, бычки, лисички). Владивосток: ТИНРО, 2015. 264 с.
7. Matsui T., Kato S., Smith S.E. Biology and potential of Pacific grenadier, *Coriphaenoides acrolepis*, off California // Mar. Fish. Rev. 1990. Vol. 52(3). P. 1–17.

Александр Николаевич Баштовой

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), заведующий сектором кормов лаборатории технологии переработки гидробионтов, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1398-3547

Екатерина Павловна Караулова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: ekaterina.karaulova@tinro.ru, ORCID: 0000-0001-8508-9603

Татьяна Ноевна Слуцкая

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), профессор, главный научный сотрудник лаборатории технологии переработки гидробионтов, доктор технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: tatyana.slutskaya@tinro.ru, ORCID: 0000-0002-3228-3047

Галина Николаевна Тимчишина

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник лаборатории технологии переработки гидробионтов, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: galina.timchishina@tinro.ru, ORCID: 0000-0002-8889-8657

Константин Геннадьевич Павел

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист сектора кормов лаборатории технологии переработки гидробионтов, кандидат химических наук, Россия, Владивосток, e-mail: kg.pavel@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1476-9577

Некоторые данные по фракционному пептидному составу белковых компонентов стартовых комбикормов для рыб

Аннотация. Естественный корм рыб в природе содержат белок с низкой молекулярной массой. Эта особенность позволяет ранней молодежи рыб эффективно усваивать белок естественных кормовых организмов, а также обуславливает быстрый рост и формирование пищеварительного тракта молодежи рыб. В связи с этим было проведено исследование молекулярно-массового распределения белков ряда перспективных кормовых ингредиентов, содержащих высокий уровень протеина животного и растительного происхождения, белка продуктов микробиосинтеза для использования их в рецептурах стартовых комбикормов для выращивания рыб.

Ключевые слова: фракционный состав, пептиды, кормовые компоненты, стартовый комбикорм

Alexander N. Bashtovoy

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Head of the Feed Sector, Laboratory of hydrobiont processing technology, PhD in Engineering Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: a.n.bashtovoy@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1398-3547

Ekaterina P. Karaulova

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher at the Laboratory of safety and quality of marine plant raw materials, PhD in Engineering Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: ekaterina.karaulova@tinro.ru, ORCID: 0000-0001-8508-9603

Tatyana N. Slutsкая

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Professor, Chief Researcher, Laboratory of hydrobiont processing technology, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: tatyana.slutsкая@tinro.ru, ORCID: 0000-0002-3228-3047

Galina N. Timchishina

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher at the Laboratory of hydrobiont processing technology, PhD in Engineering Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: galina.timchishina@tinro.ru, ORCID: 0000-0002-8889-8657

Konstantin G. Pavel'

Pacific Branch of FSBIU «VNIRO» («TINRO»), Leading Specialist in the feed sector, Laboratory of hydrobiont processing technology, PhD in Chemistry, Russia, Vladivostok, e-mail: kg.pavel@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-1476-9577

**Some data on the fractional peptide composition
of protein components of starting fish feeds**

Abstract. Live food organisms contain low molecular weight protein. This feature allows early juvenile fish effectively absorb protein from natural food organisms and causes rapid growth and formation of the digestive tract. For this purpose, the composition of some promising feed ingredients containing high levels of protein of animal and plant origin, protein of microbiosynthesis products has been studied for use in the formulations of starter feed for growing fish.

Keywords: fractional composition, peptides, feed components, starter feed

Введение

В условиях аквакультуры комбикорма являются основой жизни мальков, их качество влияет на развитие, жизнестойкость, рост и способность молоди выжить не только после выпуска в естественную среду обитания, но и дать в итоге промысловый возврат [1].

Актуальной задачей прикладного значения является изучение питательных свойств перспективных видов сырья и разработка рецептов стартовых комбикормов для объектов аквакультуры с учетом их видовой, возрастной специфики и технологий выращивания.

Из данных научной литературы по проблемам аквакультуры следует, что естественные живые организмы, которыми питается молодь рыб, содержат белок с относительно низкой молекулярной массой. Имеются предположения, что именно эта особенность позволяет ранней молоди рыб эффективно усваивать белок естественных кормов и обуславливает быстрый рост и формирование пищеварительного тракта, т.к. чем проще и короче полипептидная цепочка, тем легче она способна гидролизироваться ферментами. Именно поэтому в состав стартовых кормов включают ферментированные добавки различной степени гидролиза, в основном ферментолитаты в высушенном виде.

Для молоди рыб в различные периоды развития потребность в белковых соединениях с определенной молекулярной массой (ММ) имеет важное значение, т.к. это связано с различной усвояемостью белков в процессе гидролиза протеолитическими ферментами.

Положительные результаты применения обусловленного соотношения низкомолекулярных пептидов, отражающиеся на скорости роста молоди рыб, выживаемости и уменьшении расхода комбикорма известны в научной литературе [2].

В ряде работ [3–5] показан пептидный состав гидролизатов, вводимых в стартовые корма для молоди лососевых и осетровых рыб, рекомендованы количественные соотношения между пептидными фракциями белковых веществ в корме.

Имея данные по молекулярно-массовому распределению водорастворимой части белков и пептидов в кормовых компонентах и с учетом физиологической потребности молоди можно более точно подбирать составы комбикормов для молоди рыб.

Целью исследования являлось определение молекулярно-массового распределения водорастворимой части белков и пептидов в кормовых компонентах (фракционный состав белков) стартовых комбикормов для подращивания молоди рыб и сравнение полученных данных с литературными.

Материалы и методы

Объектами исследования служили некоторые перспективные кормовые компоненты микробиологического синтеза, растительного и животного происхождения (представлены в таблице).

Предметом исследований являлось сравнение молекулярно-массового распределения водорастворимой части белков и пептидов в кормовых компонентах с фракционным составом белков кормовых организмов молоди рыб.

Анализ содержания общего белка проводили по методу Кьельдаля в соответствии с ГОСТ 13496.4 [6].

Экстракцию водорастворимых белковых веществ проводили согласно рекомендациям [7]. Фракционный состав белков и пептидов анализировали методом гель-проникающей хроматографии на хроматографе высокого давления Agilent Technologies liquid chromatograph (Agilent Technologies 1260 Infinity, США) оснащенном ультра-фиолетовым детектором. Колонка TSKgel G 3000PWXL column, 7,8 mm I.D.×30 cm (TOSOH Corporation, Tokyo, Япония), поток 0,3 мл/мин, температура 25 °С. Подвижная фаза 0,1N NaCl-20 mM Tris-HCl [8, 9].

Для обработки полученных результатов применяли общепринятые статистические методы [10] с использованием пакета программ Excel 2007.

Результаты и обсуждение

Входящие в состав стартовых комбикормов компоненты микробиального, животного и растительного происхождения, в отличие от естественных кормовых организмов, могут иметь иную структуру питательных веществ, в частности белка, что влияет на его усвояемость.

Известно, что на этапе, когда начинают действовать ферменты протеолитического цикла, личинки рыб усваивают пептиды и полипептиды, преимущественно, со средней ММ 1,0 – 1,3 кДа. Для нормального развития ферментного комплекса протеаз у ранней молоди рыб необходимо наличие в кормах полипептидов с ММ от 2,5 до 3,7 килодальтон (кДа) [11, 12].

В натуральной пище молоди рыб (мелкие формы зоопланктона и бентоса) содержатся преимущественно легкоусвояемые низкомолекулярные белковые полипептиды, а также липиды с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот омега-3, из углеводов – в основном хитин [13].

В некоторых работах, предлагается создавать корма, основываясь на фракционном составе белков естественных кормовых организмов молоди рыб. Анализ литературных данных показывает, что белок живых кормов имеет различный фракционный состав. В основном преобладают полипептиды длиной от 1,0 до 10,0 кДа. Для получения сухих кормов с высоким содержанием белков данного молекулярно-массового распределения кормовые компоненты должны быть частично ферментированными. Следует учитывать, что мальки с еще не сформированной пищеварительной системой сначала питаются коловратками, копеподами и артемией, а по мере формирования пищеварительной системы, характеризующейся наличием желудка с пилорическими придатками и активными протеазами, переходят на питание из хирономид, олигохет и гаммарусов [14].

В работе изучен состав белков и пептидов некоторых кормовых компонентов, используемых при разработке составов ингредиентов стартовых комбикормов.

Характеристика фракционного состава белков и пептидов кормовых компонентов для молоди ценных видов рыб представлена в таблице.

Молекулярно-массовое распределение водорастворимой части белков и пептидов в исследованных кормовых ингредиентах

| Кормовые ингредиенты | Содержание водорастворимых пептидов и белков, % | | | | | Общий белок, % | Водорастворимый белок, % |
|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| | < 0,3 кДа | от 0,3 до 1 кДа | от 1 до 5 кДа | от 5 до 10 кДа | более 10 кДа | | |
| Мука рыбная | 50,34± 0,10 | - | - | 35,53± 0,01 | 14,12± 0,01 | 74,7± 0,03 | 0,6± 0,01 |
| Мука мясная | 24,60± 0,02 | - | 4,56± 0,01 | 69,49± 0,03 | 1,35± 0,01 | 87,5± 0,02 | 1,3± 0,01 |
| Гаприн | 7,26± 0,01 | - | 1,56± 0,01 | 27,18± 0,01 | 28,74± 0,02 | 64,00± 0,01 | 62,4± 0,05 |
| Сухой ферментолизат Биомарин-1с | 12,90± 0,01 | 5,83± 0,01 | 45,65± 0,03 | 35,61± 0,01 | - | 80,2± 0,04 | 65,6± 0,03 |
| Ферментолизат рыбный | 48,60± 0,03 | - | 17,87± 0,01 | 31,28± 0,01 | 49,15± 0,01 | 2,25± 0,01 | 72,6± 0,04 |
| Сухой белок яйца | - | - | - | - | 100,00± 0,01 | 79,8± 0,03 | 67,0± 0,02 |
| Гемоглобин сухой | - | - | - | - | 100,00± 0,01 | 90,9± 0,05 | 52,9± 0,02 |
| Кормовая добавка из личинки черной львинки | 7,35± 0,01 | 0,19± 0,01 | 3,68± 0,01 | 39,90± 0,01 | 48,87± 0,03 | 54,0± 0,04 | 9,3± 0,01 |
| Клеточная стенка дрожжей с бета-каротином | 45,45± 0,03 | - | 21,12± 0,02 | 28,11± 0,01 | 5,32± 0,01 | 26,4± 0,01 | 6,8± 0,01 |
| Бета-каротин в биомассе дрожжей | 27,46± 0,01 | - | 16,23± 0,01 | 58,87± 0,03 | 0,41± 0,01 | 37,0± 0,01 | 10,4± 0,01 |
| Клеточные стенки дрожжей | 36,36± 0,02 | - | 22,21± 0,02 | 23,05± 0,01 | 18,37± 0,01 | 37,4± 0,02 | 2,7± 0,01 |
| Кормовая добавка на основе дрожжей Био-Мос | 21,78± 0,03 | - | 6,59± 0,01 | 69,94± 0,04 | 1,69± 0,01 | 37,2± 0,03 | 2,6± 0,01 |
| Дрожжи гидролизные послеспиртовые | 8,67± 0,01 | - | 13,76± 0,01 | 77,56± 0,01 | - | 46,0± 0,05 | 3,3± 0,01 |
| Протефид | - | 3,97 ± 0,01 | 7,26 ± 0,02 | 36,84 ± 0,02 | 51,91 ± 0,03 | 64,32 ± 0,08 | 3,11 ± 0,02 |
| Агроматик | - | 7,59 ± 0,03 | 12,94 ± 0,02 | 79,14± 0,01 | 0,34 ± 0,01 | 55,88 ± 0,25 | 7,33 ± 0,03 |

Мука рыбная имеет самую большую ценность среди ингредиентов животного происхождения. Это сырье – один из основных компонентов, составляющих значительную часть в комбикормах для молоди рыб таких ценных видов как лососевые, осетровые и сиговые. Эти группы рыб наиболее требовательны к качественному составу, как кормовых компо-

нентов, так и в целом комбикормов. Пищевая ценность муки рыбной определяется качеством сырья, сезоном лова, пола и физиологического состояния рыбы, сроков начала обработки после вылова, а также условий транспортировки и хранения сырья, оказывающих существенное влияние на свойства и химический состав рыбной муки.

Анализ данных фракционного пептидного состава рыбной муки в сравнении с литературными данными [14] свидетельствует о значительных различиях. Так, согласно литературе, доля фракции до 1,3 кДа в рыбной муке составляет, как правило 6,3 %, против 50,3 % в исследованном образце. Необходимо отметить, что доля водорастворимого белка в исследованной рыбной муке составляет всего 0,6 %, в то время как согласно публикациям, водорастворимый протеин рыбной муки колеблется в диапазоне от 12 до 17 %. Это может быть вызвано либо низким качеством сырья, либо тем, что при ее изготовлении легкоусвояемые белковые вещества были удалены в виде подпрессового бульона, что и могло существенно снизить ценность остаточного белка для молоди рыб.

Мука мясная используется в качестве добавки к корму, ее химический состав близок к составу рыбной муки. Она содержит много гистидина, аланина, метионина и лизина. Совместное использование ее с препаратами метионина позволяет заменить рыбную муку на определенных этапах выращивания, а также снижает себестоимость производства. Что касается данных ММ распределения водорастворимой части белков и пептидов в мясной муке, то их характер схож с ММ распределением в рыбной муке – низкое содержание водорастворимого протеина (1,3 %) при высоком содержании сырого протеина (87,5 %), доля фракции до 1,3 кДа составляет около 25 %.

Гаприн представляет собой биомассу метанооксилирующих бактерий. Комплексные исследования, проведенные в большом числе рыбохозяйственных институтов, и испытания в промышленности позволили доказать высокую биологическую ценность гаприна.

По литературным данным гаприн в своем составе имеет более 60 % азотсодержащих веществ, что согласуется с полученными данными – 62,4 %. Отличительная особенность состава гаприна – высокое содержание фенилаланина, тирозина, метионина [15]. Это одно из очень существенных преимуществ гаприна, т.к. недостаток этих аминокислот постоянно ощущается в комбикормах для лососей, сиговых и других видов рыб. Некоторые авторы считают, что фракционный состав белков гаприна благоприятен для включения его в стартовые комбикорма, так как он содержит около 37 % растворимого белка. При этом на долю наиболее важной для личинок фракции растворимого белка с молекулярной массой 1000-1300 Да приходится около 50 % [16]. Согласно полученным данным (табл.) количество растворимого белка и доля фракции до 1,3 кДа несколько ниже, так как у всех продуктов микробиосинтеза, из-за различий в технологии производства, состав достаточно вариателен. Микробный белок гаприн, как и белковый концентрат из личинки черной львинки, отличаются достаточно высоким содержанием водорастворимой белковой фракции 5–10 кДа.

Кормовая добавка из личинки черной львинки представляет собой белковый премикс, который обычно добавляют в количестве 10–15 % от базового корма для молоди рыб. По литературным данным, исследуемая добавка может содержать до 50 % легкоусвояемого белка, содержащего практически все незаменимые аминокислоты. Кроме того, в ее состав входят минералы, витамины группы В, а также порядка 50 % липидов, представленных в основном насыщенными жирными кислотами, которые практически не окисляются, и благодаря этому и наличию хитина, не только способствуют сохранению добавки в течение длительного времени, но и стимулируют иммунную реакцию организма животных и ингибируют рост нежелательной микрофлоры (кишечная палочка, сальмонелла). Также, кормовая добавка из черной львинки содержит значительное количество меланина – пигмента, обладающего противоопухолевым, иммуномодулирующим, противовирусным биологическим действием [17].

Ферментоллизаты сопоставимы по содержанию растворимого протеина и фракционному пептидному составу с молекулярно-массовым распределением пептидов в кормовых

организмах (хирономидах, олигохетах, гаммарусе), которые составляют основу естественного питания личинок рыб. Сухой белок яйца и гемоглобин, также применяемые в качестве кормовых компонентов [18], отличаются высокой растворимостью, но при этом не содержат пептидов и низкомолекулярных белков с ММ менее 10 кДа.

В последнее время для повышения темпов роста и выживаемости молоди рыб в условиях аквакультуры применяют различные иммуномодулирующие добавки. В частности, к таким добавкам относятся различные продукты переработки дрожжей, которые содержат маннанолигосахариды (МОС) [19, 20]. Как правило, в состав этих МОС входит не более 6 моносахаридных звеньев, в основном представленных такими сахарами, как глюкоза, манноза, ксилоза, глюкозамин и некоторые другие.

МОСы являются субстратами для патогенных бактерий, которые колонизируют их быстрее, чем стенки кишечника, с последующим выведением из организма.

К достоинствам кормовых добавок, содержащих МОСы, следует отнести технологичность их изготовления, безопасность для организма молоди рыб, совместимость с другими ингредиентами комбикормов.

Исследованная нами кормовая добавка на основе дрожжей Био-Мос содержит комплекс МОС, выделенных из клеточных стенок дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

Клеточные стенки дрожжей получены из биомассы культуры дрожжей *Pichia polymorpha*, близко родственной культуре *Ogataea polymorpha*. Продукт на 70–75 % представлен олигосахаридами, из которых от 35 до 40 % – составляют бета-глюканы, остальное – маннаны.

Клеточные стенки с бета-каротином являются высушенной на распылительной сушилке переработанной биомассой культуры дрожжей *Rhodospiridium toruloides*. Продукт содержит остаточное количество внутриклеточного белка (25–40 %), нуклеиновые кислоты (преимущественно ДНК), остаточное количество высокомолекулярных жиров, клеточные стенки дрожжей, состоящие из смеси бета-глюканов (от 25 до 50 %) и маннанопротеинов. Компоненты на основе дрожжей, используемые в стартовых кормах для рыб, содержат от 6,6 до 22 % наиболее важной для питания молоди фракции 1–5 кДа.

Среди исследованных белковых концентратов растительного происхождения для молоди рыб предпочтительными можно считать «Агроматик» (белковый концентрат из люпина), содержащий фракцию водорастворимых пептидов и белков с ММ 1 – 10 кДа в количестве 92,08 %. Содержание этой фракции в образце «Протефид» (соевый белковый концентрат) составляет 44,10 %. Кроме этого, образец «Протефид» характеризуется высоким содержанием фракции более 10 кДа – 51,91 % [18, 21].

Таким образом, данные по фракционному пептидному составу исследованных кормовых компонентов свидетельствуют о перспективности их использования в стартовых комбикормах для молоди рыб.

Заключение

Исследован фракционный пептидный состав ряда кормовых компонентов, использование которых перспективно при разработке рецептур стартовых комбикормов для выращивания молоди рыб в условиях аквакультуры.

Улучшение рыбоводных показателей может быть достигнуто при использовании в составе стартовых комбикормов ингредиентов с высоким содержанием пептидных фракций менее 0,3 кДа, а также в интервале от 1 до 10 кДа, что согласуется с литературными данными об особенностях состава белковых компонентов живых кормов, которыми питается молодь рыб в естественных условиях обитания.

Библиографический список

1. Пономарёв С.В., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2010. № 1. С. 132–139.

2. Патент SU 1788880 АЗ. Способ приготовления корма для молоди лососевых рыб: заявл. 25.12.1990; опубл. 15.01.1993 / Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Большакова С.Г., Латов В.К.; заявитель НПО по рыбоводству. 4 с.
3. Баштовой А.Н., Караулова Е.П., Тимчишина Г.Н., Павелъ К.Г., Пасечник П.Л. Фракционный состав водорастворимых белковых компонентов сухого ферментализата и стартового корма для лососевых рыб // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 199. С. 241–248.
4. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А., Никаноров С.И., Пономарева Е.Н., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. Технологии выращивания и кормления объектов аквакультуры юга России. Астрахань: Нова плюс, 2002. 264 с.
5. Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 214 с.
6. ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина: дата введения 1995-01-01. М.: Стандартиформ, 2013. 16 с.
7. Лазаревский А.А. Техничко-химический контроль в рыбообработывающей промышленности: монография. М.: Промпищиздат, 1955. 520 с.
8. Досон Р., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. М: Мир, 1991. 544 с.
9. Rosenberg I.M. Protein Analysis and Purification: Benchtop Techniques (Second Edition) // Birkhäuser Basel, 1996. 520 p.
10. Урбах В.Ю. Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях: монография. М.: Медицина, 1975. 296 с.
11. Латреш Х. Физиологические аспекты белкового питания осетровых рыб в раннем постэмбриогенезе: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 1998. 26 с.
12. Грозеску Ю.Н. Инновационные методы повышения эффективности кормления осетровых рыб на основе использования в рационах нетрадиционного кормового сырья и биологически активных препаратов: дис. ... д-ра сельскохозяйственных наук: 06.02.08. Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2016. 307 с.
13. Пономарёв С.В., Гамыгин Е.А., Канидьев А.Н. Физиологические основы создания полноценных комбинированных кормов с учетом этапности развития организма лососевых и осетровых рыб // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2010. № 1. С. 132–139.
14. Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в индустриальных условиях. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003. 188 с.
15. Остроумова И.Н., Аршавский Д.С., Афанасьева Ю.О., Мосейчук С.Б., Григорьева С.В., Смирнова Л.В. Результаты испытания гаприна в составе кормов для карпа разного возраста на теплых водах // Медико-биологическая оценка и эффективность применения в сельском хозяйстве белковых продуктов микробиологического синтеза: тез. докл. Всесоюз. конф. М., 1989. С. 36–38.
16. Судакова, Н.В. Сравнительная эффективность продуктов микробного синтеза в составе стартовых кормов для молоди осетровых рыб: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10 / ВНИИПРХ. М., 1998. 26 с.
17. Лиман С.А., Давыденко Т.М., Лебедев В.Ю., Ушакова Н.А. Перспективность использования личинок черной львинки *Hermetia illucens* в кормах для объектов индустриальной аквакультуры // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35, № 8. С. 35–39.
18. Лютиков А.А., Королев А.Е. Определение оптимальных показателей массы тела, плотности посадки, температурного режима выращивания и состава кормов при адаптации молоди судака (*Sander lucioperca*) из прудов к индустриальным условиям // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22, № 3. С. 61–83.
19. Артемов Р.В., Мышкин А.В., Гершунская В.В., Арнаутов М.В. Основные направления деятельности ФГБНУ «ВНИРО» в области научного обеспечения современного кормопроизводства для объектов аквакультуры // Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры: сб. науч. тр. Астрахань, 2022. Т. 93. С. 81–88.

20. Новоселова Ю.А., Арнаутов М.В., Гершунская В.В. Изучение эффективности маннанолигосахаридов в комбикормах для личинок осетровых рыб // Сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф. «Развитие и современные проблемы аквакультуры». Донской государственный технический университет. Ростов-на-Дону, 2022. С. 96–99.

21. Ранделин Д.А., Новокщёнова А.И., Кравченко Ю.В., Воронцова Е.С., Кузнецова Т.В., Рамазан А.К. Влияние белкового концентрата «Агро-Матик» на продуктивные качества молоди радужной (*Oncorhynchus mykiss*) и янтарной (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*) форели // Изв. Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3(67). С. 334–344.

Иван Юрьевич Бирюков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, Россия, Владивосток, e-mail: ivanbirgukov@gmail.com

Константин Сергеевич Вайнутис

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук (ФГБУН «НИЦМБ ДВО РАН»), Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: vainutisk@gmail.com

Морфологическая и генетическая идентификация плероцеркоидов рода *Clistobothrium* (Eucestoda: Phyllobothriidae) в кете *Oncorhynchus keta* в реках южного Приморья

Аннотация. Было проведено полное паразитологическое вскрытие кеты, отловленной в трёх реках: р. Сандуга, Надеждинский район (2020 год) и в реках Аввакумовка (Ольгинский район) и Пойма (Хасанский район) (2022 г.). В кишечнике рыб обнаружены 132 плероцеркоида подкласса Eucestoda, принадлежащих к отряду Phyllobothriidea, семейству Phyllobothriidae. Основная цель работы – идентификация исследованных плероцеркоидов до родового статуса морфологическим и молекулярно-генетическим методом.

Ключевые слова: Phyllobothriidea, Phyllobothriidae, цестоды, Приморский край

Ivan Yu. Biryukov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: ivanbirgukov@gmail.com

Konstantin S. Vainutis

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: vainutisk@gmail.com

Morphological and genetic identification of plerocercoids of the genus *Clistobothrium* (Eucestoda: Phyllobothriidae) in the chum salmon *Oncorhynchus keta* from the rivers of Southern Primorye

Abstract. A complete parasitological autopsy was conducted on a chum salmon caught in three rivers: the Sanduga River in Nadezhdinsky District (2020), the Avvakumovka River (Olginsky District), and Poyma River (Khasansky District) (2022). In the fish's intestines, 132 plerocercoids of the Eucestoda subclass, belonging to the Phyllobothriidea order and the Phyllobothriidae family, were found. The main objective of the study was to identify the investigated plerocercoids to the genus level using morphological and molecular genetic methods.

Keywords: Phyllobothriidea, Phyllobothriidae, Cestoda, Primorsky Krai

Введение

Цестоды семейства Phyllobothriidae, входящие в отряд Phyllobothriidea, – кишечные паразиты, заражающие таких представителей фауны, как: морские и околосморские млекопи-

тающие [1, 2] – окончательные хозяева; кальмары [3] и лососевые [4] – промежуточные хозяева. В семейство входят 28 родов, из которых 22 валидные, а шесть имеют неподтверждённый таксономический статус. За весь период молекулярно-генетических исследований генетические данные были получены для видов из 24 родов Phyllobothriidae, включая неподтверждённых *Pentaloculum* и *Zyxibothrium* [5].

Материал и методы

Методом полного гельминтологического вскрытия 132 плероцеркоида филоботриид были извлечены из кишечника 15 особей кеты *Oncorhynchus keta* из трёх рек Приморского края: конец октября 2020 года – р. Сандуга (Надеждинский район); начало октября 2022 года – р. Пойма (Хасанский район) и р. Аввакумовка (Ольгинский район), (Пойма, Аввакумовка) (табл. 1). Собранный паразитологический материал был зафиксирован в 70 % спирте. Для морфологического анализа было взято 15 объектов из трёх рек. Постоянные препараты изготавливали путём осветления в смеси глицерин-молочная кислота в соотношении 1:1 с последующей фиксацией в глицерин-желатине на предметном стекле.

Таблица 1 – Информация о локалитете, окончательном хозяине и локализации изученных паразитов

| Место и дата | Хозяин | | Паразит | | |
|------------------------------|--------------------------|----|---------------------------|----|-------------|
| | Вид | N | Вид | N | Локализация |
| Р. Сандуга 21.10.2020 | <i>Oncorhynchus keta</i> | 1 | <i>Clistobothrium</i> sp. | 63 | Кишечник |
| р. Аввакумовка 04.10.2022 | | 10 | | 45 | |
| р. Пойма 06.10.2022 | | 4 | | 24 | |

Морфометрический анализ проводили на световом микроскопе Olympus BX53 (Япония), с использованием программного обеспечения CellSens Standard 1.6 (Olympus, Япония). Морфометрическое сравнение плероцеркоидов проводилось на основе исследований Agusti et al. [1] и Дубининой [6].

Молекулярно-генетический анализ с целью уточнения родовой принадлежности плероцеркоидов проводился сотрудниками лаборатории по изучению ихтиопатогенов водных биологических ресурсов Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). Было предоставлено семь нуклеотидных последовательностей фрагмента гена 28S рРНК для проведения филогенетического анализа. Филогенетическое древо было построено методом Байесовского Вывода для 53 видов, входящих в состав 24 родов семейства Phyllobothriidae в программе MEGA X. На Рисунке 2 представлен фрагмент древа с разрешением всех доступных в базе данных GenBank 11 видов рода *Clistobothrium*, включая изученный нами материал. Генетические дистанции между видами родов *Clistobothrium*, *Scyphophyllidium* и *Calliobothrium* были рассчитаны на основе фрагмента гена 28S рРНК методом p-distance в программе MEGA X.

Результаты

Согласно литературным данным [7], морфология типового вида рода *Clistobothrium carcharodoni* Dailey & Vogelbein, 1990 выглядит следующим образом: тело удлинённое, сужается к заднему концу тела. Передний конец заметно дифференцирован, более тёмный по сравнению с задним концом тела. Сколекс с двумя дорсальными и двумя вентральными ботридиями. Каждый ботридий с одной апикальной округлой присоской и задним складчатым локусом, имеется дополнительная (апикальная) присоска с мышечным Y-образным вырезом. Шея короткая. Стробилы с отчетливой продольно-дорсальной полосой мышц.

Сравнение изученных плероцеркоидов *Clistobothrium* sp. из Приморского края (рис. 1) проводили с видами *Pelichnibothrium speciosum* и *Clistobothrium delphini* из работ Agusti et al. [1] и Дубининой [6] соответственно (табл. 2). Сравнение с *Pelichnibothrium speciosum* проводилось на основании сходства внешних признаков, наличия данных по морфометрии плероцеркоида, а также генетической близости, сравнение с *Clistobothrium delphini* проводилось по морфометрическим показателям плероцеркоидов. В качестве сравнения не был взят типовой вид, так как его морфологическая характеристика была проведена лишь на основании половозрелых червей [8,9].

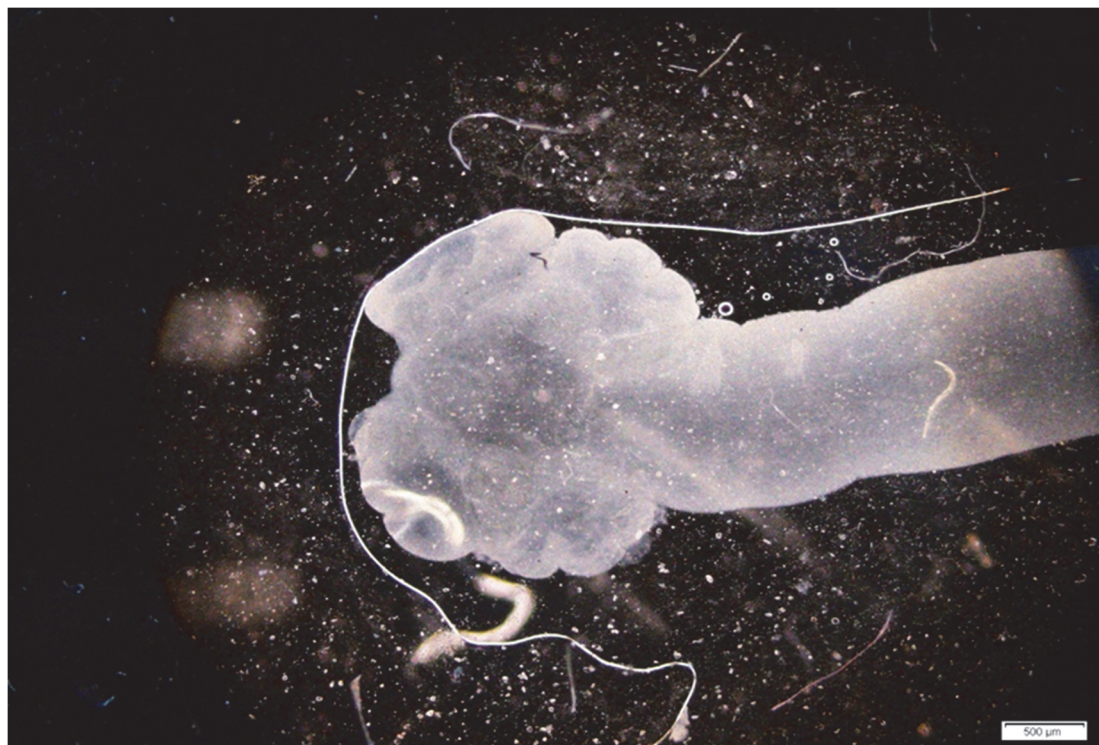


Рисунок 1 – Фотография переднего конца тела со сколексом плероцеркоида *Clistobothrium* sp.

Таблица 2 – Сводная таблица по морфометрии *Clistobothrium* sp.

| Признак | I*, мм (n=15) | II**, мм (n=?) | III***, мм (n=20) |
|----------|-----------------------------------|----------------|-----------------------|
| BL | 0,85-1,38 (1,10±0,04) {4%} | // | 1,18-2,09 (1,47±0,21) |
| ABL | 3,93-10,90 (6,46±0,66) {10%} | // | // |
| PBL | 4,87-10,54 (7,13±1,22) {17%} | // | // |
| ACSL мкм | 283,28-929,69 (547,16±0,06) {12%} | 190-410 | 220-325 (274±29) |
| ASL мкм | 319,36-587,49 (475,43±56,7) {12%} | 190-250 | 230-360 (288±33) |
| WL | 2,72-28,11 (16,43±3,48) {21%} | 3-24 | // |
| BSL | 2-27,16 (15,53±3,45) {22%} | // | // |
| SL | 0,72-1,20 (0,89±0,061) {7%} | 0,7-1 | // |

I* – данные по нашей работе, II** – данные Дубининой [6], III*** – данные Agusti et al. [1]. Диапазон (ср. значение±ошибка среднего) {коэффициент вариации}. BL – длина ботридия, ABL – длина передней части тела, PBL – длина задней части тела, ACSL – длина ботридиальной присоски, ASL – длина добавочной (апикальной) присоски, WL – длина червя, BSL – длина червя без сколекса, SL – длина сколекса.

Определение видовой принадлежности плероцеркоидов *Clistobothrium* spp. по морфологии не представляется возможным, так как следуя определительной таблице, составленной Авдеевой и Авдеевым [10], обнаруженные нами плероцеркоиды по всем признакам

Guidus, *Calyptrbothrium*, *Bilocularia*, *Yamaguticestus*, *Monorygma*, *Rockacestus*; вторая ветвь включала роды *Ruhnkebothrium*, *Orygmatobothrium* и неизвестный род (New genus 10); третья ветвь включала только род *Clistobothrium*. Из 24 родов, использованных в анализе, род *Pelichnibothrium* занял положение внутри рода *Clistobothrium*, тем самым создав парафилию (рис. 2).

Многие авторы реконструировали филогенетические связи между видами семейства Phyllobothriidae, в частности в работе Caira et al. [12] видно, что *Pelichnibothrium* расположен внутри рода *Clistobothrium*, но авторы не уделили этой проблеме внимания. Учитывая, что генетические дистанции между *Pelichnibothrium speciosum* и *Clistobothrium* spp. находятся в межвидовом диапазоне последнего, ставится вопрос о валидности рода *Pelichnibothrium*. Однако согласно зоологическому кодексу по принципу приоритета род *Clistobothrium* должен быть синонимизирован с родом *Pelichnibothrium*, так как последний был описан Монтичелли на 100 лет раньше *Clistobothrium* [13]. Таким образом, мы предлагаем перенести все виды *Clistobothrium* (младший синоним) в род *Pelichnibothrium* (старший синоним) с сохранением у последнего статуса валидного рода семейства Phyllobothriidae.

Виды, включённые в состав рода *Pelichnibothrium*: *P. speciosum* Monticelli, 1889 (типовой вид), *P. caudatum* Zschokke & Heitz, 1914, *P. delphini* (Bosc, 1802) comb. nov., *P. grimaldii* (Moniez, 1899) comb. nov., *P. amyae* (Caira, Hayes & Jensen in Caira, Jensen, Hayes & Ruhnke, 2020) comb. nov., *P. carcharodoni* (Dailey & Vogelbein, 1990) comb. nov., *P. gabywalterorum* (Caira, Hayes & Jensen in Caira, Jensen, Hayes & Ruhnke, 2020) comb. nov., *P. montaukense* (Ruhnke, 1993) comb. nov., *P. tumidum* (Linton, 1922) comb. nov.

Выводы

1. При использовании определительных таблиц Авдеевой и Авдеева [8] плероцеркоидов *Clistobothrium* можно ошибочно идентифицировать как род *Phyllobothrium*, либо как род *Pelichnibothrium* при игнорировании гладкой поверхности ботридиев последнего.

2. На основании частичного секвенирования гена 28S рРНК нами установлена принадлежность обнаруженных плероцеркоидов к роду *Clistobothrium*.

3. Выявлены межвидовые границы трёх родов семейства Phyllobothriidae: *Clistobothrium* (+*Pelichnibothrium*) (0,08–3,49%), *Scyphophyllidium* (0,17–5,81%), *Calliobothrium* (0,24–7,19%).

4. На филогенетическом древе род *Pelichnibothrium* занял позицию между видами рода *Clistobothrium*, что наряду со значениями генетических дистанций свидетельствует в пользу синонимизации *Clistobothrium* с *Pelichnibothrium* согласно принципу приоритета зоологического кодекса.

Библиографический список

1. Agustí C. Morphological and molecular characterization of tetraphyllidean merocercoids (Platyhelminthes: Cestoda) of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) from the Western Mediterranean // Parasitology. 2005. Vol. 130(4). P. 461–74.

2. Klotz D., et al. Subcutaneous merocercoids of *Clistobothrium* sp. in two Cape fur seals (*Arctocephalus pusillus pusillus*) // International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife. 2018. Vol. 7(1). P. 99–105. doi:10.1016/j.ijppaw.2018.02.003.

3. Guardone L., et al. Molecular Characterization of *Clistobothrium* sp. Viable Plerocercoids in Fresh Longfin Inshore Squid (*Doryteuthis pealeii*) and Implications for Cephalopod Inspection // Pathogens. 2020. Vol. 9(7). P. 596. doi: 10.3390/pathogens9070596.

4. Sokolov S., et al. Parasites of invasive pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) (Actinopterygii: Salmonidae), in the Kandalaksha Bay of the White Sea // Polar Biology. 2023. PREPRINT (Version 1) available at Research Square. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2781574/v1>.

5. Caira J., et al. Insights from new cestodes of the crocodile shark, *Pseudocarcharias kamoharai* (Lamniformes: Pseudocarchariidae), prompt expansion of *Scyphophyllidium* and formal

synonymization of seven phyllobothriidean genera – at last! // Journal of Helminthology. 2020. Vol. 94(132). P. 1–25. doi:10.1017/S0022149X20000036.

6. Дубинина М.Н. Ленточные черви рыб бассейна Амура // Паразитологический сборник Зоол. ин-та АН СССР. 1971. Т. 25. С. 77–119.

7. R. Ruhnke. TAPEWORMS OF ELASMOBRANCHS (Part III) A Monograph on the Phyllobothriidae (Platyhelminthes, Cestoda) / Museum, University of Nebraska State. 2011 г.

8. Dailey, M. D., W. Vogelbein. 1990. *Clistobothrium carcharodoni* gen. et sp. n. (Cestoda: Tetraphyllidea) from the spiral valve of the great white shark (*Carcharodon carcharias*) // Journal of the Helminthological Society of Washington Vol. 57(2). P. 108–112.

9. Randhawa, H.S., 2011. Insights using a molecular approach into the life cycle of a tapeworm infecting great white sharks // J. Parasitol. Vol. 97. P. 275–280.

10. Авдеева, Н.В. Плероцеркоиды цестод отряда Tetraphyllidea / Н.В. Авдеева, В.В. Авдеев. Владивосток, 1989. 73 с.

11. Scholz T., et al. Taxonomic status of *Pelichnibothrium speciosum* Monticelli, 1889 (Cestoda: Tetraphyllidea), a mysterious parasite of *Alepisaurus ferox* Lowe (Teleostei: Alepisauridae) and *Prionace glauca* (L.) (Euselachii: Carcharinidae) // Systematic Parasitology. 1998. Vol. 41. P. 1–8.

12. Caira J., et al. Insights Emerging global novelty in phyllobothriidean tapeworms (Cestoda: Phyllobothriidea) from sharks and skates (Elasmobranchii) // Zoological Journal of the Linnean Societ. 2021. Vol. 193(4). P.1336–1363. <https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlaa185>.

13. Monticelli, F.S. Notes on some Entozoa in the collection of British Museum. Proceedings of the Zoological Society. London, 1889. P. 321–325.

Елена Павловна Бровкина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель кафедры «Промышленное рыболовство», Россия, Владивосток, e-mail: lenabrovkina@mail.ru

Гибкие гидробиотехнические сооружения, применяемые в марикультуре

Аннотация. В Приморском крае условия акваторий, видовой состав гидробионтов, климат благоприятны для развития современных высокоэффективных хозяйств по выращиванию. Индустриальная марикультура предусматривает выращивание гидробионтов с применением гидробиотехнических сооружений, установленных в водном объекте. Культивирование морских гидробионтов индустриальным способом напрямую зависит от эффективности ГБТС, результатом применения которых является объем урожая с единицы площади участка, увеличение полезной площади выращивания. В статье приведены параметры эффективности гидробиотехнических сооружений, который должны учитываться при их проектировании, монтаже и эксплуатации.

Ключевые слова: марикультура, эффективность, гидробиотехнические сооружения (ГБТС), выращивание, гидробионты, гибкие сооружения, устойчивость, технологии, акватория, выростные элементы, конструкция, аквакультура

Elena P. Brovkina

Far Easten State Technical Fisheries University, Senior Lecture, Russia, Vladivostok, e-mail: lenabrovkina@mail.ru

Flexible hydrobiotechnical structures used in mariculture

Abstract. In the Primorsky Territory, the conditions of the water areas, the species composition of hydrobionts, the climate are favorable for the development of modern highly efficient growing farms. Industrial mariculture provides for the cultivation of aquatic organisms using hydrobiotechnical structures installed in a water body. The industrial cultivation of marine aquatic organisms directly depends on the efficiency of GBTS, the result of which is the yield per unit area of the plot, an increase in the usable cultivation area. The article presents the parameters of the effectiveness of hydrobiotechnical structures, which should be taken into account in their design, installation and operation.

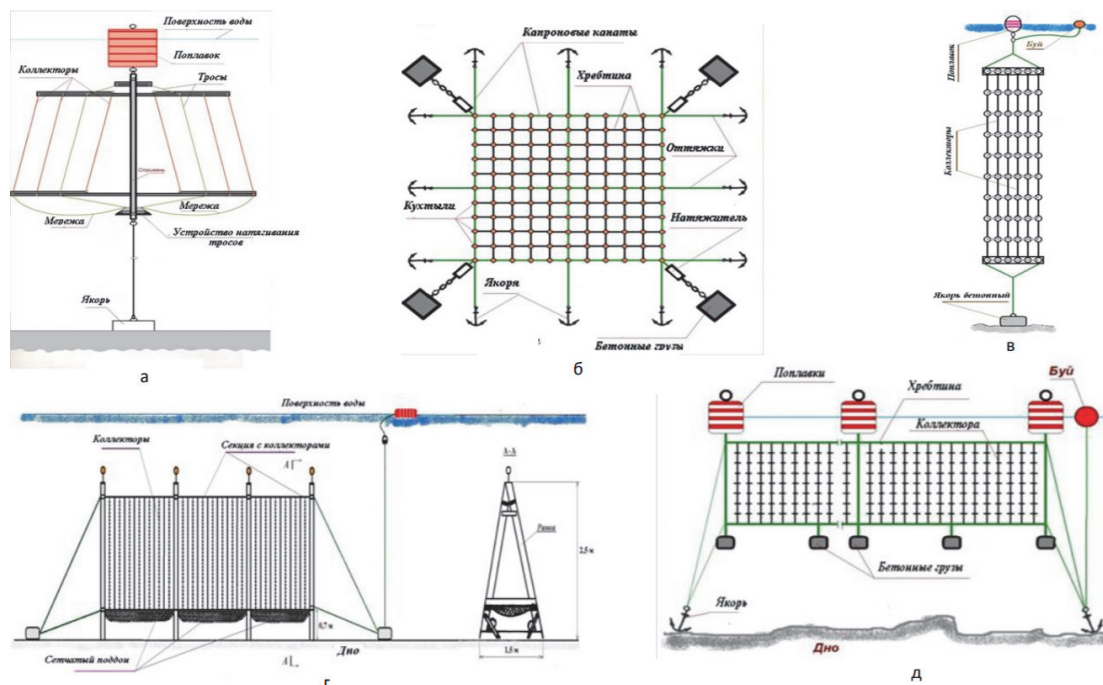
Keywords: mariculture, efficiency, hydrobiotechnical structures (GBTS), rearing, hydrobionts, flexible structures, sustainability, technologies, water area, growth elements, structure, aquaculture

В настоящее время нет возможности увеличить объем традиционного водного промысла, в связи с этим наблюдается динамичное развитие аквакультуры, в том числе марикультуры. В Приморском крае условия акваторий, видовой состав гидробионтов, климат благоприятны для развития современных высокоэффективных хозяйств по выращиванию.

На сегодняшний день в Приморье марикультурную деятельность ведут более 100 предприятий, для осуществления которой выделено 329 участков общей площадью более 80000 гектаров. Объем выращенной в Приморском крае продукции составляет чуть более 60000 тонн, что в 5 раз меньше планируемого. На мой взгляд, сказывается несовершенство технологий и методов ведения хозяйствования, недостаток научно-исследовательских работ, недостаточное количество отечественных материалов и смежных производств, отсутствие системы оценки эффективности технологий и сооружений и т.д.

Индустриальная марикультура предусматривает выращивание гидробионтов с применением гидробиотехнических сооружений, установленных в водном объекте. Гидробиотехнические сооружения (ГБТС) – это сооружения, с помощью которых выращивают морские промысловые растения и гидробионты в естественной среде. [6]

На рисунке изображены различные типы конструкций ГБТС.



Различные типы конструкций ГБТС

Применение гибких гидробиотехнических сооружений, на которых происходит индустриальное выращивание, перспективное направление для увеличения объемов марикультурной продукции. [8]

Конструкции ГБТС состоят из: 1) основы: хребтины или несущего каркаса 2) плавучести для удержания гидробиотехнического сооружения в необходимом положении относительно поверхности: наплава, буя, кухтылей и пр. 3) якорной системы и груза, которые удерживают ГБТС в нужном положении в определенном месте 4) выростных элементов: коллектора, садков, которые могут прикрепляться к любому несущему каркасу. [7]

Гибкие гидробиотехнические сооружения выполнены из гибких канатов или тросов (не учитывая якорей).

Ниже проведены анализ и оценка параметров эффективности ГБТС, используемых при выращивании объектов марикультуры в Приморском крае.

Культивирование морских гидробионтов индустриальным способом напрямую зависит от эффективности ГБТС, результатом применения которых является объем урожая с единицы площади участка, увеличение полезной площади выращивания.

Участие гидробиотехнических сооружений в процессе выращивания заключается в удержании выращиваемого объекта в толще воды, но при этом правильное расположение точно подобранного ГБТС напрямую влияет на качество и количество урожая.

Применяемые в Приморском крае конструкции ориентированы на вид выращиваемого гидробионта, гидрологические и физические характеристики водного участка, на состав и рельеф дна.

При проектировании, изготовлении установок очень важно найти баланс между надежностью, урожайностью конструкции и стоимостью материалов и монтажа. Несоблюдение такого соответствия может привести к разрушению сооружений марикультуры, ко-

торое повлечет за собой потерю выращенной продукции и загрязнение окружающей среды. [1] Важными факторами в оценке сооружений являются также рост и выживаемость гидробионтов.

Для оценки эффективности применения ГБТС при выращивании объектом марикультуры предлагаю рассмотреть несколько критериев:

1 Биологические показатели

Объем урожая напрямую зависит от кормовой базы и биотических условий. Конструкция ГБТС должна быть оптимальной для жизнедеятельности выращиваемых объектов. Расположение основных элементов (хребтин, поводцов, оттяжек) должно способствовать свободному поступлению питательных веществ, света, не препятствовать перемещению водных масс во избежание застоя. Важно определить места установки ГБТС: избегать участков с нестабильной соленостью, перепадом температур, маленькими глубинами, обратить внимание на качество грунта и фаунистический состав природных популяций.

Принцип содержания гидробионтов, зависящий от их образа жизни в естественных условиях, обуславливает конструкцию ГБТС. Например, относительно свободного передвижения требуют не прикрепляющиеся пелагические и бентосные организмы, поэтому они выращиваются в различного рода вольерах и садках. [5] Прикрепляющиеся организмы можно выращивать на субстратах, которые удерживаются и прикрепляются к каркасам.

Например, при выращивании ламинарии изменение глубины расположения хребтин для оптимального освещения (которое влияет на процессы фотосинтеза в слоевищах) приводит к увеличению объема сырья с 1 га установок, а также улучшаются биологические и товарные показатели продукта. При выращивании двустворчатых моллюсков изменение глубины пролегания хребтины может спасти молодь от опреснения верхнего слоя воды, оседания на коллектор конкурирующих или хищных видов.

Конструкция выростных элементов тоже имеет значение для увеличения урожайности. Основа успешного выращивания моллюсков, личинки которых прикрепляются на коллекторы заключается в сборе наибольшего количества спата и напрямую зависят от площади, качества и конфигурации коллекторов и их наполнителей. Больше спата оседает и выживает на коллекторах с большей структурной сложностью, чем на гладких. [6]

Применение при выращивании мидии сетных рукавов способствует подсчету количества собранной молодежи, а также контролю ее состояния, плотности, скорости роста и, главное, возможности прогнозировать урожайность ферм. За счет применения сетных рукавов, удастся в значительной степени уменьшить потери культивируемых моллюсков, предотвратить их опадание во время штормов и обеспечить защиту от хищников. [4]

Серьезную опасность для культивируемых организмов представляют также болезни и паразиты. Заражения и заболевания можно предупредить правильным расположением установок, предупреждением скученности животных, ведь некоторые болезни вызваны нарушением питания и ухудшением условий окружающей среды.

Таким образом, конструкции и особенности монтажа сооружений непосредственно будут определяться выращиваемым видом.

2. Технические показатели

Одним из главных вопросов для проектирования и расчета гидробиотехнического сооружения является нагрузка в виде воздействия окружающей среды (волновые и ветровые течения, ледостав, температура и т.д.), гравитация, технологические операции при выращивании, эксплуатация. При расчете проектных нагрузок на сооружения и определения плотности посадки необходимо учитывать влияние морских обрастателей.

Штормоустойчивость и пластичность линий – это важные условия, которым должна соответствовать конструкция морской фермы. С одной стороны, она должна обладать «жесткой конструкцией», с сильным натяжением в линиях для устранения интенсивного воздействия волн и течений, беспорядочного встряхивания. С другой стороны, носители фермы необходимо прикреплять к чему-то эластичному для обеспечения определенной гибкости при движении волны и предотвращения разрывов и повреждений основных ли-

ний фермы. Поддержание такого натяжения базовых линий необходимо для успешного выращивания объектов, чтобы при любых условиях носители с гидробионтами (коллекторы, сетные рукава, садки) не перемещались резко вертикально в волнах или горизонтально под воздействием течений и во время их технического обслуживания. Многолетние наблюдения выявили, что из-за постоянного волнового движения организмы испытывают стресс, приводящий к снижению или даже остановке их роста. [3]

Конструкция гибкого ГБТС должна отвечать следующим требованиям марикультуры культивируемых беспозвоночных:

- быть довольно устойчивой при штормах и сильном ветровом воздействии;
- позволять при необходимости менять глубину размещения объектов;
- быть простой в установке и обслуживании.

С течением времени морские фермы изменяют местные подводные ландшафты. Ферма с ГБТС представляет собой пористое препятствие для потоков морской воды, которые обтекают ее двумерно (вокруг границ линий тока и под ними). Уровень такого воздействия зависит от плотности носителей, размеров гидробионтов, ориентации базовых линий к направлению течений и других параметров. [3]

Материал сооружения выбирают исходя из его физических свойств, запаса прочности и величины деформации при критических нагрузках. Канаты несущих элементов не должны иметь избыточной крутки и выделять загрязняющих веществ в окружающую среду, а должны сопротивляться агрессивному воздействию морской среды и быть устойчивыми к обрастанию. Для крепления плавучестей, находящихся преимущественно в верхних слоях воды нельзя использовать крученые канаты. В то же время материал для изготовления основных и выростных элементов должен быть устойчив к морским обрастателям.

Значение подъемной силы плавучести должно быть на 20–30 % больше величины потопляющей силы. С позиции уменьшения рывковых усилий лучше всего использование плавучестей небольших размеров и размещение их вдоль несущих элементов. [7]

Эксплуатация установок ГБТС происходит в условиях волнений, отливов и течений. Для расчета прочности нужно принять величину волнения и ветра до 9 баллов, а скорость приливо - отливных и постоянных течений до 0,25 м/с.

Таким образом, используемые ГБТС должны иметь структуры, выполняющие функции содержания культивируемых объектов в определенном районе и заданном горизонте в процессе их роста и развития. [5]

Культивирование морских гидробионтов считается материало- и капиталоемким производством [2]. Капитальные вложения для создания плантации по выращиванию морских беспозвоночных прямо пропорциональны площади участка акватории. Поэтому для повышения экономической эффективности в первую очередь необходимо снизить объем затрат на приобретение материалов ГБТС. Срок службы гидробиотехнических сооружений составляет 6 – 8 лет, а у большинства выростных элементов 2 – 3 года. В связи с этой важной ролью играет прочность материалов, из которых изготовлены ГБТС, они не могут быть дешевыми (материалы должны иметь значительный срок службы, противостоять коррозии и гниению в воде, устойчив к морским обрастателям и обеспечивать возможность очистки сооружения для увеличения срока эксплуатации). [2]

Результатом производства в марикультуре является объем выращенной продукции. В связи с длительностью производственного процесса окупаемость вложенных средств в марикультуру происходит через 3 – 4 года после начала реализации проекта за счет продажи товарной продукции или молоди, полученных с плантаций. Из-за биологических особенностей выращивания гидробионтов предприятию для выхода на самоокупаемость и самофинансирование необходим долгосрочный инвестиционный период (4-5 лет).

Для увеличения экономической эффективности стоит исключить затратные (например, водолазные) работы и по максимуму механизировать и автоматизировать технологические процессы. [5]

Главная задача разработки конструкции для увеличения объема и улучшения качества выращивания в определенной акватории (отношение полезных результатов к затратам).

Прирост полезной продукции за счет применения более продуктивной технологии (в данном случае применяемые сооружения), экономия потребленных затрат удельный объем продукции с 1 га ГБТС и является экономическим эффектом. [9]

Таким образом, для улучшения конструкций для выращиваемых объектов и оценки эффективности применяемых или планируемых гидробиотехнических сооружений, необходимо рассматривать их биологические, технические и экономические показатели. Такие показатели можно использовать при проектировании ГБТС, в опытно - конструкторских бюро и проектных организациях, а также на фабриках по изготовлению орудий лова и непосредственно на предприятиях марикультуры.

Библиографический список

1. Бровкина Е.П., Бойцов А.Н., Лескова С.Е. Использование подвесных и донных установок для выращивания устрицы тихоокеанской в условиях бухты Воевода. Национальная научно-техническая конференция «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019, С. 18–25.

2. Бровкина Е.П., Ким Э.Н., Лисиенко С.В. Марикультура Приморья организационно-экономические, производственные и финансовые проблемы и пути их решения // Научные труды Дальрыбвтуза. 2009. Т. 21. С. 12–19.

3. Вялова О.Ю., Прыгунова И.Л. Морские ландшафты и использование различных якорных систем на морских фермах Крыма // Экология и строительство. 2019. № 3. С. 4–11.

4. Вялова О.Ю. «Экологическая емкость» коллекторов разного типа для сбора спата мидии *Mytilus Gallprovincialis* в Черном море // Экология и строительство. 2020. № 1.

5. Жуков К. А. Динамика выростных элементов гидробиотехнических сооружений : Диссертация канд. техн. наук : 05.23.17. Владивосток, 2005. 154 с.

6. Лескова С.Е., Калинина Г.Г., Масленников С.И. Гидробиотехнические сооружения, применяемые в марикультуре для выращивания беспозвоночных и макроводорослей. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2009. 23 с

7. Семенов В.И., Сеславинский В.И. Проектирование орудий прибрежного рыболовства и гидробиотехнических сооружений марикультуры : учеб. пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. 106 с.

8. Стоценко А.А. Гидробиотехнические сооружения. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета, 1984. 135 с.

9. Технические средства марикультуры: сб. науч. тр. М.: ВНИРО, 1986. 188 с.

Леонид Анатольевич Бугаев

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Кубанский государственный университет, кандидат биологических наук, доцент, заведующий лабораторией, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: bugaevla@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-4440-0845

Наталья Алексеевна Небесихина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), заведующий лабораторией, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: nebesihinana@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-000106592-9361

Александра Шамилевна Алимова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), Донской государственный технический университет, ведущий специалист, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: alimovaash@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-8081-4519

Виктория Николаевна Гайдамаченко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»), ведущий специалист, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: gaidamachenkovn@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-8464-1723

Генетическое разнообразие производителей русского осетра из ремонтно-маточного стада Донского осетрового завода ФГБУ «Главрыбвод» в 2018-2023 гг.

Аннотация. Проведено исследование по определению генетического разнообразия на основе митохондриальных и микросателлитных маркеров производителей русского осетра, содержащихся в ремонтно-маточном стаде Донского осетрового завода. На основании полученных генотипов были рассчитаны пары скрещивания с указанием величины гетерогенности возможного потомства.

Ключевые слова: русский осетр, STR-локусы, митохондриальный гаплотип, пары скрещивания

Leonid A. Bugaev

Azov-Black Sea Branch of VNIRO Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («AzNIIRKH»), Kuban State University, PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: bugaevla@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-4440-0845

Natalia A. Nebesikhina

Azov-Black Sea Branch of VNIRO Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («AzNIIRKH»), Head of the Laboratory, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: nebesihinana@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-000106592-9361

Alexandra Sh. Alimova

Azov-Black Sea Branch of VNIRO Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («AzNIIRKH»), Don State Technical University, Main expert, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: alimovaash@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-8081-4519

Viktoriya N. Gaidamachenko

Azov-Black Sea Branch of VNIRO Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («AzNIIRKH»), Kuban State University, Main expert, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: gaidamachenkovn@azniirkh.vniro.ru, ORCID: 0000-0002-8464-1723

Genetic diversity of Russian sturgeon producers from the repair and brood stock of the Don Sturgeon Plant of the Federal State Budgetary Institution "Glavrybvod" in 2018-2023

Abstract. A study was conducted to determine genetic diversity based on mitochondrial and microsatellite markers of Russian sturgeon producers contained in the repair and breeding stock of the Don sturgeon plant. On the basis of the obtained genotypes, crossing pairs were calculated with an indication of the heterogeneity of the possible offspring.

Keywords: Russian sturgeon, STR-locuses, mitochondrial haplotype, crossing pairs

Введение

До недавнего времени осетровые рыбы являлись своеобразной визитной карточкой Азовского моря. Азовская белуга (*Huso huso*), осетр русский (*Acipenser gueldenstaedtii*), севрюга (*Acipenser stellatus*) и стерлядь (*Acipenser ruthenus*) имели промысловое значение [1]. Введение в строй ряда гидротехнических сооружений на реках Дон и Кубань привел к практически полной невозможности для осетровых достичь естественных нерестилищ. Вследствие этого возникла угроза полного исчезновения или существенного снижения численности для таких видов, как русский осетр, севрюга, белуга. В целях компенсации негативного влияния зарегулирования рек были построены воспроизводственные осетровые заводы (ОРЗ), задачей которых был выпуск молоди осетровых рыб в акватории бассейна Азовского моря. За период с 1956 по 2000 г. ОРЗ было выпущено 494 млн сеголеток севрюги и 469 — осетра [2]. На сегодняшний день на бассейне функционирует пять ОРЗ входящих в структуру ФГБУ «Главрыбвод», обеспечивающих более 95% процентов выпуска молоди осетровых: Донской ОРЗ, Гривенский ОРЗ, Ачуевский ОРЗ, Темрюкский ОРЗ. Выпуски производятся за счет бюджетных средств и средств, полученных за счет компенсации ущерба водным биологическим ресурсам в результате хозяйственной деятельности. Помимо этого выпуски молоди осуществляют и небольшие воспроизводственные предприятия, выпускающие молодь за счет компенсации.

Особенностью современного рыбоводно-технологического процесса на ОРЗ является полное отсутствие пополнения ремонтно-маточных стад (РМС) производителями, выловленными из природных водоемов. На всех заводах РМС формируется за счет особей, полученных и выращенных от икры [3]. Таким образом возникает ситуация возможного инбридинга при получении потомства. Единственный путь избежать этого – генетическая паспортизация всех производителей и последующий учет генотипа при подборе нерестующих пар. Методология подбора пар описана и хорошо отработана на практике. Описанная проблема характерна не только для ОРЗ, работающих в Азово-Черноморском бассейне, но и заводов Волго-Каспийского бассейна.

Говоря о генетическом разнообразии получаемой на ОРЗ молоди и о соотношении их генотипов с генофондом природных популяций, необходимо иметь представление о гаплотипическом разнообразии видов. Такие работы проводятся по осетровым видам рыб на всех бассейнах, где имеет место искусственное воспроизводство [4–8].

В рамках решения проблемы поддержания генетического разнообразия получаемой на осетровых рыбоводных заводах молоди с 2015 года производится постоянная работа по генотипированию производителей русского осетра, севрюги и белуги из РМС заводов ФГБУ «Главрыбвод» [9–13]. По результатам генотипирования формулируются рекомендации по наиболее оптимальному эксплуатированию РМС в части подбора пар производителей для получения наиболее разнообразного в генетическом аспекте потомства, сопоставимого с генофондом природных популяций осетровых рыб.

Таким образом, на текущий момент накоплен эмпирический материал, который на основании сравнительного анализа позволяет дать не только количественную характеристику эффективности искусственного воспроизводства осетровых через объемы выпускаемой молоди, но и качественную, основанную на оценке полиморфизма как производителей из РМС осетровых заводов, так и получаемого от них потомства.

Целью настоящего исследования было проведение генотипирования производителей русского осетра, содержащихся в ремонтно-маточном стаде Донского осетрового завода, входящего в структуру ФГБУ «Главрыбвод» в целях подготовки рекомендаций по подбору пар производителей, скрещивание которых позволит получить наиболее гетерогенное потомство.

Объекты и методы исследования

Материалом исследования служили 489 производителей русского осетра, выращенных от «икры» на Донском осетровом заводе Азово-Донского филиала ФГБУ «Главрыбвод» (ДОЗ). Данные производители русского осетра были использованы воспроизводственном процессе на ДОЗ в 2018–2023 гг. При отборе проб параллельно документировались основные биологические и рыбоводные характеристики рыб, а также фиксировался номер чипа.

Выделение ДНК проводили коммерческим набором «Экстран 2» («Синтол», Россия) из плавниковой каймы, отобранных прижизненно и зафиксированных для хранения в 96 % этаноле.

STR-генотипирование проводили по 5 микросателлитным локусам (Afug41, Afug51, An20, AoxD161 и AoxD165) [14–16]. На одну ПЦР брали 50 нг ДНК, по 1 пкМ меченых флуоресцентным красителем прямых праймеров, по 4 пкМ обратных (не меченых) праймеров, 5 мкл 2.5-х реакционной смеси для проведения ПЦР-РВ («Синтол», Россия). Для проведения реакции использовали режим амплификации Touch-Down: предварительная денатурация ДНК – 1 мин при 94°C; 8 циклов: плавление – 20 с при 95 °C, отжиг праймеров – 25 с при 58 °C в первом цикле со снижением в каждом последующем цикле на 0,5 °C, синтез ДНК – 40 с при 65 °C; 25 циклов: плавление – 20 с при 95 °C, отжиг праймеров – 25 с при 54 °C, синтез ДНК – 40 с при 65 °C; цикл досинтеза ДНК – 10 мин при 65 °C. Продукты амплификации микросателлитного анализа разделяли с помощью капиллярного электрофореза на устройстве секвенирования ДНК «Нанофор05» (ЭЗАН, Россия) в среде полимера «ПДМА6» («Синтол», Россия), используя размерный стандарт СД-450(LIZ) («Синтол», Россия). Полученные первичные данные обрабатывали с помощью программы «ДНК ФА» (Компания «Синтол», Россия).

Анализ полиморфизма участка мт-ДНК D-loop проводили с использованием праймеров: DL651 и ANR [17], только для самок, т.к. данный маркер наследуется только по материнской линии. На одну ПЦР-реакцию общим объемом 15 мкл брали до 30 нг ДНК по 10 пМоль праймеров, 5 мкл 2.5х реакционной смеси для проведения ПЦР-РВ («Синтол», Россия). Амплификация была выполнена на амплификаторе «Т-100 Thermal Cycler» («Bio-Rad», США) по следующим программам: предварительная денатурация при 95 °C – 10 мин; 30 циклов: 94 °C – 20 сек; 52 °C – 40 сек; 72 °C – 60 сек; этап досинтеза 72 °C – 10 мин; элангация при 10 °C – 10 мин. Визуализацию ПЦР продуктов проводили в 1,8 % агарозном геле в 1X TBE буфере с окрашиванием бромистым этидием.

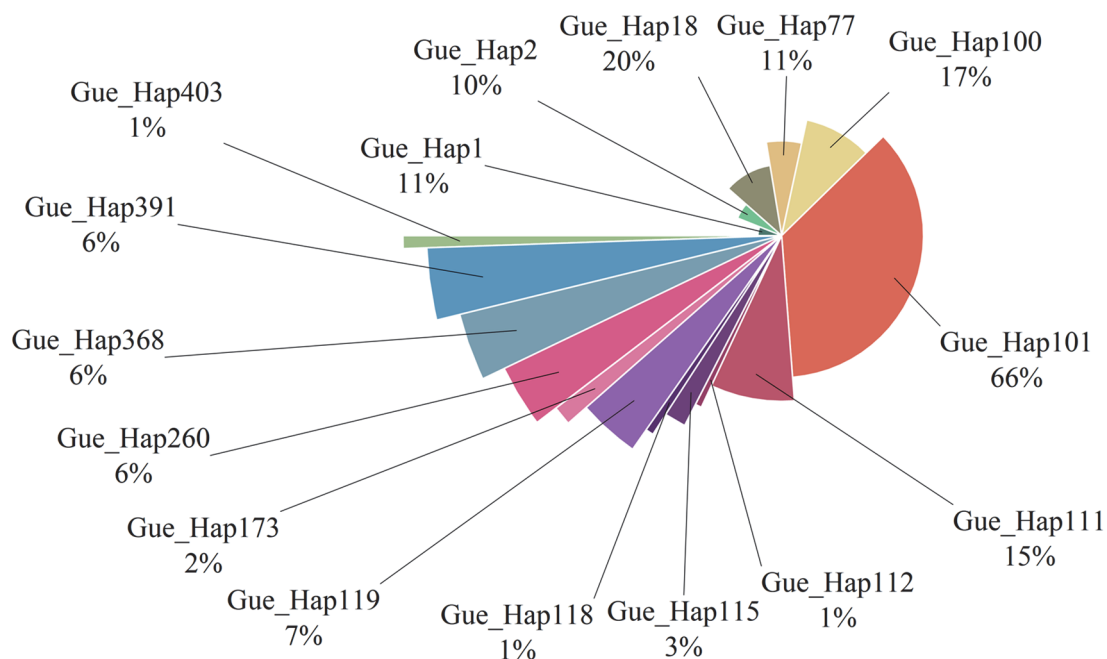
Секвенирование контрольного региона митохондриальной ДНК проводилось с одной цепи с праймера ANR (10 пкМ) на «Нанофор 05» (ЭЗАН, РАН), с использованием набора

реактивов BRILLIANT DYE™ Terminator Kit v.3.1 (NIMAGEN) в объеме реакции 10 мкл и с использованием прилагающегося к набору 5X реакционного буфера.

Статистическую обработку основных генетических показателей (среднее число аллелей на локус, доля «слабых гетерозигот», доля «полных гомозигот», наблюдаемая и ожидаемая гетерезитонность, частоты аллелей) провели в пакетах программ Excel 2007. Пакет программа Genassemblage 2.0 использован при расчете оптимальных пар скрещивания для 254 самок и 209 самцов русского осетра [18,19].

Результаты исследований

У производителей русского осетра было определено 15 митохондриальных гаплотипов, из 24 ранее обнаруживаемых в азовской популяции (рисунок). Наиболее массовым гаплотипом является GUE_Hap 101, который отмечен у 36 % самок. Гаплотипы GUE_Hap1, GUE_Hap2, GUE_Hap18, GUE_Hap77, GUE_Hap100 и GUE_Hap111 отмечены в значительном количестве и составляют 46 % от общего числа самок. Редкими гаплотипами можно считать GUE_Hap112, GUE_Hap115, и GUE_Hap403. Данные гаплотипы в РМС отмечены у единичных особей и гибель самки с таким гаплотипом влечет за собой потерю генетического разнообразия. Так же в РМС отмечены 2 особи каспийской популяции (GUE_Hap173). Девять гаплотипов, характерных для азовской популяции (GUE_Hap3, GUE_Hap19, GUE_Hap78, GUE_Hap98, GUE_Hap99, GUE_Hap165, GUE_Hap376, GUE_Hap386 и GUE_Hap456), в данной выборке производителей не зафиксированы.



Частота встречаемости митохондриальных гаплотипов у русского осетра из РМС Донского осетрового завода в 2018–2023 гг.

На основании данных STR-анализа по пяти тетраплоидным локусам в выборке производителей русского осетра было выявлено 90 аллелей. Среднее количество аллелей на особь колебалось от 2,3 (Afug51) до 3,3 (AoxD161) (таблица). Число аллельных вариантов на локус колебалось от 11 (AoxD161) до 24 (AoxD165). Наибольший размерный диапазон был характерен для локуса AoxD165 (164-218 пн), с доминирующим аллелем 178 пн. и частотой встречаемости 47,7 %. У локуса AoxD161 наименьший размерный ряд 102-144 пн., с тремя вариантами мажорных аллелей 126 пн., 130 пн., 134 пн. и частотой встречаемости 24,7 %, 17,8 % и 16,6 % соответственно. Аллели 232 пн., 236 пн., 240 пн. чаще всего (21,7 %, 19,7 % и 11,9 % соответственно) встречаются в локусе Afug51. У локуса An20 аллели 165 пн и 173 пн мажорные, частота их встречаемости 26,6 % и 37,1 % соответственно.

Значение ожидаемого уровня гетерозиготности (H_e) у производителей русского осетра варьировало от 94,8 в локусе AoxD165 до 99,7 в локусе у Afug41, в то время как наблюдаемая гетерозиготность (H_o) варьировала от 0,835 по локусу AoxD161 до 0,99 в локусе An20. В целом среднее значение наблюдаемой гетерозиготности по пяти STR-локусам не отклонялось от ожидаемого значения в природных популяциях.

Для анализа уровня генетической изменчивости помимо стандартных показателей был использован показатель количество «слабых гетерозигот», т.е. особей с двумя разными аллелями в тетраплоидном генотипе, один из которых трёхкопийный (AAAB) и «полных гомозигот» (AAAA). Учёт особей с такими генотипами особо важен при уменьшении эффективной численности популяции при её искусственном воспроизводстве. При составлении нерестовых пар необходимо избегать сочетания особей, имеющих тот же самый «слабо гетерозиготный» и «полно гомозиготный» генотипы, так как это обеспечит высокий процент гомозигот в потомстве. Отметим, что в исследуемой выборке аномально выделяются локусы AoxD165 и Afug51 имея высокие значения количества полных гомозигот и «слабых гетерозигот».

Характеристика полиморфизма STR-локусов производителей русского осетра из РМС ДОЗ 2018–20213 гг.

| Показатели | Наименование микросателлитных локусов | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | An20 | Afug41 | Afug51 | AoxD161 | AoxD165 |
| Аллельный размерный ряд, пн | 129-197 | 177-253 | 208-288 | 102-144 | 164-218 |
| Кол-во особей в выборке, экз. | 481 | 481 | 467 | 467 | 477 |
| Общее число аллелей | 15 | 19 | 21 | 11 | 24 |
| Среднее число аллелей на локус | 2,8 | 3,2 | 2,3 | 3,3 | 2,6 |
| Доля «слабых гетерозигот» AAAB, % | 17,3 | 6,2 | 18,6 | 7,9 | 30,6 |
| Доля «полных гомозигот» AAAA, % | 5,2 | 4,8 | 16,5 | 1,1 | 14,5 |
| Наблюдаемая гетерозиготность, H_o | 0,990 | 0,950 | 0,948 | 0,835 | 0,855 |
| Ожидаемая гетерозиготность, H_e | 0,995 | 0,997 | 0,976 | 0,996 | 0,948 |

Для 254 самок и 209 самцов русского осетра из РМС «ДОЗ» было просчитано 53086 вариантов пар скрещивания из них 32 % были оптимальны и 64 % возможны в использовании. Используя в рыбоводном процессе оптимальные варианты скрещивания у пары производителей русского осетра потомство может унаследовать от 24 до 34 аллеля. При возможных вариантах потомством наследуется 18-23 аллеля. Уровень наблюдаемой гетерозиготности у выпускаемой молоди будет иметь высокие показатели 0,944 – 1,000.

Заключение

Изучение митохондриальных и микросателлитных маркеров производителей русского осетра, выращенных от «икры», содержащихся в РМС Донского осетрового завода, позволило сделать вывод о высоком генетическом разнообразии рыб, выращиваемых в целях искусственного воспроизводства и пополнения природных популяций. Это позволяет произвести оптимальный подбор пар производителей в целях получения наиболее гетерогенного потомства, соответствующего генофонду русского осетра из Азовского моря.

Библиографический список

1. Горбачева Л.Т., Горбенко Е.В., Панченко М.Г., Воробьева О.А., Павлюк А.А. К вопросу развития искусственного воспроизводства азовских осетровых в связи со 150-летием осетроводства России // Водные биоресурсы и среда обитания. 2020. Vol. 3, № 4. Р. 111–119.
2. Реков Ю.И., Чепурная Т.А. Основные направления восстановления промысловых запасов азовских осетровых рыб // Материалы Международной научно-практической кон-

ференции, посвященной 90-летию Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства: «Актуальные вопросы рыболовства, рыбоводства (аквакультуры) и экологического мониторинга водных экосистем». Ростов-на-Дону: Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, 2018. С. 211–214.

3. Воробьева О.А., Горбенко Е.В., Панченко М.Г., Павлюк А.А. Особенности созревания самок русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) в условиях Темрюкского и Гривенского осетровых рыбоводных заводов // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021. Vol. 4, № 1. P. 44–49.

4. Алимova А.Ш., Небесихина Н.А., Гайдамаченко В.Н. Анализ полиморфизма ядерной и митохондриальной ДНК русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) в бассейне Черного моря // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития. Материалы I Международной научно-практической конференции (28-29 марта 2023 г., г. Москва), ФГБНУ «ВНИРО» / под ред. Колончина К.В., Булатова О.А., Харенко Е.Н., Трубы А.С. Москва: Изд-во ВНИРО, 2023.

5. Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Природный генетический полиморфизм и филогеография сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Генетика. 2017. Vol. 53, № 3.

6. Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Генетический полиморфизм сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 в аквакультуре // Генетика. 2018. Vol. 54, № 2.

7. Тимошкина Н.Н., Небесихина Н.А., Иванова Е.А., Лепешков А.Г., Барминцева А.Е. Микросателлитный полиморфизм природных и доместичированных азово-черноморских популяций севрюги *Acipenser stellatus* // Вопросы рыболовства. 2018. Vol. 19, № 4.

8. Щербакова В.Д., Барминцева А.Е., Мюге Н.С. Дифференциация стерляди (*Acipenser ruthenus* L., 1758) Европы и Западной Сибири по данным митохондриальной ДНК. Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии // Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы X Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. Федеральное агентство по рыболовству, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». 2022. С. 151–154.

9. Бугаев Л.А., Небесихина Н.А., Мирзоян А.В., Войкина А.В. Результаты изучения вклада заводского воспроизводства в пополнение популяций осетровых рыб в бассейне Азовского моря в 2017-2022 гг. // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития: материалы I Международной научно-практической конференции (28-29 марта 2023 г., г. Москва), ФГБНУ «ВНИРО» / под ред. Колончина К.В., Булатова О.А., Харенко Е.Н., Трубы А.С. М.: Изд-во ВНИРО, 2023. P. 477–483.

10. Гайдамаченко В.Н., Небесихина Н.А., Алимova А.Ш. Генетическое разнообразие ремонтно-маточного стада русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii*) на Темрюкском заводе в современный период // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития. Материалы I Международной научно-практической конференции (28–29 марта 2023 г., г. Москва), ФГБНУ «ВНИРО» / под ред. Колончина К.В., Булатова О.А., Харенко Е.Н., Трубы А.С. М.: ВНИРО, 2023.

11. Козлова Н.В., Макарова Е.Г., Барегамян М.А., Мирзоян А.В. Современные подходы к сохранению генетического разнообразия осетровых рыб Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна // Генетика - фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции: материалы VIII научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону; Таганрог. 2019. P. 222–224.

12. Тимошкина Н.Н., Небесихина Н.А., Иванова Е.А., Лепешков А.Г., Барминцева А.Е. Микросателлитный полиморфизм природных и доместичированных азово-черноморских популяций севрюги *Acipenser stellatus* // Вопросы рыболовства. 2018. Vol. 19, № 4.

13. Щербакова В.Д., Барминцева А.Е., Сафронов А.С. Оценка вклада каспийских осетровых рыбоводных заводов ФГБУ «Главрыбвод» в пополнение природной популяции русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833) в 2022 г. с применением генетических методов // Рыбохозяйственный комплекс России: проблемы и перспективы развития: мате-

риалы I Международной научно-практической конференции (28–29 марта 2023 г., г. Москва), ФГБНУ «ВНИРО» / под ред. Колончина К.В., Булатова О.А., Харенко Е.Н., Трубы А.С. М.: ВНИРО, 2023.

14. Henderson A., King T. Novel microsatellite markers for Atlantic sturgeon (*Acipenser oxyrinchus*) population delineation and broodstock management // Mol. Ecol. Notes. 2002. Vol. 2. P. 437–439.

15. Welsh A., Blumberg M., May B. Identification of microsatellite loci in lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, and their variability in green sturgeon, *A. medirostris* // Mol. Ecol. Notes. 2003. Vol. 3. P. 47–55.

16. Zane L., Patarnello T., Ludwig A., Fontana F., Congiu L. Isolation and characterization of microsatellite in the Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*) // Mol. Ecol. Notes. 2002. Vol. 2. P. 586–588.

17. Мюге Н.С., Барминцева А.Е., Расторгуев С.М., Мюге В.Н., Барминцев В.А. Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов // Генетика. 2008. Vol. 44, № 7. P. 1–7.

18. Kaczmarczyk D., Wolnicki J. Genassemblage 2.0 software as a tool for maintaining genetic variation in human dependent fish populations // Front. Mar. Sci. 2019. Vol. 6.

19. Kaczmarczyk D., Wolnicki J. Genassemblage 2.0 software facilitates conservation of genetic variation of captively propagated species: 1 // Sci. Rep. Nature Publishing Group, 2020. Vol. 10, № 1. P. 17871.

Артур Александрович Волошин

Калининградский государственный технический университет, магистрант, Россия, Калининград, e-mail: arthur.voloschin@yandex.ru

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Анализ конструкции садков аквакультуры

Аннотация. Рыболовство играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и способствует экономическому развитию многих стран. Множество людей задействовано в данной сфере, что тоже не мало важно. Благодаря развитию науки всемирное рыболовство сильно возросло в своей деятельности. Рыба и морепродукты стали добываться в колоссальных масштабах, что негативно сказалось на их численности в Мировом океане. Раньше люди считали, что рыбные запасы Мирового океана безграничны, но это не так. В связи с этим для рациональной эксплуатации существуют квоты на вылов, не позволяющие исчерпать водные биологические ресурсы. Но как быть дальше, если квоты либо находятся на том же уровне, либо уменьшаются и при этом численность мирового населения с каждым годом увеличивается. Решением этой проблемы является масштабное развитие аквакультуры. В Калининградской области уже задумались над этим и по поручению губернатора Антона Алиханова был запущен проект по выращиванию атлантического лосося из икринок. Проект продлится до 2027 г. и предусматривает ежегодное производство в объемах до 1000 тонн [1]. Это не единственный проект по разведению рыбы. В Калининградской области также выращивают карпа, осетра, стерлядь, форель и речного угря. Выращивание рыбы в садках имеет значительные перспективы развития. В них можно выращивать, как различные виды рыб, так и ракообразных и моллюсков. Привлекателен данный способ и тем, что в садках создаются условия, приближенные к естественным. Это благоприятно сказывается на росте и здоровье выращиваемого объекта. В садках производится контроль качества воды и содержания питательных веществ. Также в садках обеспечивается защита от хищников.

Ключевые слова: аквакультура, садки, гидробионты, продовольственная безопасность, каркас, капроновая дель, конструкция, мостки, понтоны, штормоустойчивость

Arthur A. Voloshin

Kaliningrad State Technical University, Master's degree student, Russia, Kaliningrad, e-mail: arthur.voloschin@yandex.ru

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Analysis of the construction of aquaculture cages

Abstract. Fishing plays an important role in ensuring food security and contributes to the economic development of many countries. A lot of people are involved in this area, which is

also not a little important. Thanks to the development of science, world fishing has greatly increased in its activities. Fish and seafood began to be mined on a colossal scale, which negatively affected their numbers in the oceans. Previously, people believed that the fish stocks of the world's oceans are limitless, but this is not so. In this regard, there are catch quotas for rational exploitation that do not allow to exhaust aquatic biological resources. But what to do next if quotas are either at the same level or are decreasing and at the same time the world population is increasing every year. The solution to this problem is the large-scale development of aquaculture. The Kaliningrad region has already thought about this and, on behalf of the Governor Anton Alikhanov, a project was launched to grow Atlantic salmon from eggs. The project will last until 2027 and provides for annual production of up to 1,000 tons [1]. This is not the only fish breeding project. Carp, sturgeon, sterlet, trout and river eel are also grown in the Kaliningrad region. The cultivation of fish in cages has significant development prospects. They can be used to grow various types of fish, as well as crustaceans and mollusks. This method is also attractive because conditions close to natural conditions are created in the cages. This has a positive effect on the growth and health of the cultivated object. In the cages, water quality and nutrient content are monitored. The cages also provide protection from predators.

Keywords: aquaculture, cages, hydrobionts, food security, frame, nylon del, construction, bridges, pontoons, storm resistance

Аквакультура представляет собой процесс выращивания водных организмов, таких как рыбы, моллюски и ракообразные, в контролируемых условиях. Развитие аквакультуры в России является важной задачей для обеспечения продовольственной безопасности. В Калининградской области происходит постепенное расширение рыбоводных мощностей. В регионе выращиваются такие виды рыб, как карп, осётр, форель и речной угорь. Разведение угря является уникальным и единственным в России. Компания «ГУДФИШ» с 2022 г. занимается выпуском молоди угря и в этом году уже был произведён выпуск молоди. Планируется каждый год выпускать в водоёмы региона от 1,5 до 2,5 миллионов этого вида, что позволит вылавливать в заливах не 15, как сейчас, а 100 тонн в год. Кроме этого проекта, по поручению губернатора Антона Алиханова будет выращиваться атлантический лосось, представляющий большую ценность. Этот проект продлится до 2027 г. и предусматривает ежегодное производство в объемах до 1000 тонн [1].

История аквакультуры начинается с древних времен, когда люди начали заниматься рыболовством. Основателями аквакультуры являются древние цивилизации, такие как Мексика, Китай, Египет, Индия и Римская империя [2]. В то время люди занимались выращиванием рыб в специальных водоемах или каналах. Это позволяло получать стабильный источник пищи и контролировать количество рыбы в водоемах. С течением времени аквакультура развивалась и распространялась по всему миру. В средние века аквакультура стала важной частью экономики многих стран, включая Италию, Испанию, Францию и другие. В этих странах активно развивалось рыбоводство и разведение устриц, мидий и других моллюсков. В XIX и XX веках аквакультура начала развиваться еще быстрее благодаря развитию науки и технологий. Были разработаны новые методы выращивания рыб, такие как использование искусственных кормов, контроль температуры и освещения, а также использование антибиотиков для предотвращения заболеваний. Сегодня аквакультура является одним из основных источников белка для многих стран.

Выращивание рыбы в садках – это один из видов аквакультуры, который заключается в разведении рыбы в специальных конструкциях, состоящих из сетки, каркаса и швартовой системы. Садковое выращивание рыб началось в 1851 г. в Камбодже, где материалом служит бамбуковый каркас. В России выращивание рыб в садках стало развиваться с 1950 г. [3]. Сейчас аквакультурой занимаются многие страны по всему миру, включая Китай, Индию, Индонезию, Египет, Норвегию, США и многие другие страны. В некоторых странах

аквакультура является важной частью национальной экономики, обеспечивая значительный процент производства рыбы и других водных продуктов. ФАО заявляет, что в производстве выращиваемой рыбы доминирует Азия (89% мирового объема в натуральном выражении за последние 20 лет). Чили, Китай, Египет и Норвегия являются ведущими производителями в Америке, Азии, Африке и Европе соответственно (рис. 1) [4].

| WORLD AQUACULTURE PRODUCTION BY REGION AND SELECTED MAJOR PRODUCERS | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Regions and selected countries | 2010 | | | 2020 | | |
| | Animals | Algae | All species | Animals | Algae | All species |
| <i>(thousand tonnes, live weight)</i> | | | | | | |
| Africa | 1 286.1 | 138.3 | 1 424.4 | 2 250.2 | 104.1 | 2 354.3 |
| <i>(percentage in world)</i> | <i>(2.23)</i> | <i>(0.69)</i> | <i>(1.83)</i> | <i>(2.57)</i> | <i>(0.30)</i> | <i>(1.92)</i> |
| Egypt | 919.6 | | 919.6 | 1 591.9 | | 1 591.9 |
| <i>(percentage in Africa)</i> | <i>(71.50)</i> | | <i>(64.56)</i> | <i>(70.74)</i> | | <i>(67.62)</i> |
| Northern Africa, excluding Egypt | 10.1 | | 10.1 | 40.1 | 0.3 | 40.4 |
| <i>(percentage in Africa)</i> | <i>(0.78)</i> | | <i>(0.71)</i> | <i>(1.78)</i> | <i>(0.27)</i> | <i>(1.72)</i> |
| Nigeria | 200.5 | | 200.5 | 261.7 | | 261.7 |
| <i>(percentage in Africa)</i> | <i>(15.59)</i> | | <i>(14.08)</i> | <i>(11.63)</i> | | <i>(11.12)</i> |
| Sub-Saharan Africa, excluding Nigeria | 155.9 | 138.3 | 294.2 | 356.5 | 103.8 | 460.3 |
| <i>(percentage in Africa)</i> | <i>(12.12)</i> | <i>(100.00)</i> | <i>(20.66)</i> | <i>(15.84)</i> | <i>(99.73)</i> | <i>(19.55)</i> |
| Americas | 2 514.6 | 12.9 | 2 527.6 | 4 375.2 | 25.3 | 4 400.5 |
| <i>(percentage in world)</i> | <i>(4.35)</i> | <i>(0.06)</i> | <i>(3.24)</i> | <i>(5.00)</i> | <i>(0.07)</i> | <i>(3.59)</i> |
| Chile | 701.1 | 12.2 | 713.2 | 1 485.9 | 19.6 | 1 505.5 |
| <i>(percentage in Americas)</i> | <i>(27.88)</i> | <i>(94.17)</i> | <i>(28.22)</i> | <i>(33.96)</i> | <i>(77.39)</i> | <i>(34.21)</i> |
| Rest of Latin America and the Caribbean | 1 154.5 | 0.8 | 1 155.3 | 2 270.1 | 5.4 | 2 275.5 |
| <i>(percentage in Americas)</i> | <i>(45.91)</i> | <i>(5.83)</i> | <i>(45.71)</i> | <i>(51.89)</i> | <i>(21.43)</i> | <i>(51.71)</i> |
| North America | 659.0 | | 659.0 | 619.2 | 0.3 | 619.5 |
| <i>(percentage in Americas)</i> | <i>(26.21)</i> | | <i>(26.07)</i> | <i>(14.15)</i> | <i>(1.19)</i> | <i>(14.08)</i> |
| Asia (excluding Cyprus) | 51 228.8 | 20 008.2 | 71 237.0 | 77 377.0 | 34 916.3 | 112 293.3 |
| <i>(percentage in world)</i> | <i>(88.70)</i> | <i>(99.18)</i> | <i>(91.41)</i> | <i>(88.43)</i> | <i>(99.54)</i> | <i>(91.61)</i> |
| China (mainland) | 35 513.4 | 12 273.3 | 47 786.7 | 49 620.1 | 20 862.9 | 70 483.1 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(69.32)</i> | <i>(61.34)</i> | <i>(67.08)</i> | <i>(64.13)</i> | <i>(59.75)</i> | <i>(62.77)</i> |
| India | 3 785.8 | 4.2 | 3 790.0 | 8 636.0 | 5.3 | 8 641.3 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(7.39)</i> | <i>(0.02)</i> | <i>(5.32)</i> | <i>(11.16)</i> | <i>(0.02)</i> | <i>(7.70)</i> |
| Indonesia | 2 304.8 | 3 915.0 | 6 219.8 | 5 226.6 | 9 618.4 | 14 845.0 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(4.50)</i> | <i>(19.57)</i> | <i>(8.73)</i> | <i>(6.75)</i> | <i>(27.55)</i> | <i>(13.22)</i> |
| Viet Nam | 2 683.1 | 18.2 | 2 701.3 | 4 600.8 | 13.9 | 4 614.7 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(5.24)</i> | <i>(0.09)</i> | <i>(3.79)</i> | <i>(5.95)</i> | <i>(0.04)</i> | <i>(4.11)</i> |
| Bangladesh | 1 308.5 | | 1 308.5 | 2 583.9 | | 2 583.9 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(2.55)</i> | | <i>(1.84)</i> | <i>(3.34)</i> | | <i>(2.30)</i> |
| Rest of Asia | 5 633.1 | 3 797.4 | 9 430.5 | 6 709.6 | 4 415.8 | 11 125.4 |
| <i>(percentage in Asia)</i> | <i>(11.00)</i> | <i>(18.98)</i> | <i>(13.24)</i> | <i>(8.67)</i> | <i>(12.65)</i> | <i>(9.91)</i> |
| Europe (including Cyprus) | 2 537.3 | 2.1 | 2 539.4 | 3 270.0 | 21.8 | 3 291.7 |
| <i>(percentage in world)</i> | <i>(4.39)</i> | <i>(0.01)</i> | <i>(3.26)</i> | <i>(3.74)</i> | <i>(0.06)</i> | <i>(2.69)</i> |
| Norway | 1 019.8 | | 1 019.8 | 1 490.1 | 0.3 | 1 490.4 |
| <i>(percentage in Europe)</i> | <i>(40.19)</i> | | <i>(40.16)</i> | <i>(45.57)</i> | <i>(1.54)</i> | <i>(45.28)</i> |
| European Union (27) | 1 072.1 | 1.4 | 1 073.5 | 1 093.8 | 0.5 | 1 094.3 |
| <i>(percentage in Europe)</i> | <i>(42.25)</i> | <i>(70.17)</i> | <i>(42.27)</i> | <i>(33.45)</i> | <i>(2.38)</i> | <i>(33.24)</i> |
| Rest of Europe | 445.5 | 0.6 | 446.1 | 686.1 | 20.9 | 707.0 |
| <i>(percentage in Europe)</i> | <i>(17.56)</i> | <i>(29.83)</i> | <i>(17.57)</i> | <i>(20.98)</i> | <i>(96.08)</i> | <i>(21.48)</i> |
| Oceania | 189.7 | 12.8 | 202.5 | 228.5 | 10.1 | 238.6 |
| <i>(percentage in world)</i> | <i>(0.33)</i> | <i>(0.06)</i> | <i>(0.26)</i> | <i>(0.26)</i> | <i>(0.03)</i> | <i>(0.19)</i> |
| WORLD | 57 756.4 | 20 174.3 | 77 930.7 | 87 500.9 | 35 077.6 | 122 578.5 |

SOURCE: FAO.

Рисунок 1 – Отчёт ФАО по глобальному распределению продукции аквакультуры по регионам за 2022 г.

В Китае существует множество фирм по разведению рыбы и других водных объектов, но крупнейшей является «China Fisheries Group», расположенная в городе Тяньцзинь [5]. Компании «SalMar» и «Mowi», ранее известная как «Marine Harvest», являются лидирующими в мире компаниями по выращиванию лосося. Эти компании принадлежат Норвегии, при этом рыболовные фермы располагаются не только в этой стране. «SalMar» выращивает рыбу также в Исландии и Шотландии [6]. Фермы компании «Mowi» находятся в Шотландии, Канаде, Ирландии, Чили и на Фарерских островах. «Mowi» контролирует порядка 30% мирового рынка лосося и форели, что даёт ей право считаться лидирующей компани-

ей в отрасли [7]. В российской аквакультуре можно выделить такие фирмы, как «INARCTICA» и «Русский лосось». Обе занимаются выращиванием лосося и форели. «INARCTICA», ранее известная как «Русское море» и «Русская аквакультура», является российским лидером по выращиванию этих гидробионтов. Хозяйства располагаются в Баренцевом море и озерах Карелии [8]. Фермы компании «Русский лосось» располагаются вблизи побережья Баренцева моря. Его история началась с 2005 г. и продолжается по сей день. Предприятие является первой российской компанией, начавшей выращивать атлантического лосося в промышленных масштабах. В 2007 г. эта фирма установила первое рыбководное хозяйство из 6 садков и в этом же году импортировала из Норвегии мальков атлантического лосося. С 2007 г. по 2013 г. «Русский лосось» создал 7 рыбководных ферм, основанных на садковом выращивании. При этом было установлено более 140 садков [9].

Выращивание в садках – это малоотходный метод ведения сельского хозяйства с высокой отдачей и наименьшими выбросами углекислого газа. Разведение рыбы в существующем водоеме устраняет одно из самых больших ограничений рыбководства на суше - потребность в постоянном притоке чистой, насыщенной кислородом воды. Садковые фермы расположены таким образом, чтобы использовать естественные течения, которые обеспечивают рыбу кислородом и другими подходящими природными условиями, а также удаляют отходы. Ввиду высокой продуктивности, достигаемой в садках, это может сыграть значительную роль в увеличении общего объема производства рыбы [10].

В садках в основном выращиваются рыбу, но также объектами культивирования могут быть моллюски и ракообразные. Выбор гидробионта для выращивания в садках зависит от региона, климатических условий, доступности воды и типа садка. Например, в умеренных и холодных водах часто выращивают лососевые виды рыб (лосось, форель), в то время как в тропических и субтропических регионах популярными являются тилапия, креветки и устрицы. Также в садках могут выращиваться мидии и гребешки, которые играют важную роль в улучшении качества воды и поддержании биологического равновесия в водоемах.

В России выращивают такие виды рыб, как лосось, форель, сиг, пелядь. В центральной части страны, помимо перечисленных рыб, выращиваются осетровые: стерлядь, бестер, остер, белуга, русский и сибирский осетры. При этом стерлядь является наиболее перспективной для разведения. Теплолюбивые виды рыб, такие как карп, толстолобик, белый амур, канальный сом и тилапия, выращивают в южных регионах России, а также на водоемах-охладителях и в сбросных каналах электростанций [11].

Садки могут быть различных размеров и форм. Они могут быть сделаны из деревянных реек или металлической сетки, но чаще всего используется капроновая дель, которая крепится к каркасу. Их конструкция зависит от климатических условий, вида выращиваемого объекта и от характеристики водоёма. Водоёмы, как известно, бывают морские и пресноводные. Для внутренних водоёмов используются следующие типы садков: стационарные, плавающие и плавающие садки на понтонах [3].

Стационарные садки (рис. 2) устанавливаются на дне водоёмов с помощью свай, обеспечивающих неподвижность конструкции. Для удобной эксплуатации вдоль садков сооружают мостки. Садки размещаются в виде линии, протяженность которой ограничивается определенной глубиной водоёма, соответствующей длине свай. Данное ограничение в совокупности с нестабильным уровнем воды подводит к использованию других типов садков - плавающие и плавающие садки на понтонах.

Плавающие садки (рис. 3), в отличие от стационарных, устанавливаются вдали от берега и при этом могут размещаться как одиночно, так и группами. Для установки используются уже не сваи, а якорные устройства. Но и этот способ имеет свои минусы. Для эксплуатации садков требуются плавсредства, а при неблагоприятных погодных условиях добраться до них становится затруднительно. К тому же, в отличие от стационарных садков, плавающие, как правило, не используются в зимнее время года, когда водоём покрыт льдом.

Последний тип пресноводных садков – это плавающие садки на понтонах (рис. 4). Понтон представляет собой устройство, которое помогает удерживать садок на воде. Может изго-

товляться из пластика, металла или дерева. На понтонах прокладываются мостки, с которых происходит обслуживание садков. Данный тип садков обеспечивает связь с берегом, осуществляя перемещение различных механических средств (трактор, кормораздатчик и т.д.) и передвижение работников. Садки, как правило, изготавливаются из капроновой де-ли, но также могут изготавливаться из пластмассовых и металлических сеток [12]. В отличие от плавающих садков без понтонов, выращивание может производиться круглый год.

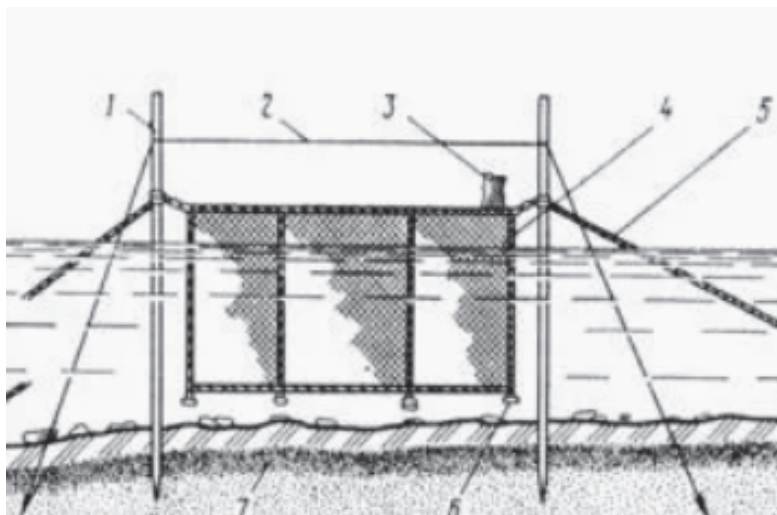


Рисунок 2 – Стационарный садок: 1 – гундеры; 2 – проволочная рама; 3 – сетчатый рукав для посадки в садок рыбы и раздачи корма; 4 – садок; 5 – торос, крепящий гундеры; 6 – грузы; 7 – грунт

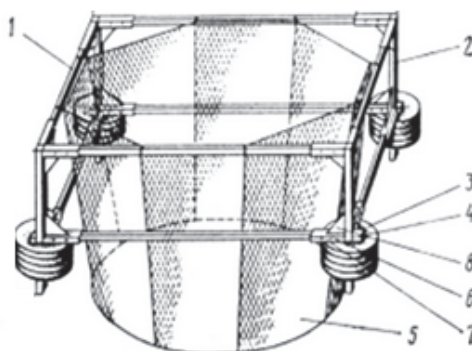


Рисунок 3 – Плавающий садок: 1 – четырёхгранная труба; 2 – угловая стойка из четырёхгранных труб; 3 – поплавок из пенопласта; 4 – разъёмные звенья; 5 – сетчатая часть садка; 6 – болт; 7 – горизонтальные трубчатые гнезда угловых стоек; 8 – связующий стальной треугольник

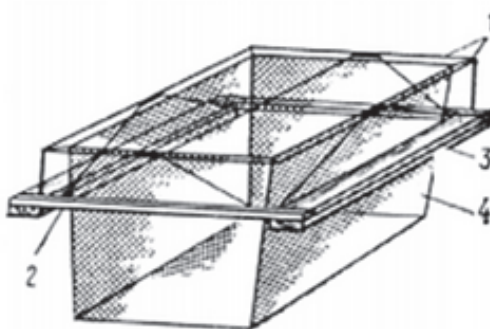


Рисунок 4 – Плавающий садок на понтоне: 1 – рама из железных труб; 2 – деревянные брусья; 3 – полистироловые плиты в деревянном каркасе; 4 – делевый садок

Садки, эксплуатируемые в морской среде, имеют свои сложности. Основная проблема заключается в придании садкам штормоустойчивости. Течения деформируют форму садка и, таким образом, уменьшают объём, что влияет на текущие нагрузки. В результате сетка может соприкоснуться с канатом для утяжеления или с цепями, что может привести к повреждению сетки. Неправильно сконструированный садок может значительно деформироваться в суровых погодных условиях, что влечёт за собой разрушение конструкции и, соответственно, потерю выращиваемого объекта. Могут возникать большие нагрузки на оснастку из-за эластичности конструкции [13]. Даже небольшое изменение скорости потока воды может приводить к большим изменениям в распределении гидродинамических сил. Кроме того, потоки воды определяют распределение питательных веществ, отходов и растворенного кислорода в сетчатом каркасе [14]. Таким образом, морские садки должны иметь более сложные конструкторские решения. Существуют следующие конструкции морских садков: погружные садки, садки на гибком понтоне и каркасные садки [3].

Погружные садки (рис. 5) устанавливаются на различных глубинах, обеспечивающих наилучшие условия для выращивания. Особенность конструкции заключается в наличии резервуара с воздухом – кессона, который дополнительно обеспечивает объект разведения кислородом. Кессон также включает в себя запас корма, который раздаётся в автоматическом режиме по заданной программе. Самое главное, что данная конструкция обеспечивает полную независимость от штормов и ледяного покрова.

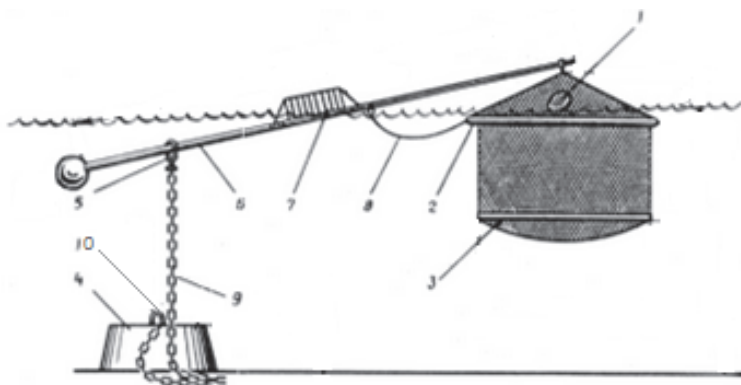


Рисунок 5 – Погружной садок: 1 – отверстие для подачи корма; 2 – рама из полиэтиленового шланга; 3 – рама из металлического прута; 4 – бетонный блок-якорь; 5 – скоба-вертлюг; 6 – деревянная штанга-шест; 7 – пенопластовый буй; 8 – страховочная уздечка; 9 – цепь; 10 – рым

Конструкция садка на основе гибкого понтона (рис. 6) также обеспечивает достаточную штормоустойчивость. Такой садок состоит из резиновых труб, которые благодаря эластичности осуществляют целостность конструкции. При этом форма конструкции также сохраняется благодаря давлению в трубах. В отличие от прошлого типа, этот более простой в использовании. Успешное применение данного способа продемонстрировала Япония, выращивая такой вид рыб, как кижуч [3].

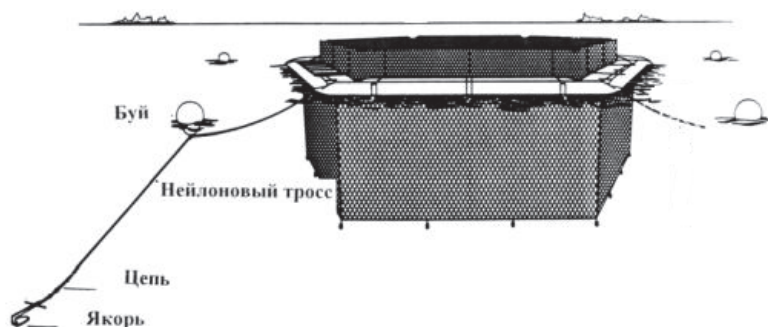


Рисунок 6 – Садок на гибком понтоне

Каркасный тип (рис. 7) имеет сложную конструкцию сферической формы. Каркас садка изнутри затянут алюминиевой сеткой. Наверху и снизу имеются поплавки. Нижний поплавок имеет специальную камеру, через которую подается воздух в садок. При подаче воздуха через трубку происходит всплытие и поворот садка до горизонтального расположения оси. Эта промысловая операция обеспечивает доступ внутрь и дальнейшую работу с садком. Имеющаяся продольная перегородка предназначена для сбора мёртвой рыбы, которая скатывается при вращении садка. После чего эта рыба удаляется через специальное отверстие в стенке садка. Также имеется решётчатая перегородка, которая при вращении садка сортирует рыбы по размерам. Кормление рыбы происходит за счёт устройства, расположенного на судне.

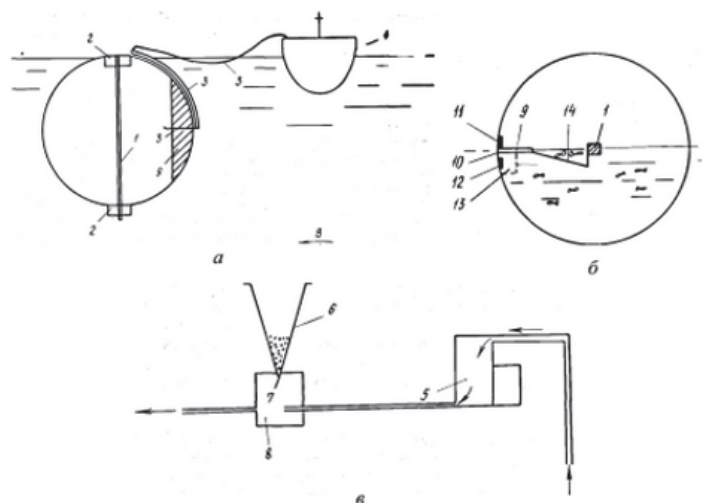


Рисунок 7 – Схема каркасного садка сферической формы: а – общий вид, б – положение садка при всплытии, в – схема подачи корма; 1 – ось; 2 – пустотелый поплавок; 3 – трубка; 4 – судно; 5 – насос; 6 – бункер; 7 – дозатор; 8 – смеситель; 9 – продольная перегородка; 10 – окно; 11 – раздвижное отверстие; 12 – отверстие; 13 – сетчатый отсек; 14 – решётчатая перегородка

Конструктивно садки можно разделить на индивидуальные и групповые. Индивидуальные садки, в отличие от групповых, располагаются на некотором расстоянии друг от друга, что обеспечивает прирост естественного корма. Такие садки, как правило, предназначены для сиговых рыб, нуждающихся в кормлении за счёт водоёма [3].

Индивидуальные садки (рис. 8) принимают форму усеченной пирамиды за счёт грузов, расположенных по углам нижней поверхности садка. Сами садки крепятся с помощью якорных растяжек. Подвижные садки крепятся одним якорем.



Рисунок 8 – Индивидуальные садки

Групповые садки они же садковые секции или линии (рис. 9) позволяют осуществлять их обслуживание с мостков, имея связь с берегом. При этом можно механизировать эти линии, чтобы уменьшить ручную работу.

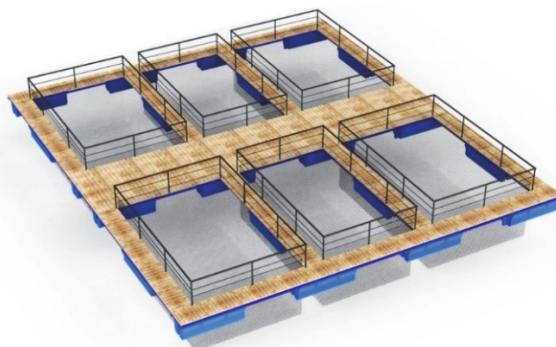


Рисунок 9 – Групповые садки

Таким образом, садки аквакультуры являются сложными инженерными сооружениями, изучение которых первостепенно стоит перед исследователями и проектировщиками садковых линий индустриальной аквакультуры. Поэтому в преддверии анализа конструкций необходимо будет рассчитывать гидродинамику садков на штормоустойчивость.

Библиографический список

1. РБК новости Калининграда. URL: <https://kaliningrad.rbc.ru/kaliningrad/11/10/2023/65268esa9a79472f4ca24c25> (дата обращения: 12.10.2023).
2. Рыбалка с комфортом: как развивалась рекреационная аквакультура // Русская рыба. Силь жизни. 2021. № 5. URL: <https://rusfishjournal.ru/publications/рыбалка-с-комфортом-как-развивалась-p/> (дата обращения: 12.10.2023).
3. Григорьев, С.С. Индустриальное рыбоводство: в 2 ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения / С.С. Григорьев, Н.А. Седова. Петропавловск- Камчатский: КамчатГТУ, 2008. 186 с.
4. URL: <https://www.iffo.com/aquaculture> (дата обращения: 12.10.2023).
5. URL: https://cn.soopage.com/company/China-Fisheries-Group-Corporation_4DWt.html (дата обращения: 13.10.2023).
6. URL: <https://www.salmar.no/> (дата обращения: 13.10.2023).
7. URL: <https://iiwiki.ru/wiki/Mowi> (дата обращения: 13.10.2023).
8. URL: <https://inartica.com/company/about/> (дата обращения: 13.10.2023).
9. URL: https://rusalmon.ru/about_us/ (дата обращения: 13.10.2023).
10. URL: http://eprints.cmfri.org.in/10813/1/Theeranaipunya_Boby.pdf#:~:text=Cage%20aquaculture%20involves%20growing%20fishes,reservoir%2C%20river%2C%20lake%20or%20sea (дата обращения: 14.10.2023).
11. Хайновский, К.Б. Основы индустриальной аквакультуры: учеб.-методич. пособие по выполнению заданий практ. занятий для студ. по направлению подгот. 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» квалификации бакалавр / К.Б. Хайновский, Е.И. Хрусталев. Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2020. 152 с.
12. Пономарев С.В., Баканева Ю.М., Федоровых Ю.В. Аквакультура: учебник. Москва: МОРКНИГА, 2016. Ч. 1. 438 с.
13. Faltinsen, O.M., Shen, Y. Wave and Current Effects on Floating Fish Farms. J. Marine. Sci. Appl. 17, 284–296 (2018). URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11804-018-0033-5> (дата обращения: 14.10.2023).
14. Bi, C.-W., Zhao, Y.-P., Dong, G.-H., Zheng, Y.-N., Gui, F.-K. A numerical analysis on the hydrodynamic characteristics of net cages using coupled fluid-structure interaction model. Aquacultural Engineering 59, 1–12 (2014). URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014486091400003X?fr=RR-2&ref=pdf_download&rr=81704b241a27c41a (дата обращения: 14.10.2023).

Делик Доккович Габаев

Национальный научный центр морской биологии имени А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: gabaevdd@mail.ru

Проблемы и их решение в области марикультуры

Аннотация. Представлены результаты многолетних наблюдений за процессом культивирования некоторых промысловых беспозвоночных и водорослей. Полученные материалы позволяют оптимизировать процесс их разведения и добиться его рентабельности. Однако, к сожалению, эти результаты не знакомы сотрудникам Филиала ВНИРО (ТИНРО), пишущим технологии, и это сказывается на состоянии марикультуры в крае.

Ключевые слова: приморский гребешок, тихоокеанская мидия, гигантская устрица, ламинария (сахарина) японская и ламинария цихориоидес

Delik D. Gabaev

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, PhD, Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: gabaevdd@mail.ru

Challenges and their solutions in mariculture

Abstract. The paper presents the results of long-term observations on the process of cultivation of some commercial invertebrates and algae. The results obtained allow optimising the process of their cultivation and achieving its profitability. However, unfortunately, these results are not familiar to the staff of the VNIRO Branch - writers of technologies, and this affects the state of mariculture in the Krai.

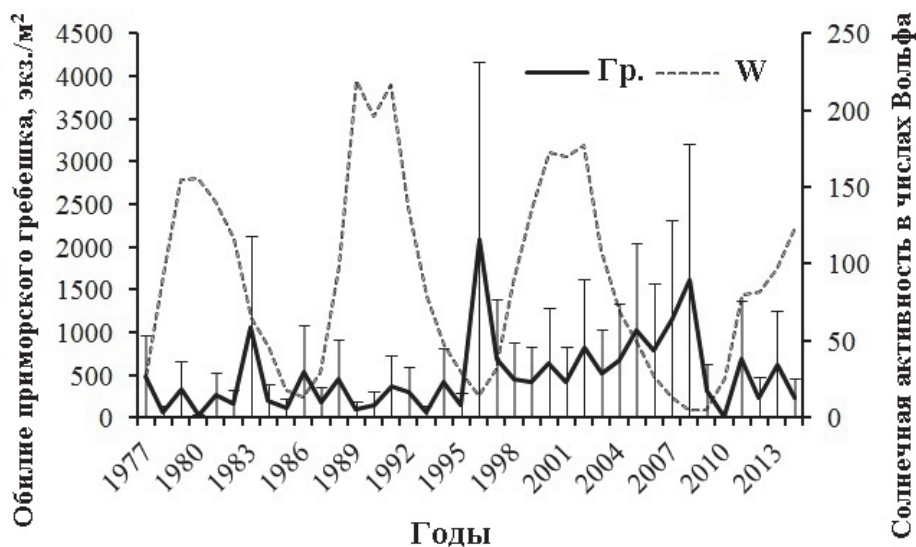
Keywords: Japanese scallop, Pacific mussel, Giant oyster, Japanese kelps (Saccharina) and cychorioides

Культивирование двустворчатых моллюсков в Приморском крае, как правило, убыточно [1] и компенсируется рыболовством и разведением ценной голотурии – трепанга. Эти убытки, скорее вызваны тем, что содержат много ручного труда [2], и до сих пор не имеют той механизации, как у создателей этой технологии – японцев. В Японии подъем коллекторов и садков осуществляет подъемный кран, механизирована сортировка, сверление и подвешивание моллюсков за ушко, а выращенный урожай подается по транспортировочной ленте. Механизирован также процесс очистки плоских садков от обрастателей. Однако отсутствие этих приспособлений можно компенсировать другой конструкцией коллекторов, позволяющей выращивать моллюсков без пересадки в садки, а знание продолжительности жизни некоторых массовых обрастателей позволяет не бороться с ними, поскольку они погибают на следующий год.

38-летние исследования динамики численности приморского гребешка обнаружили у него квазидвухлетнюю динамику (рисунок), означающую постоянное появление средне и неурожайных лет. Для стабилизации сбора посадочного материала мы опробовали способ выращивания личинок гребешка в садках из капронового сита. Этот способ был рассчитан на то, что корм личинкам будет поступать снаружи, а сами они будут обитать в садке.

Личинок приморского гребешка выращивали в 200 л емкостях, стоящих на берегу бухты Миносок залива Посьета и в садках из капронового сита объемом 1 м³. Для нереста использовали производителей в возрасте 5–7 лет, отловленных на мелководе бухты Миносок. На воздухе они находились один час, где их отмывали от ила и обрастателей и

за это время они открывали створки, позволяя определить пол. После этого самок помещали в большую емкость, а самцов – в десятилитровый сосуд. Нахождение на воздухе, а также ультрафиолетовая радиация стимулировали нерест и самцы почти сразу начинали нереститься. Для стимуляции самок к ним приливали воду из емкости с самцами из расчета 5 сперматозоидов на икринку [3]. Во время выращивания личинок [4] было обнаружено, что вечером и в пасмурную погоду велигеры держатся у поверхности, а на ярком свете выстилают дно и засыпают. Это позволяло без страха за потерю личинок менять верхний слой воды. Более короткая продолжительность пелагической стадии у личинок (20–25 дней) по сравнению у обнаруженными [5] – 40 днями вызвана тем, что автор проводил наблюдения при 8–10 °С, а в нашем случае – при 12–17 °С [4].



38-летняя динамика численности молоди приморского гребешка на коллекторах в бухте Миноносок залива Посьета и солнечной активности в числах Вольфа

В 1977 г. опыты по выращиванию личинок проводили с производителями, взятыми из холодных вод о-ва Фуругельма. Они находились как в садке, расположенном в кутовой части бухты Миноносок, так и в емкостях на берегу. После достижения личинками стадии велигер, их переносили из емкостей в садок. Размер ячеев в садке был ~120 мкм и большая часть велигеров выбиралась наружу. В результате, на плантации, приближенной к садку, размер спата оказался меньше чем на коллекторах, расположенных на выходе из бухты [6]. Наши опыты с мечением личинок нейтральным красным и использованием белых производителей обнаружили их сохранность в бухте Миноносок ~ 15 % выращенных личинок.

У заимствованной в Японии технологии культивирования приморского гребешка есть трудоемкая и затратная операция – пересадка сеголеток из коллекторов в садки. При этом, даже использование мешочных коллекторов [7] не спасает молодь и при пересадке в среднем теряется 30 % спата [8]. Для оптимизации разведения гребешков на дне было предложено несколько конструкций искусственных рифов «донных коллекторов», помещенных на дно без оболочки. В заливе Посьета в 1977—1980 гг. на 14 станциях их было выставлено около 1500 шт. В 1980 г. около 30 экз. было погружено на выходе из бухты Миноносок и через несколько лет на этом участке дна была обнаружена высокая плотность приморского гребешка.

Многолетние наблюдения за рифами из отходов сетематериалов позволяет сделать вывод, что их функционирование зависит от величины плавучести. В первый год нахождения под водой вся их рабочая поверхность участвует в сборе и подращивании личинок. По капроновой веревке Ø 3–6 мм, соединяющей груз и субстрат морские звезды подняться не могут. На следующий год, из-за подросшей тихоокеанской мидии, субстрат начинает ка-

саться дна и звезды заползают на него. После второго нереста, уцелевшая тихоокеанская мидия в заливе Посьета погибает, субстрат отрывается от дна и за счет обрастателей – гидроидов и бурых водорослей полноценно функционирует как коллектор. Однако осенью субстрат окрашивается в изумрудный цвет из-за подростшей мидии Грея, личинки которой два года назад осели на биссус тихоокеанской мидии и субстрат частично теряет свои собирающие свойства. Со временем, под тяжестью долгоживущей мидии Грея и других обрастателей, в том числе *Mytilus galloprovincialis* и *Mytilus coruscus* субстрат медленно ложится на дно, но даже через 13 лет выступающая над дном часть субстрата продолжает принимать и подращивать личинок.

Одновременно с постановкой рифов, на 14 станциях зал. Посьета помещали на дно гирлянды мешочных коллекторов японской конструкции. Наблюдения за обилием спата на них показали, что больше личинок гребешка оседает у мысов, открытых к юго-восточным ветрам, превалирующим в июне. Вертикальное расположение мешков позволило установить, что у каждого вида имеется свой горизонт, на котором обилие их молоди максимально. Учитывая характер вертикального распределения на коллекторах молоди морской звезды *Asterias amurensis* с одной стороны, и спата промысловых двустворчатых моллюсков – с другой, можно рекомендовать для сбора личинок приморского гребешка горизонт 9–16 м, для тихоокеанской мидии – 0–4 м, для японского гребешка – 5–6 м, а гребешка Свифта – 8.5–16.5 м [9]. Даже на конусах коллектор-садков наблюдается различие между видами в выборе мест для оседания. Тихоокеанская мидия выбирается на наружную сторону оболочки. Гребешки приморский, японский, *Pododesmus macrochisma* и *Septifer keene* располагаются на наружной стороне конусов, а молодь гребешка Свифта и мидии Грея чаще встречается внутри конусов. При многоярусных поселениях полнее используется субстрат и пища из различных слоев воды, чем достигается меньшее напряжение отношений в сообществе [10].

Из-за нахождения традиционных морских плантаций у поверхности, во время штормов молодь стряхивается на дно мешков раньше времени, создавая скученность, приводящую моллюсков к гибели или остановке в росте [11]. Еще больший отход наблюдается у тихоокеанской мидии, личинки которой оседают на мягкие субстраты, находящиеся у поверхности, поскольку не выдерживают повышения температуры до 28 °С [12] и качки. Более благоприятные условия для сбора урожая мидии складываются в том случае, если сразу после подвешивания коллекторы притапливают на зиму.

Сопоставление материала, полученного в заливе Посьета с другими акваториями Приморья, позволяет сделать вывод, что условия воспроизводства приморского гребешка в заливе Петра Великого и севернее, до мыса Оляровского совпадают. Однако севернее (бухта Кит) наблюдается асинхронность с южными акваториями [13]. Возможно, это связано с тем, что рядом с бухтой Кит расположена цепь гор с наиболее высокой в Приморье горой Облачная (1854м), локально преобразующей климат [14]. Дальше на север (залив Владимира), по нашим двухлетним наблюдениям и многолетним Г.Г. Шумик условия воспроизводства начинают совпадать с южными акваториями, поскольку этот залив оказывается в области дождевой тени [15]. Если сопоставить солнечную активность в числах Вольфа с суммарным обилием молоди в Приморье, то можно обнаружить высокий коэффициент корреляции, позволяющий говорить о солнечной активности, как определяющей урожай года, а конкретные результаты на акватории зависят от ее региональных особенностей [16]. Эта асинхронность в воспроизводстве гребешка между заливом Посьета и бухтой Соколовского уже используется при обмене посадочным материалом.

Неправильный выбор глубины расположения гребешковых плантаций в бухте Алексева и Славянском заливе в 1978 г. (10 метров) привел к тому, что гребешковые коллекторы и садки покрывались тихоокеанской мидией. Это основной конкурент для приморского гребешка и высокие трудозатраты при борьбе с мидией привели к убыточности там хозяйств марикультуры и через 10 лет их закрыли. Однако до сих пор фермеры используют эти глубины для выращивания приморского гребешка [17].

В заливе Посыета на гребешковых коллекторах, помещенных в море в середине мая, личинок камчатского краба отмечалось в 4 раза больше, чем на коллекторах, погруженных в середине июня, а наиболее оптимальная глубина для их сбора располагалась на 13.5 м [18]. Подросшая на гребешковых коллекторах молодь во время линьки способна выбираться через ячейку Ø 5 мм, поскольку все двухгодовалые особи встречались сверху на мешках. Летом, при подъеме на поверхность, они активно сопротивляются и погибают в воде, достигающей 24 °С. Скорее всего у ювенилов камчатского краба существуют агрегации (поддинг), поскольку по сообщению рыбаков около п. Славянка сейнеры иногда поднимают тралы, полные молоди. Впервые мы обнаружили молодь камчатского краба в 1980 г. на искусственных рифах, выставленных в 1978 г. около острова Фуругельма. Рифы были обросшими гидроидом *Obelia longissima* и обилие пищи у краба и осенняя гомотермия позволили обнаружить их сидящими на субстрате при подъеме его на поверхность. На мой взгляд, постройка таких рифов у Камчатки, где много личинок, более целесообразна для восстановления запасов ценного ракообразного, чем выращивание в Приморье молоди в аквариумах с последующим ее переносом на искусственные рифы.

Гребешковые коллекторы являются экологической ловушкой для многих ценных беспозвоночных, поскольку при пересадке спата из коллекторов в садки эти животные погибают. Для уменьшения гибели сопутствующих видов настоятельно требуется выращивать приморского гребешка без пересадок на коллектор-садках, где они тоже достигнут либо промыслового, либо жизнестойкого размера [2].

При выращивании рассады ламинарии (*Saccharina japonica*) в бассейнах ЭБМ Глазковка оказалось, что половина ее гибнет под воздействием грамм-отрицательных бактерий, а оставшаяся половина поедается фитофагами – ракообразными во время проведения «адаптации» в море. В результате этого в 1985 г. шесть гектаров морских плантаций в бухте Кит оказались без рассады. Однако увеличение освещенности бассейнов до 9 тыс. люкс, ежедневное переворачивание рамок с рассадой и отмена «адаптации» позволила сохранять 100 % рассады и три водорослевых участка Приморья в конце 80-х годов достигали в сумме урожая 5 тыс. тонн сырца. Однако наш опыт выращивания рассады ламинарии не пригодился для следующего поколения ученых и на нитях с острова Попова в 2021 г. опять не было спорофитов.

В ризоидах ламинарии японской молодь тихоокеанской мидии становится «азотфиксатором», поскольку ее метаболиты усваиваются слоевищами, зона роста которых находится рядом. После снятия урожая ризоиды еще год не разрушаются и становятся полноценными коллекторами, на которых мидия достигает промыслового размера. Этого же размера она достигает и в коллектор-садках вместе с приморским гребешком, если оболочка имеет размер ячейки 15–20 мм.

Выращивание в подвешенном состоянии ценной водоросли ламинарии цихориоидес показало, что в проливе Старка ее слоевица из-за вмятин в сильной степени покрываются тихоокеанской мидией и если ее не очищать, то слоевица превращается в мидийный коллектор.

Осев на ракушечные коллекторы, устрица так сильно прикрепляется к раковине гребешка и соседей, что выращенный урожай приходится снимать с помощью отвертки, травмируя устрицу и руки. Даже на пластиковых коллекторах они мешают друг другу расти. В этом случае наиболее оптимальным субстратом для устрицы будут металлические прутья с поперечным диаметром 8–10 мм. Моллюски там растут вверх, не конкурируя друг с другом за пространство.

Библиографический список

1. Жук, А.П. Организационно-экономические основы формирования системы управления инновационной деятельностью в хозяйствах марикультуры и их проектная реализация (на примере Приморского края) / А.П. Жук, Е.С. Новосёлова // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 157. С. 253–268.

2. Габаев, Д.Д. Беспересадочное культивирование промысловых двустворчатых моллюсков / Д.Д. Габаев // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9, № 1(33). С. 218–243.
3. Гинзбург, А.С. Роль концентрации спермиев в процессе осеменения гамет у двустворчатых моллюсков / А.С. Гинзбург // Биол. моря. 1975. № 1. С. 51–57.
4. Габаев, Д.Д. Выращивание личинок приморского гребешка до стадии оседания / Д.Д. Габаев, С.А. Калашникова // Биол. моря. 1980. № 5. С. 85–87.
5. Ямамото Г. Разведение приморского гребешка в заливе Муцу. Изд. Ассоциации японских рыбопромышленников // Нихон суйсанкай. 1964. 80 с.
6. Коновалова, Н.Н. Промышленный сбор спата приморского гребешка / Н.Н. Коновалова, Г.В., Поликарпова // Рыбное хозяйство. 1983. № 9. С. 27.
7. Заявка 55-23046. Способ и приспособление для сбора плавающих в толще воды личинок моллюсков (Япония). / 55-23046 // № 51-61992. Заявлено 28.05.76; Опубл. 20.06.80.
8. Габаев, Д.Д. Создание оптимальных условий для выращивания гребешка и мидии в зал. Посъета / Д.Д. Габаев // Рыбное хозяйство. 1986. № 7. С. 42–43.
9. Габаев, Д.Д. Оседание личинок двустворчатых моллюсков и морских звезд на коллекторы в заливе Посъета Японское море / Д.Д. Габаев // Биол. моря. 1981. № 4. С. 59–65.
10. Парталы, Е.М. К изучению вертикальной структуры биоценоза морского обрастания / Е.М. Парталы // Биол. моря. 1980. № 4. С. 79–81.
11. Раков, В.А. Особенности распространения личинок и роста спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в бухте Киевка Японского моря. Исследования морских экосистем и биоресурсов (отв. ред. В.П. Челомин) / В.А. Раков, Ю.И. Зуенко, А.Г. Свитина. М.: Наука, 2007. С. 519–530.
12. Габаев, Д.Д. Антропогенное эвтрофирование залива Посъета Японского моря устьевками марикультуры / Д.Д. Габаев, А.В. Кучерявенко, Н.А. Шепель // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 1. С. 53–62.
13. Габаев, Д.Д. Динамика численности промысловых двустворчатых моллюсков на коллекторах и границы ее асинхронности / Д.Д. Габаев // материалы науч. конф. Киев: ИНБЮМ АН СССР. 1988. Ч. 2. С. 230–231.
14. Наумов, Ю. А. Экология Приморского края: учеб. пособие. / Ю.А. Наумов // Находка: Инст. технол. и бизн. 2010. 206 с.
15. Пианка, Э. Эволюционная экология / Э. Пианка. М.: Мир, 1981. 400 с.
16. Габаев, Д. Д. Динамика численности некоторых двустворчатых моллюсков в российских водах Японского моря и ее прогноз / Д.Д. Габаев // Океанология. 2009. Т. 49, № 2. С. 237–247.
17. Гаврилова, Г.С. Эффективность культивирования приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) в Уссурийском заливе (Японское море) / Г.С. Гаврилова, Л.Н. Ким // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 185. С. 240–250.
18. Габаев, Д.Д. Экология воспроизводства камчатского краба / Д.Д. Габаев // Экология. 2007. Т. 38, № 2. С. 112–118.

Елена Анатольевна Горбачева

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), кандидат биологических наук, научный сотрудник, Россия, Мурманск, e-mail: gorbach@pinro.ru, ORCID: 0000-0001-6926-3587

Анна Михайловна Лаптева

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), главный специалист, Россия, Мурманск, e-mail: lapteva@pinro.ru, ORCID: 0000-0002-0482-6577

**Содержание металлов и мышьяка в северной креветке (*Pandalus borealis*)
Баренцева моря**

Аннотация. Изучено содержание Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Co, Fe, Pb, Hg и общего As в мышцах северной креветки Баренцева моря. Накопление Pb, Cd и Hg в мышцах креветки было ниже предельно допустимых уровней. Содержание общего As в мышцах креветки превышало предельно допустимый уровень в 53 % исследованных проб. Креветки, выловленные в северо-восточных, южных и центральных районах Баренцева моря, отличались по содержанию в мышцах Pb, Zn и Cu.

Ключевые слова: северная креветка, загрязнение, тяжелые металлы, мышьяк, Баренцево море

Elena A. Gorbacheva

Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich), PhD, Researcher, Russia, Murmansk, e-mail: gorbach@pinro.ru, ORCID: 0000-0001-6926-3587

Anna M. Lapteva

Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich), Chief Specialist, Russia, Murmansk, e-mail: lapteva@pinro.ru, ORCID: 0000-0002-0482-6577

**Content of metals and arsenic in northern shrimp (*Pandalus borealis*)
of the Barents Sea**

Abstract. The paper presents the study of Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Co, Fe, Pb, Hg and total As content in muscles of northern shrimp of the Barents Sea. The accumulation of Pb, Cd and Hg in shrimp muscles was below the maximum permissible levels. The content of total As in shrimp muscles exceeded the maximum permissible level in 53 % of studied samples. Shrimps caught in the northeastern, southern and central areas of the Barents Sea differed in Pb, Zn and Cu content in their muscles.

Keywords: northern shrimp, pollution, heavy metals, arsenic, Barents Sea

Металлы поступают в водную среду как в результате естественных геохимических процессов, так и вследствие антропогенного воздействия (сжигание топлива и отходов, производство металлов, красителей, химикатов и др.) [1]. Они способны накапливаться в живых организмах и передаваться по пищевым цепям. Повышенное содержание металлов в морской среде может негативно отразиться на процессах биопродуктивности биоценозов и качестве морепродуктов [2].

Исследования показали высокую способность ракообразных к аккумуляции микроэлементов. Коэффициенты накопления тяжелых металлов в их тканях достигают 10^3 – 10^4 [3]. Вместе с тем отмечают изменчивость содержания микроэлементов в ракообразных, которая определяется влиянием гидрохимических условий в водоеме, формой нахождения металлов, спектром питания, антропогенным воздействием и др. [3, 4].

Северная креветка (*Pandalus borealis*) относится к промысловым видам ракообразных. Она распространена в бореальных и арктических водах Северной Атлантики и Пацифики [5]. Достаточно многочисленна северная креветка в фьордах Баренцевоморского побережья, у Западного Шпицбергена и на шельфе Баренцева моря [6]. В Баренцевом море этот вид обитает в придонных слоях воды, преимущественно на глубинах 200–400 м при температуре воды 1–8 °С и солености 25,9–35,7 ‰ [5]. В 2019 г. вылов северной креветки в Баренцевом море составил 67 тыс. т [7], 2020 г. – 53 тыс. т [8].

Цель работы – изучить содержание Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Co, Fe, Pb, Hg и As в мышцах северной креветки Баренцева моря в 2021–2022 гг.

Северная креветка для исследований была выловлена тралом «Campelen 1800» в рейсах НИС МК–0102 «Вильнюс» в северо-восточных, центральных и южных районах Баренцева моря в 2021–2022 гг. (рис. 1).

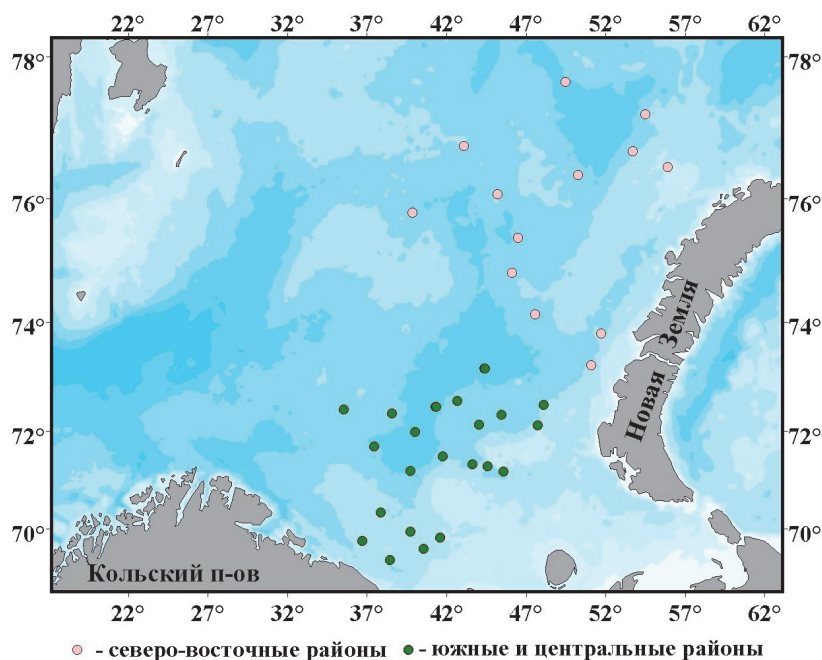


Рисунок 1– Карта-схема расположения станций отбора проб северной креветки в Баренцевом море в 2021–2022 гг.

Содержание металлов и мышьяка в мышцах северной креветки определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu» AA-6800. При подготовке проб для анализа использовали метод «мокрой» минерализации [9]. Нижний предел обнаружения применяемого метода анализа для каждого из металлов составлял 0,001 мкг/г сырой массы.

Статистическую обработку результатов исследований проводили в программах Excel 2016 и Statistica 13. При оценке нормальности распределения полученных данных использовали критерий Шапиро-Уилка. Для сравнения содержания металлов в мышцах креветок из разных районов Баренцева моря применяли U - критерий Манна-Уитни. При проведении статистического анализа с помощью критериев Шапиро-Уилка и Манна-Уитни концентрации металлов, которые были ниже предела обнаружения применяемого метода анализа, заменяли на ноль.

Всего было изучено 38 проб, каждая из которых включала мышцы 12 экз. креветок, выловленных на одной станции.

Результаты исследований накопления металлов и мышьяка в мышцах северной креветки представлены в таблице. Следует отметить, что распределение данных по содержанию большинства металлов в мышцах северной креветки отличалось от нормального.

Содержание микроэлементов в мышцах северной креветки Баренцева моря

| Статистические показатели | Микроэлементы, мкг/г сырой массы | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------|------------|------------|------------|------------|-----|------------|-----|------------|
| | Cu | Zn | Ni | Cr | Cd | Co | Fe | Pb | As | Hg |
| Мин. | 1,5 | 6,8 | $<10^{-3}$ | $<10^{-3}$ | $<10^{-3}$ | $<10^{-3}$ | 2,5 | $<10^{-3}$ | 1,1 | $<10^{-3}$ |
| Макс. | 7,4 | 58 | 0,91 | 0,94 | 1,18 | 0,98 | 96 | 0,95 | 7,9 | 0,12 |
| Медиана | 2,9 | 13,3 | – | – | – | – | 24 | – | 5,1 | – |
| Среднее | 3,2 | 16,3 | – | – | – | – | 32 | – | 5,2 | – |

Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) установлены нормативы содержания в мышцах промысловых ракообразных Pb, As, Cd и Hg, накопление которых не должно превышать 10, 5, 2 и 0,2 мкг/г сырой массы соответственно [10]. Содержание Pb, Cd и Hg в мышцах северной креветки Баренцева моря было ниже установленных ТР ТС 021/2011 предельно допустимых уровней (ПДУ) для каждого из этих металлов. Так, например, максимальное содержание Pb в мясе изученных экземпляров креветки оказалось на порядок ниже ПДУ. Накопление As в мышцах северной креветки Баренцева моря превышало ПДУ в 53 % исследованных проб. Повышенное содержание As в гидробионтах Баренцева моря обсуждалось в публикациях [11]. Отмечают, что в организме рыб и беспозвоночных накапливаются преимущественно органические соединения As, которые не оказывают токсического воздействия и быстро выводятся из организма человека [12].

Анализ результатов исследований, представленных в литературе, показал, что в мышцах северной креветки Баренцева моря в ряде случаев регистрировались более высокие концентрации Hg, Pb, Cd и Fe, чем в северной креветке из Японского моря [13]. По данным упомянутого исследования в мясе северной креветки, выловленной в Японском море, также наблюдалось превышение ПДУ по содержанию As (17 % изученных экземпляров).

Мы сравнили наши данные по накоплению металлов и As в мясе креветок из северо-восточных районов и креветок из центральных и южных областей Баренцева моря с помощью непараметрического U - критерия Манна-Уитни. Результаты статистического анализа показали, что креветки из разных районов Баренцева моря отличались по накоплению в мышцах Pb, Zn и Cu (рис. 2). Так, мышцы креветок из южных и центральных районов статистически значимо больше загрязнены Pb, чем мышцы креветок из северо-восточных областей ($p=0,009$). В то же время в мясе креветок, выловленных на северо-востоке, по сравнению с пойманными в центральных и южных областях, статистически значимо выше содержание Zn ($p=0,004$) и Cu ($p=0,001$). Не выявлено статистически значимых отличий по накоплению в мышцах креветок из разных районов моря Ni, Cr, Cd, Co, Fe, Hg и As ($p=0,06-0,91$).

Более высокое накопление Pb в мышцах креветок из южных и центральных районов моря, вероятно, обусловлено техногенным воздействием. Свинец попадает в окружающую среду в результате сжигания нефти и бензина, вместе с автомобильными выхлопами, при выплавке черных и цветных металлов, производстве красителей и др. [14]. Известно, что поступление Pb из антропогенных источников заметно превышает природное [12]. Южные районы Баренцева моря наименее удалены от освоенных в хозяйственном отношении участков побережья Кольского п-ова, и Pb может попадать в морскую среду вследствие разноса дымов автотранспорта, интенсивной навигации и др. [15]. В южные и центральные районы Баренцева моря свинец, как и другие поллютанты, также может переноситься вместе с водами Северо-Атлантического течения от промышленных центров Северной Европы. По данным исследований в южных и центральных районах Баренцева моря

регистрировалось превышение фонового уровня по содержанию в воде Pb [16]. В.И. Гуревич [15] отмечал более высокое содержание Pb в придонном слое воды, донных отложениях и макрозообентосе прибрежных районов Центрального и Восточного Мурмана, по сравнению с другими районами Баренцева моря, что по его мнению обусловлено антропогенным воздействием.

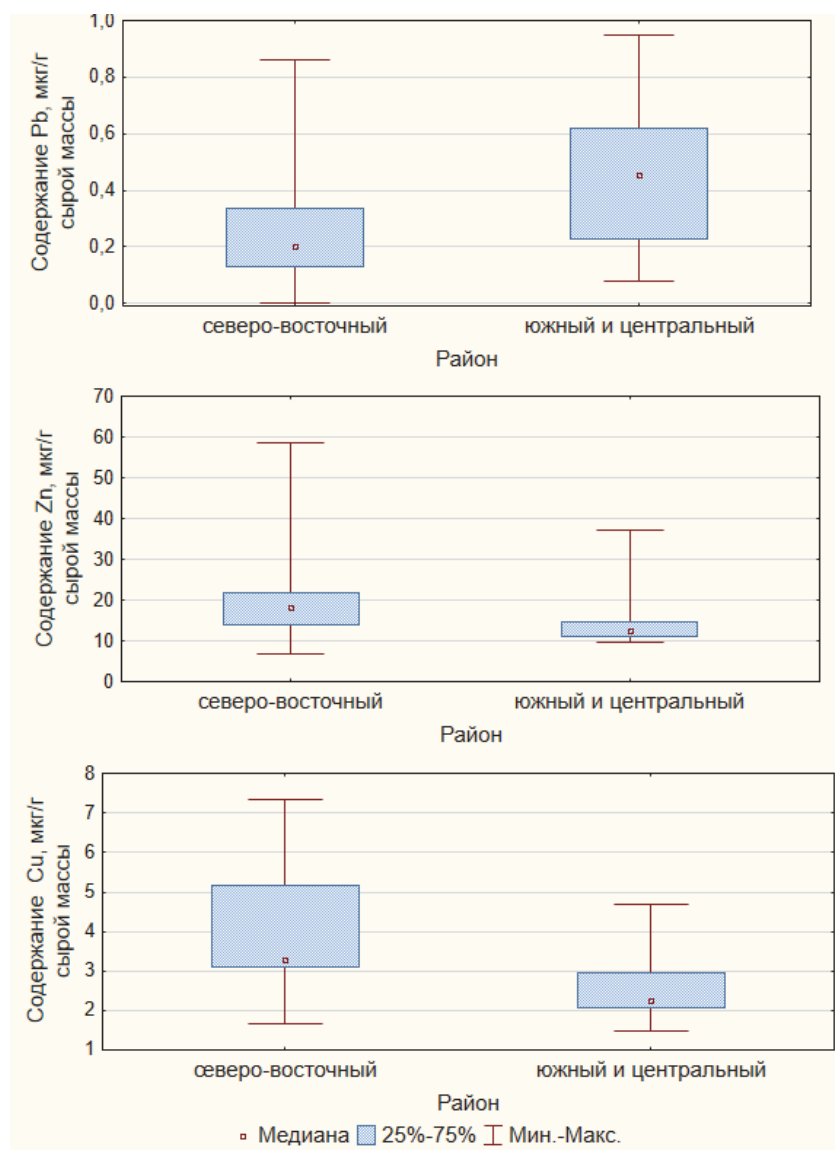


Рисунок 2 – Содержание Pb, Zn и Cu в мышцах северной креветки, выловленной в северо-восточных, южных и центральных районах Баренцева моря, мкг/г сырой массы

По опубликованным данным на северо-востоке Баренцева моря донные осадки содержат больше Zn и Cu, чем на юге [14]. Более высокое содержание Zn и Cu в донных отложениях могло стать причиной большего накопления этих металлов в мышцах креветки, пойманной на северо-востоке Баренцева моря, так как этот вид обитает преимущественно у дна (особи младших размерно-возрастных групп совершают вертикальные миграции) и в его пищевом рационе заметную долю занимают бентосные организмы и детрит [6]. Известно, что металлы поступают в организм ракообразных непосредственно из воды и вместе с пищей [3]. Металлы способны не только аккумулироваться в гидробионтах, но и передаваться по пищевым цепям [2, 12]. Следует отметить, что цинк и медь относятся к эссенциальным элементам и необходимы для нормального протекания физиологических процессов в живых организмах. Недостаток эссенциальных элементов негативно отража-

ется на их жизнедеятельности. Например, цинка морским гидробионтам для нормального метаболизма необходимо до 2,7 мкг/г сырой массы, но содержание этого металла в тканях и органах, как правило, значительно выше [3]. Регуляция содержания в организме гидробионтов Zn и Cu, как и многих других металлов, осуществляется преимущественно с участием специфических белков – металлотионеинов [1].

Таким образом, содержание Pb, Cd и Hg в мышцах северной креветки Баренцева моря заметно ниже предельно допустимых уровней, установленных для этих металлов ТР ТС 021/2011. Отмечено превышение норматива по содержанию в мышцах креветки общего As. Северные креветки, выловленные в северо-восточных, южных и центральных районах Баренцева моря отличались по содержанию в мясе Pb, Zn и Cu.

Библиографический список

- 1 Моисеенко Т.И. Влияние геохимических факторов водной среды на биоаккумуляцию металлов в организме рыб // Геохимия. 2015. № 3. С.22–333.
- 2 Морозов, Н.П., Петухов С.А. Микроэлементы в промысловой ихтиофауне Мирового океана. М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
- 3 Патин С.А., Морозов Н.П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 153 с.
- 4 Chen C.Y., Ward D.M., Williams J.J., Fisher N.S. Metal Bioaccumulation by Estuarine Food Webs in New England, USA // *J. Mar. Sci. Eng.* 2016. Vol. 4, Iss. 41.
- 5 The Barents Sea / Eds. T. Jacobsen and V. K. Ozhigin. Tapir Academic Press, Trondheim, Norway, 2011. 825 p.
- 6 Беренбойм Б.И. Северная креветка (*Pandalus borealis*) Баренцева моря (биология и промысел). Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1992. 136 с.
- 7 Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2021 г. / Александров Д.И., Амелькин А.В., Амелькина А.С. и др. Мурманск: Изд-во ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. 145 с.
- 8 Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2022 г. / Амелькин А.В., Анциферов М.Ю., Бакай Ю.И. и др. Мурманск: Изд-во ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2022. 161 с.
- 9 ГОСТ 26929-94 Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. Москва: Стандартинформ, 2010. 12с.
- 10 ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза. «О безопасности пищевой продукции». Утв. решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 N 880.
- 11 Новиков М.А., Горбачева Е.А., Лаптева А.М. Содержание мышьяка в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201, № 4. С. 833–844.
- 12 Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния. М.: Мир, 1987. 288 с.
- 13 Наревич И.С., Ковековдова Л.Т. Микроэлементы (As, Cd, Pb, Fe, Cu, Zn, Se, Hg) в промысловых ракообразных Японского моря // Изв. ТИНРО. 2017. Т. 189, № 4. С. 147–155.
- 14 Новиков М.А., Драганов Д.М. Атлас загрязнения донных отложений Баренцева моря Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2021. 183 с.
- 15 Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. М.: Научный мир, 2002. 135 с.
- 16 Драганов Д.М., Новиков М.А. Атлас загрязнения водных масс Баренцева моря. Мурманск: ПИНРО им. Н.М. Книповича, 2020. 276 с.

УДК 597.555.51(265.53)

Владимир Анатольевич Грушинец

Магаданский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («МагаданНИРО»), ведущий специалист, Россия, Магадан, e-mail: Grushinec82@mail.ru

Сергей Юрьевич Шершенков

Магаданский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («МагаданНИРО»), главный специалист, Россия, Магадан, e-mail: shershenkov@narod.ru

Андрей Анатольевич Смирнов

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (ВНИРО), Москва; Северо-Восточный государственный университет, Магадан; Дагестанский государственный университет, Махачкала, главный научный сотрудник, профессор, доцент, доктор биологических наук, Россия, Москва, Магадан, Махачкала, e-mail: andrsmir@mail.ru

Основные биологические показатели трески северного побережья Охотского моря в августе-сентябре 2023 г.

Аннотация. Рассматриваются основные биологические показатели трески северного побережья Охотского моря в августе–сентябре 2023 г. Размеры трески варьировали от 40,3 до 92,5 см, в среднем – 69,0 см, масса тела изменялась от 700 г до 10,4 кг, в среднем – 4,7 кг, возраст – от 4 до 10 лет, средний – 6,7 лет. Доля самок составила в среднем 72,7 %. Показано, что биологические показатели в 2023 г. были выше среднемноголетних значений, что говорит о стабильном состоянии ее запаса.

Ключевые слова: треска, длина тела, вес, возраст, доля самок

Vladimir A. Grushinets

Magadan Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («MagadanNIRO»), Leading Specialist, Russia, Magadan, e-mail: Grushinec82@mail.ru

Sergey Yu. Shershenkov

Magadan Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («MagadanNIRO»), Main Specialist, Russia, Magadan, e-mail: shershenkov@narod.ru

Andrey A. Smirnov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow; Northeastern State University, Magadan; Dagestan State University, Makhachkala, Associate Professor, Chief Research officer, Professor, Doctor of Biology, Russia, Moscow, Magadan, Makhachkala, e-mail: andrsmir@mail.ru

The main biological indicators of cod on the northern coast of the Sea of Okhotsk in August-September 2023

Abstract. The main biological indicators of the cod of the northern coast of the Sea of Okhotsk in August-September 2023 are considered. The size of the cod varied from 40.3 to

92.5 cm, on average – 69.0 cm, body weight varied from 700 g to 10.4 kg, on average – 4.7 kg, age – from 4 to 10 years, average – 6.7 years. The proportion of females averaged 72.7 %. It is shown that biological indicators in 2023 were higher than the average long-term values, which indicates a stable state of its stock.

Keywords: cod, body length, weight, age, proportion of females

Введение

Тихоокеанская треска *Gadus macrocephalus* обитает в придонном слое прибрежных вод северной части Пацифики, на глубинах до 550-800 м [1, с. 118; 2, с. 161-162].

В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне треска – ценный объект промысла и занимает третье место по вылову, после минтая и тихоокеанской сельди [3, с. 69].

В Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря, данные исследований, проводимых МагаданНИРО с 2001 года, показали, что треска образует скопления повышенной плотности у северного побережья Охотского моря: в заливах Бабушкина, Шельтинга и у о. Завьялова [1, с. 132], где и ведется, в основном, ее промысел.

По официальной информации судовых суточных донесений (ССД), в последние годы в СОМ отмечен рост вылова трески, ввиду этого необходим систематический контроль за биологическими показателями трески северо-охотоморской группировки, для оценки ее состояния, с целью рационального использования запасов.

Материал и методика

В августе-сентябре 2023 г. сбор биологических данных был выполнен первым и вторым авторами настоящего сообщения у северного побережья Охотского моря, в заливах Бабушкина и Забияка (рис. 1) из уловов сетных активных орудий лова.

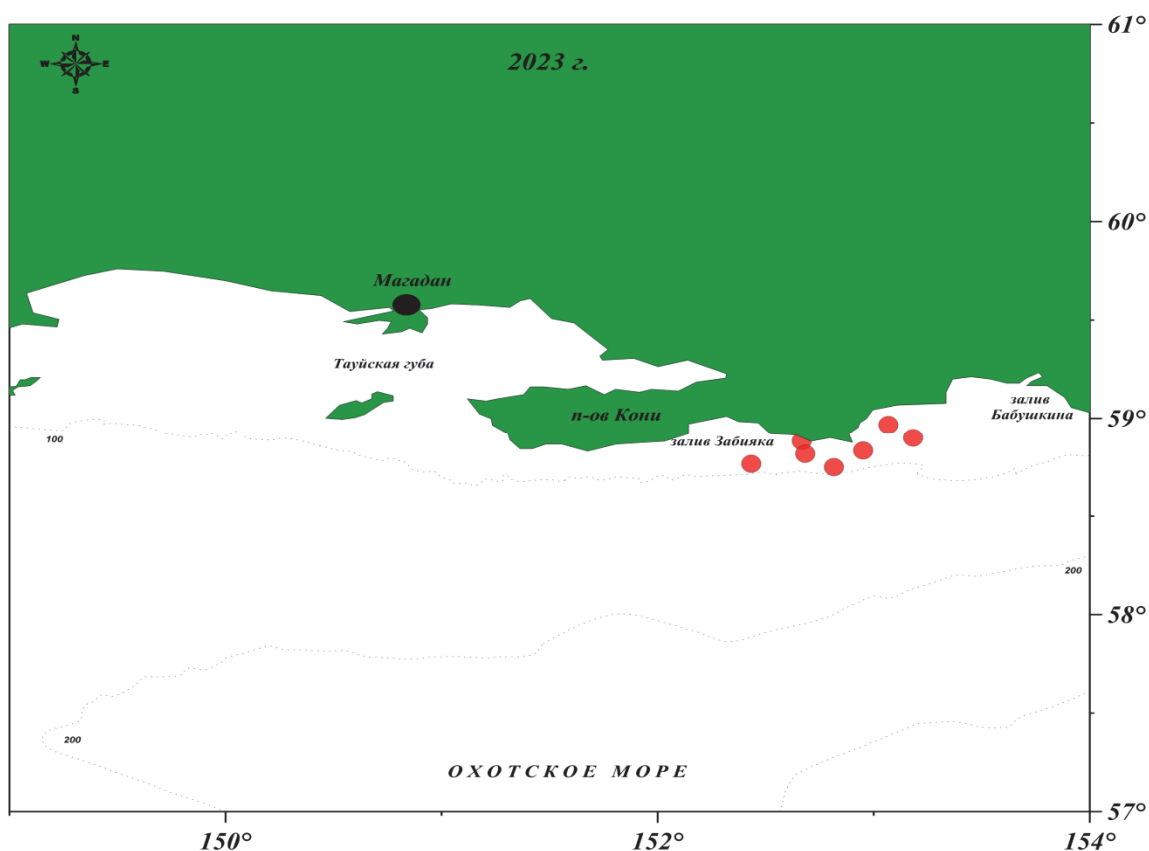


Рисунок 1 – Точки отбора проб трески для биологических анализов в августе-сентябре 2023 г. у северного побережья Охотского моря

Результаты и обсуждение

По данным наших сборов, в августе-сентябре 2023 г. у северного побережья Охотского моря (в зал. Забияка и Бабушкина) длина тела трески по АВ изменялась от 40,3 до 92,5 см, в среднем – 69,0 см, масса тела варьировала от 700 г до 10,4 кг, в среднем – 4,6 кг. Преобладающая размерная группа (80,0-84,9 см) при этом составляла 19,7 %, а доминирующая весовая группа (2000-2499 г) составила 13,6 %. Возраст трески колебался от 4 до 10 лет, превалировали особи в возрасте 5 лет (22,7 %) средний возраст – 6,7 лет (рис. 2, 3, 4).

Полученные в 2023 г. материалы показывают, что биологические показатели этого года (длина и масса тела, возраст), а также доля самок трески были выше среднееголетних значений [5, с. 49].

Таким образом, по нашим данным, размерно-весовые и возрастные показатели североохотоморской группировки трески в 2023 г. показывают стабильное состояние ее запаса.



Рисунок 2 – Состав трески по длине тела из уловов сетных активных орудий лова в августе-сентябре 2023 г. у северного побережья Охотского моря

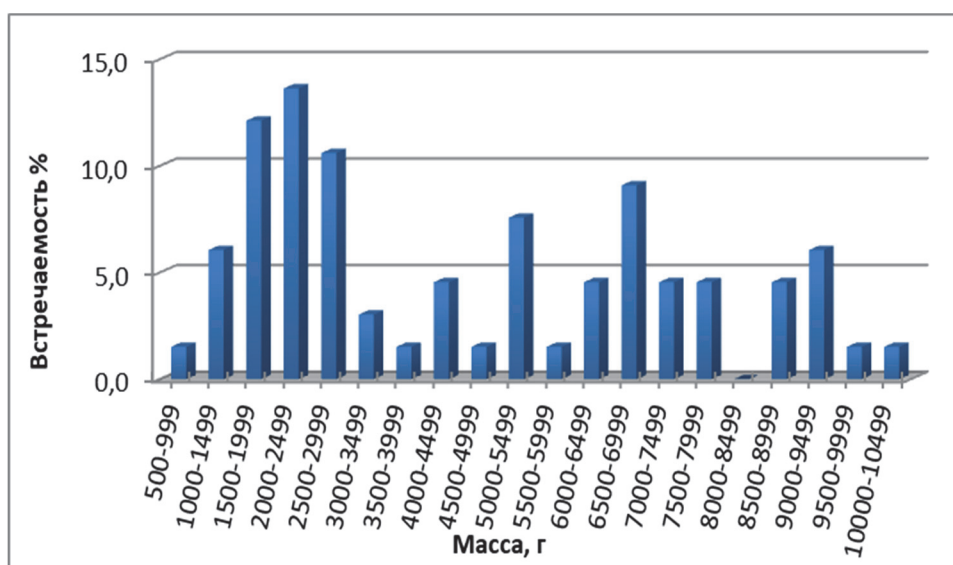


Рисунок 3 – Состав трески по массе тела из уловов сетных активных орудий лова в августе-сентябре 2023 г. у северного побережья Охотского моря

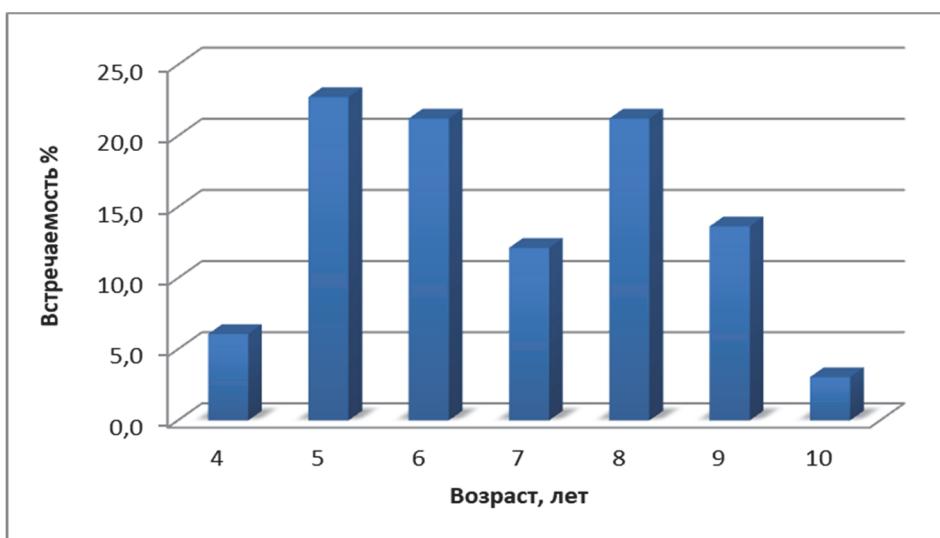


Рисунок 4 – Возрастной состав трески из уловов сетных активных орудий лова в августе-сентябре 2023 г. у северного побережья Охотского моря

Библиографический список

1. Каика А.И., Юсупов Р.Р., Орлов А.М., Смирнов А.А. Биологическая характеристика и распределение тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* (Gadidae) северной части Охотского моря // Тихоокеанская треска дальневосточных вод России (под ред. Орлова А.М.). М.: Изд-во ВНИРО, 2013. С. 118–133.
2. Строганов А.Н. Треска от плиоцена до современности: генезис и специфика процессов формообразования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2020. 230 с.
3. Антонов Н.П., Датский А.А. Использование сырьевой базы морских рыб в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне в 2018 г. // Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 66–76.
4. Грушинец В.А., Щербакова Ю.А., Смирнов А.А. Треска (*Gadus macrocephalus*) При-тауйского района северной части Охотского моря: экология, современное состояние запаса и перспективы промысла // Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 48–51.

УДК: 574.5 (262.54)

Надежда Сергеевна Елфимова

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», заведующий сектором зообентоса, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-7715-4329

Сергей Валериевич Бондарев

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», заведующий сектором фитопланктона, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0001-6888-1439

Полина Михайловна Заикина

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», специалист отдела гидробиологических исследований, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru

Дмитрий Викторович Хренкин

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», заведующий сектором зоопланктона, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-9654-3514

Дмитрий Алексеевич Вехов

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», главный специалист лаборатории проходных и полупроходных рыб, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: vekhovda@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2794-471X

Любовь Александровна Живоглядова

Азово-Черноморский филиал ФГБНУ «ВНИРО», специалист сектора зообентоса, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-2492-1336

Новые данные о чужеродных моллюсках в бассейне Азовского моря

Аннотация. Представлены новые данные об ареалах чужеродных моллюсков в бассейне Азовского моря. Финиковая мидия *Arcuatula senhousia* (Venson, 1842) обнаружена в Темрюкском заливе, в центральной и восточной частях Азовского моря. Азиатская корбикула *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) зарегистрирован в р. Аксай (бассейн Дона) и р. Протока (бассейн Кубани). Новые находки моллюсков указывают на их экспансию в регионе.

Ключевые слова: чужеродные беспозвоночные, биологические инвазии, зообентос, р. Дон, р. Кубань

Nadezhda S. Elfimova

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Head of Zoobenthos Sector, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-7715-4329

Sergey V. Bondarev

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Head of Phytoplankton Sector, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0001-6888-1439

Polina M. Zaikina

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Specialist of Hydrobiological Research Department, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru

Dmitry V. Hrenkin

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Head of Zooplankton Sector, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-9654-3514

Dmitrij A. Vekhov

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Chief Specialist of the laboratory of passing and semi-passing fish, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: vekhovda@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-2794-471X

Lyubov A. Zhivoglyadova

Azov-Black Sea Branch of FSBI «VNIRO» («AzNIIRKH»), Specialist of Zoobenthos Sector, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: hydrobiology@azniirkh.ru, ORCID: 0000-0002-2492-1336

New data on alien mollusks in the Azov Sea Basin

Abstract. New data on the habitats of alien mollusks in the Azov Sea basin are presented. Date mussel *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842) were found in the Temryuk Bay, in the central and eastern parts of the Azov Sea. Asian clam *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) were found in the Aksai River (Don Basin) and Protoka River (Kuban Basin). New findings of invasive clams in the region indicate the rapid expansion.

Keywords: alien invertebrates, biological invasion, zoobenthos, Don River, Kuban River

На рубеже XX–XXI вв. фауна Азовского моря и р. Дон существенно обогатилась видами-вселенцами из дальних морских и пресноводных бассейнов [1, 2, 3]. Только среди представителей донной фауны Азовского моря таких видов отмечено более 20 [2, 4, 5, 6, 7 и др.]. Из числа последних вселенцев два азиатских моллюска – финиковая мидия *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842) и речная корбикула *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) включены в перечень наиболее опасных чужеродных видов [8, 9]. В настоящем исследовании приведены данные о новых находках этих моллюсков, свидетельствующие об их экспансии в регионе.

Материалы получены в ходе комплексных эколого-рыбохозяйственных съемок Азово-Черноморского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («АзНИИРХ»). Работы проводили в 2019–2022 гг. Гидробиологическими исследованиями были охвачены Азовское море, включая Таганрогский залив, водотоки бассейна Дона и Кубани.

Обработку бентосных проб вели в соответствии с принятыми методиками [10, 11]. Для отбора проб макрозообентоса в Азовском море использовали дночерпатель Петерсена с площадью захвата 0,1 м², в реках Дон и Кубань сборы моллюсков проводили, используя малую модель дночерпателя Петерсена с площадью захвата 0,036 м², скребок с длинной лезвия 0,17 м. В реках также моллюсков у уреза воды собирали вручную и учитывали особей, попавших в мальковый невод при учетных съемках молоди рыб. Промывку бентоса вели через сита с минимальным диаметром ячеей фильтрации 0,3 мм. В мальковом неводе ячей составляла 4 мм. В качестве фиксатора бентосных проб использовали 70 % этиловый спирт. Извлеченных беспозвоночных пересчитывали, обсушивали на фильтровальной бумаге до исчезновения влажного пятна и взвешивали без удаления мантийной жидкости с точностью до 0,1 мг. Длину раковины определяли как расстояние между наиболее удаленными точками заднего и переднего краев [12].

***Arcuatula senhousia* (Benson, 1842).** Первые два экземпляра финиковой мидии, ранее неизвестной для фауны Черного и Азовского морей [13], были обнаружены в 2015 г. в Керченском проливе [14]. Помимо живых моллюсков, там же было обнаружено значительное количество пустых створок моллюска.

Вновь финиковая мидия найдена нами в октябре 2019 г. – один экземпляр с длиной раковины 12 мм в акватории Темрюкского залива, в октябре 2021 г. три ювенильных особи (2–3 мм) – в центральной части моря, в октябре 2022 г. – 37 особей (2–4 мм) – в центральной и восточной частях Азовского моря. Глубина в точках отбора проб составляла 10–11 м, грунт на всех станциях был представлен заиленной ракушей, соленость воды составляла 14–15 ‰.

Corbicula fluminea (O. F. Müller, 1774). Моллюски впервые обнаружены в бассейне Дона в 2017 г. Несколько живых экземпляров были найдены в водных объектах с аномальным температурным режимом – в теплом канале Новочеркасской ГРЭС и на прилегающем участке основного русла Дона в зоне смешения теплых вод канала и р. Дон [15]. Позднее регистрация ювенильных особей состоялась в р. Дон в зоне с естественным температурным режимом – ниже устья р. Маныч [16]. В 2018 г. в теплом канале Новочеркасской ГРЭС был отмечен крупный танатоценоз *C. fluminea*, свидетельствующий о существовании в этом водотоке многочисленной популяции вселенца [17].

В настоящем исследовании сообщается о первой находке моллюсков в правобережном притоке Дона – р. Аксай, в основном русле Дона у о-ва Арпачинский и в бассейне Кубани.

В бассейне Кубани моллюски были обнаружены в р. Протока рядом с сельским поселением Гривенское Калининского района Краснодарского края. Три живых моллюска и пустые створки были отмечены в качественных сборах у уреза воды. Длина раковины живых экземпляров составила 14–15 мм. Грунт был представлен заиленной галькой.

В р. Аксай один живой моллюск размером 8 мм был найден в 5 км выше устья реки. Глубина отбора проб составляла 1–2 м, грунт – илистый с большим количеством детрита.

У о-ва Арпачинский в 2 км ниже места предыдущей находки [16] обнаружен моллюск с длиной раковины 15 мм.

Полученные материалы по новым находкам инвазионных моллюсков свидетельствуют о стремительном расширении ареалов вселенцев. Столь быстрое распространение опасных чужеродных видов требует организации мониторинговых работ. Целью этих исследований должны стать уточнение области распространения видов в регионе, оценка количественных характеристик популяций и инвазионного потенциала вселенцев.

Библиографический список

1. Шадрин Н.В. Виды-вселенцы в Азовском и Черном морях: причины и последствия // Виды-вселенцы в европейских морях России: сб. науч. тр. Апатиты, 2000. С. 76–90.
2. Шиганова Т.А. Чужеродные виды в экосистемах южных внутренних морей Евразии: автореф. дис. ... доктора биол. наук. М., 2009. 56 с.
3. Анистратенко В.В., Халиман И.А., Анистратенко О.Ю. Моллюски Азовского моря. Киев: Наукова думка, 2011. 172 с.
4. Набоженко М.В., Шохин И.В., Булышева Н.И. 2010. Зообентос // Вселенцы в биоразнообразии и продуктивности Азовского и Чёрного морей: сб. науч. тр. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. С. 17–27.
5. Zhivoglyadova L.A., Frolenko L.N., Kovalev E.A. Invasion of benthic invertebrates into the Sea of Azov and the lower reaches of the Don River // Book of abstracts 3-rd Central European Symposium for Aquatic Macroinvertebrate Research, 8-13 July 2018, Łódź, Poland. P. 162.
6. Болтачева Н.А., Лисицкая Е.В. Полихеты юго-западной части Азовского моря // Экосистемы. 2019. №. 19. С. 133–141.
7. Булышева Н.И., Семин В.Л., Шохин И.В., Савикин А.И., Коваленко Е.П., Бирюкова С.В. Чужеродные виды зообентоса в экосистемах Нижнего Дона и Азовского моря на рубеже XX-XXI вв. // Труды Южного научного центра Российской академии наук. 2020. Т. 8. С. 256–273.
8. Strefitaris N., Zenetos A., 2006. Alien Marine Species in the Mediterranean – the 100 'Worst Invasives' and their Impact // Mediterranean Marine Science. 2006. Vol. 7(1). P. 87–118.

9. Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100). / Ю.Ю. Дгебуадзе, В.Г. Петросян, Л.А. Хляп. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2018. 688 с.
10. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В.А. Абакумов. СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 319 с.
11. Методы рыбохозяйственных и природоохранных исследований в Азово-Черноморском бассейне / Сборник научно-методических работ, под редакцией С.П. Воловика и И.Г. Корпаковой. Краснодар: ФГУП «АзНИИРХ», 2005. 352 с.
12. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолихина. Т. 6: Моллюски, Полихеты, Немертины. СПб., 2004. 528 с.
13. Определитель фауны Чёрного и Азовского морей / под общ. ред. Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Т. 3. Свободноживущие беспозвоночные: членистоногие (кроме ракообразных), моллюски, иглокожие, щетинкочелюстные, хордовые. Киев: Наукова думка, 1972. 340 с.
14. Ковалёв Е.А., Живоглядова Л.А., Ревков Н.К., Фроленко Л.Н., Афанасьев Д.Ф. Первая находка двустворчатого моллюска *Arcuatula senhousia* (Benson, 1842) в российской части Азово-Черноморского бассейна // Российский журнал биологических инвазий. 2017. № 3. С. 24–29.
15. Живоглядова Л.А., Ревков Н.К. Инвазия двустворчатого моллюска *Corbicula fluminea* (O.F. Müller, 1774) (Bivalvia: Cyrenidae) в бассейн Нижнего Дона // Водные биоресурсы и среда обитания. 2018. Т. 1, № 1. С. 44–50.
16. Живоглядова Л.А., Ревков Н.К., Ковалев Е.А. Расширение ареала двустворчатого моллюска *Corbicula fluminea* (O. F. Müller, 1774) в бассейне Нижнего Дона // Морской биологический журнал. 2018. Т. 3, № 1. С. 73–75.
17. Живоглядова Л.А., Ревков Н.К., Елфимова Н.С. Инвазия двустворчатого моллюска *Corbicula fluminea* (O.F. Muller, 1774) в бассейн Дона // Моллюски: Биология, экология и формирование малакофаун : тезисы докладов Всероссийской научной конференции с международным участием, 14–18 октября 2019 г., Борок, Россия. Ярославль: Филигрань, 2019. С. 28.

Андрей Николаевич Ельников

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), старший научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Москва, e-mail: elnikov@rambler.ru

Олег Владимирович Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, доктор биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

О сокращении фонда ооцитов у самок кеты *Oncorhynchus keta* при перемещении от устья рек к заводским пунктам сбора икры

Аннотация. Исследуя состояние яичников у самок кеты на заключительном этапе нерестовой миграции, установили, что в момент захода в реки Курилка и Рейдовая (о. Итуруп, Сахалинская обл.) величина ГСИ в среднем составила 20,6 и 21,5 % соответственно. В период миграции от устья р. Курилки до забойки Курильского ЛРЗ величина ГСИ в среднем увеличилась до 24,7 %, а после овуляции сократилась до 21,1 %. При уровне зрелости 71,4 % после овуляции потеря объединенной массы яичников и икры составила 43,8 г (8,5 %), что составляет около 219 икринок или 1/10 от величины абсолютной плодовитости.

Ключевые слова: Итуруп, кета, половое созревание, ооциты

Andrey N. Elnikov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), PhD, Senior Researcher, Russia, Moscow, e-mail: elnikov@rambler.ru

Oleg V. Zelennikov

St. Petersburg State University, Doctor of Biology, Associate Professor, Russia, St. Petersburg, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

On the reduction of the oocyte pool in female chum salmon *Oncorhynchus keta* during migration from river mouths to fish farms

Abstract. Studying the state of the ovaries in female chum salmon at the final stage of spawning migration, it was established that at the time of entry into the Kurilka and Reidovaya rivers (Iturup Island, Sakhalin Region), the GSI value averaged 20.6 and 21.5 %, respectively. During the period of migration from the mouth of the river. Before the slaughter of the Kurilsky hatchery, the GSI value increased on average to 24.7 %, and after ovulation it decreased to 21.1 %. At a maturity level of 71.4 % after ovulation, the loss of combined ovary and egg mass was 43.8 g (8.5 %), which is about 219 eggs or 1/10 of the absolute fecundity value.

Keywords: Iturup, chum salmon, puberty, oocytes

По сложившейся практике работы с кетой *Oncorhynchus keta*, являющейся главным объектом заводского воспроизводства на Дальнем Востоке России [1], рыбоводы в процессе закладки икры на инкубацию, формируют партии до нескольких миллионов икринок в день. Можно подсчитать, что при рабочей плодовитости примерно в 2000 икринок и при равном соотношении самцов и самок, для формирования партии в 1 млн. икринок потребу-

ется не менее 1 тыс. производителей. Очевидно, что зарезервировать такое количество производителей невозможно и на практике нерестовую компанию на рыбоводных предприятиях начинают тогда, когда у большинства самок, подошедших к пункту сбора икры (забойке) произойдет половое созревание. В момент созревания ооциты выходят из фолликулов и оказываются в полости тела (овуляция), а яичники переходят из IV в V стадию зрелости. На практике закладку икры на инкубацию чаще всего начинают после того, как 70 % самок, подошедших к забойке, достигают полового созревания. В этот момент самцы становятся тотально половозрелыми и в любом случае рыбоводный процесс не лимитируют.

При работе же с самками возникает сразу несколько связанных друг с другом вопросов. Во-первых, рыбоводам не дано знать, когда «созрела» та или иная самка – несколько часов или несколько суток назад. Поскольку у забойки монтируется искусственная преграда, препятствующая движению рыб вверх по реке, и создается высокая концентрация производителей, естественный нерест оказывается невозможен, качество же икринок после овуляции начинает снижаться. Чтобы частично контролировать процесс созревания (и при наличии возможностей), не созревших самок отсаживают и повторно проверяют через 1–2 сут. Во-вторых, не известно, сколько икры теряют самки после овуляции, как естественным образом при высокой скученности, так и в процессе отлова.

Эти вопросы побудили интерес к проведению специальной работы, цель которой определить какую часть репродуктивного фонда теряют рыбоводы при сложившейся практике работы с производителями кеты на Рейдовом и Курильском заводах.

Рейдовый и Курильский лососевые рыбоводные заводы (ЛРЗ) являются крупнейшими в России предприятиями для воспроизводства молоди тихоокеанских лососей. В современном виде предприятия были введены в эксплуатацию соответственно в 1998 и 2002 гг. В настоящее время на них воспроизводят молодь обоих видов – главных объектов лососевого промысла – кеты и горбуши *O. gorbuscha* [2]. Предприятия расположены в бассейнах одноименных рек – Рейдовая и Курилка.

Для выполнения работы, в период путины 2023 г по стандартной технологии [3] были сделаны 4 биологических анализа производителей кеты: от партий рыб, отловленных в устье рек Курилка (3 октября) и Рейдовая (6 октября), а также от партий рыб, самостоятельно дошедших до забоек Курильского (12 октября) и Рейдового ЛРЗ (11 октября).

Для каждого анализа использовали по 100 экз., которых отбирали случайным образом. В ходе анализа рыб измеряли, взвешивали, определяли массу тела без внутренностей (порку), массу гонад, пол и величину гонадо-соматического индекса (ГСИ), как отношение полной массы гонад к массе порки. Если овуляция уже произошла, определяли массу икринок, которых собирали в полости тела вместе с массой яичников. При статистическом анализе использовали коэффициент парной корреляции Пирсона. При выявлении статистически значимой сильной связи зависимость между переменными описывали с помощью уравнения парной линейной регрессии.

В выборке рыб, отловленных в устье реки Рейдовая, присутствовали 53 самца и 47 самок. Масса самок варьировала в широком диапазоне – от 1,45 до 4,13 кг и в среднем составляла 2,55 кг (таблица). Среди них присутствовали 2 особи, достигшие полового созревания, и имели гонады в V стадии зрелости, а также 45 особей у которых овуляция еще не произошла. Таким образом, уровень зрелости у рыб, отловленных в устьевой зоне р. Рейдовая составляет 4,2 %. Масса яичников также варьировала в широком диапазоне – от 162 до 632 г и была тесно и достоверно связана с массой самок ($y=0,01588x+28,076$; $r=0,77$). Величина ГСИ также варьировала в широком диапазоне – от 11,5 до 33,3 % (таблица).

В выборке рыб, взятых для исследования у забойки Рейдового ЛРЗ абсолютное большинство особей, как самцов, так и самок достигли полового созревания и имели характерные преднерестовые изменения (рисунок, А). Масса самок была, практически, такой же, как и у рыб, пойманных в устье реки – в среднем 2,51 кг (табл.). Из 41 исследованной самки яичники 37 особей находились в V стадии зрелости (рисунок, Б). Таким образом, уро-

вень зрелости был равен 90,2 %. При этом и масса гонад, взвешенных вместе с собранными в полости тела икринками, и величина ГСИ в среднем – 443,8 г и 21,8 % были практически такими же, как и у рыб, пойманных ранее в приустьевой зоне (таблица). Таким образом, по итогам этого сравнения мы не можем судить, ни о том, насколько увеличилась масса гонад на заключительном этапе нерестовой миграции, ни о том, какой объем репродуктивного фонда был потерян после овуляции.

Масса самок, пойманных в устьевой зоне р. Курилка была недостоверно больше, чем у рыб из р. Рейдовая – в среднем 2,70 кг, а величина ГСИ, напротив, несколько меньше – 20,6 % (табл.). Все 50 исследованных самок имели гонады в IV стадии зрелости.

В свою очередь самок, взятых для исследования у забойки Курильского ЛРЗ, по состоянию гонад можно разделить на две группы. При этом масса рыб этих двух групп оказалась практически одинаковой.

У рыб первой группы гонады находились в IV стадии зрелости, а их масса в среднем составила 515,4 г при вариации у разных особей от 318 до 702 г; величина ГСИ в среднем достигла 24,7 % (таблица). Таким образом, в период перемещения производителей от устьевой зоны в район рыбоводного завода их яичники продолжали развиваться, увеличившись по нашим данным в среднем на 73,6 г или 14,3 %.

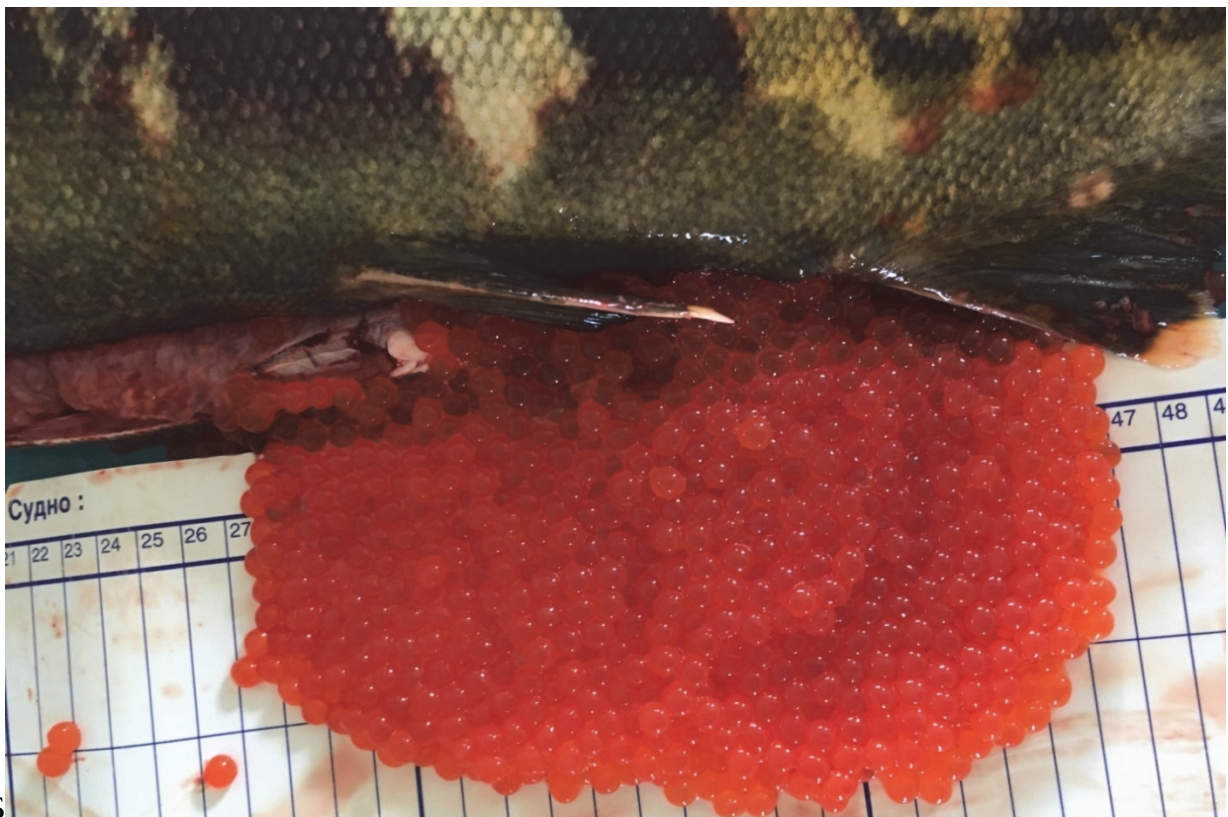
У рыб второй группы произошла овуляция ооцитов, а гонады находились в V стадии зрелости. Таким образом, уровень зрелости всей группы у забойки ЛРЗ составлял 71,4 %. Масса гонад самок второй группы в среднем составила 471,6 г, а величина ГСИ – 21,1 %. Можно прийти к выводу, что после овуляции ооцитов произошла потеря части репродуктивного фонда. Поскольку масса самок с разным состоянием гонад в среднем оказывается, практически, одинаковой, можно полагать, что уменьшение объединенной массы яичников и ооцитов произошло в среднем на 43,8 г или 8,5 %. Очевидно, что это уменьшение могло произойти только за счет потери части икры. Если учесть, что масса одной икринки у самок кеты, исследованных на о. Итуруп, в среднем составляет около 200 мг [4], то потерю икры после овуляции мы оцениваем в 219 шт. или примерно в 1/10 от величины абсолютной плодовитости.

Характеристика самок кеты, пойманных в устье рек и у пунктов сбора икры Курильского и Рейдового ЛРЗ. Над чертой – среднее значение показателя и его ошибка, под чертой – предел варьирования показателя. Пояснение в тексте

| Число рыб | Длина рыб, L, см | Длина рыб, l, см | Масса рыб, кг | Масса порки, кг | Масса гонад, г | ГСИ, % |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| р. Рейдовая (IV стадия зрелости) | | | | | | |
| 47 | $\frac{62,5 \pm 0,5}{55,0-69,0}$ | $\frac{58,7 \pm 0,5}{51,0-65,0}$ | $\frac{2,55 \pm 0,06}{1,45-4,13}$ | $\frac{2,02 \pm 0,06}{1,19-3,43}$ | $\frac{435,2 \pm 64,8}{162-632}$ | $\frac{21,5 \pm 0,6}{11,5-33,3}$ |
| Рейдовый ЛРЗ (V стадия зрелости) | | | | | | |
| 37 | $\frac{64,5 \pm 0,4}{60,0-73,0}$ | $\frac{60,6 \pm 0,4}{56,0-68,0}$ | $\frac{2,51 \pm 0,07}{1,67-4,12}$ | $\frac{2,05 \pm 0,07}{1,54-3,17}$ | $\frac{443,8 \pm 104,6}{280-850}$ | $\frac{21,8 \pm 1,1}{13,3-28,2}$ |
| р. Курилка (IV стадия зрелости) | | | | | | |
| 50 | $\frac{63,5 \pm 0,4}{57,0-70,0}$ | $\frac{59,7 \pm 0,4}{54,0-66,0}$ | $\frac{2,70 \pm 0,07}{1,58-3,82}$ | $\frac{2,15 \pm 0,07}{1,28-3,03}$ | $\frac{441,8 \pm 13,7}{160-634}$ | $\frac{20,6 \pm 0,5}{6,8-28,1}$ |
| Курильский ЛРЗ (IV стадия зрелости) | | | | | | |
| 10 | $\frac{64,2 \pm 1,2}{56,0-69,0}$ | $\frac{60,2 \pm 1,2}{52,0-65,0}$ | $\frac{2,65 \pm 0,17}{1,51-3,38}$ | $\frac{2,11 \pm 0,14}{1,17-2,75}$ | $\frac{515,4 \pm 34,1}{318-702}$ | $\frac{24,7 \pm 1,2}{19,5-33,0}$ |
| Курильский ЛРЗ (V стадия зрелости) | | | | | | |
| 25 | $\frac{64,5 \pm 0,8}{57,0-73,0}$ | $\frac{60,8 \pm 0,6}{54,0-69,0}$ | $\frac{2,64 \pm 0,12}{1,66-3,94}$ | $\frac{2,09 \pm 0,08}{1,30-3,16}$ | $\frac{471,6 \pm 37,9}{264-644}$ | $\frac{21,1 \pm 1,1}{15,0-25,8}$ |



А



Б

Половозрелые производители кеты с характерными преднерестовыми изменениями в окраске на забойке Рейдового ЛРЗ (А); Самка кеты с ооцитами в полости тела после овуляции (Б). Пояснение в тексте

Обсуждая полученные данные, в первую очередь отметим, что у лососевых рыб увеличение массы яичников за счет роста ооцитов происходит вплоть до полового созревания [5]. То, что масса гонад и величина ГСИ у самок кеты у забойки Рейдового ЛРЗ оказались такими же, как и в устьевой зоне реки может свидетельствовать только о потере самками части репродуктивного фонда. Об этом наглядно свидетельствуют результаты обследования производителей кеты в устьевой зоне и у забойки Курильского ЛРЗ. Очевидно, что после полового созревания у самок с гонадами в V стадии зрелости происходит потеря части икры в период выдерживания рыб у забойки и в процессе отлова. Избежать этого не удастся. Однако в связи с полученными данными возникает ряд вопросов, требующих исследования. Главный из них насколько изменяется потеря икры при другом уровне зрелости, например, более 90 % или около 50 %, когда помимо закладки на инкубацию, на забойке организуют сбор сырья для производства пищевой икры.

Библиографический список

1. Леман В.Н., Смирнов, Б.П. Точилина Т.Г. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 105–120.
2. Шунтов В.М., Темных О.С. Дальневосточная лососевая путина–2018: абсолютный исторический рекорд, обеспеченный камчатской горбушей // Бюл. №13 «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». 2018. С. 3–13.
3. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. 1966. М.: Пищевая промышленность, 374 с.
4. Каев А.М., Каева В.Е. Изменчивость плодовитости и размера икринок у кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) и горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в связи с размерно-возрастной структурой нерестовой части популяции // Вопросы ихтиологии. 1986. Т. 26. Вып. 6. С. 955–964.
5. Зеленников О.В. Гаметогенез тихоокеанских лососей. 1. Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* // Изв. ТИНРО. 2023. Т. 203, № 3. С. 499–518.

Елена Александровна Жадько

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Россия, Владивосток, e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru

Светлана Александровна Качановская

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, гр. ВБМ- 212, Россия, Владивосток, e-mail: ka lana 11@mail.ru

Размерно-массовая характеристика молоди амурского осетра на рыбопроизводном заводе (Амурская область) в 2017 и 2021 гг.

Аннотация Изучен размерно-массовый состав молоди амурского осетра, выращенной на рыбопроизводном заводе летом 2017 и 2021 гг. В 2017 г. предельные, средние значения длины и массы, параметры модальных групп, темпы линейного и весового роста, а также средняя длина и масса культивируемой молоди амурского осетра при выпуске была выше, чем в 2021 г. Снижение размерно-весовых показателей у молоди амурского осетра в 2021 г, возможно, обусловлено более высокой температурой воды и низкой концентрацией кислорода (4,6 до 5,5 мг/л при пороговом значении 5,5 мг/л) в период подращивания.

Ключевые слова: культивирование, молодь амурского осетра, длина, масса, темпы линейного и весового роста

Elena A. Zhadko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru

Svetlana A. Kachanovskaya

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, gr. VBm-212, Russia, Vladivostok, e-mail: ka lana 11@mail.ru

Size and mass characteristics of juvenile amur sturgeon at fish hatching factory (Amur region) in 2017 and 2021

Abstract. The size and mass composition of juvenile amur sturgeon obtained at a fish hatchery in the summer of 2017 and 2021 was studied. In 2017, the maximum, average values of length and weight, parameters of modal groups, rates of linear and weight growth, as well as the average length and weight of cultured juvenile Amur sturgeon at the time of release were higher than in 2021. It can be assumed that the decrease in size and weight indicators in juvenile Amur sturgeon in 2021 is due to higher water temperatures and low oxygen concentrations (4.6 to 5.5 mg/l with a threshold value of 5.5 mg/l) during the growing period.

Keywords: cultivation, juvenile Amur sturgeon, length, weight, rates of linear and weight growth

Введение

В настоящее время природные популяции осетровых рыб на Дальнем Востоке находятся в состоянии крайней депрессии, обусловленной прежде всего прессингом браконьерского лова и влиянием загрязнения окружающей среды, а также рядом других факторов. Природные нерестовые группировки этих рыб сократились в десятки раз [1]. С 1958 г. вы-

лов Амурского осетра в российских водах р. Амур запрещён (промышленный лов в России запрещён с 2003 г.). Без принятия экстренных чрезвычайных мер, естественные запасы осетровых во многих водоемах в ближайшие годы будут полностью и безвозвратно истреблены. В первую очередь это относится к тем водоемам, где в результате хозяйственной деятельности человека утрачены естественные нерестилища осетровых, и их воспроизводство осуществляется на осетровых рыбозаводах. Ежегодное пополнение молодь и само существование популяций осетровых в этих случаях целиком зависит от эффективности работы ОРЗ. В этой связи немаловажную роль играет интенсификация искусственного воспроизводства этих рыб для восстановления численности естественных популяций. В России разведением осетровых занимаются в Астраханской области, Севастополе, Крыму, в Азово–Черноморском бассейне, на Дальнем Востоке [2]. В Амурском филиале ГБУ «Главрыбвод» искусственным выращиванием осетровых занимаются на осетровых рыбозаводах. При оценке качественного состояния заводской молоди амурского осетра используется целый комплекс биологических и физиологических показателей (индексы внутренних органов, коэффициент упитанности, пропорциональность развития; гематологические, морфо-физиологические), но наиболее распространенными являются выживаемость и размерно-массовые характеристики. Они очень важны для получения качественной и жизнеспособной молоди осетровых, которых выпускают в естественную среду обитания [3, 4, 5].

Цель работы – оценить биологическое состояние культивируемой молоди амурского осетра по размерно-массовым показателям в 2017 и 2021 гг.

Материалы и методы исследования

Материалы, положенные в основу работы были предоставлены сотрудниками Амурского филиала ФГБУ «Главрыбвод» Сбор данных осуществлялся летом 2017 и 2021 на осетровом рыбозаводном заводе. Для исследования использовали молодь амурского осетра по завершению личиночного периода развития (через 10 дней с момента выклева). Пробы брали в течение последней декады июня, первой и второй декады июля с периодичностью 3–4 дня по 50 экз. молоди осетра на пробу (табл. 1). Оценка биологического состояния молоди амурского осетра проводилась по размерно-массовым показателям:

а) длина АВ, мм – расстояние от вершины рыла до вертикали конца наиболее длинной лопасти хвостового плавника при горизонтальном положении рыбы. Измерения проводились с точностью до 1 мм

б) масса, г – рыбы взвешивались на электронных весах с точностью до 0,01 г.

Статистическая обработка материала производилась с помощью программ Excel и Word.

Таблица 1 – Материалы, положенные в основу работы

| Отбор проб (время после выклева, сут.) | Количество рыб (экз.) | |
|--|-----------------------|--------|
| | 2017г. | 2021г. |
| Июнь III декада | 10 | 50 |
| | 14 | 50 |
| | 17 | 50 |
| | 20 | 50 |
| Июль I декада | 23 | 50 |
| | 26 | 50 |
| | 29 | 50 |
| Июль II декада | 30 | 50 |
| Всего | 400 | |

Результаты исследования

Изучен размерно-массовый состав молоди амурского осетра, полученной на рыбозаводном заводе летом 2017 и 2021 гг. Икра инкубировалась при температуре воды 17 – 19 °С.,

личинки и молодь содержали при температуре 19,2 – 20,5 °С (2017г) и 21,5 – 23,1 °С (2021 г) Среднее значение кислорода в бассейнах с рыбами изменялось в пределах 6,7–7,4 мг/л в 2017 г и от 4,6 до 5,5 мг/л в 2021 г, остальные гидрохимические показатели воды находились в пределах нормативных значений для осетровых рыб [6] Продолжительность эмбрионального периода составила 3–5 дней. По завершению личиночного периода развития, который длился 12 дней (в 2017 г) и 10 дней (в 2021 г) после выклева, начался мальковый период развития, продолжительностью 30 сут (2017) и 35 сут (2021), в течение которого осуществлялось подращивание молоди. В это время осуществлялся постоянный контроль над температурой воды (в 7, 13 и 19 ч), содержанием кислорода (раз в 3–5 дней) и размерно-массовыми показателями. В ходе выращивания молоди осетра использовали стандартный корм.

Размерный состав

В 2017 г. в III декаде июня по завершению личиночного периода развития длина мальков осетра изменялась от 34,0 до 43,0 мм, со средним значением $39,3 \pm 2,7$ мм, основную долю составили особи размером 39,1–42 мм (66 %). В I декаде июля длина мальков увеличилась вдвое и варьировала от 70 до 81 мм при среднем значении $75,7 \pm 4,5$ мм), молодь была равномерно распределена между двумя размерными классами 70,1–73 (53 %); 74,1–81 (47 %) Во II декаде июля длина молоди осетра варьировала от 97,0 до 106,0 мм, при среднем значении $101,5 \pm 3,7$ мм, размерные группы 98,1–100 мм (48 %) 100,1–105 мм (51 %) находились практически в равном процентном соотношении (табл. 2). В 2017 г к моменту выпуска средняя длина мальков возросла с $39,3 \pm 2,7$ до $101,5 \pm 3,7$ мм (табл. 2).

В 2021 г. в III декаде июня длина молоди осетра изменялась от 32,0 до 39,0 мм, со средним значением $36,1 \pm 2,2$ мм. Основную массу составили особи размером от 34,1–37 (52 %) В I декаде июля размах значений длины молоди осетра увеличился и варьировал от 64 до 67 мм при среднем значении $65,4 \pm 0,9$ мм ,доминировали мальки длиной 64,1–65 (68 %). Во II декаде июля молодь осетра был представлен экземплярами длиной от 77,0 до 83,0 мм, среднее значение длины составило $80,5 \pm 2,4$ мм, доминировали мальки длиной 79,1–81 мм (76 %) В 2021 г. к моменту выпуска средняя длина мальков увеличилась с $36,1 \pm 2,2$ до $80,5 \pm 2,4$ мм (табл. 2).

Таким образом, предельные, средние подекадные значения длины мальков, а также параметры модальных групп в 2017 г. были выше, чем в 2021 г.

Таблица 2 – Размерный состав молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг.

| Период времени | X min, мм | X max, мм | $x \pm m_x$, мм | Модальная группа, мм, (%) | п, экз. |
|-----------------|-----------|-----------|------------------|----------------------------------|---------|
| 2017 г | | | | | |
| Июнь III декада | 34,0 | 43,0 | $39,3 \pm 2,7$ | 39,1–42 (66 %) | 200 |
| Июль I декада | 70,0 | 81,0 | $75,5 \pm 4,5$ | 70,1–73 (53 %); 74,1–81(47%) | 150 |
| Июль II декада | 97,0 | 106,0 | $101,5 \pm 3,7$ | 98,1–100 (48 %) 100,1–105 (51 %) | 50 |
| 2021 г | | | | | |
| Июнь III декада | 32,0 | 39,0 | $36,1 \pm 2,2$ | 34,1–37 (52 %) | 200 |
| Июль I декада | 64,0 | 66,0 | $65,4 \pm 0,9$ | 64,1–65 (68 %) | 150 |
| Июль II декада | 77,0 | 83,0 | $80,5 \pm 2,4$ | 79,1–81 (71 %) | 50 |

В 2017 г. линейный рост молоди амурского осетра происходил относительно равномерно, наиболее активный рост отмечен в период с конца третьей декады июня по конец первой декады июля: средние приросты в этот период составили 12–15 мм. В 2021 г. линейный рост протекал неравномерно, был наиболее интенсивен в конце третьей декады июня и конце первой декады июля. Средние приросты в этот период составили 16 мм и 11 мм соответственно (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3 – Приросты длины молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг

| Время с момента выклева (сут) | Июнь (III декада) | | | | Июль (I декада) | | | Июль (II декада) |
|-------------------------------|-------------------|----|----|----|-----------------|----|----|------------------|
| | 10 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 | 30 |
| Средние приросты длины (мм) | | | | | | | | |
| 2017 | - | 7 | 3 | 14 | 12 | 12 | 15 | 9 |
| 2021 | - | 4 | 4 | 16 | 8 | 3 | 11 | 6 |

Сравнивая размерные показатели и темпы линейного роста молоди амурского осетра в 2017 и 2021 гг. следует отметить, что в 2017 г процессы линейного роста протекали более интенсивно, чем в 2021 г (рис. 1, табл. 3)



Рисунок 1 – Темп роста молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг.

Массовый состав

В 2017 г. в III декаде июня масса молоди осетра изменялась от 0,17 до 0,32 г, со средним значением $0,26 \pm 0,04$ г, доминировали особи с массой 0,20 - 0,30 (46 %), В I декаде июля размах значений массы молоди осетра увеличился и варьировал от 1,16 до 2,30 г при среднем значении $1,73 \pm 0,46$ г, преобладали мальки с массой 1,20–1,90 (54 %) Во II декаде июля молодь осетра был представлен экземплярами с массой от 3,82 до 5,27 г, среднее значение массы составило $4,54 \pm 0,59$ г, основу выборки составили особи с массой 3,40–4,20 (69 %) К моменту выпуска в реку средняя масса мальков в возрасте 40–45 суток возросла с $0,26 \pm 0,045$ до $4,54 \pm 0,59$, что значительно выше нормативного показателя массы 2,0 г при выпуске для культивируемой молоди осетров [6] (табл. 4).

В 2021 г. в III декаде июня масса молоди осетра изменялась от 0,14 до 0,32 г, со средним значением $0,22 \pm 0,04$ г, в выборке доминировали мальки с массой 0,20–0,30 (46 %) В I декаде июля размах значений массы молоди осетра увеличился и варьировал от 0,56 до 1,50 г, при среднем значении $1,04 \pm 0,37$ г. основу выборки составили особи с массой 0,70–1,20 (43 %). Во II декаде июля молодь осетра был представлен экземплярами массой от 2,40 до 3,06 г, среднее значение массы составило $2,72 \pm 0,27$ г. преобладала молодь с массой 2,20–2,80 (61 %) Средняя масса мальков составила $2,724 \pm 0,277$ г, что соответствует нормативному значению массы при выпуске молоди амурского осетра

Таким образом, в 2017 г. предельные, средние подекадные значения массы, параметры модальных групп, а также средняя масса молоди амурского осетра к моменту выпуска были выше, чем в 2021 г. Следует отметить, что в естественных условиях через 30 дней после выклева средняя масса мальков амурского осетра составила всего 0,09 г, тогда как в вы-

борке культивируемых мальков при значительной вариабельности массы, показатель средней массы оказался значительно выше, чем у природных мальков осетра [5].

Таблица 4 – Массовый состав молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг.

| Период времени | X min, Г | X max, Г | x ±m _x , г | Модальная группа, г, (%) | n, экз. |
|-----------------|----------|----------|-----------------------|--------------------------|---------|
| 2017 г | | | | | |
| Июнь III декада | 0,17 | 0,32 | 0,26±0,04 | 0,20–0,30 (46 %) | 200 |
| Июль I декада | 1,16 | 2,30 | 1,73±0,46 | 1,20–1,90 (54 %) | 150 |
| Июль II декада | 3,82 | 5,27 | 4,54±0,59 | 3,40–4,20 (69 %) | 50 |
| 2021 г | | | | | |
| Июнь III декада | 0,14 | 0,32 | 0,22±0,05 | 0,20–0,30 (30 %) | 200 |
| Июль I декада | 0,56 | 1,50 | 1,04±0,37 | 0,70–1,20 (43 %) | 150 |
| Июль II декада | 2,40 | 3,06 | 2,72±0,27 | 2,20–2,80 (61 %) | 50 |

Наиболее интенсивный рост массы у молоди осетров в 2017 г. наблюдался с конца третьей декады июня по конец первой декады июля: средние приросты массы в этот период составили от 0,893 до 1,52 г. В 2021 г. скорость роста массы была ниже, значительное увеличение массы отмечено в первую декаду июля, средние приросты в этот период составляли от 0,926 до 0,678 г. (табл. 5).

Таблица 5 – Приросты массы молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг.

| Время с момента выклева (сут) | Июнь (III декада) | | | | Июль (I декада) | | | Июль (II декада) |
|-------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|------------------|
| | 10 | 14 | 17 | 20 | 23 | 26 | 29 | 30 |
| Средние приросты массы (г) | | | | | | | | |
| 2017 | - | 0,118 | 0,029 | 0,839 | 1,14 | 1,52 | 1,45 | 0,482 |
| 2021 | - | 0,059 | 0,172 | 0,262 | 0,926 | 0,880 | 0,678 | 0,62 |

Сравнивая показатели массы и темпы массового роста молоди осетра в 2017 и 2021 гг. следует отметить, что в 2017 г. процессы увеличения массы протекали более активно, чем в 2021 г. (рис. 1, 2; табл. 4, 5).



Рисунок 2 – Темп роста массы молоди амурского осетра летом 2017 и 2021 гг.

Таким образом, в 2017 г. предельные, средние подекадные значения длины и массы, параметры модальных групп, темпы линейного и весового роста, а также средняя длина и масса культивируемой молоди амурского осетра к моменту выпуска были выше, чем в 2021 г. Можно предположить, что снижение размерно-весовых показателей у молоди амурского осетра в 2021 г. обусловлено менее благоприятным температурным режимом и низкой концентрацией кислорода (4,6–5,5 мг/л при пороговом значении 5,5 мг/л) в период подращивания. В 2017 и 2021 гг. средняя масса заводской молоди амурского осетра в возрасте 40–45 суток при выпуске составила $4,54 \pm 0,59$ и $2,72 \pm 0,27$ г, что соответствует нормативному показателю 2 г [7]. В то же время полученные нами размерно-массовые характеристики молоди амурского осетра свидетельствуют о необходимости дальнейшей оптимизации условий содержания.

Библиографический список

1. Рачек Е.И., Свирский В.Г. Товарное выращивание амурского осетра и калуги / Международная конференция. Тезисы докладов, сентябрь, 11–15, Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2000. С. 315–316.
2. Кошелев В.Н. [и др.] Возраст и рост амурского осетра *Acipenser schrenckii* реки Амур // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 136–147.
3. Кошелев В. Н., Диденко Д. С., Зыков Л. А., Шмигирилов А. П. Оценка браконьерского вылова калуги *Huso dauricus* и амурского осетра *Acipenser schrenckii* (*Acipenseridae*) // Изв. ТИНРО. 2022. Т. 202, вып. 1. С. 92–104.
3. Амвросов Д. Ю., Рачек Е. И. Выращивание тройного гибрида русского, сибирского и амурского осетров в тепловодном хозяйстве // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200, вып. 2. С. 445–459.
4. Кошелев В.Н., Зыков Л.А. Оценка промыслового возврата амурского осетра *Acipenser schrenckii* (*Acipenseridae*) от молоди искусственного воспроизводства // Вопросы рыболовства. 2020. Т. 21, № 2. С. 203–217.
5. Горский С.В. Яржомбек А.А. Справочные материалы по росту рыб: осетровые рыбы. М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 74 с.
6. Чебанов М.С., Галич Е. Руководство по разведению и выращиванию осетровых рыб. Москва: Минсельхоз России ФГНУ Росинформагротех, 2004. 235 с.
7. Приказ Минсельхоза России от 30.01.2015 N 25 (ред. от 25.08.2015) Об утверждении Методики расчета объема добычи (вылова) водных биологических ресурсов, необходимого для обеспечения сохранения водных биологических ресурсов и обеспечения деятельности рыбоводных хозяйств, при осуществлении рыболовства в целях аквакультуры (рыбоводства) (Зарегистрировано в Минюсте России 20.02.2015 N 36147).

УДК 597.551.2

Елена Александровна Жадько

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры, Россия, Владивосток, e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru

Динара Абзаловна Тюлебаева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, гр. ВБм-212, Россия, Владивосток, e-mail: dinara300499@mail.ru

**Некоторые черты биологии нерестовой кеты
реки Пойма (Приморский край) в 2021 г.**

Аннотация. В работе дана биологическая характеристика производителей осенней кеты реки Пойма.

Ключевые слова: осенняя кета, длина, масса, возраст, река Пойма

Elena A. Zhadko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: zhadko.ea@dgtru.ru

Dinara A. Tulebaeva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, gr. VBm- 212, Russia, Vladivostok, e-mail: dinara300499@mail.ru

**Some features of the biology of spawning chum salmon
of Poima river (Primorsky territory) in 2021**

Abstract. The work provides a biological characteristic of producers of autumn chum salmon from the Poima river.

Keywords: autumn chum salmon, length, weight, age, Poima river

Кета является наиболее распространенным видом тихоокеанских лососей, обитающих в северной части Тихого океана. В пределах российского Дальнего Востока выделяют шесть районов воспроизводства кеты: Камчатка, Сахалин, северо-западное побережье Охотского моря, бассейн р. Анадырь, бассейн р. Амур и реки Приморья. Конец XX – начало XXI века ознаменовался очередным подъёмом численности тихоокеанских лососей в Северной Пацифике [1]. Однако динамика уловов кеты характеризуется своими региональными особенностями. Если на Сахалине и Камчатке в начале XXI столетия уловы кеты возрастали, то в Приморье (южная граница ареала) рост уловов прекратился и начался спад. При этом следует отметить, что приморская кета всегда была малочисленна: если в прошлом веке уловы в зал. Петра Великого, где приморская кета издавна считалась наиболее обильной, не превышали 0,4–0,5 тыс. т, то в 2000-х годах в связи со стремительным сокращением численности пришлось закрыть её «официальный» промысел, хотя несанкционированный лов остался и продолжал прогрессировать [1, 2]. Кета воспроизводится практически во всех реках, впадающих в зал. Петра Великого, но наиболее она многочисленна в реках западной части залива, среди которых относительно высокой численностью выделяются реки Рязановка, Барабашевка, Нарва и Пойма.

В середине 80-х годов прошлого века на юге Приморского края были введены в действие два рыбопроизводных лососевых завода (Рязановский и Барабашевский), призванные компенсировать падение численности лососей. Оба завода были ориентированы на разведение кеты. В р. Барабашевка До строительства завода в реке Барабашевка уже существовала достаточно большая популяция природной кеты, поэтому при запуске завода использовали производителей из этой реки. Рязановский ЛРЗ был построен на реке, в которой не было собственного стада кеты, а отмечались лишь единичные ее заходы, поэтому на начальном этапе для закладки икры производителей отлавливали в реках Барабашевка и Нарва, а впоследствии и Пойма [3].

Начало работы заводов совпало с подъёмом численности кеты, однако на проектную мощность по закладке заводы так и не вышли. В тоже время на р. Рязановка удалось создать, хотя относительно небольшое, но стабильное по численности заводское стадо кеты, которое многократно превосходит естественное стадо, воспроизводившееся в реке до строительства завода [2].

В настоящее время в реке Пойма периодически отлавливают производителей для закладки икры на Рязановском и Барабашевском ЛРЗ и выпускают в нее заводскую молодь. Таким образом, в р. Пойма, так же, как и в реках Рязановка и Барабашевка, существует смешанная популяция кеты, состоящая из естественного стада и лососей, выпущенных с Рязановского лососевого рыбозавода [4]. Известно, жизнеспособность популяции дальневосточных лососей во многом зависит от биологического состояния ее репродуктивной части, т.е. от производителей. В связи с этим особую актуальность приобретают мониторинговые исследования размерно-возрастной структуры, соотношения линейно-массовых показателей и численности нерестовых подходов кеты в реках южного Приморья.

Цель работы – изучение некоторых биологических показателей производителей осенней кеты (*Oncorhynchus keta* реки Пойма (Приморский край) в 2021 гг.

В основу работы положены данные, собранные сотрудниками Рязановского экспериментально-производственного рыбозавода (РЭПРЗ) при отборе производителей кеты во время нерестового хода в р. Пойма в 2021 г. Отлов кеты производился в устье реки закидным неводом длиной 120 м и высотой 4 м с ячейей 35 мм в кутце, во время массового хода лососей в реку на забоечном пункте Рязановского ЭПРЗ. Бралось две пробы производителей: в начале хода и в середине хода (в период массового хода). Всего для биологического анализа было взято 100 особей кеты. Биологический анализ выполняли по общепринятой методике [5]. Статистическая обработка материала и оформление производились с помощью персонального компьютера и программ Word и Excel.

Результаты исследования

Размерно-массовый состав

В 2021 году в реке Пойма длина производителей осенней кеты варьировала от 55 до 79 см. Среднее значение длины самцов было $66,3 \pm 5,7$, самок – $65,4 \pm 4$. Основу выборки (67 %) составили особи длиной от 60 до 69 см, из них на долю самцов пришлось 29 %, на долю самок – 38 %. Наиболее крупные экземпляры длиной от 75 до 79 см (5 %) были представлены самцами (рис. 1).

Масса кеты изменялась от 1,6 до 5,3 кг. Средняя масса самцов составила $2,9 \pm 0,9$, самок – $2,7 \pm 0,5$ кг. Доминировали особи массой от 2,2 до 3,6 кг (73 %), из них на долю самцов пришлось 30 %, самки составили 43 % модальной группы. Наиболее крупные экземпляры массой от 4,7 до 5,6 кг (3,5 %) были представлены самцами (рис. 2).

Полученные нами размерно-массовые показатели производителей кеты р. Пойма и данные, полученные ранее, в целом различаются незначительно: в 2019 г в выборке при близком размахе значений длины (от 51 до 79 см), массы (1,2–5,4 кг), средних показателей длины (для самцов $68,3 \pm 0,1$ см, для самок $65,3 \pm 0,4$ см) и массы ($3,03 \pm 0,7$ кг) 70 % выборки приходилось на такую же размерную группу 60–70 см, однако доминировали (50 %) особи с большей массой (2,7–4,2 кг) [6].

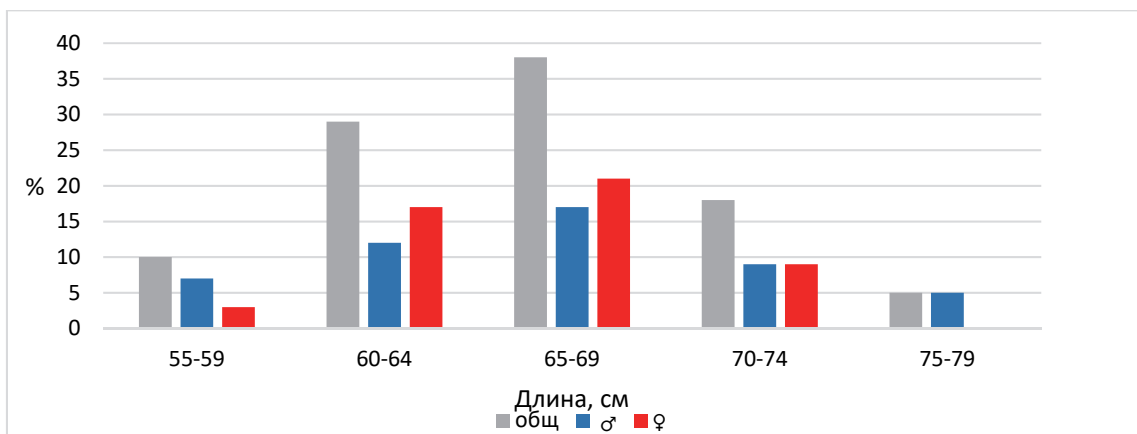


Рисунок 1 – Размерный состав кеты реки Пойма в 2021 г.

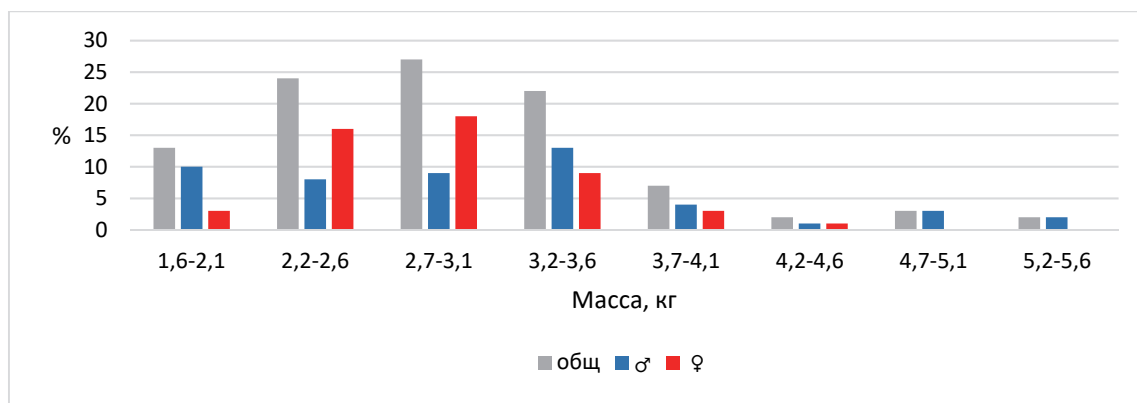


Рисунок 2 – Массовый состав кеты реки Пойма в 2021 г.

Зависимость между длиной и массой описывается уравнением степенной функции с высоким коэффициентом корреляции (рис. 3). Во время нерестового хода соотношение линейно-весовых характеристик у кеты стабилизируется и остается на постоянном уровне, в результате того, что рыбы прекращают питание, а синтез половых продуктов продолжается. Ранее было показано, что на длину и массу особей разных лет рождения оказывают влияние такие факторы, как урожайность, наличие кормовой базы, температура и соленость воды, другие факторы. Поскольку производителей кеты отлавливают в устьях рек, соотношение линейно-весовых характеристик является показателем успешности нагула в морском периоде жизни [7].

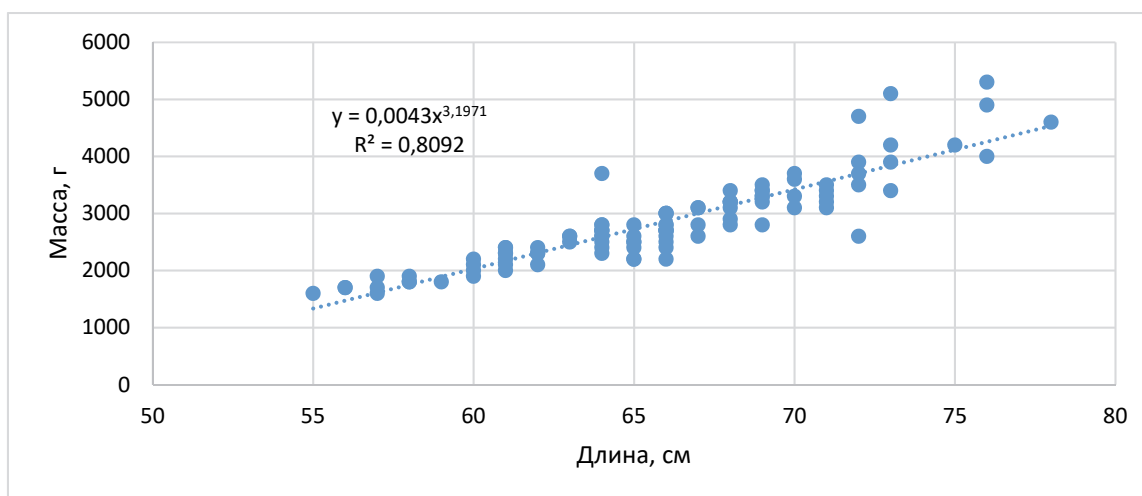


Рисунок 3 – Зависимость длина–масса кеты реки Пойма в 2021 г.

Возрастной состав

Исследование возрастного состава кеты позволяет рассчитать примерный возврат и численность нерестового стада. [8]. В 2021 г. в р. Пойма заходили производители кеты в возрасте от 1+ до 5+ (рис. 4). Основу нерестового стада составляли четырехлетки (3+), среди самок (44 %) и самцов (20 %). Как известно, в Приморье до 85 % нерестовых стад составляет кета в возрасте: 2+, 3+ и 4+ (в основной своей массе 3+ лет). В реках Нарва и Барабашевка зал. Петра Великого во время нерестового хода кеты была представлена возрастными группами от 1+ до 5+ лет. Рыбы в возрасте 3+ и 4+ доминировали ежегодно. Средний возраст кеты составлял 3,3 года [8].

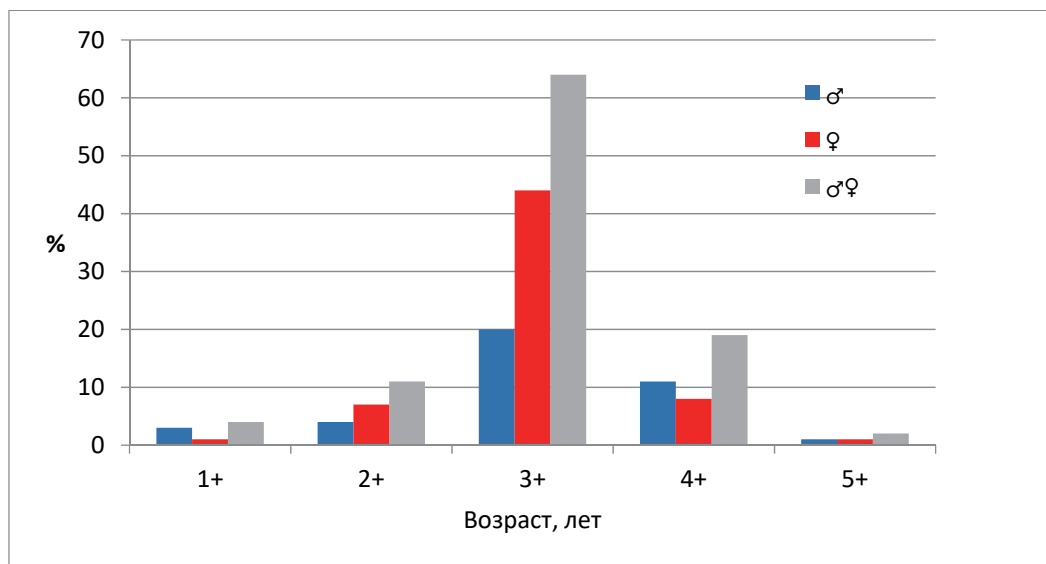


Рисунок 4 – Возрастной состав кеты реки Пойма в 2021 г.

Соотношение полов и стадии зрелости гонад

Соотношение полов кеты реки Пойма в 2021 г. в целом составило 1 : 1 с незначительным преобладанием самцов (рис. 5).

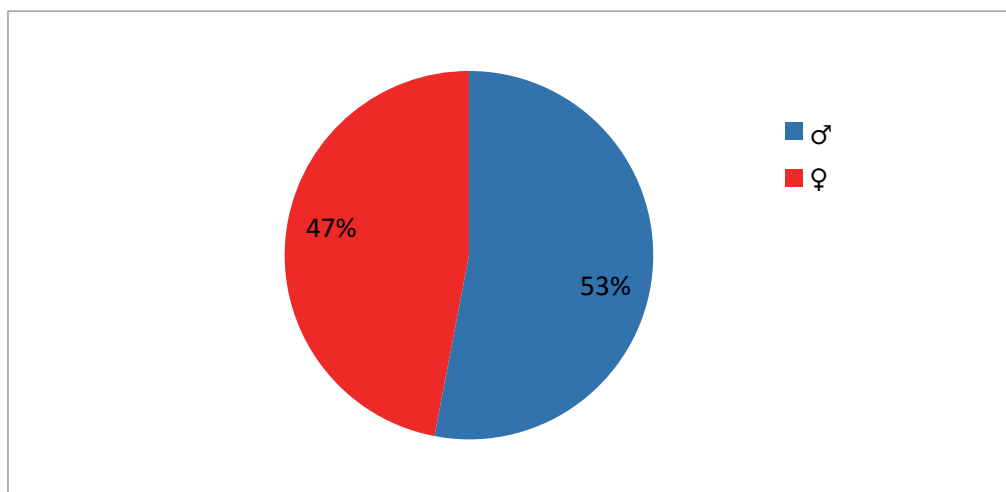


Рисунок 5 – Соотношение полов кеты реки Пойма.

В 2021 г. в уловах осенней кеты, идущей на нерест в р. Пойма присутствовали рыбы на IV и V стадиях зрелости гонад. Большинство особей (самцы – 33 %, самки – 32 %) находилось на V стадии зрелости гонад (рис. 6).

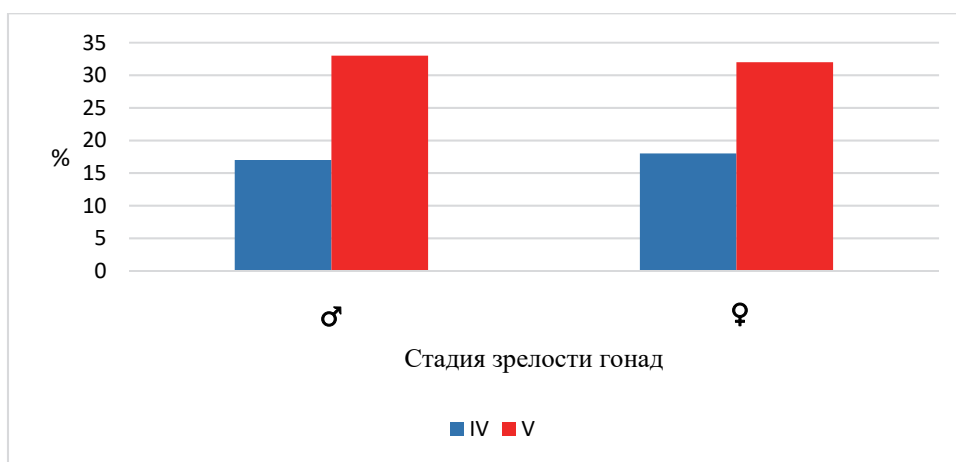


Рисунок 5 – Стадии зрелости гонад кеты реки Пойма в 2021 г.

Заключение

В 2021 году в реке Пойма длина производителей осенней кеты варьировала от 55 до 79 см, средняя длина самцов составила $66,3 \pm 5,7$, самок – $65,4 \pm 4$. Доминировали особи длиной от 60 до 69 см, из них на долю самцов пришлось 29 %, на долю самок – 38 %. Массовый состав кеты реки Пойма был представлен особями с массой от 1,6 до 5,3 кг при средней длине самцов – $2,9 \pm 0,9$, самок – $2,7 \pm 0,5$. Доминировали особи массой от 2,2 до 3,6 кг (73 %), из них на долю самцов пришлось 30 %, самки составили 43 % модальной группы. Зависимость длина – масса кеты описывается степенным уравнением $y = 0,0043x^{3,1971}$ при $R^2 = 0,8092$. Соотношение полов было близким 1:1. В выборках присутствовали производители кеты на IV и V стадиях зрелости гонад, из них 65 % особей имели V стадию зрелости гонад. Таким образом, результаты исследования позволяют констатировать относительно стабильное биологическое состояние кеты р. Пойма. Результаты работы имеют природоохранную значимость и могут быть использованы при планировании деятельности рыбозаводского предприятия.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Рязановского экспериментально-производственного завода (РЭПЗ) Приморского филиала ФГБУ «Главрыбвод» за предоставленные материалы

Библиографический список

1. Шунтов В.П. Концепция дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей на период 2006-2010 гг. Владивосток: ТИНРО-центр, 2005. 62 с.
2. Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В., Полтев Ю.Н. Распределение лососей в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана // Вопросы ихтиологии. 1993. Т. 33, вып. 3. С. 337–347.
3. Курганский Г.Н. Современное состояние искусственного воспроизводства кеты в Приморском крае // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201. С. 686–701.
4. Горяинов А.А. Некоторые характеристики естественного воспроизводства приморской осенней кеты в реках бассейна Японского моря // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 218–233
5. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
6. Матросова И.В., Романёк Е.В. Сравнительная характеристика биологических показателей производителей заводской и дикой кеты (*Oncorhynchus keta*) в бассейне реки Пойма (Приморский край) // Научные труды Дальрыбвтуза. Владивосток, 2022. Т. 60, № 2. С. 33–41.
7. Шунтов В.П., Радченко В.И., Лапко В.В., Полтев Ю.Н. Распределение лососей в западной части Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана // Вопросы ихтиологии. 1993. Т. 33, вып. 3. С. 337–347.
8. Лысенко А.В. Размерно-возрастная структура кеты Приморья и численность ее подходов // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 133. С. 94–108.

Олег Владимирович Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, доктор биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Роман Александрович Семенов

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), старший специалист НИС «Океаническая», Россия, Владивосток, e-mail: gudwin10066@gmail.com

О состоянии ихтиоцены озера Рейдовое (остров Итуруп). Видовой состав и распределение рыб разных видов вдоль береговой полосы

Аннотация. Исследовали видовой состав рыб в озере Рейдовое (о. Итуруп) и их распределение вдоль береговой полосы. Основу ихтиоценоза озера составляла девятииглая колюшка, численность которой была почти в 10 раз больше численности рыб всех остальных видов вместе взятых. Вторым по численности видом была молодь кеты, как результат природного нереста производителей этого вида. Помимо колюшки и кеты в озере выявили представителей 7 видов рыб, которые присутствовали в уловах единично.

Ключевые слова: Итуруп, озеро Рейдовое, кета, *Oncorhynchus keta*

Oleg V. Zelennikov

St. Petersburg State University, Doctor of Biology, Associate Professor, Russia, St. Petersburg, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Roman A. Semenov

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Senior Specialist of Oceanicheskaya station, Russia, Vladivostok, e-mail: gudwin10066@gmail.com

On the state of the ichthyocene of Lake Reidovoe (Iturup Island). Species composition and distribution of fish of different species along the coastline

Abstract. We studied the species composition of fish in Lake Reidovoe (Iturup Island) and their distribution along the coastline. The basis of the ichthyocen of the lake was the *Pungitius sinensis*, the number of which was almost 10 times greater than the number of fish of all other species combined. The second largest species was juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta*, as a result of natural spawning of spawners of this species. In addition to these fish, representatives of 7 species were found in the lake, which were present in the catches sporadically.

Keywords: Iturup, Lake Reidovoy, chum salmon, *Oncorhynchus keta*

Озеро Рейдовое находится в непосредственной близости от поселка Рейдово – одним из двух наиболее крупных населенных пунктов на о. Итуруп. Оно расположено в горно-лесистой местности и, несмотря на близость к поселку является труднодоступным. К озеру не подходит ни одна из дорог, поэтому с лодкой и экспедиционным оборудованием к нему можно приблизиться только по ручью Минеральный, либо из верхнего течения, сплавляясь вниз, либо из участка нижнего течения поднимаясь вверх.

Возможно в силу труднодоступности, ихтиофауна озера является неисследованной. По крайней мере, в научной литературе не удалось найти каких-либо сведений о видовом со-

стае и численности рыб, населяющих озеро. Вместе с тем в настоящее время появилась потребность в таких сведениях, поскольку в 2017 году на ручье Минеральный выше озера был построен лососевый рыболовный завод – ЛРЗ «Минеральный», ориентированный на воспроизводство молоди горбуши и кеты. На современном этапе взаимодействия человека с окружающей средой одной из важных характеристик функционирования рыболовного завода является оценка влияния его работы на природные сообщества гидробионтов.

С учетом дефицита данных и потребности в их получении целью нашей работы определить перечень видов рыб, населяющих озеро Рейдовое и их распределение в разных частях вдоль его береговой полосы.

Обследование озера проводили 30 мая 2023 г. В ходе работы на резиновой лодке прошли вдоль всей береговой полосы, периодически проводя лов рыбы, на произвольно выбранных участках (станциях). Выбранные участки имели характерные отличительные особенности, что позволяло точно нанести их на карту (рис. 1, А). Отлов рыб проводили при помощи малькового невода (рис. 2, Б), который имел следующие параметры: высота 1,5 м, длина 20 м, размер ячеей в мотне 4 мм. Невод заводили с резиновой лодки на 20 м от берега. После отлова всех рыб помещали в тазы со светлым дном (рис. 2, А), затем их прижизненно подсчитывая при помощи небольших (диаметр обода 10 см) металлических сачков и после подсчета выпускали в озеро.

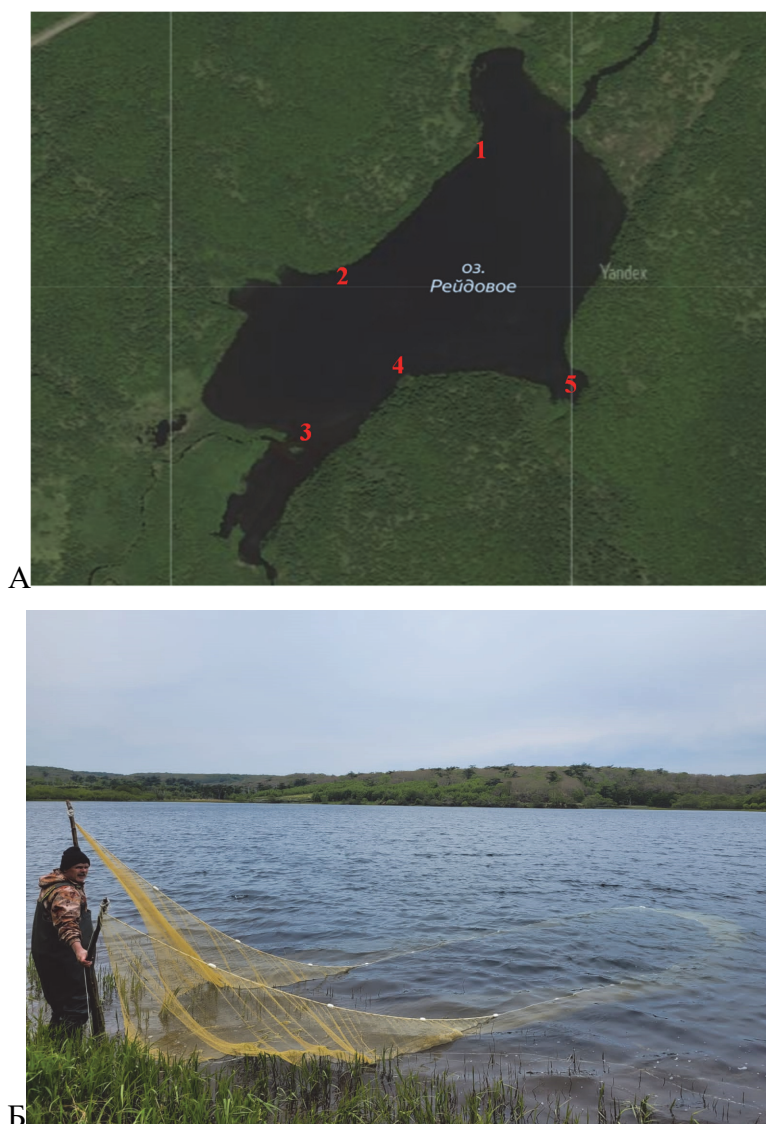


Рисунок 1 – Схематическая карта озера Рейдовое с указанием станций, на которых проводили облов (А). Внешний вид невода, использованного в работе (Б)



Рисунок 2 – Улов рыбы перед его анализом, помещенный в пластиковые тазы со светлым дном (А).
Малек кеты от естественного нереста (Б)

Длина озера Рейдовое составляет 1,28 км, ширина – 0,58 км. В озеро впадает два ручья, в районе станции 3 (ручей Минеральный) и станции 5 (рис. 1 А).

В ходе работы установили, что озеро доступно для обследования мальковым неводом вдоль всего берега. В районе станций 1, 2 и 4 наблюдали песчано-каменистое дно с относительно быстрым увеличением глубины. В районе станций 3 и 5 более мелководные участки с песчаным или песчано-илистым дном. Судя по составу грунта, нерестилища для кеты располагаются на участках между станциями 2 и 4, а наиболее значительные в районе станции 3.

Всего на 5 станциях поймали представителей 9 видов рыб: **Кета** *Oncorhynchus keta* Walbaum, 1792 (рис. 2, Б); **Девятиглая колюшка** *Pungitius sinensis* Guichenot, 1869; **Малоротая корюшка** *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963; **Крупночешуйная красноперка-угай** *Tribolodon hakuensis* Gunther, 1877; **Сима** *Oncorhynchus masou* Brevoort, 1856; **Кунджа** *Salvelinus leucomaenis* Pallas 1814; **Горбуша** *Oncorhynchus gorbuscha* Walbaum, 1792; два вида бычков семейства *Gobiidae* **Короткоперый трехзубый бычок** *Tridentiger brevispinis* Katsuyama, Arai et Nakamura, 1972 и **Большой дальневосточный бычок** *Gymnogobius urotaenia* Hilgendorf, 1879 (рис. 3).



Рисунок 3 – Представители ихтиофауны озера Рейдовое: кунджа (А), сима (Б), малоротая корюшка (В), крупночешуйная красноперка-угай (Г), девятииглая колюшка (Д) и короткоперый трёхзубый бычок (Е)

Распределение рыб по станциям и, соответственно, вдоль береговой полосы озера было неравномерным. Так, в районе станций 1 и 2 состояние ихтиологического сообщества было, сходным. Мальки кеты присутствовали единично, и практически весь улов был представлен девятииглой колюшкой разного размера (табл.). Представители всех остальных видов рыб присутствовали единично.

Распределение рыб разных видов вдоль береговой полосы озера Рейдовое

| Станция | Кета* | Колюшка | Красноперка | Сима | Кунджа | Корюшка | Бычки* |
|---------|-------|---------|-------------|------|--------|---------|--------|
| 1 | 2 | 417 | 1 | 1 | 2 | 1 | 11 |
| 2 | 3 | 762 | 14 | — | — | — | 7 |
| 3 | 573 | 728 | — | — | — | 65 | — |
| 4 | 88 | 3344 | — | 5 | 2 | — | — |
| 5 | 10 | 1386 | — | 11 | 3 | 1 | — |

Примечание. * – данные для кеты и горбуши, а также двух видов бычков объединены.

Сообщество рыб в районе станции 3 наиболее существенно отличалось от сообщества на всех остальных станциях. Здесь были выявлены представители только трех видов. И хотя основу улова, как и повсеместно, вновь составляла девятииглая колюшка, в невод попалось значительное число молоди кеты, а также малоротой корюшки (табл.).

На следующей станции – номер 4 численность колюшки оказалась наиболее значительной, а численность молоди кеты была в 6,5 раз меньше, чем на станции 3, но во много раз больше, чем на остальных участках. Представители других видов в невод попадали единично (табл.).

На последней из обследованных станций количество рыб приближалось к их количеству на 1 и 2 станциях. Мы вновь можем видеть выраженное доминирование девятиглай колюшки и малочисленность молоди кеты. Представители всех остальных видов вновь присутствовали в районе станции единично.

При обсуждении полученных данных отметим, что состав ихтиологического сообщества в озере Рейдовое, соответствовал тому немногочисленному в целом списку видов, который характерен для Курильских островов и для острова Итуруп в частности [1, 2, 3, 4, 5]. Основу ихтиоценоза озера составляет девятииглая колюшка. Число рыб этого вида в сумме на 5 станциях почти в 10 раз превышает число рыб всех остальных видов вместе взятых. Вторым по численности видом является молодь кеты. Если учесть, что рыболовная продукция ЛРЗ «Минеральный» в 2023 году состояла из 18 млн. молоди горбуши и только 2 млн. молоди кеты, значительное количество молоди кеты в озере является результатом естественного нереста этого вида лососевых рыб. Мальки горбуши встретилась в уловах исключительно редко и их при подсчете от молоди кеты не отделяли.

Представители остальных 7 видов рыб, обнаруженных в озере, были крайне немногочисленными, и либо встречались единично, либо (и также в сравнительно небольшой численности) были выявлены на какой-то одной из станций. Так, практически все особи малоротой корюшки были выловлены на станции № 3, а крупночешуйной красноперки на станции № 2.

Авторы выражают благодарность сотруднику лаборатории ихтиологии Зоологического института РАН Жидкову Захару Викторовичу за определение видов бычков.

Библиографический список

1. Зеленников О.В., Погодин В.П., Отставная Е.Г. Распределение молоди тихоокеанских лососей и сопутствующих видов рыб в озере Сопочное (остров Итуруп) // Биол. моря. 2016. Т. 42, № 2. С. 153–155.
2. Рыбы Курильских островов. под редакцией О.Ф. Гриценко. М.: Изд-во ВНИРО, 2012. 384 с.
3. Сидоров Л.К., Пичугин М.Ю. Состав ихтиофауны и особенности биологии рыб южных Курильских островов в связи с абиотическими условиями и происхождением водоемов // Тр. ВНИРО. 2005. Т. 144. С. 151–175.
4. Шедько С.В. Обзор пресноводной ихтиофауны. Растительный и животный мир Курильских островов. Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 118–134.
5. Pietsch T.W., Amaoka K., Stevenson D., MacDonald E.L., Urbain B.K., López J.A. Freshwater fishes of the Kuril Islands and adjacent regions // Species Diversity. 2001. Vol. 6. P. 133–164.

Олег Владимирович Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, доктор биологических наук, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Сравнительный анализ состояния яичников у молоди кеты *Oncorhynchus keta* и нерки *O. nerka* при воспроизводстве в озере Сопочное (остров Итуруп)

Аннотация. Исследовали состояние яичников у молоди кеты и нерки, выловленной 19 июля 2010 г в оз. Сопочное (Итуруп, Южные Курильские острова). При одинаковой в среднем массе тела, в яичниках у самок нерки было в 1,5 раза больше половых клеток всех периодов развития и достоверно крупнее ооциты старшей генерации, чем у молоди кеты. При этом доля ооцитов периода превителлогенеза из общего числа половых клеток у тех и других оказалась сходной. В целом темп развития яичников у самок двух видов был сходным, а более крупные ооциты у самок нерки могли быть отражением более продолжительного периода развития.

Ключевые слова: Итуруп, озеро Сопочное, кета, нерка, оогенез

Oleg V. Zelennikov

St. Petersburg State University, Doctor of Biology, Associate Professor, Russia, St. Petersburg, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Comparative analysis of the state of the ovaries in juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* and sockeye salmon *O. nerka* under similar habitat conditions

Abstract. The condition of the ovaries in juvenile chum salmon and sockeye salmon, caught on July 19, 2010, in the lake was studied. Sopochnoe (Iturup, South Kuril Islands). With the same average body weight, in the ovaries of female sockeye salmon there were 1.5 times more germ cells of all periods of development and significantly larger oocytes of the older generation than in juvenile chum salmon. At the same time, the proportion of previtellogenesis period oocytes out of the total number of germ cells in both groups was similar. In general, the rate of ovarian development in females of the two species was similar, and larger oocytes in sockeye females could reflect a longer period of development.

Keywords: Iturup, Sopochnoe Lake, chum salmon, sockeye salmon, oogenesis

Кета *Oncorhynchus keta* и нерка *O. nerka* являясь наиболее близкородственными видами в роду тихоокеанских лососей [1], оказываются весьма близкими и по своей биологии. Каждое поколение обоих видов достигает полового созревания в течение ряда лет. При этом и молодь нерки в значительном количестве может мигрировать в море в возрасте 0+, особенно с речных нерестилищ [2], и молодь кеты может нереститься в озере с формированием настоящих озерных популяций [3]. Вместе с тем в области репродуктивной биологии есть весьма существенное отличие, которое, требующее на наш взгляд дополнительного исследования. У молоди кеты вакуолизация цитоплазмы ооцитов, т.е. их переход в период вителлогенеза, наблюдается уже осенью первого года жизни в море [4], фактически, еще в возрасте 0+. У самок нерки наиболее крупные ооциты также вступают в период вителлогенеза в октябре первого года жизни в море, но только уже в возрасте 2+ [5]. Но при этом, у части особей даже через год жизни в море ооциты старшей генерации могут находиться в периоде превителлогенеза [6]. Данные сравнительного анализа оогенеза у молоди кеты и нерки оказываются крайне немногочисленными и к тому же полученными на молоди из разных мест обитания [7]. Главная трудность для исследования связана с тем, что в

нашей стране нерку воспроизводят в незначительном количестве и только на рыбоводных заводах Камчатского края, совместно же с кетой – только на заводе «Озерки» [8]. В этой связи молодь кеты и нерки от естественного нереста, пойманная нами в оз. Сопочное, представляется интересной для сравнительного исследования. Во-первых, в этом озере есть сравнительно крупная популяция нерки [9, 10]. Во-вторых, в озере сформировалась настоящая озерная популяция кеты, производители которой биологически [3] и на генетическом уровне [11] отличаются от производителей, нерестящихся в притоках озера на обычных речных нерестилищах, а ее молодь длительное время задерживается в озере. Пойманная нами молодь двух видов имела сходную массу тела и, вероятно, сходный возраст. С учетом этих обстоятельств цель работы провести сравнительный анализ состояния яичников у сеголеток кеты и нерки в связи с вопросом видовой специфики темпа оогенеза.

Молодь кеты и нерки была взята из материалов экспедиционного сбора при обследовании озера Сопочное 18-19 июля 2010 г. В ходе этой работы выявляли численность рыб разных видов и их распределение вдоль береговой полосы озера [12]. Попутно, для последующего гистоморфологического исследования пробы молоди разных видов фиксировали в жидкости Буэна. В лабораторных условиях яичники молоди кеты и нерки вместе с комплексом внутренних органов обрабатывали гистологически. Готовые препараты окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну.

Для оценки состояния гонад у каждой особи на 10 поперечных срезах (по 5 в каждой из двух гонад) подсчитывали половые клетки всех периодов развития, принимая во внимание только те из них, на срезе которых было видно ядро. Для того чтобы одни и те же клетки не подсчитывать дважды, для исследования брали каждый десятый срез из всей серии в 80-100 поперечных серийных срезов, приготовленных от каждой особи. Помимо подсчета клеток вычисляли диаметр 20 наиболее крупных ооцитов (по 10 клеток в каждой из двух гонад). Поскольку ооциты имеют яйцевидную форму, за диаметр половой клетки принимали полусумму диаметров по длинной и короткой оси. При статистическом анализе для сравнения средних значений применяли критерий Манна–Уитни.

Молодь кеты, пойманная нами 19 июля, имела массу в среднем 1,42 г при варьировании у разных особей от 0,7 до 2,1 г (таблица). Старшую генерацию половых клеток в яичниках составляли ооциты периода превителлогенеза (рисунок, А). Их число в среднем на поперечный срез составило 10,7 клеток, а диаметр – 53,6 мкм. Интересно отметить, что диаметр ооцитов у разных самок варьировал в диапазоне от 31,2 до 77,7 мкм. При этом самые крупные ооциты были обнаружены в яичник у самой мелкой особи, массой 0,7 г, а самые мелкие ооциты, напротив, выявили у самой крупной самки, массой 2,1 г (таблица).

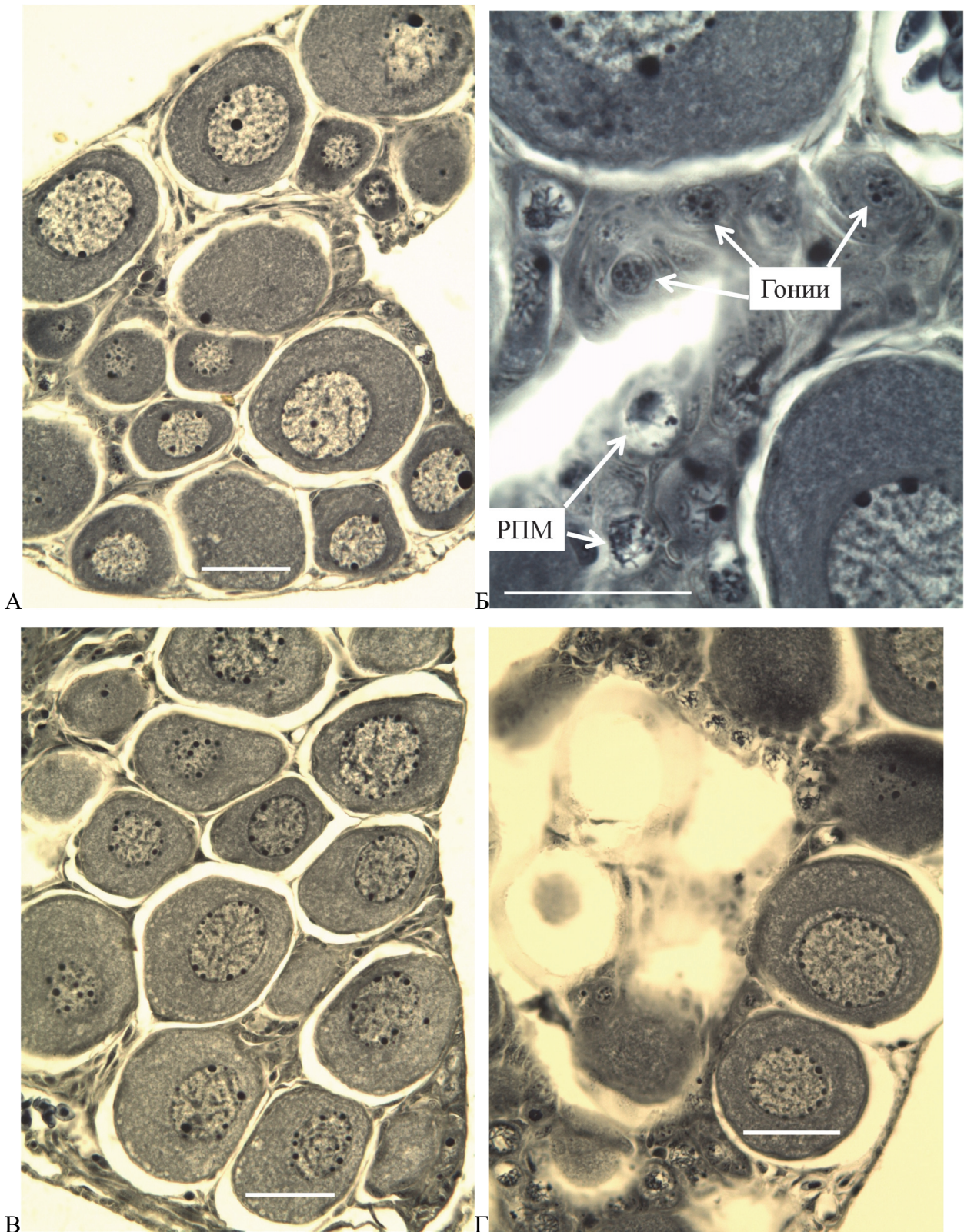
Помимо ооцитов периода превителлогенеза у всех самок присутствовали половые клетки более ранних периодов развития – гонии и ооциты ранней профазы мейоза (мейоциты; рисунок, Б). Поскольку клетки этих периодов имеют примерно сходные размеры, то можно весьма уверенно говорить, что гониев в среднем было примерно в два раза меньше, чем мейоцитов. При этом ооцитов периода превителлогенеза в среднем на один поперечный срез было в два раза больше, чем гониев и мейоцитов вместе – 70,1 %.

Масса самок нерки варьировала, фактически, в таком же диапазоне, как и масса кеты – от 0,8 до 2,3 г, а в среднем масса молоди двух видов оказалась одинаковой – по 1,42 г. При этом молодь нерки оказалась менее высокотелой и более прогонистой (таблица). Фонд половых клеток у всех рыб также составляли гонии, мейоциты и ооциты периода превителлогенеза (рисунок, В, Г). Число клеток всех периодов в среднем было больше, чем у самок кеты. Например, число ооцитов периода превителлогенеза у разных рыб варьировало в широком диапазоне – от 1,4 до 32,4, а в среднем составило 15,6 клетки (таблица). Поскольку у самок нерки половых клеток всех состояний было больше, то доля ооцитов периода превителлогенеза в среднем на поперечный срез у молоди двух видов оказалась практически одинаковой (таблица). В отличие от числа, диаметр ооцитов у разных самок нерки изменялся в незначительном диапазоне – от 51,0 до 78,5 мкм, а в среднем – 68,0 мкм был достоверно больше, чем у самок кеты.

Состояние яичников у сеголеток кеты и нерки, пойманных в оз. Сопочное 19.07.2010 г.

| Длина рыб, L мм | Масса рыб, г | Число на 1 срез, шт | | | | Ооцитов периода превител- логенеза, % | Диаметр ооцитов старшей генера- ции, мкм |
|-----------------------|--------------------|---------------------|--|---|------------------|---|--|
| | | гониев | ооцитов ранней профазы мейоза | ооцитов периода превител- логенеза | Всех клеток | | |
| КЕТА | | | | | | | |
| 39 | 0,7 | 0,3 | 0,7 | 13,9 | 14,9 | 93,3 | 77,7 |
| 37 | 0,7 | 6,1 | 9,1 | 16,3 | 31,5 | 51,7 | 70,9 |
| 39 | 0,9 | 1,5 | 6,1 | 8,1 | 15,7 | 51,6 | 66,6 |
| 40 | 1,0 | 0,7 | 0,4 | 7,9 | 9 | 87,7 | 58,7 |
| 39 | 1,0 | 0,3 | 0 | 14,3 | 14,6 | 97,9 | 62,4 |
| 42 | 1,1 | 4,6 | 5,5 | 4,9 | 15 | 32,6 | 31,5 |
| 43 | 1,3 | 0,4 | 0,8 | 10,4 | 11,6 | 89,7 | 63,2 |
| 44 | 1,3 | 1,2 | 3,7 | 9,7 | 14,6 | 66,4 | 49,9 |
| 46 | 1,4 | 0,2 | 0,6 | 10,1 | 10,9 | 92,7 | 44,2 |
| 44 | 1,4 | 3,2 | 3,5 | 15,5 | 22,2 | 69,8 | 72,3 |
| 47 | 1,5 | 1,1 | 8,8 | 13,8 | 23,7 | 58,2 | 54,4 |
| 48 | 1,5 | 2,3 | 6,2 | 7,6 | 16,1 | 47,2 | 39,7 |
| 50 | 1,6 | 1,1 | 1,6 | 9,5 | 12,2 | 77,9 | 53,3 |
| 52 | 1,7 | 0,8 | 1,9 | 9,9 | 12,6 | 78,6 | 49,3 |
| 52 | 1,9 | 3,1 | 4,9 | 9,7 | 17,7 | 54,8 | 41,4 |
| 54 | 1,9 | 1,5 | 3,3 | 11,5 | 16,3 | 70,6 | 37,1 |
| 56 | 2,0 | 0,6 | 0 | 14,4 | 15 | 96 | 64,9 |
| 54 | 2,0 | 1,3 | 2,1 | 12,2 | 15,6 | 78,2 | 49,9 |
| 58 | 2,1 | 1,8 | 3,6 | 3,3 | 8,7 | 37,9 | 31,2 |
| 46,5±1,5 | 1,42±0,10 | 1,7±0,4 | 3,3±0,6 | 10,7±0,8 | 15,7±1,2 | 70,1±4,7 | 53,6±3,2 |
| НЕРКА | | | | | | | |
| 43 | 0,8 | 2,3 | 5,8 | 12,3 | 20,4 | 60,3 | 59,8 |
| 45 | 1,0 | 4,8 | 1,6 | 18,4 | 24,8 | 74,2 | 66,9 |
| 46 | 1,0 | 1,2 | 2,1 | 19,7 | 23,0 | 85,7 | 65,8 |
| 48 | 1,1 | 8,8 | 22,9 | 19,5 | 51,2 | 38,1 | 67,2 |
| 47 | 1,2 | 3,8 | 6,5 | 14,8 | 25,1 | 59,0 | 66,1 |
| 50 | 1,2 | 8,1 | 9 | 11,6 | 28,7 | 40,4 | 60,7 |
| 49 | 1,2 | 1 | 1,5 | 14,7 | 17,2 | 85,5 | 70,6 |
| 47 | 1,3 | 2,8 | 1 | 22,0 | 25,8 | 85,3 | 72,6 |
| 51 | 1,4 | 0,5 | 0,9 | 1,4 | 2,8 | 93,3 | 78,5 |
| 53 | 1,4 | 1,1 | 0,1 | 10,6 | 11,8 | 89,8 | 70,3 |
| 49 | 1,4 | 4,4 | 4,5 | 17,9 | 26,8 | 66,8 | 74,3 |
| 56 | 1,9 | 7 | 3,2 | 32,4 | 42,6 | 76,5 | 67,5 |
| 57 | 2,0 | 1,8 | 2,9 | 20,8 | 25,5 | 81,5 | 72,9 |
| 57 | 2,1 | 5,7 | 4,6 | 11,9 | 22,2 | 53,6 | 76,0 |
| 58 | 2,3 | 2,4 | 2,3 | 5,4 | 10,1 | 53,4 | 51,0 |
| 50,4±1,2* | 1,42±0,11 | 3,7±0,7* | 4,6±1,4 | 15,6±1,9* | 23,9±3,1* | 69,6±4,6 | 68,0±1,8* |

Примечание. * – данные для кеты и нерки различаются достоверно (p < 0,05).



Характерное состояние яичников у молоди кеты (А, Б) и нерки (В, Г) в озере Сопочное. Можно видеть ооциты периода превителлогенеза, а также гонии и ооциты ранней профазы мейоза (РПМ; Б). Пояснение в тексте. Шкала = 0,05 мм

Согласно имеющимся данным, можно было ожидать, что темп оогенеза у молоди нерки будет ниже, чем у молоди кеты. Так, если у зародышей кеты концентрация первичных половых клеток (ППК) в области расположения будущей гонады заканчивается через

49 сут после начала инкубации (152 градусодня), то у зародышей нерки – через 67 (240 градусодней). При этом ППК с полиморфными ядрами (а такая их форма задерживает начало мейотических делений этих клеток) у нерки оказалось в пять раз больше. В результате, если митотическое деление ППК у кеты началось через 56 сут после оплодотворения, то у зародышей нерки только через 73 [7]. Вместе с тем есть основания полагать, что эти различия являются отражением различных условий содержания зародышей, а не видовыми различиями темпа оогенеза у двух видов. Следует также отметить, что практически все данные о гаметогенезе нерки получены при исследовании рыб популяции озера Курильское, которое обеспечивает около 70 % вылова нерки в нашей стране. Однако это озеро является сравнительно глубоким и холодноводным, из которого молодь мигрирует в море преимущественно в возрасте 2+ (около 85 %; [5]).

На Итуруп ситуация иная. Из озера Сопочное молодь мигрирует преимущественно в возрасте 1+ и два года проводит в море [13]. В результате кета и нерка, воспроизводящиеся в акватории острова имеют преимущественно возраст 3 календарных года – 0.3+ и 1.2+ соответственно.

Анализируя полученные данные, можно предположить, что условия воспроизводства и развития молоди двух видов в оз. Сопочное оказались сходными, следствием чего явилась одинаковая масса тела у самок кеты и нерки. То, что в яичниках нерки оказалось больше половых клеток всех периодов развития является отражением и большей величины абсолютной плодовитости у этих рыб по сравнению с кетой [14]. А то, что у самок нерки ооциты оказались достоверно крупнее может являться отражением более протяженного периода развития этих рыб. Согласно имеющимся данным массовый нерест производителей нерки в озерах о. Итуруп наблюдается в конце августа – сентябре, тогда, как массовый нерест кеты – в октябре-ноябре [9]. Во всех случаях наши данные указывают на сходный темп развития гонад у самок двух видов лососей в о. Сопочное и не свидетельствуют об относительно замедленном темпе оогенеза у самок нерки.

Библиографический список

1. Царев Ю.И., Рогатных А.А., Горшков В.А., Максимов В.А., Медников Б.М. Родственные связи тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* // ДАН СССР. 1984. Т. 279, № 6. С. 1515–1516.
2. Бугаев В.Ф. Азиатская нерка–2 (биологическая структура и динамика численности локальных стад в конце XX – начале XXI вв.). Петропавловск-Камчатский: Изд-во «Камчатпресс», 2011. 380 с.
3. Каев А.М., Ромасенко Л.В. Морфобиологические особенности речной и озерной форм кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) на южных Курильских островах // Вопросы ихтиологии. 2010. Т. 50, № 3. С. 318–327.
4. Городовская С.Б., Сушкевич А.С. Темп оогенеза молоди тихоокеанских лососей в Охотском море осенью в 2011–2013 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2015. Вып. 36. С. 34–41.
5. Городовская С.Б. Влияние факторов среды на гаметогенез нерки р. Озерная (Западная Камчатка): автореф дис. .. канд. биол. наук. Москва: ВНИРО. 2008. 25 с.
6. Иевлева М.Я. Гистологическое строение гонад лососей в период морских миграций. Лососевое хозяйство Дальнего Востока. М.: Наука, 1964. С. 127–141.
7. Персов Г.М. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей // Воспроизводство и акклиматизация лососевых в Баренцевом и Белом морях. 1966. Вып. 12. С. 7–44.
8. Леман В.Н. Смирнов, Б.П. Точилина Т.Г. Пастбищное лососеводство на Дальнем Востоке: современное состояние и существующие проблемы // Тр. ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 105–120.
9. Рыбы Курильских островов. под редакцией О. Ф. Гриценко. М.: Изд-во ВНИРО, 2012. 384 с.
10. Ельников А.Н., Зеленников О.В. Нерка острова Итуруп. 1. Некоторые данные о состоянии популяций в озерах Сопочное и Красивое // Тр. ВНИРО. 2022а. Т. 187. С. 65–70.

11. Каев А.М., Афанасьев К.И., Рубцова Г.А. и др. О генетической дифференциации кеты речного и озерного экотипов на о. Итуруп (Курильские острова) // Современное состояние водных биоресурсов. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 372–374.
12. Зеленников О.В., Погодин В.П., Отставная Е.Г. Распределение молоди тихоокеанских лососей и сопутствующих видов рыб в озере Сопочное (остров Итуруп) // Биология моря. 2016. Т. 42, № 2. С. 153–155.
13. Ельников А.Н., Зеленников О.В. Нерка острова Итуруп: Характеристика производителей из промысловых уловов в 2021 году // Изв. ТИНРО. 2022б. Т. 202, № 2. С. 343–350.
14. Зеленников О.В. Влияние процессов раннего оогенеза на развитие воспроизводительной системы у рыб: дис. ... доктора. биол. наук. Москва: ВНИРО, 2021. 377 с.

Анастасия Владиславовна Зенкова

Амурский филиал ФГБУ «Главрыбвод» (Анъюйский лососевый рыбоводный завод), Россия, Хабаровский край, с. Найхин

Инга Владимировна Матросова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Web of Science ResearcherID: AAF-7994-2021,

**Некоторые биологические характеристики осенней кеты реки Анюй
(Хабаровский край) в 2020 г.**

Аннотация. Рассматриваются основные биологические показатели осенней кеты реки Анюй (Хабаровский край) в сентябре 2020 г. Размер кеты варьировался от 47 до 73 см, масса тела изменялась от 1030 до 4605 г. По средним значениям самцы были крупнее самок. Большинство рыб имели гонады на V стадии зрелости.

Ключевые слова: река Анюй, Хабаровский край, размер, масса, стадии зрелости гонад

Anastasiya V. Zenkova

Amur Branch of the Federal State Budgetary Institution «Glavrybvod» (Anyui Salmon Fish Farm), Russia, Khabarovsk Territory, Naikhin village

Inga V. Matrosova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Head of the Department, Russia, Vladivostok, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Web of Science ResearcherID: AAF-7994-2021,

**Some biological characteristics of autumn chum salmon of the Anyui River
(Khabarovsk Territory) in 2020**

Abstract. The main biological indicators of the autumn chum salmon of the Anyui River (Khabarovsk Territory) in September 2020 are considered. The size of the chum salmon varied from 47 to 73 cm, the body weight varied from 1030 to 4605 g. On average, males were larger than females. Most of the fish had gonads at stage V maturity.

Keywords: Anyui River, Khabarovsk Krai, size, mass, stages of gonad maturity

Кета (*Oncorhynchus keta*) – объект промысла и выращивания на рыбопроизводных заводах [1]. Как известно, для пополнения численности естественных популяций в настоящее время большую роль играет искусственное воспроизводство [2]. Одним из заводов, выращивающим кету, является Анъюйский лососевый рыбоводный завод, работа на котором начинается в сентябре с заготовки производителей. Целью настоящей работы являлось изучить некоторые важнейшие биологические характеристики кеты реки Анюй (Хабаровский край) в сентябре 2020 г.

Сбор материала для исследований выполнен первым автором на Анъюйском ЛРЗ в период нерестового подхода кеты в 2020 г. Облов идущей на нерест осенней кеты осуществлялся каплёмом (ячей 50 × 50 см). Производителей брали с канала, ведущего к Анъюйскому ЛРЗ (в районе села Найхин). При помощи тележек и специальных контейнеров рыба пода-

валась в лабораторию, где проводили биологический анализ. Всего было проанализировано 100 экземпляров рыб. При проведении биологических анализов и статистической обработке данных применялись общепринятые методики [3, с. 75–77; 4, с. 9–14, 85–95].

Река Анюй – правый приток Амура, имеет собственные притоки, является нерестилищем ценных лососевых рыб (рис. 1).



Рисунок 1 – Река Анюй (фото автора)

В сентябре 2020 г. в реку Анюй заходила кета длиной от 47 до 73 см (среднее значение $56,3 \pm 6,1$). Доминировали особи 50,1–65 см (рис. 2). Средняя длина самцов была $59,2 \pm 0,87$ см (предельные значения 51–73 см), на рыб длиной 55,1–60 см пришлось 30 % (рис. 2). Большинство самок имели длину 50,1–55 см (40 %) (рис. 2), среднее значение – $53,7 \pm 0,65$ см (предельные значения 47–69 см).

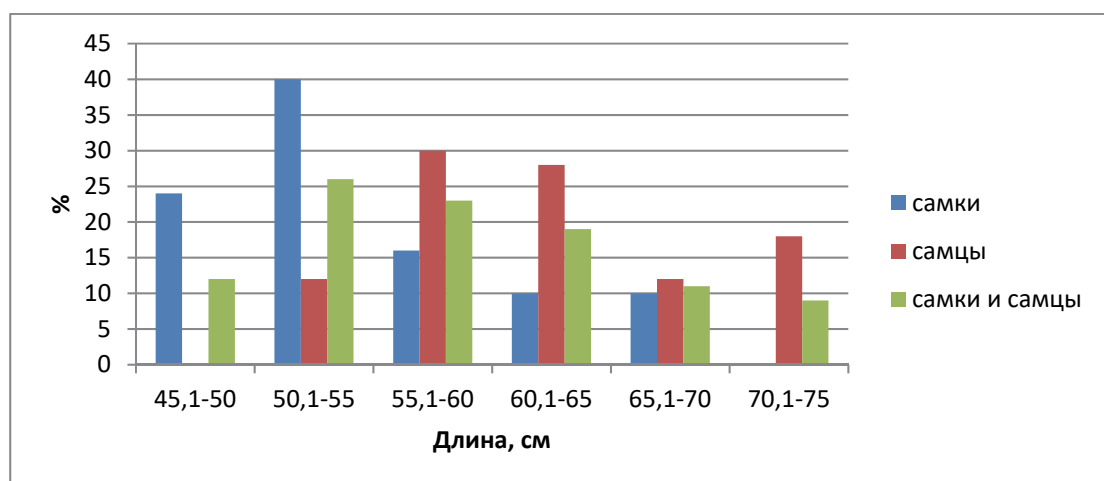


Рисунок 2 – Размерный состав кеты осенней р. Анюй 2020 г.

В 2020 г. в районе Анюйского завода облавливалась кета массой от 1030 до 4605 г, среднее значение составило $1970,5 \pm 86,8$ г, основная доля особей имела массу от 1030 до 2000 г (64 %) (рис. 3). Среднее значение массы самцов составило $2388,6 \pm 129,9$ г (предельные 1300–4605 г). В модальный класс вошли особи с массой тела 1001–1500 г, на их долю пришлось 34 % (рис. 3). Масса самок изменялась от 1030 до 3775 г, при среднем значении

1552,4±80,49 г. Модальный класс формировали, как и у самцов, особи массой 1001–1500, на долю которых пришлось 56 % (рис. 3).

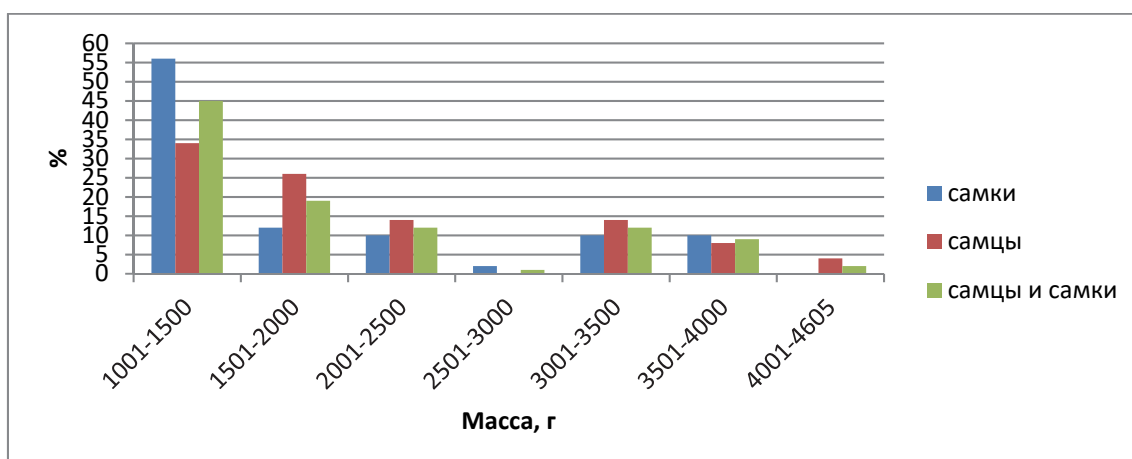


Рисунок 3– Массовый состав кеты осеней р. Анюй 2020 г.

В исследуемом районе р. Анюй в 2020 г. зависимость длина – масса кеты описывается уравнением $y = 0,0016x^{3,4711}$ при $R^2 = 0,8665$ (рис. 4).

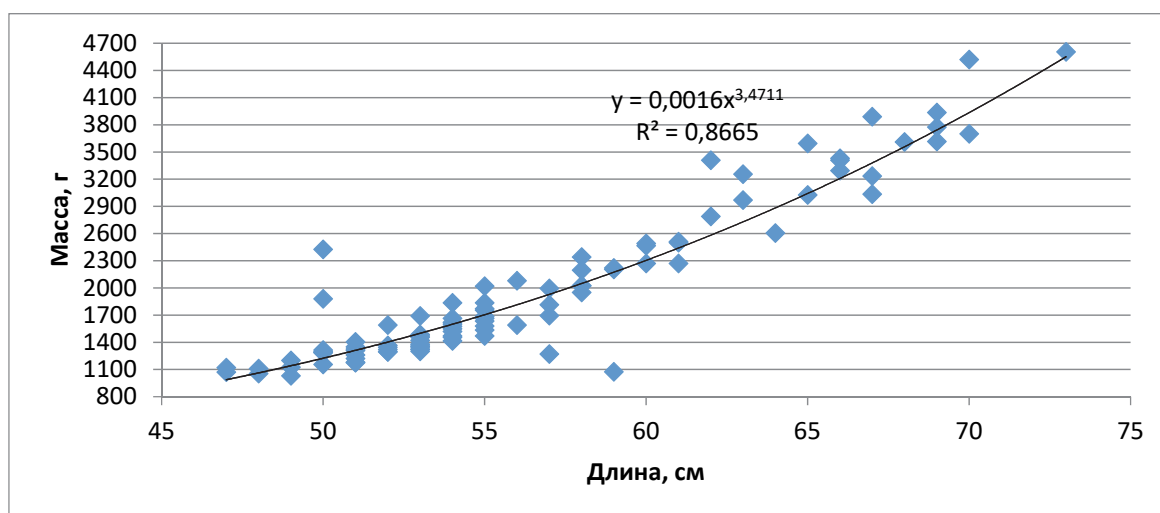


Рисунок 4 – Соотношение длина – масса кеты 2020 г.

Большинство самок и самцов имело гонады на V стадии зрелости. Полученные сведения дополняют информацию о кете реки Анюй.

Библиографический список

1. Коцюк Д.В. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне р. Амур: история, современное состояние, перспективы // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200, вып. 3. С. 530–550.
2. Куманцов М.И. Искусственное воспроизводства водных биоресурсов в 2008 году // Рыб. хоз-во. 2008. № 6. С. 15–17.
3. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
4. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.

Марианна Витальевна Калинина

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: marianna.kalinina@tinro.ru, ORCID: 0009-0002-8134-1749.

Первый опыт промежуточного подращивания молоди тихоокеанской устрицы, полученной заводским способом, в условиях питомника в южном Приморье

Аннотация. Приводятся данные по плотности оседания спата тихоокеанской устрицы на разные типы субстрата (известковую крупку и пластмассовые пластины), а также по скорости роста и выживаемости полученного спата при промежуточном подращивании в аппаратах с рециркуляционной и проточной подачей воды в условиях питомника в южном Приморье.

Ключевые слова: Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas*, заводской спат, молодь, субстраты, плотность оседания, скорость роста, выживаемость, Приморье

Marianna V. Kalinina

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: marianna.kalinina@tinro.ru, ORCID: 0009-0002-8134-1749

The first experience of Pacific oyster juveniles cultivation and nursing in the experimental hatchery in South Primorye

Abstract. Data of Pacific oyster juveniles settling density on different substrates (micro clutch and plastic plates) and its growth and survival rate during nursing in downwellers and upwellers with recirculating and flow-through water exchange system in the hatchery in southern Primorye are presented.

Keywords: Pacific oyster *Crassostrea gigas*, hatchery, spat, juveniles, substrates, settling density, growth rate, survival rate, South Primorye

Тихоокеанская устрица *Crassostrea gigas* является традиционным объектом марикультуры в южном Приморье – месте ее естественного обитания [1, 2, 3]. В последние годы значительно вырос интерес к заводскому культивированию молоди устрицы, позволяющему контролировать процессы воспроизводства на всех этапах выращивания и обеспечивающему стабильное получение посадочного материала в промышленных объемах. Исследования по разработке адаптированной к условиям Приморья биотехнологии получения молоди устрицы в контролируемых (заводских) условиях проводятся на базе подразделения марикультуры ТИНРО с 2019 г. [4, 5, 6].

Целью настоящей работы является оценка плотности оседания тихоокеанской устрицы на два типа субстратов (известковую крупку и пластмассовые пластины), а также определение скорости роста и выживаемости раннего спата и молоди в заводских условиях в аппаратах с рециркуляционной и проточной подачей воды.

Работы проводились на базе Обособленного подразделения марикультуры (ОПМ) Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») на острове Попова (залив Петра Великого, Японское море). Материалом для исследований послужил спат устрицы, полученный в первой декаде августа 2022 г. в заводских условиях ОПМ. Для оседания личинок-педивелигеров в ка-

честве субстрата использовали пластмассовые перфорированные диски (пластины) диаметром 30 см (площадь поверхности с одной стороны – 710 см², с двух сторон – 1420 см²) и известковую крупку из раковин двустворчатых моллюсков размером 300–500 мкм. Диски были собраны в гирлянды по 10 шт, прикреплены к поперечным балкам и помещены в емкость с рабочим объемом воды 7 м³ (рис. 1, А). Крупка по 300 г была распределена в специальные плавучие аппараты с круглым дном (диаметр 50 см, площадь 2000 см²), затянутым ситом с ячейей 200 мкм, снабженные системой подачи воды сверху (даунвеллеры). Аппараты-даунвеллеры по 4 штуки располагались в ваннах с рабочим объемом воды 0,8 м³ (рис. 1, Б).

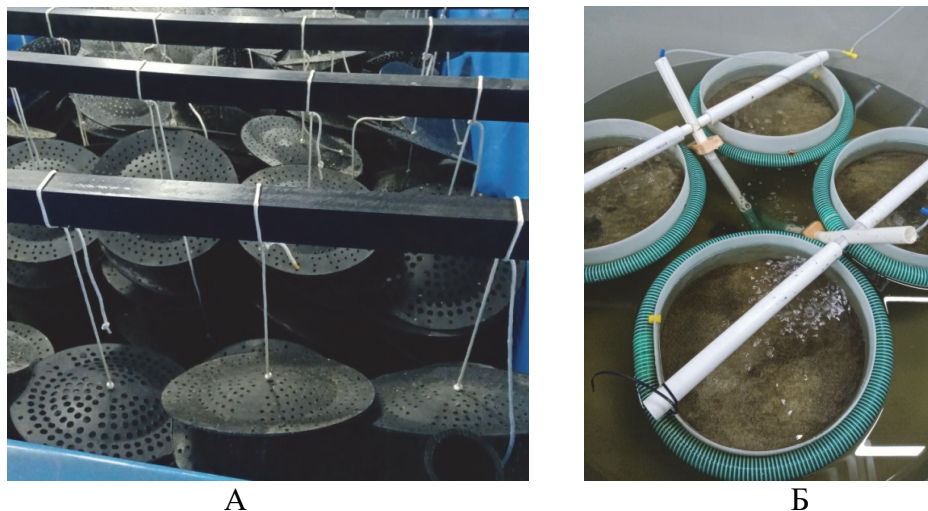


Рисунок 1 – Пластины (А) и даунвеллеры (Б) для осадения личинок-педивелигеров устрицы

Количество раннего спата составило около 10,5 млн. экз. (1,47 млн на крупке и 9,07 млн на пластинах). Осевший на пластины спат в течение 5 суток подращивали в условиях предприятия, затем гирлянды выставили в море. Промежуточное подращивание спата, осевшего на крупку, в течение 3–4 недель осуществлялось в заводских условиях в аппаратах с рециркуляционной подачей воды: в течение первых 10–12 суток в аппаратах-даунвеллерах, а затем в аппаратах-апвеллерах (площадь дна 4000–5700 см², сито 200 мкм), помещенных по одному в емкости с объемом воды 1 м³. Затем спат, осевший на крупку, был переведен в уличные аппараты-апвеллеры (площадь дна 5000 и 6000 см², сито 1,25 мм) с проточной системой подачи воды из моря, где он содержался в течение 1,5–2-х месяцев. В уличных апвеллерах молодь получала пищу только из морской воды, подаваемой с помощью насоса через морской водозабор ОПМ (скорость протока 30 л в минуту). Во второй декаде октября молодь из аппаратов перевели в морские садки. Средняя температура содержания в даунвеллерах и апвеллерах (в закрытом помещении) составляла 21,3 °С (пределы: 20–23 °С), в уличных апвеллерах – 14,5 °С (пределы: 10–19 °С).

В течение всего периода подращивания в аппаратах периодически (1 раз в неделю) проводили сортировку молоди через сита с соответствующим размером ячеей (от 0,5 мм до 8 мм) и оценивали ее численность и размерно-массовые показатели. Численность мелкоразмерной молоди определяли путем подсчета под микроскопом Микромед МС-4-ZOOM LED в навеске 1–10 г в 2–3 повторностях, крупноразмерной – визуально методом прямого подсчета. Размеры устриц (Н – высота и L - длина) определяли с помощью окуляр-микрометра или штангенциркуля (численность выборки составляла 50–150 экз.). Внешний вид и пропорции раковины устрицы на всех этапах онтогенеза характеризуются высокой степенью изменчивости, поэтому дополнительно высчитывался усредненный размерный показатель – (Н+L)/2.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ MS Excel и Statistica 8.0. Средние значения показателей сравнивались между собой для определения достоверности различий по критерию Стьюдента (уровень значимости 0,95).

Выживаемость личинок от педивелигера до раннего спата (в возрасте 5 сут. с момента оседания) на разных субстратах была примерно одинаковой (73,5 и 72,5 % на крупке и пластинах, соответственно).

Анализ размерных параметров показал, что на пластинах скорость роста спата была выше, чем на крупке (табл. 1). Достоверные различия средних значений исследованных размерных показателей (Н, L и (Н+L)/2) были отмечены уже через 2 суток с момента оседания педивелигеров ($p=0$). У спата в возрасте 5 сут наблюдалась та же закономерность ($p=0$). С учетом средних размеров педивелигеров ($363 \pm 2,9$ мкм, пределы: 315–395 мкм), среднесуточный прирост раннего спата за пять дней подращивания составил 134,9 и 126,3 мкм на пластинах и крупке, соответственно.

Таблица 1 – Размерные параметры раннего спата устрицы при подращивании на двух типах субстрата в контролируемых условиях

| Возраст, сут | Размерные показатели | Субстрат | |
|--------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| | | Пластины | Крупка |
| 2 | Н, мкм | 630,5±17,7 (390-902) | 487,7±8,4 (386-634) |
| | L, мкм | 693,9±19,4 (415-976) | 508,5±10,3 (327-644) |
| | (Н+L)/2, мкм | 662,2±18,2 (415-939) | 498,1±8,8 (361-639) |
| 5 | Н, мкм | 981,9±29,9 (390-1415) | 915±35,8 (415-1610) |
| | L, мкм | 1006,7±31,4 (390-1562) | 890,6±32 (342-1610) |
| | (Н+L)/2, мкм | 994,3±29,7 (390-1440) | 902,8±32,9 (390-1610) |

Примечание. Значения размерных показателей представлены в виде среднего, его ошибки и пределов изменчивости (в скобках).

Анализ частотного распределения размерных групп показал полимодальное распределение усредненного размерного показателя раннего спата (возраст 5 сут) на двух типах субстратов (рис. 2), что объясняется высокой степенью изменчивости внешнего вида и пропорций раковины спата устрицы по мере роста [7, 8]. Отмечается сдвиг вправо модальных групп в размерной структуре спата на пластинах, по сравнению с таковыми у спата на крупке.

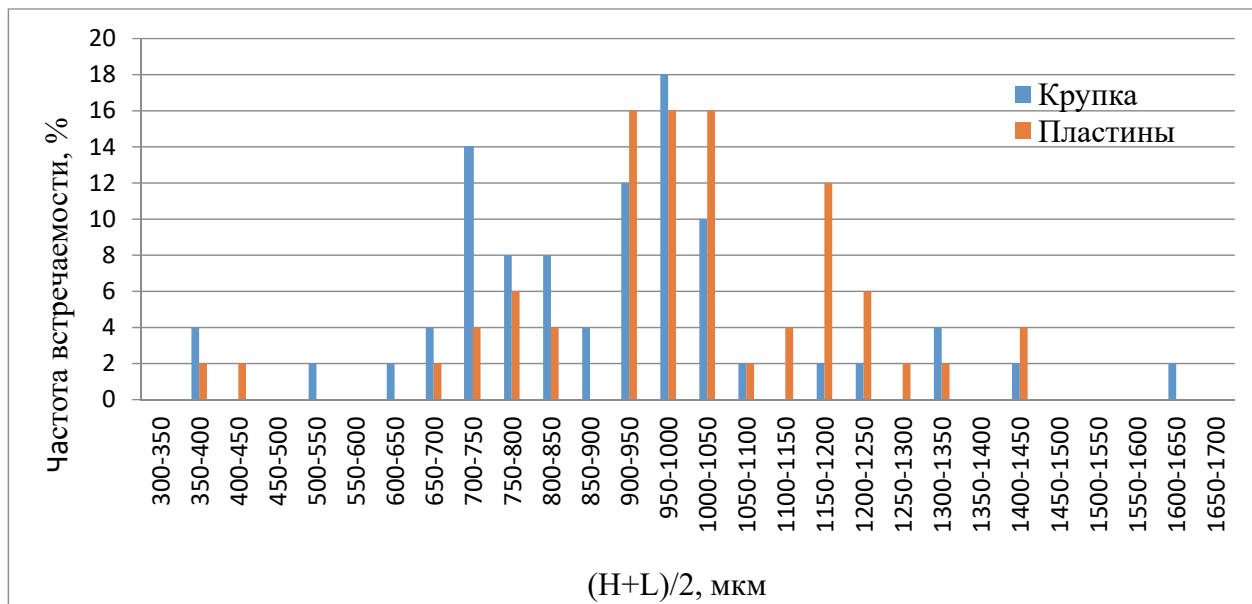


Рисунок 2 – Размерная структура спата устрицы в возрасте 5 сут

Более высокую скорость роста раннего спата на пластинах можно объяснить разной плотностью оседания на разных субстратах. На пластинах средняя плотность оседания спата в возрасте 5 сут составила 6,1 и 9,1 экз./см² на верхней и нижней сторонах, соответственно, а на крупке (в пересчете на площадь дна аппарата-даунвеллера) – 184 экз./см², то

есть в 24 раза выше. В практических руководствах и статьях, посвященных культивированию устрицы, разные авторы рекомендуют в качестве оптимального различное количество личинок-педивелигеров на единицу площади субстрата/дна аппарата с крупкой: от 100 экз./см² [9] до 233 экз./см² [10], указывая при этом процент оседания спата от 10 до 30 %. В нашем случае процент оседания был гораздо выше (около 70 % при количестве педивелигеров 250 экз./см²), что могло привести к завышению плотностей осевшего раннего спата на крупку в даунвеллерах. Кроме того, плотность содержания спата на пластинах (в пересчете его количества на единицу объема воды в выростных емкостях) была в 1,5 раза выше, чем плотность спата на крупке: соответственно 1,84 и 1,3 млн /м³.

В табл. 2 приведены размерные показатели и величины среднесуточного прироста молоди, подращиваемой в аппаратах с рециркуляционной и проточной подачей воды (даунвеллерах и апвеллерах). Отмечается, что при содержании в даунвеллерах величина среднесуточного прироста за первые 5 суток после оседания была в 2,5 раза выше, чем за последующие 7 суток (108 и 43,7 мкм, соответственно). При содержании молоди в апвеллерах, напротив, на начальном этапе выращивания в обоих типах аппаратов наблюдалось снижение величины среднесуточного прироста с последующим постепенным увеличением этого показателя. В целом отмечается возрастание скорости роста молоди с увеличением ее возраста.

Таблица 2 – Размерные показатели и среднесуточный прирост молоди устрицы при подращивании в даунвеллерах и апвеллерах

| Возраст, сут | Размерные показатели | | | Среднесуточный прирост, мм * |
|---|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| | H, мм | L, мм | (H+L)/2, мм | |
| Даунвеллеры с рециркуляционной подачей воды | | | | |
| 12 | <u>1,23±0,02</u> 0,51-1,9 | <u>1,18±0,02</u> 0,51-1,83 | <u>1,2±0,019</u> 0,51-1,68 | 0,07 |
| Апвеллеры с рециркуляционной подачей воды | | | | |
| 15 | <u>1,25±0,03</u> 0,49-2,07 | <u>1,25±0,03</u> 0,61-1,95 | <u>1,25±0,03</u> 0,55-2,01 | 0,013 |
| 18 | <u>1,41±0,04</u> 0,76-2,44 | <u>1,32±0,04</u> 0,73-2,07 | <u>1,37±0,037</u> 0,81 -2,26 | 0,039 |
| 26 | <u>2,48±0,09</u> 1-5 | <u>2,4±0,09</u> 1-5 | <u>2,44±0,08</u> 1-5 | 0,13 |
| Апвеллеры с проточной подачей воды (уличные) | | | | |
| 31 | <u>3,6±0,1</u> 1,5-5,5 | <u>3,5±0,1</u> 2-6 | <u>3,6±0,1</u> 1,5-5,5 | 0,07 |
| 46 | <u>4,9±0,1</u> 3-11 | <u>5,4±0,1</u> 3-7,5 | <u>5,1±0,1</u> 3-7 | 0,1 |
| 59 | <u>6,7±0,2</u> 3-11 | <u>6,7±0,2</u> 4-10 | <u>6,7±0,2</u> 3-10 | 0,12 |
| <i>Примечание.</i> Значения размерных показателей представлены в виде среднего, его ошибки и пределов изменчивости (под чертой); * – значение среднесуточного прироста высчитывали по усредненному размерному показателю (H+L)/2. | | | | |

Выживаемость молоди в даунвеллерах составила 41,7 %, в апвеллерах с рециркуляционной и проточной подачей воды – 87,2 и 94,1 %, соответственно. Выживаемость молоди устрицы от 50 до 70 % с момента оседания до размеров 2–4 мм при выращивании в контролируемых условиях считается нормальной [11]. Наибольшая смертность наблюдается в первую неделю после оседания. В дальнейшем величина выживаемости, как и темпы роста молоди, в большой степени зависят от плотности содержания. В нашем случае наибольшая смертность также наблюдалась в первые недели с момента оседания спата (в даунвеллерах). При этом выживаемость молоди в апвеллерах была довольно высокой.

Таким образом, интенсивность оседания спата на известковую крупку (в пересчете на площадь дна аппарата-даунвеллера) значительно выше, чем на пластины-коллекторы. Вы-

живаемость от педивелигера до раннего спата на двух типах субстратов примерно одинаковая. При этом скорость роста раннего спата на пластинах выше, чем на крупке. Сравнительно низкие темпы роста в аппаратах для промежуточного подращивания молоди в контролируемых условиях (даунвеллерах и апвеллерах) при довольно высокой выживаемости указывают на завышенную, но не критичную плотность содержания молоди.

Скорость роста и выживаемость спата и молоди устрицы – прикрепленного моллюска – в значительной степени зависят от плотности их содержания: при завышенных плотностях эти показатели снижаются и могут привести к гибели моллюсков [11]. Это особенно актуально при подращивании индивидуальных экземпляров в контролируемых условиях с ограниченными промышленными площадями. Достигнутые темпы роста и выживаемости раннего спата и молоди на этапе промежуточного подращивания свидетельствуют об эффективности применяемых технологических приемов и нормативов, положенных в основу биотехнологии культивирования молоди устрицы заводским способом. Работы по подбору оптимальных плотностей при промежуточном подращивании устрицы в контролируемых условиях будут продолжены.

Библиографический список

1. Викторовская Г.И., Баранов А.Ю., Калинина М.В., Ляшенко С.А. История развития устрицеводства и перспективы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в прибрежной зоне Приморского края (в Дальневосточном регионе) // Водные биологические ресурсы России: состояние, мониторинг, управление: материалы Всероссийской науч. конф. (03-06 октября 2017 г.) Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ. 2017. С. 381–388.

2. Технологическая инструкция по индустриальному выращиванию тихоокеанской устрицы в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / сост. Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин, А.Ю. Баранов, С.А. Ляшенко, М.В. Калинина. Владивосток: ТИПРО-Центр. 2018. 43 с.

3. Гаврилова Г.С., Сухин И.Ю. Перспективные объекты марикультуры Приморья / Г.С. Гаврилова, И.Ю. Сухин // Рыбное хозяйство. 2021. № 1. С. 82–93.

4. Калинина М.В., Табельская А.С. Получение личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* заводским способом в южном Приморье // Всерос. конф. ученых и специалистов, посвященная 160-летию Н.М. Книповича «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Российской Арктики» (Мурманск, 27–28 октября 2022 г.). Мурманск, 2023. С. 207–211.

5. Калинина М.В., Табельская А.С., Сухин И.Ю. Роль внешних факторов при культивировании тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в питомнике Приморья. 1. Влияние температуры на скорость развития, рост и выживаемость эмбрионов и личинок // Изв. ТИПРО. 2023. Т. 203, вып. 2. С. 427–442. DOI: 10.26428/1606-9919-2023-203-427-442. EDN: YNVMXM.

6. Табельская А.Ю. Опыт массового получения посадочного материала тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) в заводских условиях в южном Приморье.

7. Раков В.А. Биологические основы культивирования тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg) в заливе Петра Великого: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. 24 с.

8. Harding J.M., Mann R. Age and growth of wild Suminoe (*Crassostrea ariakensis*, Fugita 1913) and Pacific (*C. gigas*, Thunberg 1793) oysters from Laizhou Bay, China // J. Shellfish Res. 2006. Vol. 25, № 1. P. 73–82.

9. Wallace R.K., Waters P., Rikard F.S. Oyster Hatchery Techniques: SRAC Publication. 2008. № 4302. 6 p.

10. Callam B. R., Supan J. Using Remote Setting to Produce Seed Oysters in Louisiana and the Gulf Coastal Region. 2018. 54 p.

11. Helm, M.M.; Bourne, N.; Lovatelli, A. (comp./ed.) Hatchery culture of bivalves. A practical manual. FAO Fisheries Technical Paper. No. 471. Rome, FAO. 2004. 177 p.

Екатерина Павловна Караулова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник лаборатории безопасности и качества морского растительного сырья, кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: ekaterina.karaulova@tinro.ru, ORCID: 0000-0001-8508-9603

Антирадикальная и антиоксидантная активность тканей гидробионтов

Аннотация. Исследована антирадикальная и антиоксидантная активность тканей семи видов двустворчатых моллюсков, тихоокеанского кальмара, четырех видов иглокожих. Максимальной антирадикальной активностью характеризуются внутренности корбикулы японской, нервная ткань кальмара тихоокеанского, внутренности морской звезды паттирии, внутренности и гонады черного морского ежа. Доказано наличие высокой корреляции антирадикальной активности с железо-восстанавливающей, железо-хелатирующей и супероксид анион-ингибирующей активностью.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, иглокожие, антирадикальная активность, антиоксидантная активность

Ekaterina P. Karaulova

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher of the Laboratory of safety and quality of marine plant raw materials, PhD in Engineering Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: ekaterina.karaulova@tinro.ru, ORCID: 0000-0001-8508-9603

Antiradical and antioxidant activity of tissues of aquatic organisms

Abstract. The antiradical and antioxidant activity of tissues of seven species of bivalves, pacific squid, and four species of echinoderms was studied. Maximum antiradical activity was found for the viscera of the *Corbicula japonica*, the nervous tissue of the *Pacific squid*, the viscera of the sea star *Pattiria pectinifera*, and the viscera and gonads of the sea urchin *Strongylocentrotus nudus*. The high correlation of antiradical activity with iron-reducing, iron-chelating and superoxide anion-inhibiting activity was found.

Keywords: bivalves, echinoderms, antiradical activity, antioxidant activity

Введение

Различные нарушения в работе живых биологических систем зачастую вызваны действием активных форм кислорода (АФК), вызывающих оксидативный стресс [1]. Использование экзогенных антиоксидантов (АО) достоверно снижает уровень негативных окислительных процессов в организме. При этом актуальной является предварительная оценка эффективности АО с учетом выбранной модельной системы [2, 3].

АОА, измеренная в отдельном эксперименте, отражает лишь реакционную способность соединения в условиях, соответствующих конкретной методике. Такой подход позволяет регистрировать активность в целом, но не дает полного представления о природе антиоксидантного действия вещества. От природных полифункциональных соединений, которыми являются и водорастворимые белково-пептидные композиции, полученные путем экстракции из органов и тканей гидробионтов, можно ожидать проявления синергизма АОА за счет участия различных групп. Поэтому для полной оценки антиоксидантного статуса используется спектр различных методов [4].

Ранее нами была исследована общая антирадикальная активность (АРА) водорастворимых белково-пептидных композиций тканей гидробионтов и было показано, что максимальной АРА обладают пептиды с ММ от 1 до 10 кДа [5]. Оценка АРА по способности

низкомолекулярных белковых фракций нейтрализовать свободные радикалы 2,2-дифенил-1-пикрилгидразин (ДФПГ) и 2,2'-азинобис-3-этилбензотиазолин-6-сульфонат (АБТС) не отражает в полной мере способность исследуемых веществ к антиоксидантному действию. Возникает необходимость использования сетевой структуры методов, позволяющих учитывать все особенности механизмов антиоксидантного действия.

Материалы и методы

В качестве образцов для анализа были взяты органы и ткани двустворчатых моллюсков: спизула сахалинская (*Spisula sachalinensis*), корбикула японская (*Corbicula japonica*), мерценария Стимпсона (*Mercenaria stimpsoni*), приморский гребешок (*Patinopecten yessoensis*), анадара Броутони (*Anadara broughtonii*), мидия Грея (*Crenomytilus grayanus*) и устрица тихоокеанская (*Crassostrea gigas*). Кроме того, были исследованы нервная ткань, мантия и щупальца кальмара тихоокеанского (*Todarodes pacificus*); внутренности и гонады трех видов морских звезд (*Patiria pectinifera*, *Asterias amurensis*, *Luidia quinaria bispinosa*); внутренности и гонады черного морского ежа (*Strongylocentrotus nudus*).

Для получения экстрактов исследуемые ткани гомогенизировали с холодной дистиллированной водой в соотношении 1:1, 10 мин, 4 °С, 8,5 тыс об/мин (Ika 25T basic). Гомогенаты центрифугировали при 5 тыс об/мин 15 мин, 4 °С (Hitachi СТ 15RE). Экстракты фильтровали через микрофильтр Whatman (0,45 µm PVDF). Суммарную АРА определяли с ДФПГ по методу Molyneux [6]. Активность по удалению радикалов АБТС определяли по методу Re [7]. Железо-восстанавливающую активность определяли по методу Berker [8]. Железо-хелатирующую активность определяли по методу Benzie, Strain [9] в модификации Berker [8]. Активность ингибирования супер-оксид аниона исследовали в реакции восстановления хлорида нитросинего тетразолия, опосредованное феназинметосульфатом по методу Nishikimi [10]. Оптическую плотность определяли на планшетном спектрофотометре Polarstar Omega. Все эксперименты повторяли трижды, данные анализировали с помощью программного обеспечения Statistica 7. Результаты выражали в виде среднего значения со стандартным отклонением. Значения с 95 % доверительным интервалом (P<0,05) считались статистически значимыми. Корреляционно-регрессионный анализ выполняли с использованием метода Пирсона.

Результаты и обсуждение

Результаты оценки общей АРА экстрактов органов и тканей исследуемых гидробионтов приведены на рис. 1. Как видно из данных рис. 1, АРА исследуемых тканей гидробионтов различается. Максимальная АРА была определена для внутренностей и изменялась от 0,4 мг аскорбиновой кислоты (АК)/г белка для анадары и гребешка приморского до 6,7 мг АК/г белка для внутренностей корбикулы японской и 6,2 мг АК/г белка для внутренностей морской звезды патирии. Мышечные ткани двустворчатых моллюсков и кальмара тихоокеанского характеризовались более низкой АРА в сравнении с АРА внутренностей. Следует отметить высокую АРА гонад и внутренностей черного морского ежа, достигающую 4,2 и 4,7 мг АК/г белка соответственно.

Способность восстанавливать свободные радикалы не всегда соответствует реальной способности нейтрализовать вещества, вызывающие реакции окисления в организме. Для полной оценки антиокислительной способности и антиоксидантного статуса необходимо исследовать активность в отношении ингибирования пероксильного радикала, супероксид анион радикала, а также активность в восстановлении ионов металлов переменных валентностей [4].

Данные по железо-восстанавливающей и железо-хелатирующей активности, выраженные в мг АК/г белка, приведены на рис. 2, а, б.

Как видно из данных рис. 1 и рис. 2, а, железо-восстанавливающая активность исследуемых соединений ниже общей АРА. Это связано с тем, что в окислительно-восстановительной реакции, лежащей в основе данного метода, не определяется активность соединений, участвующих в ингибировании свободнорадикальных процессов (перенос атома водорода), а именно этот антиоксидантный механизм чаще всего реализуется в белках и пептидах.

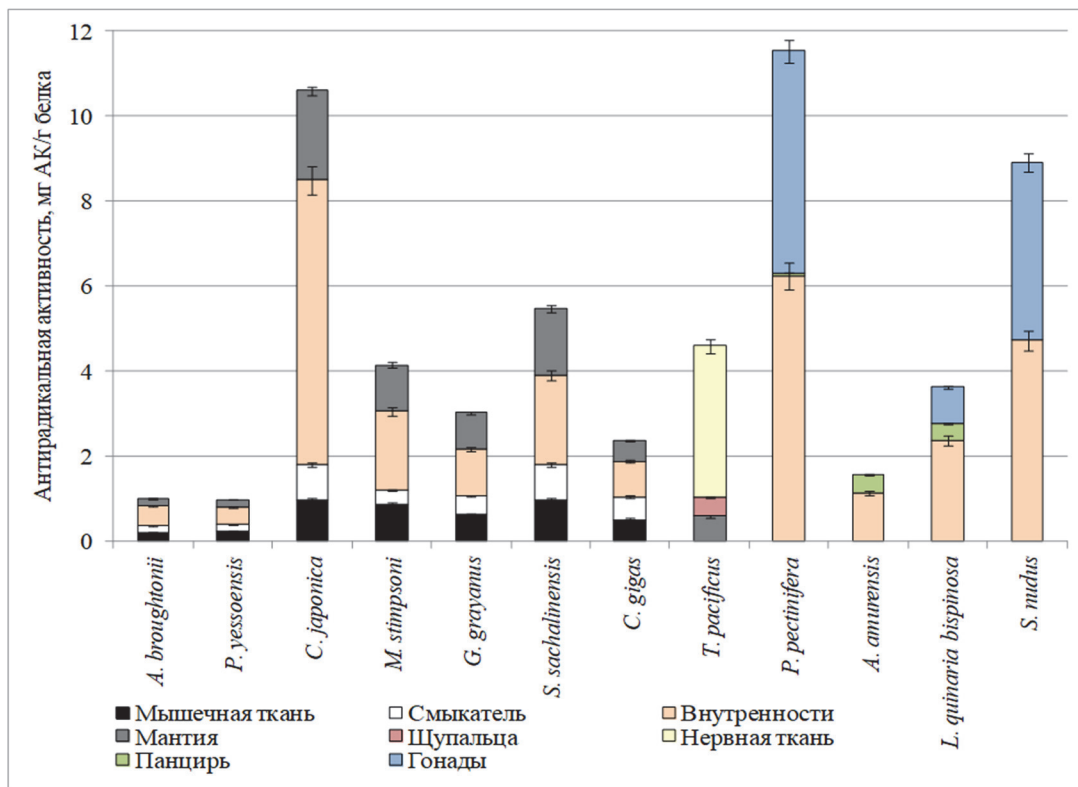


Рисунок 1 – Общая антирадикальная активность низкомолекулярных водорастворимых белковых фракций органов и тканей гидробионтов

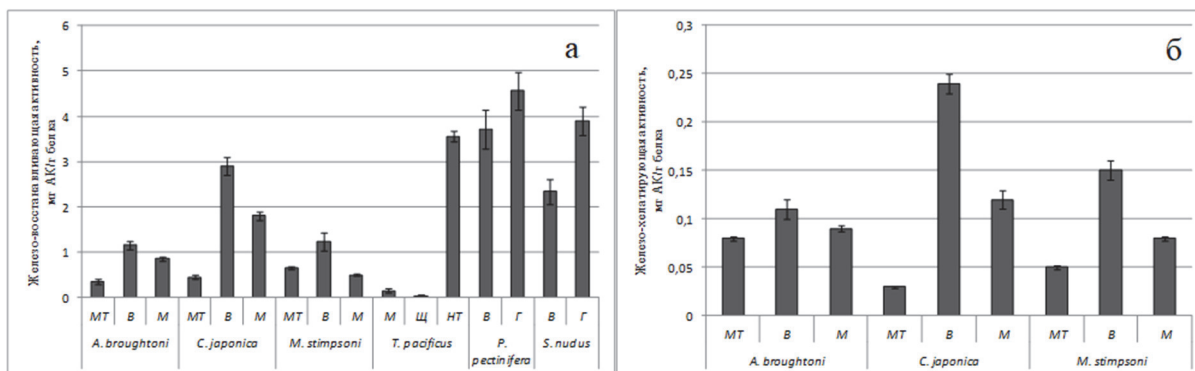


Рисунок 2 – Железо-восстанавливающая и железо-хелатирующая активность водорастворимых белковых фракций органов и тканей гидробионтов. МТ – мышечная ткань, В – внутренности, М – мантия, Щ – щупальца, НТ – нервная ткань

В целом высокой железо-восстанавливающей способностью, так же как и высокой АРА, характеризуются внутренности исследуемых гидробионтов, в том числе гонады морских звезд и морских ежей, нервная ткань кальмара. Относительно высокая железо-восстанавливающая активность была определена для мантии корбикулы японской, что согласуется с данными по общей АРА.

Оценка железо-хелатирующей активности исследуемых антиоксидантов позволяет оценить возможность образования хелатных комплексов металлов переменной валентности в присутствии антиоксидантов. Металлоорганические комплексы, которые формируются в результате освобождения ионов переходных металлов из поврежденных металлопротеидов, вносят существенный вклад в образование АФК, поскольку обладают высокой склонностью к редокс-превращениям с образованием более разрушительных активных форм кислорода, например гидроксильного радикала OH^\cdot [11]. Данные по определению железо-хелатирующей активности приведены на рис. 2, б. Видно, что не все исследуемые

экстракты способны хелатировать ионы железа (III). Максимальная железо-хелатирующей способность была определена для внутренностей двустворчатых моллюсков. Железо-хелатирующая способность исследуемых образцов была существенно ниже как общей АРА, так и железо-восстанавливающей способности, определенной ферроцианидным методом. Это связано с тем, что данный метод не зависит от активности ингибирования свободнорадикальных процессов, проходящих с участием переноса атома водорода. Кроме того метод предполагает проведение реакции в кислой среде (рН 3,6) для поддержания растворимости соединений железа. В кислой среде значение растворимости белковых веществ снижается, что оказывает влияние на механизм восстановительной реакции.

Результаты, полученные двумя методами, основанными на восстановлении ионов металлов переменной валентности, железо-хелатирующий и ферроцианидный, хорошо коррелируют между собой (коэффициент корреляции $r = 0,949$, $p < 0,0005$) при этом численные результаты железо-хелатирующей способности почти на порядок ниже железо-восстанавливающей.

Существенным недостатком многих методов оценки АРА и АОА, в частности методов с использованием радикалов ДФПГ и АВТС⁺, а так же метода по оценке железо-восстанавливающей активности является отсутствие в системе радикалов кислорода. При этом радикальная способность поглощать кислород в полной мере отображает антиоксидантные свойства с точки зрения механики и физиологии.

Одним из слабых окислителей в живом организме является пероксид водорода H₂O₂, который образуется в результате ферментативной реакции диспропорционирования, катализируемой супероксиддисмутазой. Также H₂O₂ может образовываться в результате прямого восстановления O₂ [12]. Пероксид водорода может легко проходить через биологические мембраны, образовываться при воспалительных процессах и участвовать в патофизиологических процессах в организме и является потенциальным нерадикальным окислительным агентом. В организме пероксид, как правило, разлагается каталазой или глутатионпероксидазой [13]. Предполагаемая активность против пероксида исследуемыми антиоксидантными препаратами может иметь большое терапевтическое значение.

Способность исследуемых низкомолекулярных фракций поглощать пероксид определяли на основе разложения H₂O₂ и относили к количеству известного антиоксиданта. Полученные результаты приведены на рис. 3, а.

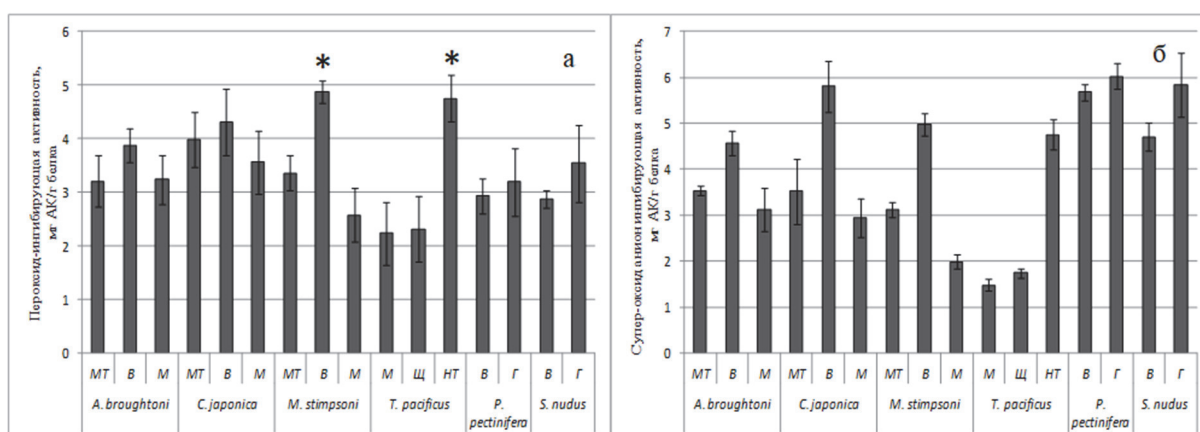


Рисунок 3 – Пероксид-ингибирующая и супер-оксид анион ингибирующая активность водорастворимых белковых фракций органов и тканей гидробионтов. МТ – мышечная ткань, В – внутренности, М – мантия, Щ – щупальца, НТ – нервная ткань. * – различия достоверны ($p < 0,05$) относительно других исследуемых органов данного гидробионта

Как видно из данных рис. 3, а, все исследуемые соединения характеризуются высокой ингибирующей активностью в отношении пероксид радикала. Достоверные различия между активностью низкомолекулярных водорастворимых белковых фракций внутренностей и мышечной ткани наблюдались только для внутренностей мерценарии и нервной ткани кальмара.

Сравнение пероксид-ингибирующей активности с общей АРА показало, что корреляции между этими методами нет, зависимость статистически не значима. Это подтверждает предположение о том, что активность в отношении свободных радикалов не характеризует общую антиоксидантную активность. Тем не менее, высокие значения пероксид-ингибирующей активности исследуемых низкомолекулярных водорастворимых белковых фракций органов и тканей гидробионтов позволяют говорить о реализации непосредственно антиоксидантного механизма исследуемых пептидов в отношении АФК.

Супероксид анион-радикал O_2^- является продуктом одноэлектронного восстановления молекулярного кислорода, его внутриклеточное образование происходит неферментативно при участии восстановителей, а также в реакциях автоокисления [12, 14]. Этот процесс интенсифицируется при заболеваниях, стрессе, физической нагрузке и является одним из основных негативных факторов при старении организма и в развитии патологических состояний. Супероксид анион-радикал обладает цитотоксичностью [15].

Активность исследуемых соединений в отношении анион супероксида O_2^- приведена на рис. 3, б. Как видно из данных рис. 3, б, все исследуемые фракции характеризовались высокой ингибирующей активностью в отношении супероксид анион-радикала. Ингибирующая активность была максимальной для внутренностей двустворчатых моллюсков, и достоверно выше активности мышечных тканей. Существенные различия между ингибированием супероксид аниона наблюдались для нервной и мышечной ткани кальмара. Величина активности нервной ткани в 3 раза превышала активность мантии и щупалец. Для двустворчатых моллюсков мерценарии и корбикулы величина активности внутренностей была в 1,6 раза выше, чем величина активности мышечной ткани. Следует отметить, что ингибирующий эффект в отношении супероксид радикала был в среднем выше, чем ингибирующий эффект в отношении пероксида.

Анализ корреляционной зависимости между общей АРА исследуемых фракций, железо-восстанавливающей, железо-хелатирующей и АОА приведен в таблице.

Корреляционная зависимость между общей АРА, железо-восстанавливающей, железо-хелатирующей и АОА экстрактов тканей гидробионтов

| Метод анализа | r | Сила связи | p | r ² | % |
|---------------|-------|------------|---------|----------------|-----|
| 1 | 0,793 | высокая | <0,0005 | 0,629 | 177 |
| 2 | 0,793 | высокая | 0,005 | 0,576 | ≈0 |
| 3 | 0,186 | слабая | 0,5 | 0,035 | 18 |
| 4 | 0,790 | высокая | 0,0003 | 0,624 | 26 |

Примечание. 1 – железо-восстанавливающая активность; 2 – железо-хелатирующая активность; 3 – пероксид-ингибирующая активность; 4 – супероксид анион-ингибирующая активность. r – коэффициент корреляции; p – достоверность; r² – коэффициент детерминации, % – средняя ошибка аппроксимации.

Несмотря на то, что данные по уровню АОА исследуемых фракций, полученные с использованием четырех различных методов, достаточно различались как между собой, так и при сравнении с методом оценки общей АРА методом со свободными радикалами ДФПГ и АБТС⁺, коэффициенты корреляции для трех используемых методов, за исключением метода оценки перекись-ингибирующей активности, были достаточно высокими. Свободные радикалы ДФПГ и АБТС⁺ не являются абсолютными аналогами биологических радикалов. И антиоксиданты, которые в клетках активно реагируют с пероксидными и гидроксильными радикалами с ДФПГ и АБТС⁺ могут реагировать достаточно медленно или не реагировать вовсе. Подтверждением этому являются более высокие значения АОА в отношении пероксид и супероксид радикалов по сравнению с общей АРА в отношении ДФПГ и АБТС⁺. Кроме того, для методов с применением радикалов ДФПГ и АБТС⁺ характерна непрямолинейная кинетическая зависимость протекания реакции, что обуславливает необходимость подбора времени реакции в зависимости от каждого конкретного образца и его

химического состава и усложняет стандартизацию методики. Что касается результатов по железо-восстанавливающей и железо-хелатирующей активности, которые на порядок ниже результатов, полученных при оценке общей АРА, это связано с тем, что данные методы не учитывают активность свободнорадикальных процессов, проходящих с участием переноса атома водорода, характерных для веществ белковой природы. Кроме того реакция образования железо-хелатирующих комплексов протекает в кислой среде, снижающей растворимость белковых веществ, что оказывает влияние на кинетику реакции.

Анализ коэффициентов корреляции между АРА и АОА образцов тканей гидробионтов позволяет говорить о том, что все методы, за исключением перекись-ингибирующей активности коррелируют с общей АРА. Экстракты тканей гидробионтов обладают комплексным антиоксидантным действием, что подтверждается разными механизмами антиоксидантного действия, реализуемыми в исследованных системах.

Библиографический список

1. Alkadi H. A Review on Free Radicals and Antioxidants // *Infect Disord Drug Targets*. 2020. № 20. P. 16–26.
2. Arias A., Feijoo G., Moreira M.T. Exploring the potential of antioxidants from fruits and vegetables and strategies for their recovery // *Innovative food science & emerging technologies*. 2022. № 77. P. 102974.
3. Islam M.S., Wang H., Admassu H., Sulieman A.A., Wei F.A. Health benefits of bioactive peptides produced from muscle proteins: Antioxidant, anti-cancer, and anti-diabetic activities // *Process Biochem*. 2022. № 116. P. 116–25.
4. Huang D., Ou B., Prior R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2005. № 53. P. 1841–56.
5. Караулова Е.П., Слуцкая Т.Н., Якуш Е.В. Антирадикальные свойства пептидов гидробионтов // *Изв. ТИПРО*. 2022. № 202. С. 692–705.
6. Molyneux P. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity // *Songklanakarinn J Sci Technol*. 2004. № 26 (2). P. 11–9.
7. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay // *Free radical biology & medicine*. 1999. № 26. P. 1231–7.
8. Berker K.I., Güçlü K., Tor İ., Apak R. Comparative evaluation of Fe (III) reducing power-based antioxidant capacity assays in the presence of phenanthroline, batho-phenanthroline, tripyridyltriazine (FRAP), and ferricyanide reagents // *Talanta*. 2007. № 72. P. 1157–65.
9. Benzie I.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay // *Analytical biochemistry* 1996. 239:70–6.
10. Nishikimi M., Appaji R. N., Yagi K. The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen // *Biochemical and biophysical research communications*. 1972. № 46. P. 849–54.
11. Янковский О., Кузнецов С. Антиоксидантный статус организма человека и его коррекция // *Biological Communications*. 2005. С. 40–52.
12. Cadenas E., Davies K.J. Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging // *Free Radical Biology and Medicine*. 2000. № 29. P. 222–30.
13. Genestra M. Oxyl radicals, redox-sensitive signalling cascades and antioxidants // *Cellular signaling*. 2007. № 19. P. 1807–19.
14. Vignais P. The superoxide-generating NADPH oxidase: structural aspects and activation mechanism // *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2002. № 59. P. 1428–59.
15. Kolamunne R.T., Clare M., Griffiths H.R. Mitochondrial superoxide anion radicals mediate induction of apoptosis in cardiac myoblasts exposed to chronic hypoxia // *Archives of biochemistry and biophysics*. 2011. № 505. P. 256–65.

УДК 556.53:626.883(265.53)

Илья Викторович Кикеев

Магаданский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («МагаданНИРО»), ведущий специалист лаборатории лососёвых рыб и аквакультуры, Россия, Магадан, e-mail: kikeevmagadan@mail.ru

Дарья Константиновна Селиханова

Автономная некоммерческая организация добровольческой (волонтерской) деятельности «Единый волонтерский центр», волонтер, Россия, Мурманск, e-mail: selikanova1801@mail.ru

**Гидрологический режим мест нереста *Oncorhynchus gorbyscha* Walb.,
река Кулькуты в марте 2023 г. (Тауйская губа Охотского моря)**

Аннотация. Представлены результаты исследования гидрологического режима мест нереста *Oncorhynchus gorbyscha* Walb. реки Кулькуты в марте 2023 г. Тауйской губы Охотского моря. Изменялись: температура, кислотность, содержание кислорода, мутность, электропроводность подруслового потока и поверхностного (подлёдного) стока. Измерения проводились в течении всего марта с периодичностью раз в пять дней, на рассвете, и перед закатом. Также, выборочно в течение светлого времени суток в начале и конце исследования с часовой периодичностью. Полученные результаты имеют значение для понимания гидрологического режима в ранний период развития лосося на реке Кулькуты.

Ключевые слова: Кулькуты, горбуша, температура, содержание кислорода, кислотность, электропроводность, залив Одян, март, гидрология

Илья В. Kikeev

Magadan Branch of FGBNU «VNIRO» («MagadanNIRO»), Leading Specialist of the Salmon Fish and Aquaculture Laboratory, Russia, Magadan, e-mail: kikeevmagadan@mail.ru

Daria K. Selikhanova

Autonomous non-profit organization of voluntary (volunteer) activity «United Volunteer Center», Volunteer, Russia, Murmansk, e-mail: selikanova1801@mail.ru

**Hydrological regime of spawning sites *Oncorhynchus gorbyscha* Walb.
the Kulkuty River in March 2023 (Tauiskaya Bay of the Sea of Okhotsk)**

Abstract. The paper presents the results of a study of the hydrological regime of spawning sites *Oncorhynchus gorbyscha* Walb. the Kulkuta River in March 2023 of the Tauiskaya Bay of the Sea of Okhotsk. The following were measured: temperature, acidity, oxygen content, turbidity, electrical conductivity of the subsurface flow and surface (subglacial) runoff. Measurements were carried out throughout March with a frequency of once every five days, at dawn and before sunset. Also, selectively during daylight hours at the beginning and end of the study with an hourly frequency. The results obtained are important for understanding the hydrological regime in the early period of salmon development on the Kulkuty River.

Keywords: Kulkuts, pink salmon, temperature, oxygen content, acidity, electrical conductivity, Odyan Bay, March, hydrology

Данные об основных элементах гидрологического режима нерестовых рек рыб рода *Oncorhynchus* есть по всем основным районам их воспроизводства на Дальнем Востоке

России. Такие данные есть по Амуру [1, 2], Камчатке [3], Сахалину [4], Чукотке [5], материковому побережью Охотского моря [6, 7]. В данных регионах наблюдается различная степень изученности абиотических условий, воспроизводства разных видов и внутривидовых форм лососёвых. Конечно, любые данные имеют значение в понимании особенностей режима при естественном воспроизводстве лососей для различных регионов, в то же время, на их основе строится общее представление об условиях воспроизводства видов и внутренних групп, по различным участкам ареала тихоокеанских лососей. Степень описанности гидрологических режимов во всех работах достаточно различны, начиная от общих наблюдений или конкретных, например, температурных режимов нерестилищ, вплоть до исследования гидрохимии и топографии основных типов нерестовых бугров, в некоторых работах даётся генетическая связь с факторами отбора [8].

К основным группам имеющих существенные различия по типу нерестилищ и характеру их водоснабжения относят две группы видов, предпочитающих нерестилища в местах, где водоснабжение нерестовых гнёзд происходит по-разному. Одна группа, это по преимуществу: горбуша, чавыча, ранняя кета, предпочитают нереститься где водоснабжение происходит за счёт подруслового потока. Во второй группе воспроизводство происходит на выходах грунтовых вод у нерки, кижуча и симы, поздней кеты.

Река Кулькуты небольшой по протяжённости водоём (19 км) (рис. 1). Её гидрологический режим пригоден в основном для воспроизводства горбуши, однако в небольшом количестве в эту реку заходят на нерест нерка, кета и кижуч.



Рисунок 1 – Река Кулькуты, место исследования

Цель настоящей работы – дополнить существующие гидрологические данные об условиях размножения тихоокеанских лососей в реке Кулькуты.

В ходе измерений ставилась задача выявить и подтвердить различия в содержании кислорода в подрусловом потоке и в стремнине в зависимости от температуры окружающей среды, времени суток, глубины погружения датчиков.

Материал и методика

Материал, характеризующий гидрологический режим нерестилища – данные о температуре, кислотности, электропроводности содержании кислорода, минерализации, содер-

жании растворённых веществ, мутности и глубины воды в подрусловом потоке и в приграничной подлёдной стремнине были получены с помощью анализатора качества воды Horiba серии U-5000G представляющим собой блок управления и набор датчиков. Данные датчики опускались в специально углублённое место в районе нерестилища *O. gorbuscha* на глубину 50 см, что на 20 см ниже от основания дна, в вырытое углубление где находилось необходимое время для получения данных с датчика кислорода (дольше всех устанавливается), далее блок датчиков поднимался в приповерхностную стремнину откуда снимались результаты для поиска различий в данных по глубине нерестилища горбуши. Данные фиксировались раз пятидневку. В качестве критерия поиска различий, результаты измерялись в утренний и предзакатный период. Для выявления суточной зависимости также были включены два дневных цикла с часовой экспозицией с утра до ночи. Таким образом в течении марта 2023 года, мы получили 50 измерений на реке Кулькуты.

Гидрологический режим реки Кулькуты характеризуется суровыми условиями: холодной, продолжительной зимой и коротким летом. Средняя температура января не выше минус 20 °С. Период устойчивых морозов длится с начала октября по середину мая. Русловой поток формируется за счёт атмосферных осадков, поступления грунтовых вод и разгрузки пойменных таликов. Суровые климатические условия определяют крайне неравномерное внутригодовое распределение стока. Почти весь сток, до 90 %, проходит в тёплый период. В подземном стоке, который имеет основное значение в водоснабжении нерестовых гнёзд лососей, участвуют воды разного генезиса, но все их можно объединить в две категории под- и надмерзлотные. Река Кулькуты относится по типу протяжённости к малым рекам [7]. Разгрузка над- и подмерзлотных вод происходит по трещинам и разломам земной коры, где происходит напорная восходящая фильтрация вод глубинного подмерзлотного образования. Горбуша воспроизводится в местах не имеющих выходов тёплых подземных вод. При измерении гидрологических параметров в районе нерестилища горбуши измерялась температура окружающей среды – температура воздуха, температура воды, содержание кислорода, мутность – электропроводность, минерализация (общее содержание растворённых твёрдых веществ), глубина в подрусловом потоке и в верхнем уровне стремнины. Над местом измерения в подрусловой зоне.

Результаты

Кулькуты имеет горный характер, верховье располагается в гористой местности, меандрирование реки связано с сезонными паводками и довольно сильно может изменить ранее устоявшееся русло. Река подвержена частым (до 5–6 в году) мощным весенним и дождевым паводкам, которые очищают русла рек от обрастаний, наносов ила, древесных остатков и трупов отнерестовавших лососей. Характерным элементом русла является наличие чередующихся участков замедленного и быстрого течения плёсов и перекатов. Паводки играют санитарную роль, поэтому вода в реке прозрачная и холодная: в летнюю межень температура воды 10–13 °С в зимнюю в районе 0 °С. В верховье реки имеется небольшое озеро, где, вероятно, размножается нерка.

Гидрологическая характеристика места исследования. В ходе круглогодичных наблюдений мы выбрали один плёс – место постановки эксперимента, отметили летом предыдущего года в период нереста горбуши и в целом характеризуем как типичный экотоп – «с перекатом», располагается в 500 метрах от устья реки. Миграция на нерест горбуши начинается в конце июня. Нерестилища в пиковые подходы располагаются по всему течению. Размножение происходит с конца июля по август, пик нереста приходится на первую декаду августа. Нерестится горбуша в русловой части рек, преимущественно в нижней части плёсов перед перекатам, так же значительная часть горбуши нерестится в центральной части мелководных плёсов по основному руслу и в устьях мелких проток, впадающих в основное русло. Нерестится в реке Кулькуты горбуша предпочитает на глубинах 0,3–0,7 м иногда до 1,5 м. Температура во время нереста горбуши в зависимости от сроков и времени суток колебалась от 9 до 13 °С. В ночное время температура в буграх несколько выше

чем в русловом потоке [9]. Согласно нашим наблюдениям нерест горбуши в реке Кулькуты происходит аналогично, как в выше приведённом источнике.

В ходе проведённого исследования мы получили ряд данных показывающих, что температура в марте в районе нерестилищ колебалась в пределах 0,3–0,4 °С с постоянными различиями по глубине в пределах 0,01–0,04 °С в сторону увеличения температуры с глубиной (рис. 2, диаграмма 1 и 2). Была выявлена зависимость по температуре окружающей среды в сторону изменения пределах 0,01 °С в поверхностном стоке. Колебание содержания кислорода мг/л было более заметным в зависимости от времени суток, так в предзакатный период в отличие от предзакатного времени данные были меньше на 1–2 мг/л, что касается измерений по глубине потока то в районе глубины нереста горбуши – в грунте содержание кислорода было на 0,3–1 мг/л, ниже в зависимости, от времени суток, к вечеру разница увеличивалась, к утру сглаживалась – но различия присутствовали регулярно (рис. 2, диаграмма 3 и 4). Кислотность (РН) на протяжении всего исследования изменялась также в зависимости от глубины и времени суток, в редких случаях и с чем была связаны различия в данных, если они присутствовали в пределах 0,01 фиксировались редко и чёткой зависимости от других факторов не выявлено, в данном случае требуется проведение дополнительных исследований для выявления имеющихся небольших изменений.

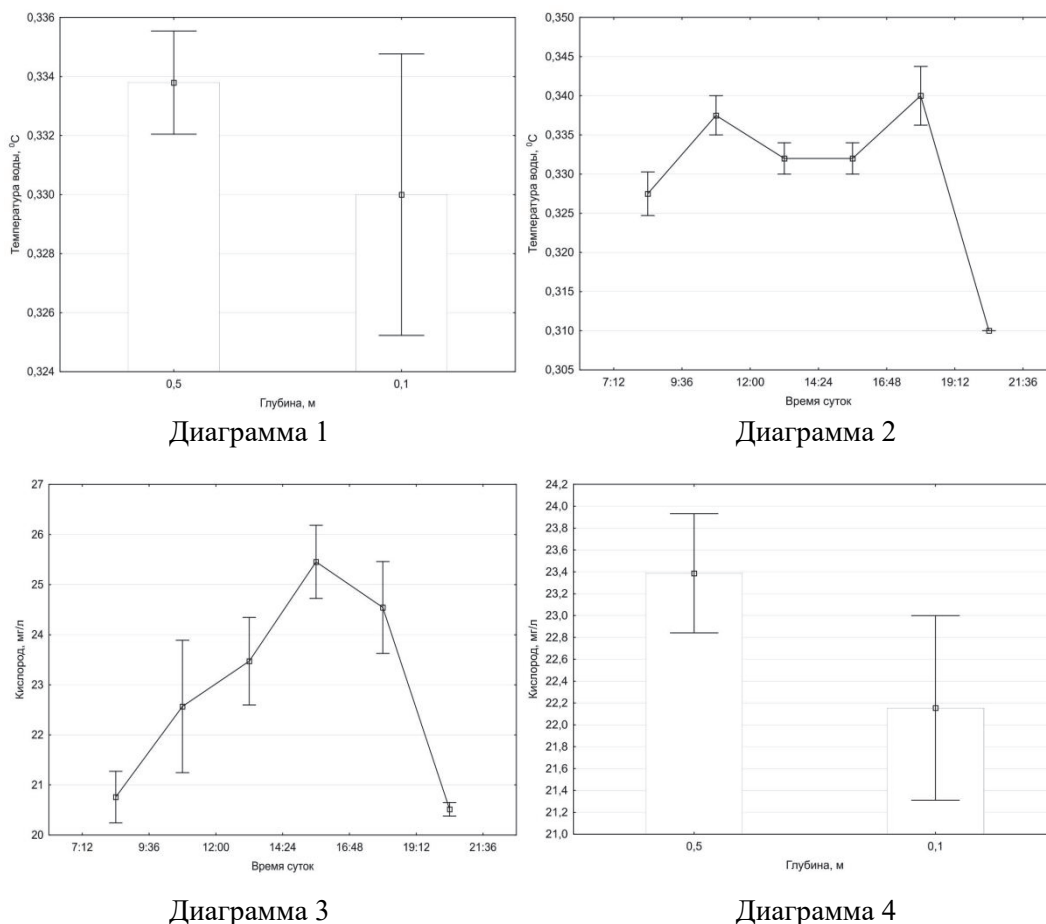


Рисунок 2 – Температурный и кислородный режим в месте исследования

Касаемо электропроводности, мутности (уровня содержания растворённых твёрдых веществ), то измерения чёткой связи с глубиной потока, температурой, временем суток и кислотностью не показали видимых зависимостей. Это заставляет ставить вопрос об изменении данных параметров в зависимости от приведённых факторов как не выявленных, а небольшие изменения выявленные в ходе исследования интерпретировать как несущественные.

Заключение

Условия воспроизводства тихоокеанских лососей в акватории реки Кулькуты весьма суровы и в целом совпадают с таковыми в сравнении с другими водоёмами Северо-Восточного побережья Охотского моря. Соответственно и выживаемость потомства в онтогенезе очень низка. В воде существуют комбинации уникальных микроэлементов, характеризующих водный состав реки, позволяющие лососям возвращаться в исконные места нереста из поколения в поколение, эти вещества образуют карту возврата, исходя из особенных физико-химических условий каждого водоёма, минерального состава дна, пород, слагающих подрусловый поток. Их формирование результат гидрологических особенностей родительского водоёма. В связи с этим, при разработке и использовании биотехники искусственного воспроизводства лососей в данном регионе необходимо учитывать параметры и динамику гидрологического режима при которых протекает ранний онтогенез лососей в нативных водоёмах [10]. Как в нашем случае было показана зависимость температуры воды от глубины потока, колебаний содержания кислорода.

Таким образом данная работа показывает, каковы условия жизни в ранний период онтогенеза лосося в реке Кулькуты, находящейся в экологически чистом регионе, не имеющим антропогенной нагрузки, лишённых промышленных предприятий, существенно нарушающих водный режим нерестовых рек. Река со слабой минерализацией характеризуется оптимальными для воспроизводства горбуши параметрами, другими показателями гидрологического режима.

Библиографический список

- Леванидов В.Л. О гидрологическом режиме кеты и горбуши // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 64. С. 39–42.
- Золотухин С.Ф. Махинов А. Н. Канзеперова А. Н. Особенности морфологии и гидрологии нерестовых рек северо-западного побережья Охотского моря // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 176. С. 139–154.
- Базаркин В.Н. Типология нерестилищ по элементам гидрологии, гидрохимии и геоморфологии у разных видов тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* // Изв. Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2008. Т. 1, №1. С. 43–55.
- Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат, 1987. 165 с.
- Путивкин С.В. О формировании гидрологического режима нерестилищ анадырской кеты // Вопросы ихтиологии. 1989. Т. 29. Вып. 1. С. 96–103.
- Голованов И.С. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) (Salomonidae) на северном побережье Охотского моря // Вопросы ихтиологии. 1982. Т. 22. Вып. 4. С. 568–575.
- Волобуев В.В. Об особенностях размножения кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salomonidae) и экологии её молоди в бассейне р. Тауй (североохотоморской побережье) // Вопросы ихтиологии. 1984. Т. 24. Вып. 6. С. 953–963.
- Варнавская Н.В. Распределение частот аллелей генов лактатдегидрогеназы и фосфо-глюкомутазы в популяции нерки Камчатки с речными, ключевыми и озёрными нерестилищами // 10 Всесоюзный симпозиум «Биологические проблемы Севера». Магадан, 1983. Ч. 2. С. 150–151.
- Голованов И.С. О гидрологическом режиме нерестилищ горбуши северного побережья Охотского моря // Междунар. симпозиум. по тихоокеанским лососям. Владивосток, 1990. С. 71–74.
- Волобуев В.В., Рогатных А.Ю. Условия воспроизводства лососей рода *Oncorhynchus* материкового побережья Охотского моря // Вопросы ихтиологии. 1997. Т. 37, № 5. С. 612–118.

УДК 574.5 (571.64)

Егор Сергеевич Корнеев

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), заведующий лабораторией гидробиологии, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: egorich96052@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7701-9979

Любовь Александровна Живоглядова

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО», главный специалист лаборатории гидробиологии, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: l.zhivoglyadova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2492-1336

Оксана Борисовна Шарлай

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), специалист лаборатории гидробиологии, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: oksana.sharlay@yandex.ru, ORCID: 0009-0007-1126-238X

Ольга Николаевна Березова

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), специалист лаборатории гидробиологии, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: olga.berezova@mail.ru, ORCID: 0009-0001-5656-4599

Вячеслав Степанович Лабай

Сахалинский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), ведущий научный сотрудник сектора изучения тихоокеанских лососей Курильских островов, доктор биологических наук, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: v.labaj@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0845-6059

Материалы по дрейфу водных беспозвоночных в реках острова Сахалин

Аннотация. Представлены данные о структуре дрейфа водных беспозвоночных в реках о-ва Сахалин. Исследованиями охвачены: р. Гиляко-Абунан, р. Одопту, ручей без названия (бассейн р. Сабо), р. Тапауна, р. Томи, р. Погиби, р. Вагис, р. Большой Вагис. Для каждого из водотоков приведены показатели обилия дрейфа и перечислены доминирующие виды донных беспозвоночных.

Ключевые слова: сиртон, кормовая база рыб, малые реки

Egor S. Korneev

Sakhalin Branch of FSBI «VNIRO» («SakhNIRO»), Head of the Laboratory, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: egorich96052@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7701-9979

Lyubov A. Zhivoglyadova

Sakhalin Branch of FSBI «VNIRO» («SakhNIRO»), Chief Specialist, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: L.zhivoglyadova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2492-1336

Oksana B. Sharlay

Sakhalin Branch of FSBI «VNIRO» («SakhNIRO»), Specialist, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: oksana.sharlay@yandex.ru, ORCID: 0009-0007-1126-238X

Olga N. Berezova

Sakhalin Branch of FSBI «VNIRO» («SakhNIRO»), Specialist, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: olga.berezova@mail.ru, ORCID: 0009-0001-5656-4599

Vyacheslav S. Labay

Sakhalin Branch of FSBI «VNIRO» («SakhNIRO»), Leading Researcher, Doctor of Biology, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: v.labaj@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-0845-6059

Materials of the drift of aquatic invertebrates in the rivers of Sakhalin Island

Abstract. Data on the drift structure of aquatic invertebrates in the rivers of Sakhalin Island are presented. The research covered: Gilyako-Abunan River, Odoptu River, Stream without name (Sabo River Basin), Tapauna River, Tomi River, Pogibi River, Vagis River, Big Vagis River. For each of the watercourses, drift abundance indicators are given, and common species of benthic invertebrates are listed.

Keywords: sirtion, fish food supply, small rivers

Актуальность исследований дрейфа водных беспозвоночных определяется его ролью в экосистемах. В малых лососевых реках Дальнего Востока дрейф формирует основу кормовой базы многих рыб, в том числе молоди лососей [1;2;3;4;5;6 и др.]. Кроме того, сведения по составу и количественным характеристикам дрейфа востребованы при оценке вреда водным биоресурсам, наносимого в процессе хозяйственной деятельности человека.

Материал по дрейфу беспозвоночных собран в 2022 г. на пяти водных объектах северо-восточной части острова – р. Гиляко-Абуна, р. Одопту, руч. б/н (бассейн р. Сабо), р. Тапауна и р. Томи, а также на трех водотоках северо-западного Сахалина – р. Погиби, р. Вагис, р. Большой Вагис.

Отбор и обработку проб дрейфа проводили в соответствии с принятыми методиками [3, 7]. Для сбора дрейфующих организмов использовали сачок-ловушку с входным отверстием 0,3x0,2 м (длина фильтрующего конуса 0,6 м, размер ячеей 220 мкм). При отборе проб сутки условно были разделены на два периода – темное и светлое время суток. В темное время материал отбирали каждый час, днем – каждые 4 часа. Ловушку устанавливали у дна, время экспозиции – 5 минут. Пробы фиксировали 4 % раствором формальдегида.

Количество беспозвоночных, снесенных за 1 ч через сечение сачка, определяли с учетом объема воды, профильтрованной сачком за время экспозиции [3]. Биомассу оценивали аналогично. Доминирующими по количественным показателям считали виды с долей в общей биомассе (численности) $\geq 15,0$ %, субдоминантами – от 5,0 до 14,9 % [4].

Река Гиляко-Абуна (залив Уркт Охотского моря). Исследования проводили в апреле 2022 г. на участке в трех километрах выше устья.

В пробах дрейфа встречено всего три вида донных беспозвоночных, в том числе мизиды *Neomysis awatschensis* (Brandt, 1851), личинки комаров-звонцов *Polypedilum* sp. и *Brillia flavifrons* (Johannsen, 1905). По количественным показателям доминировали мизиды, на их долю приходилось 46 % численности и 94 % биомассы сообщества. Структура дрейфа представлена в таблице 1. В среднем за сутки интегральная численность дрейфа составляла 3,14 экз./м³, при диапазоне от 0 до 44,4 экз./м³, биомасса – 13,213 мг/м³ (0–223,3 мг/м³).

Таблица 1 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрейфа водных беспозвоночных в р. Гиляко-Абуна, апрель 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|--------------|------------------------|------------|----------------------|--------------|
| Diptera | 1,69 | 53,8 | 0,798 | 6,0 |
| Mysida | 1,45 | 46,2 | 12,415 | 94,0 |
| Всего | 3,14 | 100 | 13,213 | 100,0 |

Река Одопту (залив Одопту Охотского моря). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в августе 2022 г. Исследован участок реки в одном километре выше устья.

В составе дрефта зарегистрировано 9 видов донных беспозвоночных, в том числе личинок двукрылых насекомых – 3 вида, ракообразных – 2, турбеллярий, ногохвосток, вислокрылок и веснянок – по одному. Структура дрефта представлена в таблице 2. Основу численности дрефта формировали веснянки (39 %), по биомассе преобладали бокоплавы (50 %). Интегральная численность составляла 0,996 экз./м³, при диапазоне от нуля до 3,37 экз./м³. Суммарная биомасса составила 2,135 мг/м³ (0–27,5 мг/м³).

Таблица 2 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрефта водных беспозвоночных в р.Одопту, август 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|--------------|------------------------|------------|----------------------|------------|
| Amphipoda | 0,02 | 2 | 1,072 | 50,2 |
| Isopoda | 0,152 | 15,2 | 0,038 | 1,8 |
| Collembola | 0,125 | 12,5 | 0,119 | 5,6 |
| Diptera | 0,264 | 26,5 | 0,274 | 12,8 |
| Megaloptera | 0,012 | 1,2 | 0,048 | 2,2 |
| Plecoptera | 0,387 | 38,9 | 0,471 | 22,1 |
| Turbellaria | 0,036 | 3,7 | 0,113 | 5,3 |
| Всего | 0,996 | 100 | 2,135 | 100 |

В качестве доминант по численности отмечены: веснянки *Nemoura* sp. и изоподы *Asellus (Asellus) levanidovororum* Henry & Magniez, 1995, в роли субдоминант выступали хирономиды *Eukiefferiella* gr. *gracei*, болотницы *Hexatoma* sp., ногохвостки *Isotoma viridis* Bourlet, 1839. По биомассе доминировали *Gammarus lacustris* Sars, 1863 и *Nemoura* sp., из субдоминант отмечены *Hexatoma* sp., *I. viridis*, Turbellaria indet.

Ручей б/н (бассейн р. Сабо, залив Пильгун Охотского моря). Исследования проводили в августе 2022 г. на участке в двух километрах выше устья.

В пробах дрефта встречено 17 видов донных беспозвоночных, в том числе двукрылых 8 таксонов, ручейников – 2, турбеллярий, пиявок, амфипод, изопод, поденок, веснянок, вислокрылок – по одному. Основной вклад в показатели обилия вносили амфиподы *G. lacustris* (47% численности и 36 % биомассы дрефта) и изоподы *A.(A.)levanidovororum* (соответственно 28 % и 47 %). Интегральная плотность гидробионтов составляла 3,52 экз./м³, при диапазоне от нуля до 10,15 экз./м³. Суммарная биомасса составила 12,64 мг/м³ (0–42,3 мг/м³). Структура дрефта предоставлена в таблице 3.

Таблица 3 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрефта водных беспозвоночных руч. Березовом, август 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|---------------|------------------------|------------|----------------------|------------|
| Amphipoda | 1,669 | 47,3 | 4,555 | 36,0 |
| Isopoda | 1,000 | 28,3 | 5,99 | 47,4 |
| Hirudinea | 0,018 | 0,5 | 0,109 | 0,9 |
| Diptera | 0,551 | 15,6 | 0,755 | 6,0 |
| Ephemeroptera | 0,096 | 2,7 | 0,156 | 1,2 |
| Megaloptera | 0,018 | 0,5 | 0,09 | 0,7 |
| Plecoptera | 0,009 | 0,3 | 0,017 | 0,1 |
| Trichoptera | 0,08 | 2,3 | 0,778 | 6,2 |
| Turbellaria | 0,088 | 2,5 | 0,194 | 1,5 |
| Всего | 3,529 | 100 | 12,644 | 100 |

Ракообразные *G. lacustris* и *A. (A.) levanidovororum* играли роль доминант сообщества, в качестве субдоминант по численности выступали хирономиды *Psectrocladius* (s. str.) *bisetus* Goetghebuer, 1942 и *Trissopelopia longimana* (Staeger, 1839), по биомассе субдоминанты отсутствовали.

Река Тапауна (залив Ныйский Охотского моря). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в марте 2022 г. Исследован участок реки в трех километрах выше устья.

В пробах дрейфта встречено всего три вида донных беспозвоночных – бокоплавы *Eogammarus barbatus* (Tzvetkova, 1965), кумовые раки *Lamprops korroensis* Derzhavin, 1923 и личинки ручейников *Hydatophylax* sp. Интегральная плотность гидробионтов составляла 56,4 экз./м³, при изменчивости по пробам от 2,8 до 183 экз./м³. Основной вклад в общую плотность формировали кумовые раки (таблица 4). Суммарная биомасса составила 0,256 г/м³, при изменчивости по пробам от 0,001 до 0,706 г/м³. Ее основу формировали ручейники.

Таблица 4 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрейфта водных беспозвоночных в р. Тапауна, март 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, г/м ³ | B, % |
|--------------|------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| Amphipoda | 2,4 | 4,3 | 0,0773 | 30,1 |
| Cumacea | 51,3 | 91,0 | 0,0127 | 5,0 |
| Trichoptera | 2,7 | 4,7 | 0,1664 | 64,9 |
| Всего | 56,4 | 100,0 | 0,256 | 100,0 |

Река Томи (залив Ныйский Охотского моря). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в марте 2022 г. Исследован участок реки в пяти километрах выше устья.

В составе дрейфта зарегистрировано 11 видов донных беспозвоночных, представленных личинками двукрылых насекомых (8 таксонов), кумовыми раками (1), личинками поденок (1) и веснянок (1). Интегральная численность гидробионтов составляла 19,3 экз./м³, при изменчивости по пробам от нуля до 61,1 экз./м³. Основной вклад в общую плотность вносили двукрылые (50 %) и кумовые раки (38 %). Суммарная биомасса составляла 0,0291 г/м³, при изменчивости по пробам от нуля до 0,124 г/м³. Ее основу формировали поденки *Ephemerella aurivillii* Bengtsson, 1908 (72 %). Структура дрейфта представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрейфта водных беспозвоночных в р. Томи, март 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, г/м ³ | B, % |
|---------------|------------------------|------------|---------------------|------------|
| Ephemeroptera | 1,9 | 10 | 0,021 | 71,9 |
| Diptera | 9,7 | 50,1 | 0,0055 | 19 |
| Plecoptera | 0,5 | 2,5 | 0,0015 | 5,3 |
| Cumacea | 7,2 | 37,5 | 0,0011 | 3,7 |
| Всего | 19,3 | 100 | 0,0291 | 100 |

В качестве доминант по численности отмечены *L. korroensis*, хирономиды *Sergentia baueri* Wulker, Kiknadze & Kerkis, 1999, субдоминант – *E. aurivillii*, хирономиды *Procladius* gr. *choreus*, *P. (s. str.) zetterstedti* и *Cricotopus* gr. *tremulus*. По биомассе доминировали *E. aurivillii*, из субдоминант отмечены веснянки *Suwallia* sp.

Река Погиби (пролив Невельского). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в июле 2022 г. Исследован участок реки в трех километрах выше устья.

В составе дрейфта зарегистрировано 10 видов донных беспозвоночных, в том числе личинок двукрылых насекомых – 6 видов, веснянок – 2, поденок и ручейников – по одному. Структура дрейфта представлена в таблице 6. Основу численности и биомассы дрейфта формировали двукрылые (68 % и 52 % соответственно). Интегральная численность составляла 0,887 экз./м³, при диапазоне от нуля до 2,42 экз./м³. Суммарная биомасса составила 2,619 мг/м³ (0–6,81 мг/м³).

Таблица 6 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрефта водных беспозвоночных в р. Погиби, июль 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|---------------|------------------------|------------|----------------------|------------|
| Diptera | 0,599 | 67,5 | 1,372 | 52,3 |
| Ephemeroptera | 0,097 | 10,9 | 0,209 | 8 |
| Plecoptera | 0,113 | 12,8 | 0,425 | 16,3 |
| Trichoptera | 0,078 | 8,7 | 0,613 | 23,4 |
| Всего | 0,887 | 100 | 2,619 | 100 |

В качестве доминант по численности отмечены: личинки и куколки мошек *Simulium* indet. и хирономид *P. (s. str.) zetterstedti*, в роли субдоминант выступали хирономиды *Ablabesmyia longistyla* Fittkau, 1962, *Tvetenia* gr. *discoloripes*, поденки *Baetis (Baetis) sp.*, веснянки *Nemoura sp.*, ручейники *Brachycentrus americanus* Banks, 1899. По биомассе доминировали *Simulium* indet. и *B. americanus*, из субдоминант отмечены *Baetis (Baetis) sp.*, *Nemoura sp.*, *Skwala compacta* McLachlan, 1872.

Река Вагис (приток р. Большой Вагис, Амурский лиман). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в июле 2022 г. Исследован участок реки в 20 километрах выше устья.

В составе дрефта зарегистрировано 18 видов донных беспозвоночных. Личинок и куколок двукрылых насекомых – 7 видов, личинок поденок – 5 видов, веснянок – 3 вида, ракообразных, жуков, ручейников – по одному. Структура дрефта представлена в таблице 7. Основу численности дрефта формировали двукрылые (52 %), по биомассе преобладали поденки (50 %). Интегральная численность составляла 1,162 экз./м³, при диапазоне от нуля до 4,93 экз./м³. Суммарная биомасса составила 3,18 мг/м³ (0–11,21 мг/м³).

Таблица 7 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрефта водных беспозвоночных в р. Вагис, июль 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|---------------|------------------------|------------|----------------------|------------|
| Amphipoda | 0,106 | 9,1 | 0,223 | 7 |
| Coleoptera | 0,018 | 1,5 | 0,019 | 0,6 |
| Diptera | 0,599 | 51,6 | 0,715 | 22,6 |
| Ephemeroptera | 0,277 | 23,8 | 1,587 | 49,9 |
| Plecoptera | 0,153 | 13,2 | 0,566 | 17,8 |
| Trichoptera | 0,009 | 0,8 | 0,069 | 2,2 |
| Всего | 1,162 | 100 | 3,18 | 100 |

В качестве доминант по численности отмечены *T. longimana*, по биомассе *Ameletus* gr. *costalis*. В роли субдоминант по численности и биомассе выступали *G. lacustris*, *Simulium* indet., *Baetis (Baetis) sp.*, *Amphinemura* sp. Также субдоминантами по численности являлись *Orthocladius (Mesorthocladius) frigidus* Zetterstedt, 1838, *Ameletus* gr. *costalis*, по биомассе – *T. longimana*, *Ephemerella kozhovi* Bajkova, 1967, *S. compacta*.

Река Большой Вагис (Амурский лиман). Учет дрейфующих беспозвоночных проводили в июле 2022 г. Исследован участок реки в 40 км выше устья.

В составе дрефта зарегистрировано 11 видов донных беспозвоночных, в том числе личинок двукрылых насекомых – 6 видов, поденок – 2, ракообразных, жуков, веснянок – по одному. Структура дрефта представлена в таблице 8. Основу численности и биомассы дрефта формировали двукрылые (74 % и 85 % соответственно). Интегральная численность составляла 1,129 экз./м³, при диапазоне от нуля до 10,72 экз./м³. Суммарная биомасса составила 1,326 мг/м³ (0–9,16 мг/м³).

Таблица 8 – Среднесуточные показатели численности (N, экз./м³) и биомассы (B, мг/м³) дрефта водных беспозвоночных в р. Большой Вагис, июль 2022 г.

| Группа | N, экз./м ³ | N, % | B, мг/м ³ | B, % |
|---------------|------------------------|------------|----------------------|------------|
| Amphipoda | 0,194 | 17,2 | 0,035 | 2,6 |
| Coleoptera | 0,02 | 1,7 | 0,018 | 1,3 |
| Diptera | 0,837 | 74,0 | 1,121 | 84,6 |
| Ephemeroptera | 0,059 | 5,2 | 0,125 | 9,4 |
| Plecoptera | 0,02 | 1,7 | 0,027 | 2,1 |
| Всего | 1,129 | 100 | 1,326 | 100 |

В качестве доминант по численности отмечены *Simulium* indet., *G. lacustris* *T.longimana*, в роли субдоминант выступали хирономиды *Procladius* gr. *choreus*, *Tanytarsus* indet. По биомассе доминировали *Simulium* indet., из субдоминант отмечены *T. longimana* и *Leptophlebia* (*Neoleptophlebia*) *japonicus* Matsumura 1931.

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить структурные особенности дрефта водных беспозвоночных в водотоках острова Сахалин, определить доминирующие виды и группы дрефта. Полученные данные могут использоваться в качестве фоновых характеристик рек и использоваться при мониторинговых работах, а перечисленные водотоки рассматриваться в качестве водотоков-аналогов.

Библиографический список

1. Леванидов В.Я. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. 1969. Т. 67. 242 с.
2. Богатов В.В. Значение бентостока в процессах биологического продуцирования в реках // Экология. 1984. № 3. С. 51–60.
3. Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1994. 218 с.
4. Чебанова В. В. Бентос лососёвых рек Камчатки. М.: Изд-во ВНИРО, 2009. 172 с.
5. Френкель С.Е. Дрифт беспозвоночных как кормовая база молоди лососей в типичной малой реке Сахалина: автореф. дис. .. канд. биол. наук. М.: ВНИРО, 2011. 24 с.
6. Лабай В.С., Живоглядова Л. А., Полтева А.В. и др. Водотоки острова Сахалин: жизнь в текучей воде. Южно-Сахалинск: Государственное бюджетное учреждение культуры «Сахалинский областной краеведческий музей», 2015. 236 с.
7. Методические рекомендации по сбору и определению зообентоса при гидробиологических исследованиях водотоков Дальнего Востока России: метод. пособие. М.: ВНИРО, 2003. 95 с.

УДК 592 (265.51)

Дарья Александровна Кротова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), специалист лаборатории промысловых беспозвоночных и водорослей, Россия, Владивосток, e-mail: adm26523@gmail.com

Функционально-биологическое состояние и репродуктивные характеристики северной креветки северо-западной части Берингова моря

Аннотация. Описан размерный состав, а также линочное и биологическое состояние самок северной креветки северо-западной части Берингова моря. Представлены показатели плодовитости яйценосных самок *Pandalus eous* и их связь с условиями окружающей среды. Определена стадия эмбрионального развития яиц яйценосных самок северной креветки.

Ключевые слова: креветки, биологическое состояние, репродуктивные характеристики, плодовитость, Берингово море

Darya A. Krotova

Pacific Branch of the FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Specialist of the Laboratory of Commercial Invertebrates and Algae, Russia, Vladivostok, e-mail: adm26523@gmail.com

Functional and biological condition and reproductive characteristics of the northern shrimp of the northwestern part of the Bering sea

Abstract. The size composition, molting condition, and biological condition of female northern shrimp of the northwestern part of the Bering Sea are described. The values of fertility of oviparous *Pandalus eous* females and their relationship with environmental conditions are presented. The stage of embryonic development of eggs of oviparous females of the northern shrimp determined.

Keywords: shrimps, biological condition, reproductive characteristics, fecundity, Bering Sea

Десятиногие ракообразные являются одной из наиболее востребованных промыслом групп беспозвоночных животных дальневосточных морей России. Однако при столь высокой промышленной востребованности названного таксона многие аспекты биологии отряда Decapoda изучены крайне слабо. Особенно мало внимания уделяется берингоморским креветкам. Несмотря на то, что в Беринговом море не самые высокие показатели запаса, в сравнении, например, с Охотским морем, промысел некоторых видов каридных креветок здесь активно осуществляется.

Северная креветка (*Pandalus eous* Makarov, 1935) – основной объект вылова в северо-западной части Берингова моря. Но об общих особенностях биологии и воспроизводства названного вида в берингоморских водах известно мало; даже несмотря на то, что для северной креветки характерно такое необычное явление, как протерандрический гермафродитизм (первые несколько лет особи существуют в качестве самцов, а затем превращаются в самок [1]).

Целью настоящей работы является изучение размерного состава, функционально-биологического состояния и плодовитости северной креветки северо-западной части Берингова моря.

Материалом для данной работы послужили результаты донных траловых съёмок, проведённых на НИС «Профессор Кагановский» и СРТМ «Валерий Маслаков» в северо-

западных водах Берингова моря с 31 августа по 29 сентября 2021 года. Всего в северо-западной части Берингова моря проведено 266 донных тралений (125 на НИС «Профессор Кагановский» и 141 на СРТМ «Валерий Маслаков»), на 54 (16 на НИС «Профессор Кагановский» и 38 на СРТМ «Валерий Маслаков») станциях из которых в уловах присутствовала северная креветка (рис. 1).

Сбор и обработка первичной информации осуществлялись по стандартной методике, принятой в Тихоокеанском филиале «ВНИРО» («ТИНРО») [2].

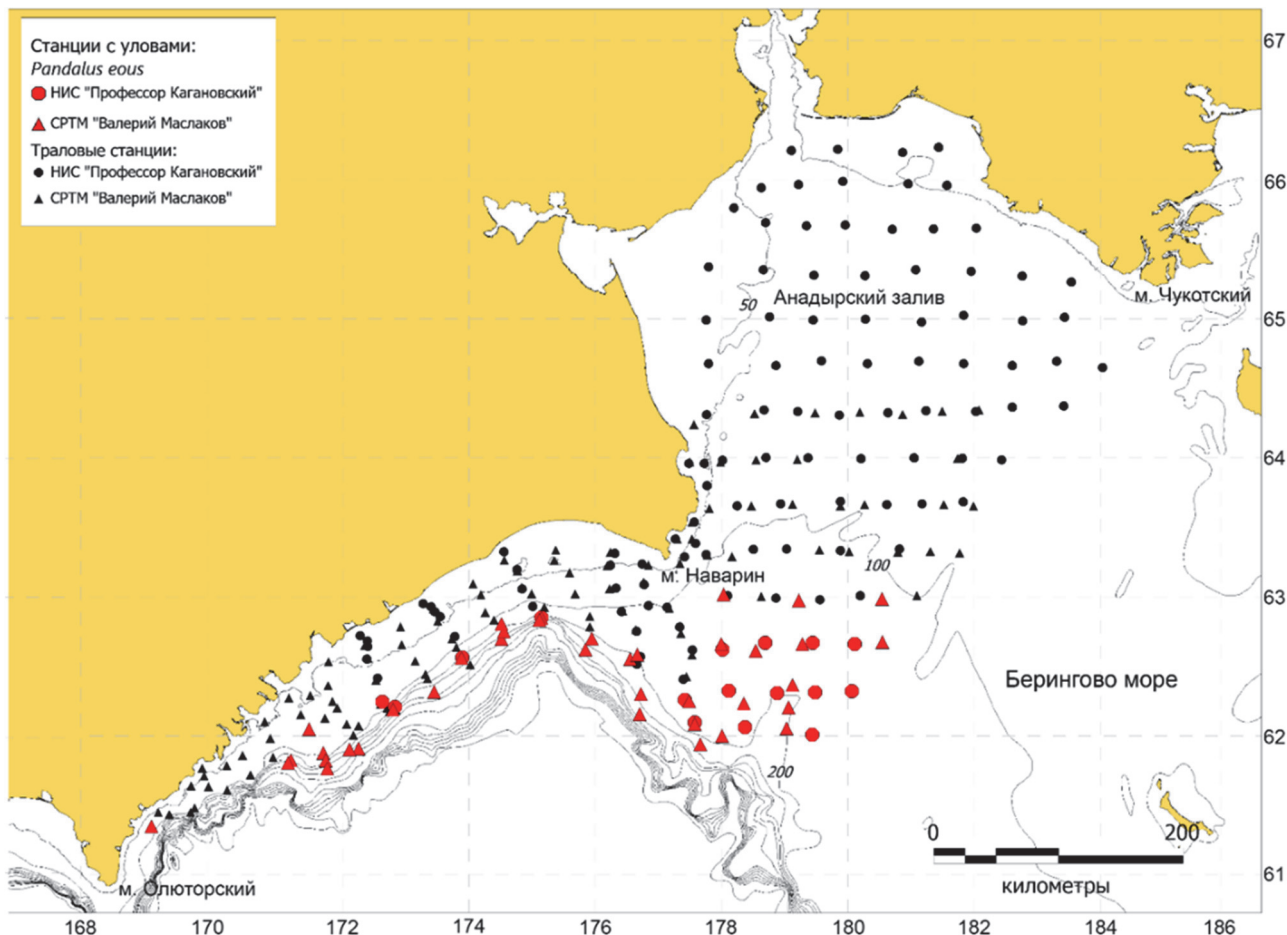


Рисунок 1 – Карта-схема траловых станций района исследования

Размерные характеристики

Размеры тела северной креветки в северо-западной части Берингова моря изменялись в пределах от 25 до 112 мм. Длина тела самцов в среднем составляла 68,6 мм, минимальный размер – 25 мм, а максимальный – 101 мм. В размерном составе самцов выделяются 2 когорты, первая из которых представлена молодыми особями с длиной тела 35–50 мм (11 %); второй модальный класс, включающий в себя взрослых половозрелых самцов, – экземпляры с биологической длиной 55–75 мм (87 %). Переходные особи чаще всего (80 %) имели размеры 90–95 мм, в среднем же их длина тела составляла 91,4 мм. В общем биологическая длина относилась к границам 85–101 мм. Самки же, в свою очередь, были крупнее самцов и интерсексов. Их средний размер был равен 93,2 мм, минимальный – 65 мм, а максимальный составлял 112 мм. Частотное распределение длины тела самок северной креветки характеризуется преобладанием особей с длиной 85–100 мм (85%) (рис. 2).

Линочное состояние

Креветки, как и остальные членистоногие, характеризуются циклическими линочными процессами, которые обуславливают их рост и физиологическое состояние панциря. Данное явление напрямую связано с возможностью осуществления нереста, который у десяти-

ногих ракообразных представляет собой миграцию икры из тела животного наружу, а впоследствии её прикрепление на плеоподы. Для характеристики состояния панциря у креветок используют трёхбалльную шкалу: 1 – панцирь мягкий, «пергаментный», особь находится в процессе линьки; 2 – панцирь неокрепший, особь недавно перелиняла; 3 – панцирь твёрдый, не продавливается при легком нажатии.

Общее личное состояние северной креветки на Корякском шельфе и в Анадырском заливе представлено на рис. 3. Здесь видно, что подавляющее большинство особей находилось на стадии твёрдого, окрепшего панциря (90 %). Однако в уловах встречались как недавно перелинявшие, так и линяющие креветки. Доля таких экземпляров составляла 8 % и 2 % соответственно.

Также было рассмотрено личное состояние самок в отдельности, что в совокупности с биологическим состоянием самок позволяет глубже проанализировать общее функционально-биологическое состояние популяции и точнее определить сроки массового нереста. Таким образом, личное состояние самок в целом соответствует таковому для всех рассмотренных особей. Однако доля недавно перелинявших самок сравнительно больше и составляет 18 % от общего числа. В основном же креветки имели твёрдый панцирь (77 %), а около 5 % особей находились в процессе линьки (рис. 4).

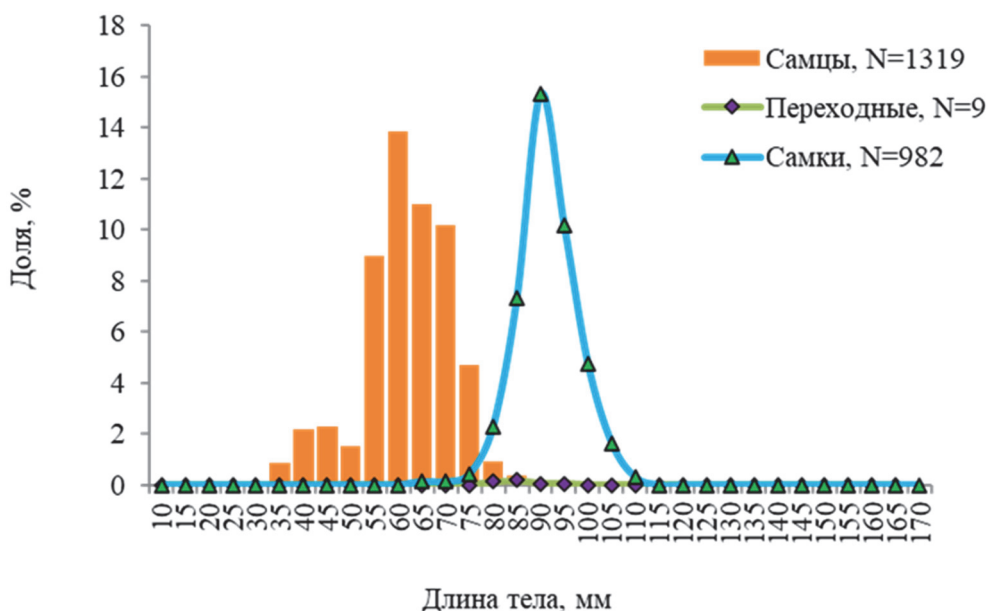


Рисунок 2 – Размерный состав северной креветки района исследования в августе–сентябре 2021 г.

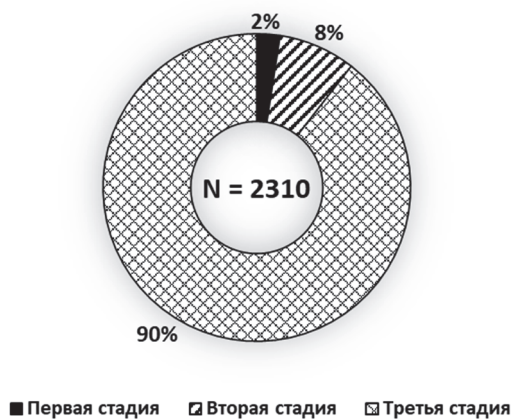


Рисунок 3 – Личное состояние северной креветки

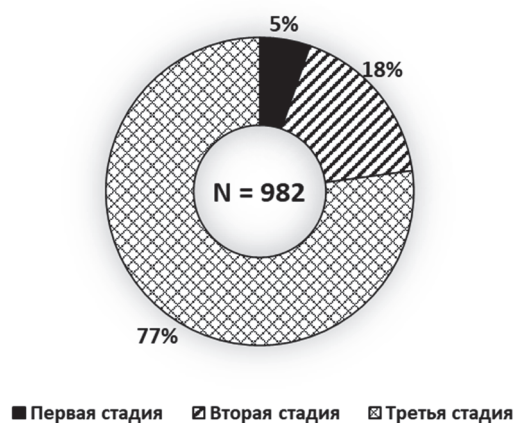


Рисунок 4 – Личное состояние самок северной креветки

Биологическое состояние самок

Биологическое состояние самок, как правило, определяется с опорой на характеристики икры (гонад), которые изменяются в процессе репродуктивного цикла, и в целом 2 основные группы выделяются в зависимости от того, была ли икра оплодотворена (или где она находится – внутри тела самки или снаружи, отсюда и икра внутренняя или наружная). Если у самки нет икры, это значит, что её гонады либо только созревают либо готовятся к новому циклу после выпуска личинок. Такая стадия называется «без икры» (БИ). Если же самка уже вступила в новый репродуктивный цикл, то прежде всего гонады внутри тела начинают продуцировать ооциты, которые постепенно заполняют пространство в спинной области под карапаксом, соответственно с этим становятся отчётливо заметны; эта стадия называется «икра внутренняя» (ИВ). При этом внутренняя икра разделяется на 3 отдельных состояния: ИВ1 – гонады слабо развиты и занимают не более одной трети спинной стороны карапакса; ИВ2 – гонады развиты умеренно, занимают до двух третей спинной стороны карапакса; ИВ3 – половые железы развиты сильно, полностью занимают всю спинную часть под карапаксом.

После того, как внутренняя икра окончательно сформировалась, происходит нерест, в результате чего икринки мигрируют на плеоподы. После этого икра становится наружной (оплодотворённой), и здесь также выделяются отдельные стадии: икра новая (ИН) недавно отложенная, характеризуется ранними этапами эмбриогенеза, при которых сам эмбрион ещё не различим внутри икринки; у большинства видов креветок икра на этой стадии имеет различные оттенки зелёного, именно поэтому так и называется – икра зелёная (ИЗ), а у некоторых глубоководных пандалид – оранжевая (ИО). Когда икра находится в стадии начального глазка (НГ), она слегка темнеет, и внутри уже можно разглядеть глазок эмбриона, однако сам эмбрион ещё не сформировался; последним этапом в развитии наружной икры является стадия икры с глазком (ИГ) – именно на этой стадии происходят окончательные этапы органогенеза, личинки подготавливаются к выклеву. Конечной стадией в репродуктивном цикле можно назвать выклев личинок (ВЛ).

Поскольку съёмки на двух судах проходили с разницей в несколько недель, данное обстоятельство позволило проследить довольно чёткий переход общего биологического состояния самок от фазы «начало и массовый нерест» до «завершение массового нереста». Это совершенно чётко видно на рис. 5 и 6.

Результаты, полученные во время съёмки на НИС «Профессор Кагановский», показывают, что в период с 31 августа по 4 сентября 2021 года в северо-западной части Берингова моря среди самок *P. eous* преобладали особи с внутренней икрой (52 %). В основном эту группу представляли самки на стадии полностью сформированных яиц (ИВ3), готовых к выпуску на плеоподы (нересту). Немного меньше оказалось самок с новой наружной икрой (недавно претерпевших нерест) – 48 %. Также была отмечена всего одна самка, выпускающая личинок.

На СРТМ «Валерий Маслаков» траловые станции в том же районе были выполнены чуть позже, в промежутке с 15 по 29 сентября 2021 года, что повлияло на полученные результаты, поскольку общее функциональное состояние популяции за это время претерпело изменения. Так, количество особей с новой наружной (зелёной) икрой (недавно претерпевших нерест) оказалось наибольшим по отношению к другим группам – 71 %. Самок с внутренней икрой в уловах было гораздо меньше, около 28 %. В основном эту группу также представляли самки на стадии ИВ3 – 27 %. Помимо всего прочего присутствовали особи, не имеющие икры, вероятно, находящиеся в фазе межнерестового покоя (не более 1 %).

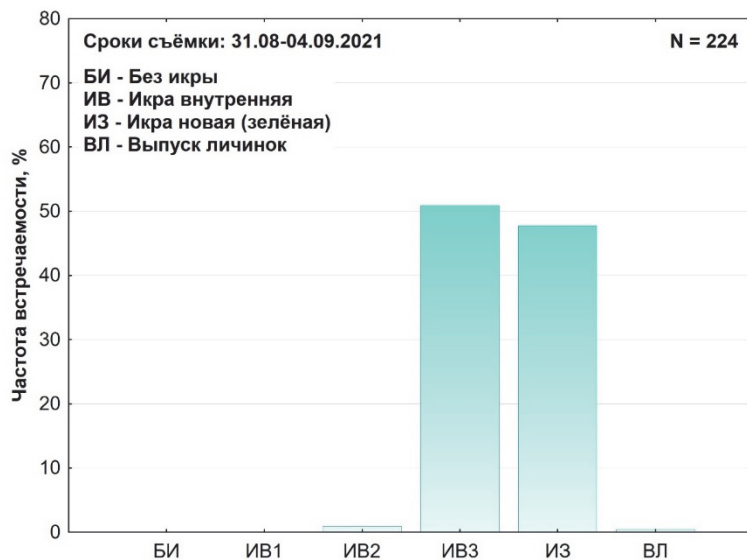


Рисунок 5 – Биологическое состояние самок северной креветки, пойманных на НИС «Профессор Кагановский»



Рисунок 6 – Биологическое состояние самок северной креветки, пойманных на СРТМ «Валерий Маслаков»

Плодовитость

Под абсолютной индивидуальной плодовитостью, как правило, понимают общее количество яиц, которое в случае с креветками самка несёт на плеоподах [3]. В этом отношении ясно, что АИП у креветок – реализованная плодовитость, и яйца, которые подвергаются подсчёту, уже были оплодотворены.

Отложенные икринки у креветок располагаются на первых четырёх парах плеопод. Считается, что на пятой паре плеопод яйца не прикрепляются никогда [4].

У *Pandalus eous* большая часть икринок (38,77 % и 34,61 % соответственно) располагалась на второй и первой парах плеопод. На третьей паре плавательных ножек в среднем было насчитано 417,5 икринок, а на четвёртой – 46,6. Несмотря на то, что в литературе отмечается абсолютное отсутствие яиц на пятой паре плеопод, у нескольких проанализированных яйценосных самок всё же было обнаружено небольшое количество икринок (5 и 10) на плеоподах V, поэтому средняя доля яиц на этой паре брюшных ножек у северной креветки западно-берингоморских вод составила 0,01 % (рис. 7).

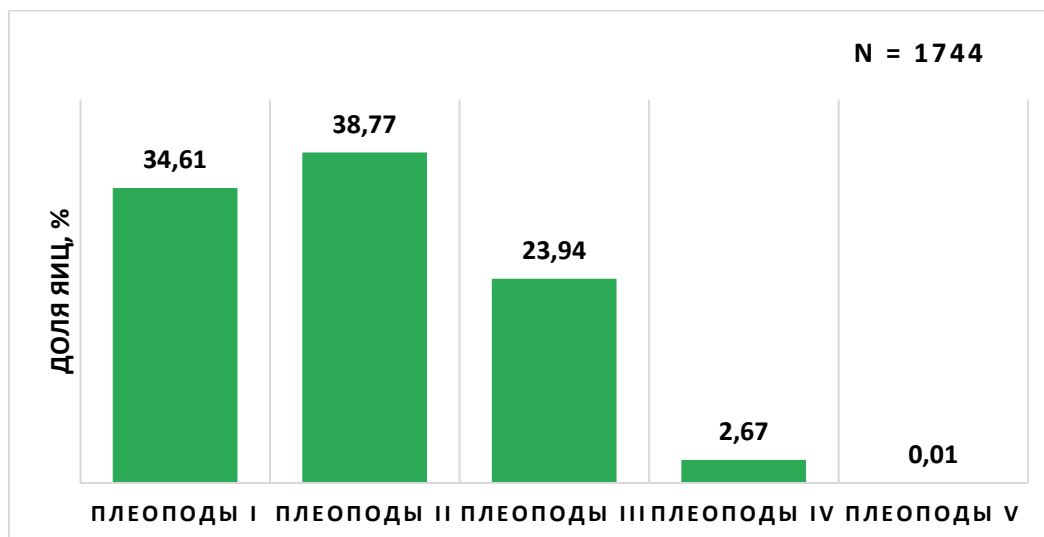


Рисунок 7 – Распределение яиц северной креветки на плеоподах

Зависимость абсолютной индивидуальной плодовитости от длины тела представлена на рис. 8, где совершенно чётко видно, что АИП северной креветки прямо коррелирует с увеличением размеров тела. Соответственно меньше всего яиц наблюдалось у самых мелких самок (80–85 мм), а больше всего у самых крупных, достигающих размеров в 111 мм.

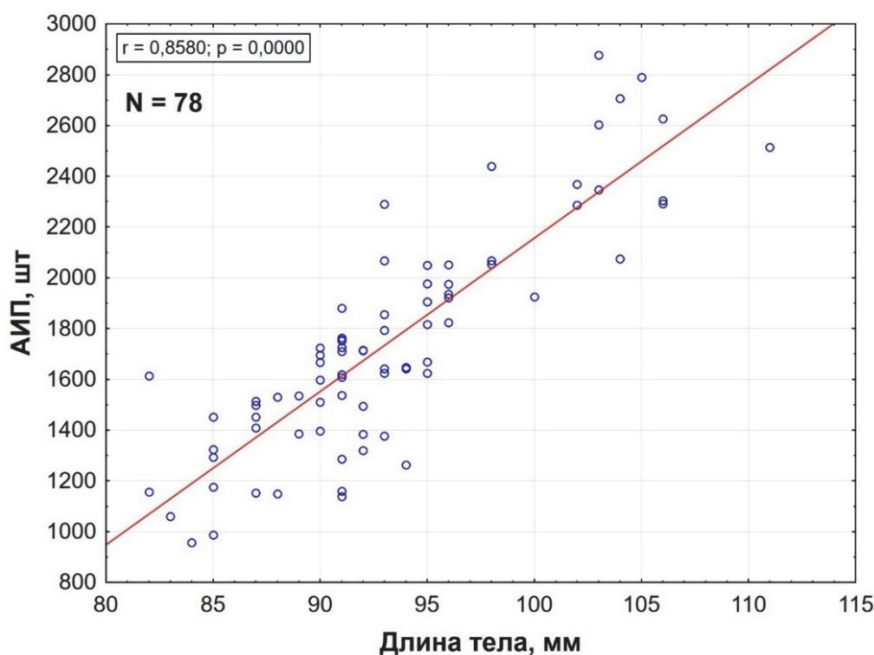


Рисунок 8 – Зависимость абсолютной индивидуальной плодовитости северной креветки от длины тела

Связь плодовитости с условиями окружающей среды

Глубина

Глубина, не являясь как таковым фактором окружающей среды, как правило, не оказывает какого-либо непосредственного воздействия на гидробионты. Однако с изменением глубины происходят изменения таких «истинных» факторов, как температура, давление и солёность. Поэтому стоит рассматривать возможную связь показателей репродуктивного потенциала с глубиной для того, чтобы иметь возможность комплексно оценивать влияние всех условий среды на биологический вид.

В целом яйценосные самки северной креветки в северо-западной части Берингова моря были отобраны на глубинах от 130 до 280 м (в общем же яйценосные самки встречались на глубинах от 120 до 370 м). Абсолютная индивидуальная плодовитость *P. eous* в районе исследования имела связь с глубиной, которая отражалась в общем увеличении АИП в точках с более значительными глубинами. В соответствии с этим наименьшие показатели средней АИП (1361,3 икринки) обнаруживались на изобатах 130–140 м. Максимальная средняя АИП *P. eous* была отмечена на глубине >240 м.

Температура

Один из важнейших экологических факторов, оказывающих непосредственное влияние на различные биологические характеристики не только ракообразных, но и всех других групп гидробионтов, является температура. Поскольку большинство каридных креветок входит в состав придонной (или даже бентосной) фауны, то в данном случае рассматривается именно связь плодовитости с температурой воды у дна.

Зависимость абсолютной индивидуальной плодовитости от придонной температуры показывает, что яйценосные самки северной креветки в районе исследования встречались в диапазоне температур от 1,2 °С до 3,5 °С. При этом минимальные показатели средней АИП были отмечены при наименьших температурах (1,2–1,3 °С), максимальная средняя плодовитость, в свою очередь, была характерна для самок, пойманных при температуре в 3,5 °С. Таким образом, средняя абсолютная индивидуальная плодовитость северной креветки увеличивается при повышении придонной температуры.

Солёность

Солёность, как и другие факторы окружающей среды, оказывает значительное влияние на живые организмы в океане. И именно солёность, пожалуй, является наиболее лимитирующим фактором среди всех остальных, поскольку осуществляет сильное воздействие на осморегуляторную систему животных.

Как показывают результаты исследования, наименьшие значения средней абсолютной индивидуальной плодовитости северной креветки отмечались при минимальных показателях солёности (33–33,1 ‰), а наибольшая средняя АИП была обнаружена у креветок, пойманных при солёности в 33,5 ‰. Таким образом, наблюдается связь между абсолютной индивидуальной плодовитостью самок северной креветки и солёностью.

Стадия эмбриогенеза

Определение стадии эмбрионального развития яиц у креветок, как и у остальных ракообразных, вынашивающих яйца на плеоподах, в совокупности с функционально-биологическим состоянием, помогает точнее определить сроки нереста в каком-либо районе для конкретного вида. В зависимости от того, насколько хорошо развиты зародыши в яйцах яйценосных самок, можно сделать вывод о том, как давно осуществился нерест.

В северо-западной части Берингова моря в августе – сентябре 2021 года у каждой из проанализированных яйценосных самок яйца находились на первой стадии эмбрионального развития, называемой ИР – икра ранняя. Данная стадия характеризуется началом или активным дроблением в процессе гастрюляции. Во всех отложенных яйцах наблюдались жировые капли и недифференцированная клеточная масса (рис. 9).

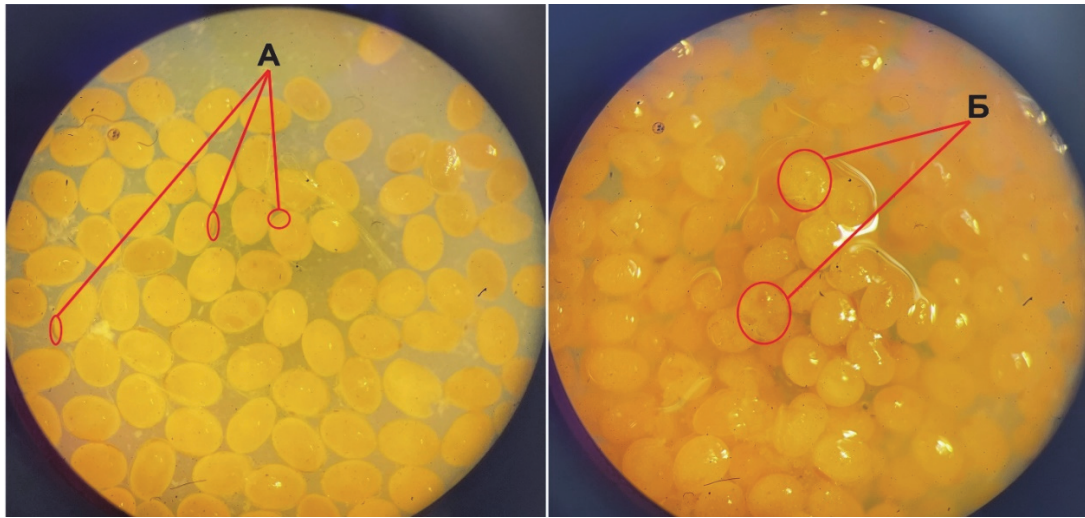


Рисунок 9 – Фиксированные яйца северной креветки, снятые с плеопод
 А – Жировые капли, Б – Недифференцированная клеточная масса

В целом, резюмируя всё вышеописанное, следует отметить, что северная креветка в северо-западной части Берингова моря имеет не самые крупные размеры в сравнении с особями данного вида из других дальневосточных морей России, однако достаточно интересно наличие в момент исследования в Западно-Беринговоморской зоне двух размерных групп у самцов, что говорит о паре последовательных пиков численности молодых особей, случившихся в западно-беринговоморских водах в последние годы.

Рассмотренное личное состояние *Pandalus eous* характеризовалось преобладанием особей с твёрдым окрепшим панцирем. Биологическое состояние самок, в свою очередь, в первый период исследования (31.08–04.09.2021) описывается преобладанием особей с хорошо развитой, готовой к выпуску и оплодотворению внутренней икрой, а также креветками с новой наружной икрой. Чуть позже, в промежутке с 15 по 29 сентября, преобладающей уже оказалась группа самок с новой наружной зелёной икрой, а особей с внутренней икрой третьей стадии зрелости было почти в 2 раза меньше. Таким образом, результаты данного исследования помогли уточнить сроки (конец августа – конец сентября) массового нереста *P. eous* в северо-западной части Берингова моря. Помимо всего прочего в подтверждение к факту недавнего нереста можно отнести и стадию эмбрионального развития (ИР), на которой оказались яйца яйценосных самок.

Показатели абсолютной индивидуальной плодовитости северной креветки в Западно-Беринговоморской зоне возрастали с увеличением размеров тела самок, а также имели связь с условиями окружающей среды.

Библиографический список

1. Butler, T.H. Growth, reproduction, and distribution of pandalid shrimps in British Columbia / T.H. Butler // J. Fish. Res. Bd. Canada. 1964. Vol. 21, № 6. С. 1403–1452.
2. Низяев, С.А. Пособие по изучению промысловых ракообразных ДВ морей России / С.А. Низяев, Букин С.Д., Клитин А.К., Первеева Е.Р., Абрамова Е.В., Крутченко А.А. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2006. 112 с.
3. Андронов, П.Ю. Репродуктивная биология углохвостой креветки (*Pandalus goniurus*, Decapoda, Pandalidae), в западной части Берингова моря / П.Ю. Андронов // Зоологический журнал. 2004. Т. 83, № 10. С. 1216–1228.
4. Букин, С.Д. Плодовитость некоторых видов креветок в водах Сахалина / С.Д. Букин // Труды СахНИРО. 2006. Т. 8. С. 107–127.

Татьяна Николаевна Крупнова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: tatyana.krupnova@tinro.ru

Оксана Андреевна Поньрко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: oksana.ponyrko@tinro.ru

**Культивирование макрофитов в Приморье
с использованием различных технологий**

Аннотация. Ламинария японская (*Saccharina japonica*) в прибрежье Приморья культивируется пастбищным и индустриальным методами на протяжении более сорока лет. В последнее время вводятся в культуру новые виды макрофитов – Ундария, Костария, Ламинария цикориеподобная, для которых разрабатывают новые технологии. Для получения урожая этих водорослей, включая ламинарию японскую, используется рассада, выращиваемая в заводских условиях при оптимальных факторах среды. Это гарантирует высокую выживаемость ранних стадий жизненного цикла микроскопических зооспор и гаметофитов и дальнейший рост спорофитов при благоприятных условиях среды в море на плантациях. Использование заводской рассады макрофитов позволяет выстроить оптимальную схему выращивания их урожая в море в форсированном режиме.

Ключевые слова: макрофиты, ламинария японская, ламинария цикориеподобная, ундария, костария, культивирование, рассада, зооспоры, гаметофиты

Tatyana N. Krupnova

Pacific Branch of VNIRO (TINRO), PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: tatyana.krupnova@tinro.ru

Oksana A. Ponyrko

Pacific Branch of VNIRO (TINRO), PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: oksana.ponyrko@tinro.ru

Cultivation of macrophytes in Primorye using various technologies

Abstract. Data is provided on existing biotechnologies for growing brown algae on mariculture farms in Primorye. Japanese kelp (*Saccharina japonica*) has been cultivated by pasture and industrial methods for more than forty years. Recently, new types of macrophytes have been introduced into culture – *Undaria*, *Costaria*, *Laminaria cichorioides*. To obtain a harvest of these algae, including Japanese kelp, seedlings grown in factory conditions under optimal environmental factors are used. This guarantees high survival of the early stages of the life cycle – microscopic zoospores and gametophytes and further growth of sporophytes under favorable environmental conditions in the sea on plantations. The use of factory seedlings of macrophytes allows us to build an optimal scheme for growing commercial kelp in the sea in a forced mode.

Keywords: Macrophytes, *Laminaria japonica*, *Laminaria cichorioides*, *Undaria*, *Costaria*, cultivation

В последнее время внимание мировой общественности обращено на такой ресурс, как водоросли – макрофиты, которые служат сырьем для здорового питания, альгинатного производства, а также рассматривается их использование для снижения парникового эффекта за

счет поглощения углекислого газа в процессе своего жизненного цикла и выделения кислорода, необходимого для дыхания большинства животных, населяющих нашу планету.

Общеизвестно, что морские водоросли в процессе фотосинтеза выделяют 80 % мирового кислорода, и только 20 % синтезируют наземные растения, поэтому мировой океан принято называть «легкими планеты».

Бурые водоросли имеют крупные размеры и поэтому являются наиболее значимыми продуцентами кислорода. Они участвуют в глобальном цикле углекислого газа, связывая углекислоту и растворенную органику и затем переводят их в глубинные слои океана.

Развитие водорослей зависит от наличия в водной среде питательных веществ – биогенов, особенно нитратов и фосфатов. Проведение подкормки культивируемой ламинарии на подвесных плантациях мочевиной и фосфорнокислым натрием увеличило их массу в два раза [1]. Чем активнее движение водной массы в местах обитания водорослей, тем больше поступает биогенов к их пластинам и соответственно это отражается на таких показателях, как увеличение темпов роста растений, соотношение сухих веществ и воды в талломах, объемы продуцирования репродуктивной ткани и биохимический состав.

В прибрежье Приморья ламинария японская, костария ребристая, ламинария циклопидная являются наиболее массовыми видами, образующими промысловые поля, и в то же время они поддаются культивированию, что может рассматриваться как основа организации сырьевой базы для производства полезных веществ, а также использоваться как фильтры по улавливанию CO₂.

Ламинария японская (Laminaria japonica Areschoug, или Saccharina japonica (Areschoug) Lane, Mayes, Druehl et Saunders) – один из самых распространенных видов бурых водорослей в Дальневосточных морях.

В последнее время в прибрежье многих стран, в том числе и у берегов Японского моря, происходит сокращение полей макрофитов и замещение их на более мелкие и непромысловые виды, что связано с различными причинами. Запасы ламинарии японской в прибрежье Приморья снизились в несколько десятков раз и колеблются на протяжении последних 20 лет в пределах от 80 до 4 тыс. т [4]. Широкое распространение на традиционных площадях былого произрастания ламинарии начали получать известковые корковые водоросли, являющимися ее конкурентами за донный каменистый субстрат. Процесс уменьшения полей макрофитов и замещения их другими малоценными видами, в основном из семейства Corallinaceae, получило название «Исояке» [5]. Этот процесс, несомненно, негативен как вызывающий сокращение сырья ламинарии для промышленного использования, так и приводящий к снижению кормовой базы морских ежей, поскольку питание корковыми водорослями приводит к резкому снижению их репродуктивных и товарных качеств. Там, где ежи обитают на ламинариевых полях, их гонадный индекс в период максимального развития достигает 18–30 % против 2–8 % при питании корковыми водорослями, детритом или филлоспадиксом [6, 7].

Для увеличения запаса ламинарии специалистами ТИНРО разработаны несколько способов ее культивирования, которые с успехом применяются на хозяйствах марикультуры Приморья. Пастбищный способ – это размещение простимулированных маточных слоевищ со зрелой спороносной тканью для массового выхода зооспор на каменистое дно в места, где ранее произрастала ламинария. Индустриальный – выращивание ламинарии на подвесных плантациях в двухгодичном цикле. Оба способа зарекомендовали себя успешно с достижением урожая ламинарии до 80–100 т с га.

Однако часто невозможно восстановить поля ламинарии пастбищным методом из-за разных причин. В этом случае выращивание ламинарии из заводской рассады является перспективным путем.

Заводское получение рассады бурых водорослей гарантирует обеспеченность жизнестойким посадочным материалом хозяйств марикультуры для дальнейшего выращивания товарной ламинарии на подвесных и донных плантациях. Особенно актуально использование заводской рассады для залива Петра Великого, где промысловые поля ламинарии у

материкового побережья отсутствуют на протяжении многих лет из-за чрезмерного промысла в предыдущие годы и высокой летней температуры воды. В этом районе летом значение температуры воды, по многолетним данным, составляет 21 °С, в отдельные годы, примерно раз в пять лет, доходят до 24–25 °С, что приводит к разрушению слоевищ первого года жизни.

Добиться получения стабильных урожаев в южном Приморье ежегодно независимо от типа года или свести потери до минимума возможно путем культивирования ламинарии из рассады заводского выращивания, при котором ее слоевища достигают товарных размеров к началу лета первого года, до наступления высоких летних значений температуры воды.

При культивировании рассады ламинарии в модульных комплексах завода она достигает жизнестойкой стадии за 30–40 дней вместо 5–6 месяцев по сравнению с природой. Это достигается за счет создания в заводе оптимальных условий по температуре, подкормке, освещенности и водообмену. При этом рассада высаживается в море уже в октябре, в то время как у природной ламинарии происходит только выход зооспор из спорангиев или проводится оспоривание субстратов для двухгодичного культивирования.

Культивирование товарной ламинарии из рассады, полученной в заводских условиях, позволяет удлинить срок роста растений в море при благоприятных для них условиях: низкой температуре воды и повышенном содержании биогенов в осенне-зимне-весенний период и соответственно добиться сокращения срока общего выращивания товарной ламинарии менее, чем за год.

Рассада ламинарии заводского выращивания может перевозиться на дальние расстояния. Условия ее транспортировки как морским, так и сухопутным путем отработаны, что является привлекательным для предприятий марикультуры. С помощью заводской рассады можно более мобильно восстановить природные поля ламинарии в побережье северного Приморья в тех местах, где они отсутствуют на обширных площадях и особенно – на участках с плотными поселениями ежа, а также в районах с усиленной гидродинамикой, где пастбищный метод трудно реализуем.

В 2019 г. вступил в строй современный и оснащенный необходимым оборудованием завод ТИПРО по выращиванию молоди беспозвоночных и рассады водорослей, расположенный на острове Попова. За период с 2019 по 2023 гг. на этом заводе отработана технологическая схема получения урожая товарной ламинарии в форсированном режиме, складывающаяся из оспоривания субстратов-рамок с нитчатым наполнением, выращивания ранних стадий до жизнестойкой рассады в модульном комплексе с регулируемыми условиями среды и передачи рассады на подвесные и донные плантации хозяйств марикультуры. Технические возможности модуля в центре марикультуры на о. Попова позволяют создавать оптимальные условия для роста рассады ламинарии. Оспоривание рамок-субстратов необходимо проводить в течение не менее 5 часов для плотного оседания зооспор ламинарии и предотвращения развития диатомовых водорослей. Освещение регулируется от 2 до 16 тыс. люкс от начала к концу выращивания, подкормка вносится в виде модифицированной среды ESY, создается проток воды, температура постепенно понижается от 15–16 до 12 °С.

Рассада ламинарии передавалась на хозяйства марикультуры Приморья, где достигла различных товарных качеств за восемь месяцев с достижением расчетного урожая от 60 до 120 т с га в зависимости от способа выращивания спорофитов на плантациях. За два последних года выращено около 100 т ламинарии из заводской рассады в форсированном режиме. Дальнейшее увеличение объемов урожая сдерживается отсутствием у хозяйств марикультуры подвесных плантаций, где форсированный режим проявляется наиболее эффективно. Первые положительные результаты использования этой технологии показали на стабильное получения урожая за короткий срок, что сподвигнуло водорослевые хозяйства обратить внимание на установку ими подвесных плантаций.

Ундария перистая (Undaria pinnatifida). При введении в культуру водорослей обычно руководствуются такими требованиями, как наличие полезных веществ в их слоевищах,

отсутствие необходимого количества запаса или его нестабильность в природных условиях, изученность биологии, а также возможность поддаваться культивированию. Всем этим положениям отвечает бурая водоросль ундария перистая – *Undaria pinnatifida*.

Эта водоросль в настоящее время все больше внимание привлекает как ученых, так и промышленников из-за ее всемирного распространения и привлекательного вкуса. Зооспоры ундарии, приликая к борту судов, способствовали появлению ее поселений в дикой природе у берегов Французского Средиземноморья и побережья Атлантического океана. Сейчас ее встречают у берегов Испании, Италии, Франции, Великобритании и Португалии. В Новой Зеландии, куда ундария также проникла с помощью торговых судов, формируется производственная база для налаживания ее культивирования и экспорта продукции в Японию [8, 9].

Все эти факты говорят о неприхотливости ундарии к условиям среды и ее высокой экологической пластичности. Наряду с этим она является вкусной и полезной для здоровья, поскольку содержит много ценных веществ, например таких, как полиненасыщенные жирные кислоты. Также из ундарии получают уникальное вещество – фукоксантин, которое обладает редким свойством – растворять трудно расщепляемые жиры внутренних органов. В странах Азиатско-Тихоокеанского региона ундария выращивается в больших масштабах. В Китае ее урожай составляет 200 тыс. т., несмотря на то, что ее поселения в природных условиях отсутствуют, для культивирования маточные слоевища были завезены из Японии [10].

В заводе на острове Попова в течение последних двух лет проводилось выращивание рассады ундарии. Субстраты – металлические рамки с намотанными на них нитями – оспоривались в начале июля. Для развития гаметофитов и микроскопических спорофитов создавались примерно такие же условия среды, как и для ранних стадий ламинарии, в результате чего была получена жизнестойкая рассада ундарии уже к середине августа. Высадка рассады на плантации в море проводилась в начале октября при охлаждении воды в море до 14–15⁰ С. Урожай ундарии был собран в количестве около 60 т и отправлен на изготовление фукоидана и пищевой продукции.

Компания «Европром» из Санкт-Петербурга выпустила несколько наименований салатов и пресервов из сырья ундарии, полученного в результате культивирования на подвесных плантациях. Эту продукцию уже сейчас можно найти в торговой сети. Дальнейшее увеличение объемов культивирования ундарии сдерживается отсутствием подвесных плантаций у хозяйств марикультуры. Однако разработанная устойчивая технология культивирования ундарии из заводской рассады, ценность ее сырья для питания и получения лекарственных препаратов, аналогов которым нет в нашей стране, начинает распространяться в среде собственников рыбоводных участков и переработчиков водорослей, что отражается в стремлении к увеличению площади подвесных гидробиотехнических сооружений и расширению объектов культивирования.

Костария ребристая (*Costaria costata* (Turn) Saund.) образует поля в прибрежье Японского моря, у о. Сахалин и Курильских островов на глубинах до 20 м. Иногда ее можно встретить на глубинах от 50 до 85 м, где слоевища водоросли имеют более мелкие биологические параметры – длину около 30–80 см, ширину – 4–5 см, в то время как в местах традиционного произрастания ее длина может достигать до 2 м, ширина – до 40–50 см при массе до 1 кг. В природе запасы костарии нестабильны и для прибрежья Приморья оцениваются для разных лет от 641 до 28 350 т. Самостоятельных полей она, как правило, не образует, произрастает совместно с ламинарией японской и другими макрофитами.

Жизненный цикл ее развития составляет один год. Спороносная ткань образуется в период с мая по июль, видимые глазом спорофиты появляются в октябре – декабре и к маю – июню следующего года пластины достигают максимальной длины и массы, после чего растения разрушаются и жизненный цикл завершается. Эксперименты по культивированию костарии проведены успешно на плантациях Приморья с получением урожая до 60–80 т с га [11]. Содержание полезных веществ в слоевищах и ризоидах костарии высоко, особенно по количеству альгиновой кислоты, составляющей до 30 % от сухого веса, что

делают эту водоросль хорошим сырьем для альгинатного производства. Планируется проведение выращивания рассады костарии в заводе на острове Попова для дальнейшего получения ее товарного урожая на подвесных плантациях в море.

Способы получения рассады ламинарии японской и ундарии запатентованы [12, 13].

Таким образом, выращивание рассады макрофитов в заводских условиях сокращает время прохождения микроскопических стадий жизненного цикла, позволяет получить ее в необходимом количестве и высадить в море при оптимальных условиях среды для дальнейшего развития спорофитов. Выращивание товарного урожая водорослей из заводской рассады достигается за более короткий период времени по сравнению с их созреванием в природных поселениях.

Библиографический список

1. Крупнова Т.Н. Марикультура бурых водорослей в Приморье: современное состояние и перспективы развития. // Доклады Всер. конферен. «Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов мирового океан в свете морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года». М.: ВНИРО, 2002. С. 196–201.

2. Крупнова Т.Н. Влияние океанолого-климатических факторов на динамику полей ламинарии японской (*Laminaria japonica Aresch.*) в северо-западной части Японского моря // Гидрология и гидрохимия морей : монографический справочник. Гидрометеиздат. 2004. Т. VIII. Японское море. Вып. 2. С. 162–166.

3. Цыпышева И.Л., Крупнова Т.Н. Возможности спутникового дистанционного зондирования для характеристики условий обитания бурых водорослей. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. М.: ИКИ РАН, 2012. Т. 8, № 4. С. 263–273.

4. Состояние промысловых ресурсов. Прогноз общего вылова гидробионтов по дальневосточному рыбохозяйственному бассейну на 2018 г. Владивосток : Издательский центр ТИНРО-Центр, 2018. 434 с.

5. Fudjita D. Current status and problems of the Isoyake in Japan. Bull. of Fisheries Research Agency. Yokohama. Kanagawa. Japan. 2010. N. 32. P. 33–42.

6. Крупнова Т.Н., Павлючиков В.А. Питание серого морского ежа (*Strongylocentrotus intermedius*) в прибрежной зоне северо-западной части Японского моря // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 372–381.

7. Крупнова Т.Н. Павлючков В.А. Пищевые потребности морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в естественных условиях на ламинариевых полях // Изв. ТИНРО. 2003. Т. 134. С. 195–208.

8. Fletcher, R.L. & C. Manfredi. The occurrence of *Undaria pinnatifida* (Phaeophyceae, Laminariales) on the south coast of England. *Botanica marina*. 1995. 38: 355–358. 15.

9. Floc'h, J.-Y., R. Pajot & I. Wallentinus (1991). The Japanese brown alga *Undaria pinnatifida* on the coast of France and its possible establishment in European waters. *J. Cons. int. Explor. Mer.* 47: 379–390.

10. Tifeng Shan, Shaojun Pang, Xuemei Wang, Jing Li, Li Su, Jessica Schiller, Dagmar Lackschewitz, Jason M. Hall-Spencer & Kai Bischof. Genetic analysis of a recently established *Undaria pinnatifida* (Laminariales: Alariaceae) population in the northern Wadden Sea reveals close proximity between drifting thalli and the attached population. *European Journal of Phycology* ISSN: 0967-0262 (Print) 1469–4433 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/tejp2>.

11. Крупнова Т.Н. Опыт выращивания бурой водоросли *COSTARIA COSTATA* (Costariaceae, Phaeophyceae) в Приморье // Растительные ресурсы. 2016. Т. 52, № 3. С. 361–375.

12. Крупнова Т.Н., Буслов А.В., Байталюк А.А., Понырско О.А. Способ форсированного получения рассады ламинарии (*Saccharina japonica*) в заводских условиях. Патент № 2021109025 от 04.01.2021. Режим доступа : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48142916>.

13. Крупнова Т.Н., Буслов А.В., Байталюк А.А. Способ промышленного получения рассады Ундарии (*Undaria pinnatifida*) в заводских условиях. Патент. Заявка № 2022112838 от 12.05.2022.

Наталья Алексеевна Кузнецова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro.ru

Марина Анатольевна Шебанова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: marina.shebanova@tinro.ru

**Питание тихоокеанских лососей в северо-западной части
Тихого океана в июне 2022 г.**

Аннотация. В СЗТО в раннелетний период 2022 г. в рационе лососей преобладал зоопланктон. Существенный долю в потреблении ресурсов имели лососи в 8 и 10 районах – 302–311 тыс. т, преобладали в рационе копеподы (122,5–209 тыс. т.), 10 районе – также сардина – 443,3 тыс. т. Значительный объем копепод и эвфаузиид (872,6 тыс. т и 130,2 тыс. т) сардина потребляла в тихоокеанском районе (13). Лососи в этом районе питались копеподами, амфиподами, эвфаузидами и птероподами (158,4 тыс. т). Различия в концентрации отдельных скоплений сардины, скумбрии и лососей приводят ослаблению влияния пищевой конкуренции.

Ключевые слова: горбуша, кета, нерка, японская скумбрия, сардина-иваси, биомасса, рацион, потребление, обеспеченность пищей

Natalya A. Kuznetsova

Pacific Branch FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro.ru

Marina A. Shebanova

Pacific Branch FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: marina.shebanova@tinro.ru

Pacific salmon feeding in the Pacific Northwest in June 2022

Abstract. In the northwestern part of the Pacific Ocean in the early summer of 2022, zooplankton dominated in the diet of salmon. Salmon had a significant share in resource consumption in regions 8 and 10 – 302–311 thousand tons, copepods predominated in the diet (122,5–209 thousand tons), in region 10 – also sardines – 443,3 thousand tons. The sardine was consumed significant proportion of copepods and euphausiids (872,6 thousand tons and 130,2 thousand tons) by in the Pacific region (13). Salmon in this area fed on copepods, amphipods, euphausiids and pteropods (158, 4 thousand tons). Differences in the concentration of individual aggregations of sardines and salmon in space lead to a weakening of the influence of food competition.

Keywords: pink salmon, Chum salmon, Sockeye salmon, Japanese mackerel, sardine, diet, biomass, consumption, food supply

Результаты многолетних исследований по питанию и пищевых отношений тихоокеанских лососей и их кормовой базы в период анадромных миграций изложены в большом количестве публикаций и ряде крупных обобщений [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. В экспедиции на НИС «ТИНРО» в раннелетний период 2022 г. при выполнении траловой съемки суммарная

биомасса тихоокеанских лососей во всех районах составила 650,5 тыс. т. Доминировала горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha*) – 75 % от суммарной биомассы тихоокеанских лососей (485,1 тыс. т), кета (*Oncorhynchus keta*) и нерка (*Oncorhynchus nerka*) – (135 и 23,0 тыс. т.). В южных и юго-восточных районах съемки были обнаружены особенно плотные скопления сардин-иваси. В сумме было учтено 15,1 млрд экз. (биомасса – 1,02 млн т) сардин-иваси (*Sardinops melanostictus*), японской скумбрии (*Scomber japonicus*) – 78,8 млн экз. и 29,3 тыс. т и сайры (*Cololabis saira*) [8].

Целью настоящей работы является мониторинг питания и пищевой обеспеченности лососей и других рыб в СЗТО в раннелетний период 2022 г.

В северо-западной части Тихого океана на НИС «ТИНРО» с 31 мая по 4 июля 2022 г. во время траловой съемки осуществлялся сбор проб по питанию рыб (рис. 1). Обработку проб выполняли в судовых лабораториях без предварительной фиксации в соответствии с методиками, принятыми в ТИНРО [9, 10]. Содержимое желудков рыб каждой размерной группы объединяли, определяли его состав, общий вес, вес отдельных компонентов, а также общий индекс наполнения желудка (ИНЖ, ‰). Рыбы длиной менее 50 см были отнесены к неполовозрелым, а крупные особи размером 50–60 см и более 60 см объединены в группу половозрелых – 50–70 см. Полученные данные осредняли по стандартным биостатистическим районам. Всего в 2022 г. было обработано горбуши – 821 желудков (119 проб), кеты – 649 (152), нерки 134 (44), сардины – 174 (21), скумбрии – 160 (23), сайры – 30 (15).

Величину суточных рационов (СПР, % от массы тела) рыб определяли по методу и Романовой Г.П. [11] в модификации Коган А.В. [12, 13]. Полученные данные осредняли по стандартным биостатистическим районам. При недостатке количества тралений в отдельных районах, а также отсутствии различий в характере питания рыб смежные районы объединялись. Пищевую обеспеченность лососей оценивали по соотношению «запас кормового зоопланктона» и «биомасса потребленных кормовых объектов лососями» [7].

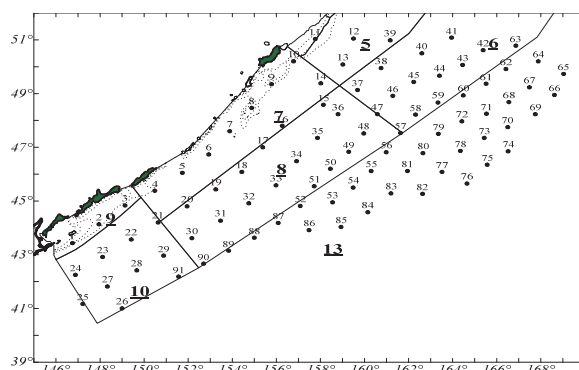


Рисунок 1 – Район работ и схема траловых станций в СЗТО в июне 2022 г.:

- 5 – Камчатская впадина, 6 – открытые океанские воды Камчатки и Командорских островов,
- 7 – приостровные океанские воды средних и северных Курильских островов, 8 – открытые океанские воды средних и северных Курильских островов, 9 – приостровные океанские воды южных Курильских островов, 10 – открытые океанские воды южных Курильских островов, 13 – океанические воды Тихого океана

В тихоокеанских прикурильских и сопредельных открытых водах Тихого океана в раннелетний период 2022 г. основу питания горбуши, кеты и нерки составлял зоопланктон, преобладали эвфаузииды, гиперииды, птероподы и копеподы (рис. 2, 3). У горбуши эти группы зоопланктона составляли 64–100 % массы пищи, рыбы и кальмары от 2 до 36 %, только в 7 прикурильском районе – 53 %. Среди гипериид доминировала *Themisto pacifica*, копепод – *Neocalanus cristatus*, эвфаузиид – *Euphausia pacifica*. В рационе неполовозрелой (30–50 см) и половозрелой кеты (50–70 см) доля копепод незначительна, преобладали птероподы. Птероподы были представлены *Limacina helicina* и *Clione limacina*. На долю зоопланктона приходилось от 70 до 90 % массы пищи, лишь в 5 районе (Камчатская впадина)

в пище доминировали рыбы (53 %), а южном 10 районе – кальмары и рыбы (31 и 14 %). Наиболее активно питалась кета в прикурильских районах приостровном и океанском (7–8) и южном океанском 10 районе. Нерка встречалась в северо-западной части района наблюдений и активно питалась на севере прикурильского 7 района и в океаническом 6 районе. В питании доминировали эвфаузииды, амфиподы, птероподы и в меньшей степени copepody. Доля рыб и кальмаров не превышала 3–10%. Максимальный ИНЖ, равный 103 ‰, был отмечен у крупной нерки в 7 районе.

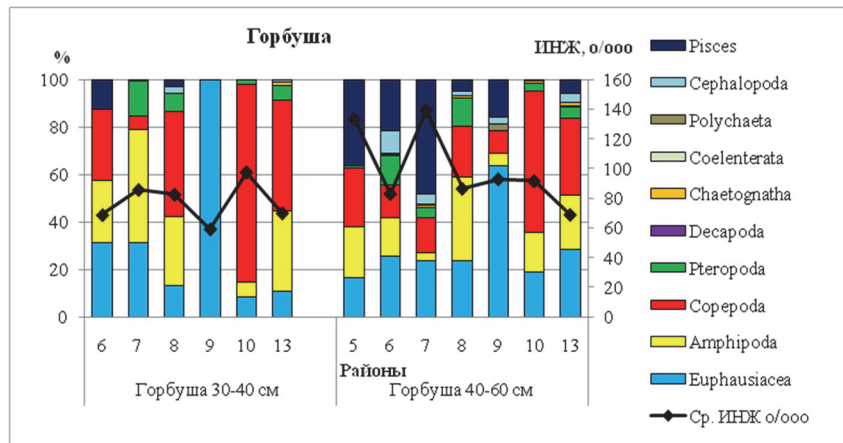


Рисунок 2 – Состав пищи горбуши в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

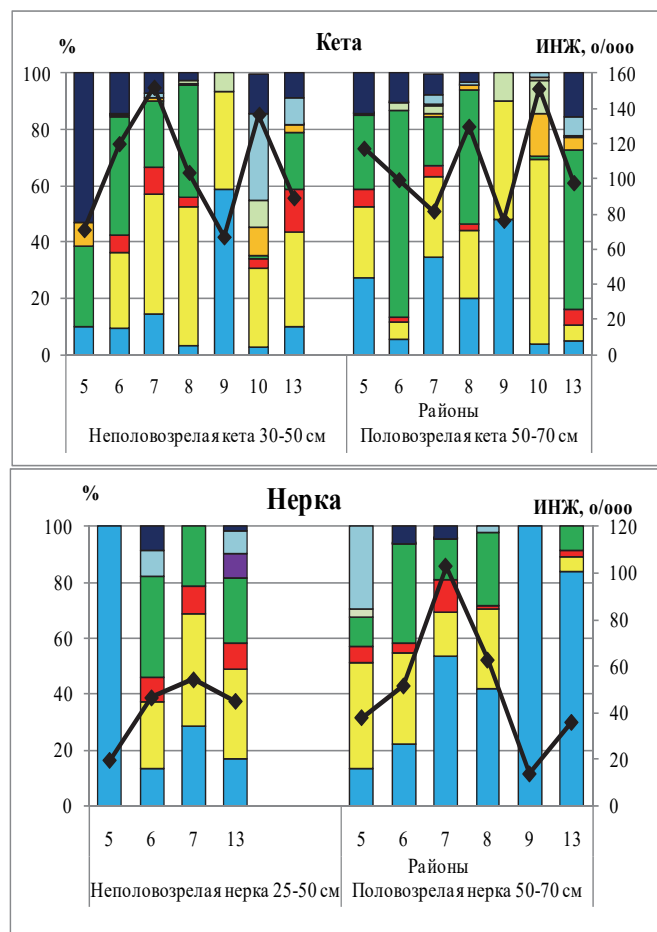


Рисунок 3 – Состав пищи кеты и нерки в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

Для определения суточных пищевых рационов (СПР) были построены гистограммы суточной ритмики питания для горбуши, кеты и нерки. Для лососей характерна следующая закономерность: основное потребление пищи происходит в светлое время суток. После 6–9 час утра рыбы начинали активно питаться. Днем с 9–12–15 и вечером (18–21 час) желудки имели максимальное наполнение (140 и 160 ‰), но к полуночи уменьшались до 40–60 ‰. К утру (6–8 час) достигали минимума. Суточный пищевой рацион (СПР, % от массы тела) составил у горбуши в 6 районе – 5,1 %, в 8 районе – 5,7 %, в 13 районе – 3,5 % и в районах 7,9,10 – 5,6 %. Значения СПР кеты длиной до 50 см составили от 4,4 до 6,3 %, крупной кеты 50–70 см – 4,3–5,3 %, нерки – 3,4–4,2 % от массы тела. В период анадромных миграций среднесуточные рационы в зависимости от района у горбуши изменялись от 1,3 до 8,8 %, у кеты – от 1,3 до 3,1 % от массы тела [1, 14].

На основе полученных трофологических характеристик были рассчитаны объемы суточного потребления кормовых организмов лососями в каждом районе. Горбуша суммарно потребляла 25,54 тыс. т, кета – 6,61 тыс. т, нерка – 0,834 тыс. т, на зоопланктон приходилось 94–81–94 % массы пищи, за счет эвфаузиид, гипериид и птеропод. Только у горбуши доминировали копеподы, почти 50 % от количества суточного потребления пищи, у кеты и нерки доля копепод не превышала 9–6 % (табл. 1, рис. 4).

Таблица 1 – Суточное потребление зоопланктона и нектона лососями (тыс. т) в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

| Районы | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 13 | Всего | % |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|--------|-------|
| Горбуша | | | | | | | | | |
| Зоопланктон, тыс. т | 0,08 | 0,86 | 0,27 | 9,47 | 0,6 | 10,28 | 2,53 | 24,1 | 94,3 |
| Нектон, тыс. т | 0,04 | 0,38 | 0,25 | 0,4 | 0,13 | | 0,24 | 1,45 | 5,7 |
| Выедание, всего: | 0,12 | 1,24 | 0,53 | 9,87 | 0,73 | 10,28 | 2,77 | 25,54 | 100 |
| Биомасса рыб, тыс. т | 2,35 | 24,29 | 9,43 | 173,18 | 13,1 | 183,57 | 79,18 | 485,1 | |
| СПР, % от массы тела | 5,1 | 5,1 | 5,6 | 5,7 | 5,6 | 5,6 | 3,5 | | |
| Кета | | | | | | | | | |
| Зоопланктон, тыс.т | 0,43 | 0,98 | 0,58 | 0,56 | 0,09 | 0,10 | 2,64 | 5,37 | 81,2 |
| Нектон, тыс.т | 0,38 | 0,15 | 0,06 | 0,02 | | 0,02 | 0,62 | 1,24 | 18,8 |
| Выедание, всего тыс. т | 0,80 | 1,13 | 0,64 | 0,58 | 0,09 | 0,11 | 3,26 | 6,61 | 100,0 |
| Биомасса рыб, тыс. т | 18,21 | 20,45 | 13,36 | 11,44 | 1,95 | 2,28 | 67,27 | 134,96 | |
| СПР, % от массы тела | 4,4 | 6,3-4,5 | 5,6-4,1 | 4,8-5,3 | 4,5-5,1 | 4,5-5,1 | 5-4,3 | | |
| Нерка | | | | | | | | | |
| Зоопланктон, тыс.т | 0,10 | 0,19 | 0,33 | 0,04 | 0,01 | | 0,11 | 0,78 | 94,0 |
| Нектон, тыс.т | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,001 | | | 0,01 | 0,05 | 6,0 |
| Выедание, всего тыс.т | 0,13 | 0,20 | 0,34 | 0,04 | 0,01 | | 0,12 | 0,83 | 100,0 |
| Биомасса рыб,тыс.т | 3,17 | 5,80 | 9,10 | 1,21 | 0,25 | | 3,45 | 22,98 | |
| СПР, % от массы тела | 3,4-4,2 | | | | | | | | |

Наибольший объем потребления пищи горбушей наблюдался в открытых водах средних и южных Курильских островов (районы 8 и 10), где отмечены ее плотные скопления. Кета концентрировалась в открытых водах Тихого океана (13 район), ее основной рацион составляли гиперииды и птероподы. Нерка встречалась в районе Камчатской впадины и в океанских водах Камчатки, Командорских и северных Курильских островов (районы 5, 6 и 7), питалась она эвфаузидами, гипериидами, и птероподами (рис. 4).

Так как съемка в 2022 г. продолжалась месяц, то данные по выеданию кормовых объектов рыбами были пересчитаны на их месячный рацион. Суммарно за месяц лососи потребляли в 8 и 10 районах 302–311 тыс. т кормовых организмов, преобладали в рационе копеподы (122,5–209 тыс. т), так как здесь по биомассе доминировала горбуша, 50 % рациона которой составляли копеподы. В 13 районе кета и горбуша потребляли 158,4 тыс. т кормовых организмов, почти в равной степени копепод (41,8 тыс. т), амфипод (48,8 тыс.т), эвфаузиид (31,5 тыс.т) и птеропод (30,9 тыс.т) (табл. 4).

Одним из подходов, позволяющим выявить обеспеченность nekтона пищей, является определение соотношения между «биомассами кормового макропланктона и рационом рыб» [7] (табл. 2, 3).

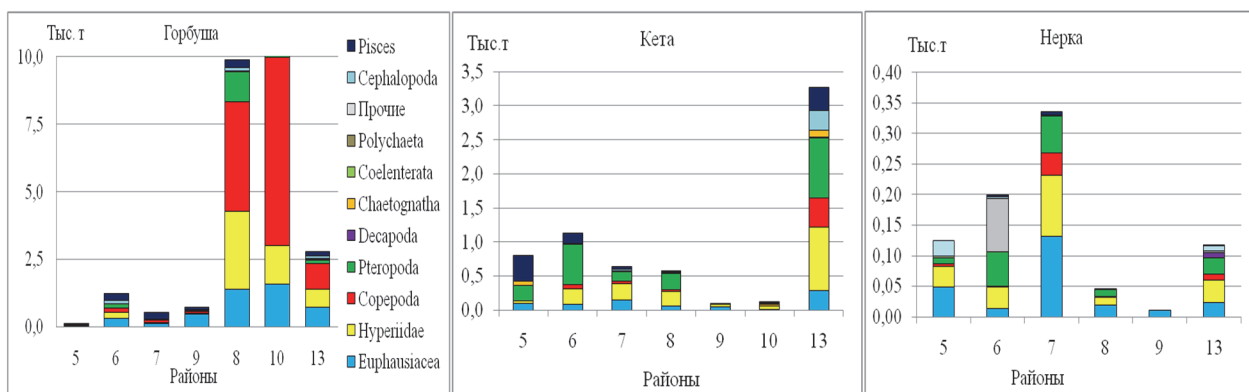


Рисунок 4 – Объем потребления групп зоопланктона и nekтона (тыс. т) горбушей, кетой и неркой за сутки в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

Таблица 2 – Месячное потребление зоопланктона лососями и запас зоопланктона в слое 50–0 м (тыс. т) в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

| Компонент/ район | Запас зоопланктона в слое 50-0 м | | | | | | | Потребление зоопланктона лососями | | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-----------------------------------|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 10 | 13 | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 10 | 13 |
| Euphausiacea | 242 | 1353 | 0 | 0,2 | 526 | 789 | 1128 | 5,05 | 12,5 | 12,4 | 16,2 | 44,1 | 47 | 31,5 |
| Amphipoda | 91 | 39,9 | 0 | 0 | 180 | 29 | 490 | 2,77 | 13,8 | 11,1 | 2 | 92,9 | 45 | 48,8 |
| Сорепода | 4864 | 3093 | 9811 | 1812 | 16386 | 7515 | 9446 | 1,27 | 6,8 | 4,7 | 2 | 122,5 | 209 | 41,8 |
| Pteropoda | 18 | 53,9 | 12,9 | 0,4 | 37 | 298 | 54 | 7,17 | 24,3 | 6,6 | | 41 | 8 | 30,9 |
| Decapoda | 2 | 0,4 | 3,5 | | 1 | | | | | 0,02 | | 0,02 | 0,1 | 1 |
| Chaetognatha | 835 | 603 | 2251 | 369 | 1776 | 2356 | 2121 | 1,66 | 0,2 | 0,3 | | 1,3 | 2 | 4,1 |
| Coelenterata | 48 | 59 | 690 | 198 | 545 | 264 | 188 | 0,09 | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | | 0,1 |
| Polychaeta | 7 | 3,7 | 18,8 | 0,8 | 7 | 22 | 0 | | | 0,1 | 0,6 | | | 0,1 |
| Прочие | 6,2 | 0,7 | 16,6 | 0 | 7 | 34 | 21 | | 2,8 | | 0,05 | 0,4 | | 0,1 |
| Зоопланктон, тыс.т | 6113 | 5207 | 12804 | 2380 | 19465 | 11307 | 13448 | 18,0 | 60,9 | 35,5 | 21,0 | 302,3 | 311,1 | 158,4 |

Таблица 3 – Соотношение запаса зоопланктона и его потребления лососями (тыс. т) в эпипелагиали различных районов СЗТО в июне 2022 г.

| Компонент/ район | Соотношение биомасса/рацион | | | | | | |
|------------------|-----------------------------|------|------|-----|------|------|------|
| | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 10 | 13 |
| Euphausiacea | 48 | 108 | 0 | 0 | 12 | 17 | 36 |
| Amphipoda | 33 | 3 | 0 | 0 | 2 | 1 | 10 |
| Сорепода | 3830 | 455 | 2087 | 906 | 134 | 36 | 226 |
| Pteropoda | 3 | 2 | 2 | | 1 | 37 | 2 |
| Decapoda | | | 175 | | 50 | | |
| Chaetognatha | 503 | 3015 | 7503 | | 1366 | 1178 | 517 |
| Coelenterata | 533 | 118 | 2300 | 990 | 5450 | | 1880 |
| Polychaeta | | | 188 | 1 | | | 0 |
| Прочие | | 0 | | 0 | 18 | | 210 |
| Зоопланктон | 339 | 86 | 361 | 113 | 64 | 36 | 85 |

Отмечена высокая степень потребления эвфаузиид, гипериид, птеропод в отдельных районах, зоопланктон используется полностью. В океанических районах СЗТО была отмечена высокая биомасса эвфаузиид, вероятно, связано с нерестовыми скоплениями эвфаузииды *E. pacifica* [15]. Молодь эвфаузиид (фурцилии) в дневное время держится в эпипелагиали. Поэтому эвфаузииды в качестве пищи были доступны и в светлое время суток. В зоопланктоне копеподы имели весьма значительную биомассу, и их запасы существенно превосходили их потребление [15]. Гиперииды и птероподы образуют узкие и плотные скопления по вертикали и могут быть доступны для потребления их лососями при низкой их биомассе [16, 17]. Но доля сагитт и кишечнополостных в рационе была весьма незначительной, несмотря на их высокие биомассы. Лососи имели возможность питаться предпочитаемой пищей – эвфаузидами, гипериидами, птероподами вследствие избирательности и доступности отдельных групп и видов планктона, что говорит о благоприятных кормовых условиях [5]. Кроме того, нужно учитывать и перенос планктона течениями [18].

В районе наблюдений на юге 10 района и на юго-востоке 13 района наряду с лососями были отмечены плотные скопления сардины-иваси (*Sardinops melanostichus*) и японской скумбрии (*Scomber japonicus*). Сайра встречалась единично на юге 13 района (рис. 5).

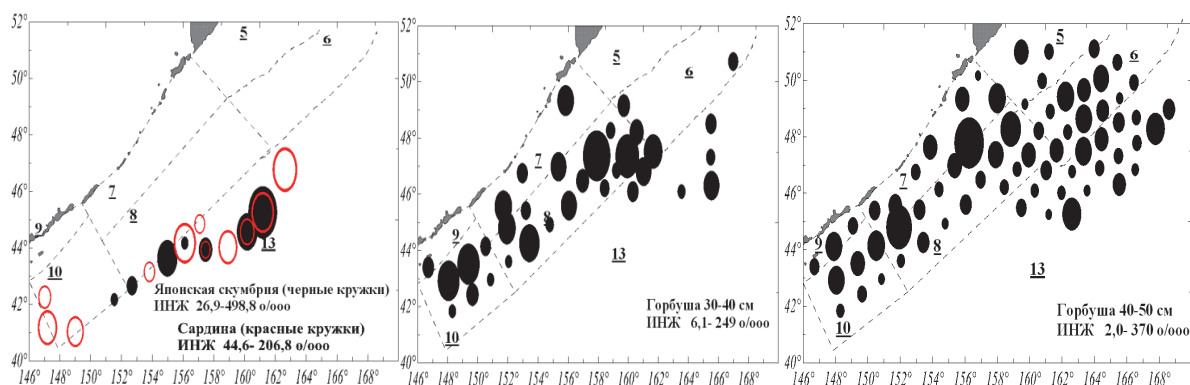


Рисунок 5 – Распределение дальневосточной сардины и японской скумбрии в верхней эпипелагиали СЗТО и наиболее массового вида лососей (горбуши) и интенсивность их питания в июне 2022 г.

Определив состав пищи японской скумбрии, сардин-иваси и сайры (*Cololabis saira*), их средние суточные рационы, получили объемы потребления кормовых организмов ими за сутки и за месяц (период наблюдений). В июне 2022 г. в 13 районе ввиду значительной биомассы (1507,8 тыс. т.) основным потребителем зоопланктона была сардина-иваси, рацион, которой был представлен копеподами и фитопланктоном, эвфаузидами. У японской скумбрии в пище преобладали эвфаузииды, и значительную часть рациона составляли рыбы. В 10 районе в пище сардин-иваси доминировала молодь эвфаузиид (фурцилии), у лососей – копеподы (табл. 4). В этом районе из лососей по биомассе преобладала горбуша (183,57 тыс. т), а как было отмечено выше, почти 50 % рациона горбуши приходилось на копепод (рис. 4). Наличие запаса зоопланктона в районах 13 и 10 в объеме 8–15 рационов рыб показывает, что в этот период дефицита кормового зоопланктона не было (табл. 5).

Однако превышение запаса наиболее предпочитаемых групп зоопланктона эвфаузиид и птеропод лишь в 1–2 раза может указывать на возможность напряженности в пищевых отношениях. Выедание пищи зависит в первую очередь от количества подходящих на нагул тропическо-субтропических рыб. К ослаблению влияния пищевой конкуренции приводят различия в распределении в пространстве отдельных скоплений скумбрии, сардин иваси и лососей (рис. 3).

Кроме того, если учитывать рационы других потребителей зоопланктона (мезопелагических рыб, кальмаров, планктонных хищников), то общее потребление зоопланктона будет выше, что может привести в отдельных районах к напряженности пищевых отноше-

ний. Но это не уменьшит кормовую базу лососей, так как у одних биомассы ниже по сравнению с лососями, у других невысокие СПР [19]. В целом такая ситуация в отношении эвфаузиид, гипериид и птеропод не критична в силу ее непродолжительности, вследствие миграционной активности и высокой пластичности питания лососей, которые легко восполняют дефицит предпочитаемой пищи другими видами планктона и мелким нектоном, а также переноса зоопланктона течениями [5, 6, 7].

Таблица 4 – Месячное потребление зоопланктона и нектона лососями и южными мигрантами в 13 и 10 районах в 2022 г. (тыс. т)

| Компонент | 13 район | | | | 10 район | |
|----------------------------|---------------|-------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| | Лососи | Скумбрия японская | Сардина-иваси | Сайра | Лососи | Сардина-иваси |
| Euphausiacea | 31,5 | 30,33 | 130,22 | 6,62 | 47 | 346,77 |
| Hyperiidae | 48,8 | 0,66 | 25,51 | 22,65 | 45 | 10,5 |
| Copepoda | 41,8 | 4,25 | 872,61 | 35 | 209 | 42,18 |
| Pteropoda | 30,9 | 0,62 | | | 8 | |
| Chaetognatha | 4,1 | 0,3 | 18,09 | | 2 | 0,91 |
| Coelenterata | 0,1 | 0,02 | | | 0 | |
| Фитопланктон | | | 461,06 | | | 42,98 |
| Прочие | 1,3 | | 0,28 | 17,5 | 0,1 | |
| Зоопланктон, тыс. т | 158,4 | 36,18 | 1507,78 | 81,78 | 311 | 443,34 |
| Cephalopoda | 12,07 | 0,04 | | | 0,29 | |
| Pisces | 14,14 | 22,7 | | | 0,13 | |
| Нектон, тыс. т | 26,21 | 22,74 | | | 0,42 | |
| Выедание, тыс. т | 184,58 | 58,91 | 1507,78 | 81,78 | 311,78 | 443,34 |
| Биомасса рыб, тыс. т | 149,9 | 29,31 | 785,16 | 60,58 | 185,85 | 230,91 |
| СПР, % от массы тела | | 6,7 | 6,4 | 4,5 | | 6,4 |

Таблица 5 – Соотношение запаса зоопланктона и количества потребления кормовых объектов лососями и южными мигрантами (тыс. т) в эпипелагиали 13 и 10 районов СЗТО

| Компонент | 13 район | | | 10 район | | |
|----------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------------|
| | Лососи + южные мигранты | Запас планктона | Соотношение запаса и потребления | Лососи + сардина-иваси | Запас планктона | Соотношение запаса и потребления |
| Euphausiacea | 198,67 | 1128 | 6 | 348,34 | 393,77 | 1 |
| Amphipoda | 97,62 | 490 | 5 | 11,99 | 55,5 | 5 |
| Copepoda | 953,66 | 9446 | 10 | 49,15 | 251,18 | 5 |
| Pteropoda | 31,52 | 54 | 2 | 0,27 | 8 | 30 |
| Chaetognatha | 22,49 | 2121 | 94 | 0,97 | 2,91 | 3 |
| Coelenterata | 0,12 | 188 | 1567 | 0,01 | 0 | 0 |
| Прочие | 19,08 | 21 | 1 | 0,1 | 34 | 340 |
| Зоопланктон, тыс. т | 1784,14 | 13450 | 8 | 754,34 | 11306 | 15 |
| Фитопланктон, тыс. т | 461,06 | 1411 | 3 | 42,98 | 5500 | 128 |
| Cephalopoda | 36,84 | | | 0,29 | | |
| Pisces | 48,95 | | | 0,13 | | |
| Биомасса рыб, тыс. т | 1024,95 | | | 416,76 | | |

Выражаем благодарность. Авторы глубоко признательны сотруднику БИФ ТИНРО Л.М. Гостренко, которая собирала и обрабатывала пробы по питанию рыб в море.

Библиографический список

1. Найденко С.В. Трофическая структура нектона эпипелагиали Южнокурильского района в летний период в первой половине 1990-х годов // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 130. 618–652.
2. Найденко С.В. Роль тихоокеанских лососей в трофической структуре верхней эпипелагиали южной части Охотского моря // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток : ТИНРО-Центр, 2009. С. 167–171.
3. Найденко С.В. Трофодинамика нектонных сообществ в верхней эпипелагиали северо-западной части Тихого океана и западной части Берингова моря : автореф. дис. д-ра биол. наук. Владивосток // Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения РАН. 2023. 47 с.
4. Найденко С.В., Кузнецова Н.А. Трофические связи тихоокеанских лососей в эпипелагиали южных курильских островов // Изв. ТИНРО. 2002. Т. 130. С. 570–594.
5. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : монография. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. Т. 1. 482 с.
6. Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : монография. Владивосток: ТИНРО-центр, 2011. Т. 2. 474 с.
7. Шунтов В.П. Биология дальневосточных морей России : монография. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2016. Т. 2. 604 с.
8. Старовойтов А.Н. Рейсовый отчет о научно-исследовательских работах в северо-западной части Тихого океана на НИС «ТИНРО» 27 мая – 10 июля 2022 г. нач. рейса / Архив ТИНРО, N 28872. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2022. 155 с.
9. Чучукало В.И., Волков А.Ф. Руководство по изучению питания рыб. Владивосток: ТИНРО, 1986. 32 с.
10. Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416.
11. Романова Г.П. Питание сеголетков судака в Рыбинском водохранилище // Тр. биол. станции «Борок». 1958. Вып. 3. С. 20–25.
12. Коган А.В. О суточном рационе и ритме питания чехони Цимлянского водохранилища // Зоол. журн. 1963. Т. 42. Вып. 4. С. 596–601.
13. Чучукало В.И. К методике расчётов суточных пищевых рационов рыб // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 289–305.
14. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения нектона и нектобентоса в дальневосточных морях : монография. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 484 с.
15. Шебанова М.А. Годовой отчет «Состояние планктонных сообществ в северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.». Владивосток: ФГБНУ ВНИРО (ТИНРО). Архив ТИНРО. № 28902. 2022. 24 с.
16. Волков А.Ф. Зоопланктон эпипелагиали дальневосточных морей: состав сообществ, межгодовая динамика, значение в питании нектона : автореф. дис. докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО, 1996. 70 с.
17. Чучукало В.И., Напазаков В.В. Распределение и некоторые черты биологии крылоногих моллюсков в Охотском и Беринговом морях и Сопредельных водах Тихого океана // Изв. ТИНРО. 1998. Т. 124. С. 584–601.
18. Шунтов В.П., Дулепова Е.П., Горбатенко К.М. и др. Питание минтая в Анадырско-Наваринском районе Берингова моря // Вопр. ихтиол. 2000. Т. 40, № 3. С. 362–369.
19. Дулепова Е.П. Сеголетки горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* в трофической структуре эпипелагиали южной части Охотского моря // Вопр. ихтиол. 1998. Т. 38, № 5. С. 633–640.

УДК 628.394.6:57/.59 (268.45)

Анна Михайловна Лаптева

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), главный специалист, Россия, Мурманск, e-mail: lapteva@pinro.ru, ORCID: 0000-0002-0482-6577

Елена Анатольевна Горбачева

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии («ПИНРО» им. Н.М. Книповича), научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Мурманск, e-mail: gorbach@pinro.ru, ORCID: 0000-0001-6926-3587

**Загрязнение металлами и потенциальная токсичность донных отложений
прибрежных районов Баренцева моря**

Аннотация. Представлены данные по содержанию тяжелых металлов (Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Hg) и As в донных осадках прибрежных районов Баренцева моря. С помощью биотестов исследована токсичность водных вытяжек донных отложений. Накопление Cu, Zn, Ni, Cr, Cd и Hg в донных отложениях не превысило фоновых уровней для Западно-Арктического шельфа Евразии. Токсичные для личинок *A. salina* донные осадки зарегистрированы только у м. Канин Нос. Для водоросли *Ph. tricornutum* изученные донные отложения не токсичны.

Ключевые слова: загрязнение, тяжелые металлы, мышьяк, биотестирование, токсичность, Баренцево море, донные отложения

Anna M. Lapteva

Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich), Chief Specialist, Russia, Murmansk, e-mail: lapteva@pinro.ru, ORCID 0000-0002-0482-6577

Elena A. Gorbacheva

Polar Branch of «VNIRO» («PINRO» named after N.M. Knipovich), Researcher, PhD, Russia, Murmansk, e-mail: gorbach@pinro.ru, ORCID: 0000-0001-6926-3587

**Metal contamination and potential toxicity of bottom sediments
in the Barents Sea coastal areas**

Abstract. The paper presents the study of heavy metals (Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Hg) and As content in bottom sediments of the Barents Sea coastal areas. The toxicity of sediment elutriates was studied using bioassay. The accumulation of Cu, Zn, Ni, Cr, Cd and Hg in bottom sediments did not exceed background levels for the Western Arctic shelf of Eurasia. Bottom sediments toxic to *A. salina* larvae were recorded only off the Cape Kanin. For algae *Ph. tricornutum*, the studied bottom sediments were not toxic.

Keywords: pollution, heavy metals, arsenic, bioassay, toxicity, Barents Sea, bottom sediments

Прибрежные морские районы по сравнению с другими участками морей и океанов зачастую подвергаются более высокому антропогенному воздействию. На морских побережьях располагаются населенные пункты, порты и промышленные предприятия. Техногенное воздействие приводит к загрязнению морских прибрежных экосистем широким спектром загрязнителей, среди которых присутствуют тяжелые металлы, хлорорганические соединения, нефтепродукты, фенолы, детергенты, биогенные элементы и др.

Мониторинг загрязнения донных осадков прибрежной зоны морей, как правило, предполагает определение содержания в них наиболее опасных для живых организмов поллютантов методами химического анализа. Вместе с тем измерений концентраций загрязняющих веществ недостаточно для оценки негативного воздействия донных отложений на гидробионты, так как невозможно идентифицировать и количественно определить все накопленные в среде потенциально токсичные химические элементы и соединения, учесть синергетические и антагонистические эффекты, а также биологическую доступность поллютантов [1]. Поэтому наряду с химико-аналитическим определением загрязняющих веществ желательно использовать биотесты, в которых изучается воздействие донных отложений или полученных из них водных вытяжек на тест-организмы, в качестве которых могут использоваться микроорганизмы, водоросли, ракообразные и т.д.

Цель работы – изучить содержание подвижных форм Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, Hg, As и оценить с помощью биотестов (культура одноклеточной водоросли *Phaeodactylum tricornerutum* Bohlin и личинки жаброногого рачка *Artemia salina* L.) токсичность донных осадков в прибрежной зоне Баренцева моря.

Материалом для исследований послужили донные отложения, отобранные в рейсах научно-исследовательского судна «Протей» № 24 и 25 в Варангер-фьорде (ст. 1 и 2), у о. Харлов (ст. 3) и п-ова Канин (ст. 4 и 5) в июле-августе 2020 г. (рис. 1). Донные осадки отбирали дночерпателем Ван – Вина.

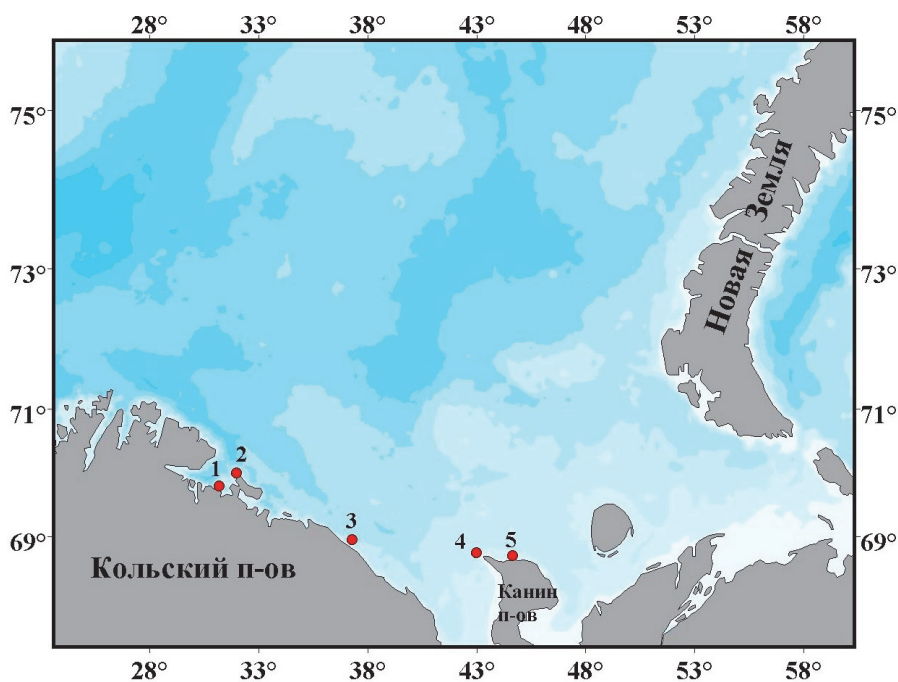


Рисунок 1– Расположение станций отбора проб донных отложений в Баренцевом море

Содержание подвижных форм Cu, Zn, Ni, Cr, Cd, As и Hg в донных отложениях Баренцева моря определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu» AA-6800 с ртутно-гидридной приставкой. При проведении анализа руководствовались методическими указаниями [2].

Биотестовые исследования водных вытяжек из донных осадков проводили в соответствии с нормативными документами [3, 4].

Гранулометрический состав донных осадков определяли водно-ситовым методом [5].

Согласно полученным данным, содержание в исследованных донных отложениях Cu варьировало в диапазоне от 3,8 до 16,4, Zn – от 15,7 до 35,4, Ni – от 2,3 до 15,2, Cr – от 21,3 до 42,8, Cd – от 0,12 до 0,24, As – от 3,6 до 20,9, Hg – от 0,01 до 0,05 мкг/г сухой массы (рис. 2). Максимальную аккумуляцию Cu, Zn, Ni, Cr, Cd и As наблюдали в донных осадках

юго-восточной части Варангер-фьорда (ст. 1), характеризующихся наиболее высоким содержанием мелкодисперсной фракции (<0,063 мм) – 11 %. В направлении с запада на восток содержание Cu, Zn, Cr в донных отложениях снижалось и у северной оконечности п-ова Канин (ст. 5) оказалось минимальным. Вместе с тем донные отложения в этом районе были наиболее загрязнены Hg. Содержание мелкодисперсной фракции в донных отложениях ст. 5 оказалось минимальным – 0,45 %. В целом содержание Cu, Zn, Ni, Cr, Cd и Hg в изученных донных осадках соответствовало фоновому [6].

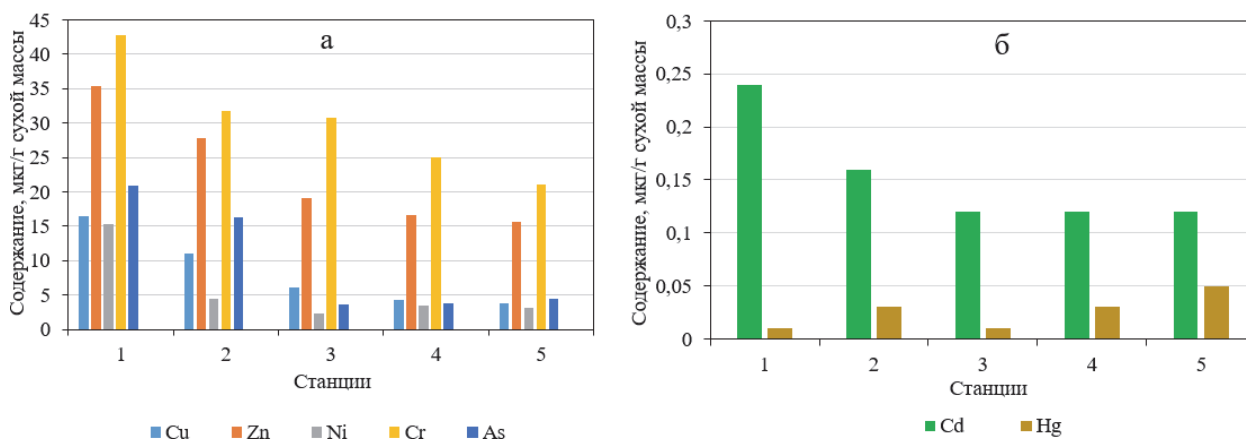


Рисунок 2 – Содержание металлов в донных отложениях прибрежных районов Баренцева моря:
а – Cu, Zn, Ni, Cr и As; б – Cd и Hg

При исследовании токсичности установлено, что воздействие водных вытяжек из донных осадков побережья Баренцева моря приводило к стимуляции размножения клеток водоросли *Ph. tricornutum* (рис. 3). Численность клеток водоросли в водных вытяжках в конце эксперимента увеличивалась до 160–205 % по сравнению с контролем. Причем в большинстве вытяжек стимуляция роста водоросли прослеживалась в течение всей экспозиции. Изученные вытяжки не токсичны для *Ph. tricornutum*, так как подавление размножения клеток водоросли ни в одной из них не происходило [4].

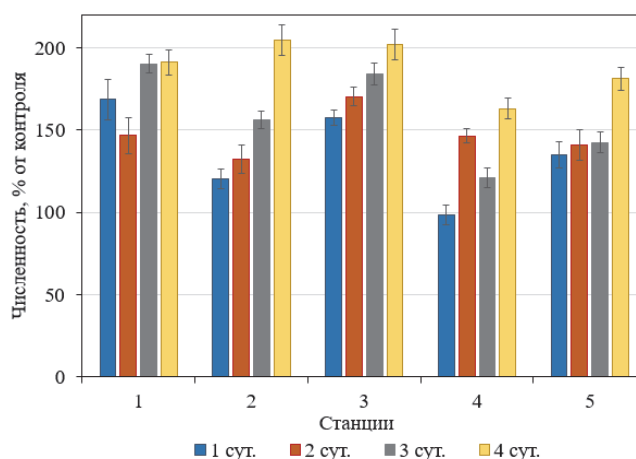


Рисунок 3 – Результаты тестирования водных вытяжек донных отложений на водоросли *Ph. tricornutum*

При тестировании на *A. salina* отмечено уменьшение выживаемости личинок до 70 % в водной вытяжке донных осадков ст. 4 (у м. Канин Нос), что указывает на ее токсичность. В вытяжках из донных отложений, отобранных в Варангер-фьорде (ст. 1 и 2), у о. Харлов (ст. 3) и у северной оконечности п-ова Канин (ст. 5), выживаемость рачков в конце экспозиции составляла 98–100 % (рис. 4), и они являются нетоксичными для личинок артемии.

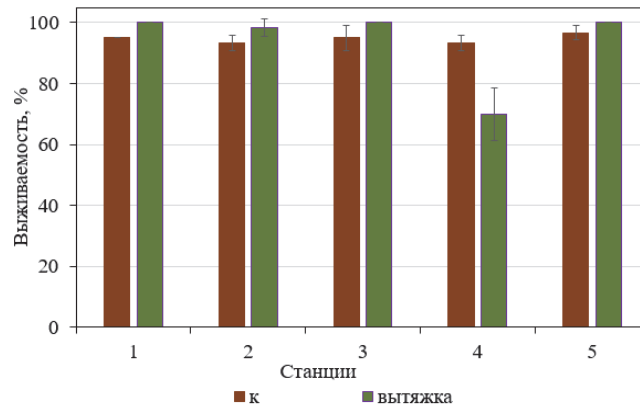


Рисунок 4 – Результаты тестирования водных вытяжек донных отложений на личинках *A. salina*

В прибрежную зону Баренцева моря тяжелые металлы и мышьяк могут поступать вместе с водами течений, атмосферными выпадениями, со стоком рек, паводковыми и сточными водами от объектов инфраструктуры, промышленных предприятий, портов. Кроме того, в районе исследований в пресноводном стоке повышен естественный фон концентраций Cu, Mn, Ni, Fe и Al [7, 8], что также может способствовать увеличению содержания этих металлов в воде и донных отложениях локальных участков побережья Баренцева моря.

Результаты проведенных исследований показали, что донные отложения в Варангер-фьорде (ст. 1 и 2) больше загрязнены Cu, Zn, Ni, Cr, Cd и As, чем донные отложения у п-ова Канин (ст. 4 и 5). В Варангер-фьорде на накопление в морской среде металлов могут оказывать влияние выбросы медно-никелевых комбинатов «Печенганикель» и «Североникель», расположенных на Кольском п-ове. Минимальное расстояние от побережья Варангер-фьорда до ближайшего из комбинатов («Печенганикель») не превышает 50 км. Донные отложения в Варангер-фьорде и у п-ова Канин наиболее значительно отличались по содержанию As. В Варангер-фьорде содержание As в донных отложениях было выше, чем у п-ова Канин, в 4 раза и более. Следует отметить, что мышьяк входит в состав некоторых минералов (кобальтин (CoNi)AsS, никелин NiAs и др.), перерабатываемых на медно-никелевых комбинатах Кольского п-ова, и он присутствует в выбросах этих предприятий [9]. В юго-восточной части Варангер-фьорда (ст. 1) локальное воздействие на экологическую ситуацию оказывает сток р. Печенга, загрязненный коммунальными и промышленными сточными водами. Наиболее высокое содержание в донных отложениях ст. 1 мелкодисперсной фракции, обладающей наиболее высокой сорбционной способностью, также можно рассматривать как одну из причин максимального накопления металлов в этом районе.

На загрязнение донных отложений в районе п-ова Канин (ст. 4 и 5) оказывают влияние Беломорское стоковое и Канинская ветвь Мурманского течений. На побережье п-ова Канин промышленные объекты отсутствуют. Здесь расположено лишь несколько небольших поселков, и их вклад в антропогенное загрязнение, вероятно, носит локальный характер. Достаточно активный гидродинамический режим (придонные течения, сильные приливно-отливные явления и ветровые волнения) препятствовал отложению в этом районе мелкодисперсных донных осадков [10]. В грубозернистых осадках, отобранных у п-ова Канин, содержание всех изученных металлов, за исключением Hg, оказалось заметно ниже, чем в Варангер-фьорде. Ртуть может поступать в район п-ова Канин вместе с Беломорским стоковым течением из Белого моря или переноситься Канинским течением из западных областей, подверженных более значительному антропогенному воздействию. Возможно, значительная часть Hg имеет антропогенное происхождение.

Сравнение данных химико-аналитических исследований и биотестирования не позволило связать отрицательное воздействие на выживаемость личинок *A. salina* водной вытяжки из донных осадков, отобранных у м. Канин Нос (ст. 4), с более высоким содержани-

ем какого-либо из изученных металлов. Известно, что токсическое воздействие металлов на гидробионты зависит от содержания в среде их биологически доступных форм, а не от общей концентрации [11]. На биологическую доступность металлов в донных отложениях влияют окислительно-восстановительные условия, размер частиц осадка, соленость, pH, содержание органического вещества [1]. Наиболее биологически доступными для гидробионтов являются, как правило, ионы и неорганические комплексы металлов [12]. Следует отметить, что негативное воздействие вытяжки донных осадков ст. 4 на личинок артемии может быть также следствием повышенного содержания в донных отложениях какого-либо из не изученных в этом исследовании токсиканта или синергетической комбинацией нескольких загрязняющих веществ.

Таким образом, содержание Cu, Zn, Ni, Cr, Cd и Hg в донных отложениях исследованных участков прибрежной зоны Баренцева моря (в Варангер-фьорде, у м. Харлов и п-ова Канин) не превышало фоновых уровней. Наиболее высокое накопление всех металлов, за исключением Hg, отмечали в Варангер-фьорде. Токсичные для личинок *A. salina* донные осадки зарегистрировали только у м. Канин Нос. Для водоросли *Ph. tricorutum* изученные донные отложения не токсичны.

Библиографический список

1. Barhoumi B., Elbarhoumi A., Clérandeau C. et al. Using an Integrated Approach to Assess the Sediment Quality of an Mediterranean Lagoon, the Bizerte Lagoon (Tunisia). *Ecotoxicology*. 2016. Vol. 25. P. 1082–1104.
2. М 02-902-125-2005. Методика количественного химического анализа. Определение As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, Zn (кислоторастворимые формы) в почвах и донных отложениях атомно-абсорбционным методом. СПб., 2015. 24 с.
3. ГОСТ 31959-2012. Вода. Методы определения токсичности по выживаемости морских ракообразных. М. : Стандартинформ, 2014. 32 с.
4. ГОСТ 31960-2012. Вода. Методы определения токсичности по замедлению роста морских одноклеточных водорослей *Phaeodactylum tricorutum* Bohlin и *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve. М. : Стандартинформ, 2014. 40 с.
5. ГОСТ Р ИСО 14688-2-2017. Геотехнические исследования и испытания. Идентификация и классификация грунтов. Ч. 2. Классификация. М. : Стандартинформ, 2017. 14 с.
6. Гуревич В.И. Современный седиментогенез и геоэкология Западно-Арктического шельфа Евразии. М. : Научный мир, 2002. 135 с.
7. Даувальтер В.А. Загрязнение донных отложений бассейна реки Пасвик тяжелыми металлами // *Геоэкология*. 1997. № 6. С. 43–53.
8. Даувальтер В.А. Тяжелые металлы в донных отложениях озерно-речной системы оз. Инари – р. Пасвик тяжелыми металлами // *Водные ресурсы*. 1998. Т. 25, № 6. С. 43–53.
9. Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Аккумуляция и миграция химических элементов в Арктических наземных и водных экосистемах в зоне влияния выбросов комбината «Печенганикель» // *Тр. Карельского научного центра РАН*. 2018. № 3. С. 31–42.
10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1: 1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-37, 38. м. Святой Нос, м. Канин Нос. Объяснительная записка. СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008. 25 с.
11. Моисенко Т.И. Биодоступность и экотоксичность металлов в водных экосистемах: критические уровни загрязнения. *Геохимия*. 2019. Т. 64, № 7. С. 675–688.
12. Grotti M., Soggia F., Lanni C., Magi E., Udisti R. Bioavailability of trace elements in surface sediments from Kongsfjorden, Svalbard // *Mar. Poll. Bull.* 2013. Vol. 77, Iss. 1–2. P. 367–374.

УДК 639.2.053.7(26)

Диана Сергеевна Лысак

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистрант кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Денис Владимирович Измятинский

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro.ru

Батиметрическое распределение малоротой камбалы *Glyptocephalus stelleri* в водах подзоны Приморье в 2019, 2022 гг.

Аннотация. Рассматриваются особенности сезонного распределения малоротой камбалы и даются оценки её биомассы по результатам комплексной донной траловой съёмки в различных районах Японского моря. Проанализированы скопления на различных глубинах. Показана динамика изменения биомассы. Сделаны выводы о состоянии запасов в подзоне Приморье в 2019 и 2022 гг.

Ключевые слова: малоротая камбала, Малорот Стеллера, подзона Приморье, Японское море, биомасса, батиметрическая съёмка

Diana S. Lysak

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's degree student of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: jasminka.antonencko@yandex.ru

Denis V. Izmyatinsky

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro.ru

Bathymetric distribution of smallmouth flounder *Glyptocephalus stelleri* in the waters of the Primorye subzone in 2019, 2022.

Abstract. The article deals with the features of seasonal distribution of smallmouth flounder and biomass evaluation based on the results of a comprehensive bottom trawl survey in various regions of Japan Sea. Aggregations of smallmouth flounder at different depths were analyzed. The dynamics of changes in biomass are shown. Conclusions have been drawn about the state of reserves for Primorye subzone in 2019 and 2022.

Keywords: Blackfin Flounder, *Glyptocephalus stelleri*, Primorye subzone, Japanese sea, biomass, Bathymetric survey

В российском рыболовстве акватория Японского моря, прилегающая к Приморскому и Хабаровскому краям, выделяется как подзона Приморье. Биологическое разнообразие и особенности расположения подзоны Приморье определили уникальные условия, в которых функционирует рыболовство [1]. Прежде всего это касается сырьевых ресурсов рыбной промышленности. При относительно небольшом общем объеме рекомендованных к изъятию ВБР в подзоне Приморье обитает самое большое число видов промысловых гидробионтов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне [2] (рис. 1).

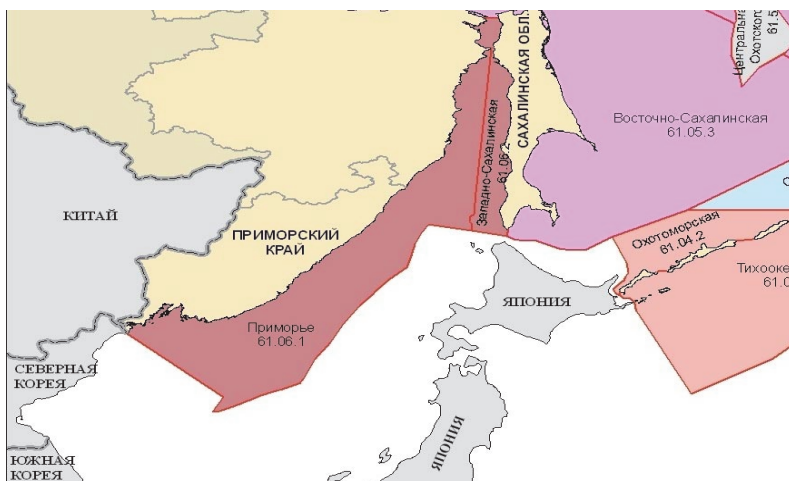


Рисунок 1 – карта подзоны Приморье [3]

Камбаловые (*Pleuronectidae*) Японского моря занимают важное место в промысловой ихтиофауне дальневосточных морей. На протяжении многих лет малоротая камбала является важным объектом промыслового рыболовства, так как наряду с желтоперой камбалой встречается в 50–60 % уловов промысловых судов [4, 5].

Однако камбалы не выдерживают интенсивного промысла, в результате чего наблюдаются большие изменения в структуре популяции. Так, во время нерегулируемого промысла (1930–1967 гг.) и в 90-е гг. популяция была представлена незрелыми особями, длина и масса которых достигала в среднем 29 см и 262 г. В качестве срочной меры был введен полный запрет на вылов камбал (1967–1974 гг.) для того, чтобы популяция смогла восстановиться. Запуск промысла и последующее квотирование (с 1975 г.) благоприятно сказалось на численности малоротой камбалы и её биологических показателях (в среднем 35,1 см и 288 г) [4, 6].

В российских водах камбала многочисленна в Японском море, на Камчатке и Курильских островах [7]. Обычно встречается на шельфе и континентальном склоне в районе северо-западной части Охотского моря, севера Приморского края и западного Сахалина, где обитает в большом количестве [8]. Она также широко распространена на восточном побережье Кореи, в юго-западной части Японского моря и в районе Тохоку у тихоокеанского побережья острова Хонсю, Япония [9].

Glyptocephalus stelleri распространен в широком диапазоне глубин от 14 м до максимальных глубин траления. Массовые уловы находятся, как правило, на глубинах от 30 до 60 метров. Самая высокая плотность малоротой камбалы обнаружена в зал. Петра Великого на глубинах от 35 до 120 метров [10].

Цель работы – проследить изменения батиметрического распределения малоротой камбалы в Японском море за 2019 и 2022 гг. Для этого нужно решить следующие задачи: определить диапазон глубин, проанализировать батиметрическое распределение и биомассу малоротой камбалы за 2 года.

Материалы и методы

В основу работы были положены материалы, полученные в ходе мониторинговых исследований в рамках тематического плана ФГБНУ «ВНИРО» на научных траловых рейсах, проведенных в 2019 г. (НИС «Владимир Сафонов») и в 2022 г. (НИС «Дмитрий Песков» и НИС «Владимир Сафонов») в бассейне Японского моря (рис. 2). Способ лова: донный трал с длиной верхней подборы 27,1 м и периметром сечения трала 24,4 м (ДТ 27,1/24,4).

Основной материал получен из тралений, улов из которых был собран сотрудниками Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» и предоставлен автору. Также автору были предоставлены данные по глубинам, биомассе (кг/км²), количеству тралений и координатам (таблица, рис. 3). Биомассу и численность рыб определяли площадным методом [11].

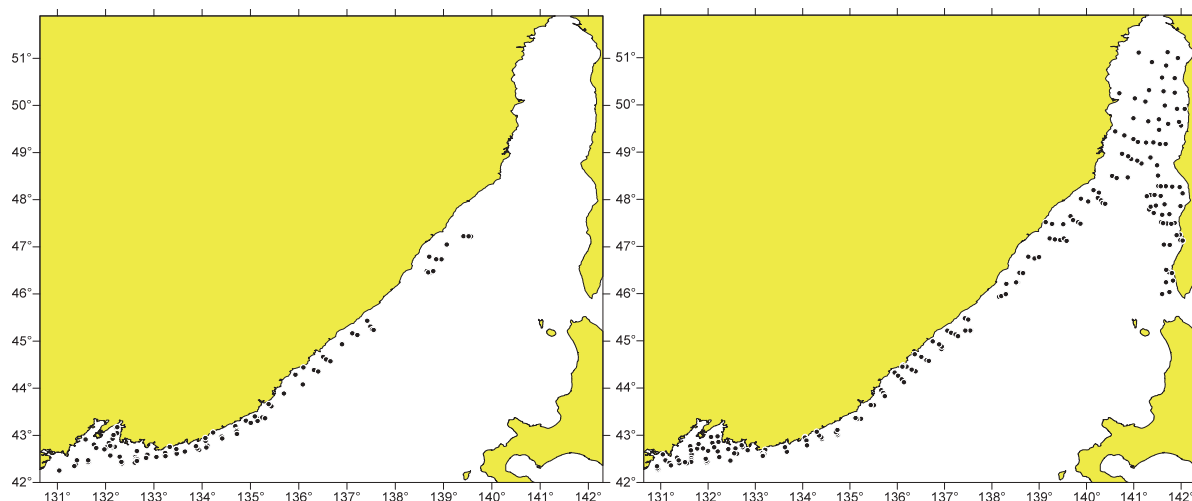


Рисунок 2 – Карта-схема траловых станций в Японском море в 2019 и 2022 гг.

Материал, положенный в основу работы

| Район работ | Дата | Диапазон глубин, м | Биомасса, тыс. т |
|------------------|-----------------------|--------------------|------------------|
| Подзона Приморье | Апрель – июнь 2019 г. | 0–700 | 7,1 |
| | Апрель – июнь 2022 г. | 20–600 | 17,3 |

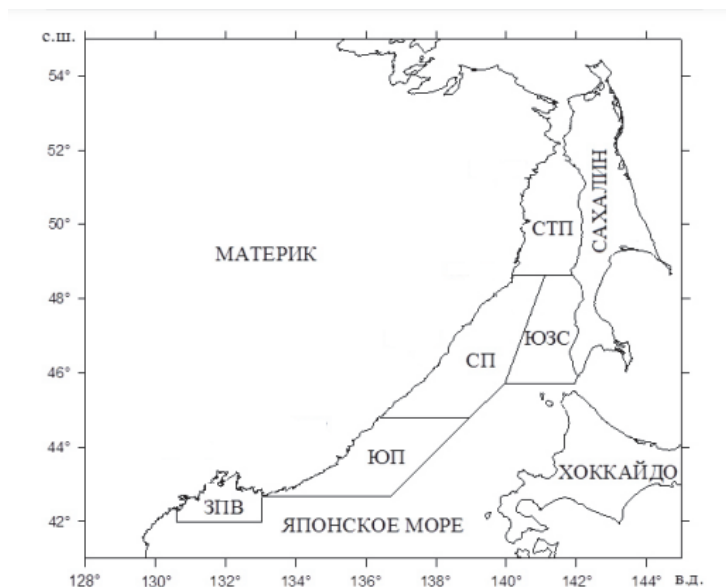


Рисунок 3 – Карта-схема исследуемых районов: ЗПВ – залив Петра Великого, ЮП – Южное Приморье, СП – Северное Приморье, ЮЗС – Юго-Западный Сахалин, СТП – северная часть Татарского пролива [12]

Результаты и обсуждение

В траловой съемке 2019 г. малоротая камбала отмечалась по всей акватории подзоны Приморья. Распределение было ограничено глубиной 20–700 м (рис. 4). Основные концентрации приурочены к глубинам 400–550 м в районе Северного Приморья (от 42'2 ° с.ш. 131'0 ° в.д. до 46'4 ° с.ш. 138'7 ° в.д.) и составила 52 % (рис. 3). В остальных районах (зона зал. Петра Великого и Южное Приморье) они встречались на шельфе (до 200 м) (от 42'4 ° с.ш. 131'4 ° в.д. до 44'2 ° с.ш. 134'4 ° в.д.) (рис. 2). Можно отметить, что распределение камбал в подзоне Приморье носило зимний характер, так как основная её часть концентрировалась на глубинах более 300 м.



Рисунок 4 – Батиметрическое распределение малоротой камбалы в 2019 г.

Распределение Малорота Стеллера в 2022 г. было ограничено глубиной 20–600 м (рис. 5). Исследуемый вид был распространен по всей акватории Японского моря от зал. Петра Великого до Юго-Западного Сахалина (рис. 3). Наиболее высокие концентрации отмечались в диапазоне 50–200 м (от 42'2 ° с.ш. 130'9° в.д. до 50'3 ° с.ш. 141'3 ° в.д), количество варьировало от 36 % до 40 %. В этом случае распределение носило летний характер, так как основные скопления были сосредоточены в зоне шельфа (до 200 м).

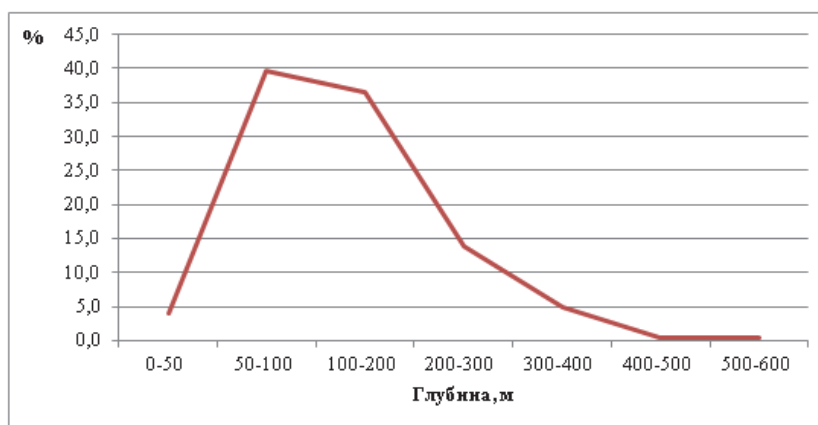


Рисунок 5 – Батиметрическое распределение малоротой камбалы в 2022 г.

Время съёмки совпало с периодом нереста малоротой камбалы. Глубина нереста малоротой камбалы в данном районе 20–74 м [13, 14]. Пик биомассы зафиксирован между 50–100 м. Хотя данный вид распределен в широком батиметрическом диапазоне, с повышением глубин частота его встречаемости в этом году падает.

Основные скопления малоротой камбалы в Японском море в 2019 г. находились в зал. Петра Великого, Южном и Северном Приморье (до 100 кг за час траления), что наблюдалось и в предыдущих траловых съёмках (в 1993 г. и 2017 гг.) [12, 15]. Лишь в зоне зал. Петра Великого биомасса достигала 550 кг/км², что проиллюстрировано на рис. 6 (Б).

Результаты, полученные в зал. Петра Великого, соответствуют ранее полученным данным траловых уловов в бассейне Японского моря за 1993 г., 2015 г., 2017 г. [12, 15, 160], так как наблюдались большие значения биомассы на глубинах 500–600 м, что составляло 40 % (рис. 4).

Так как траловая съёмка в 2022 г. велась на двух судах, то охват бассейна Японского моря был больше (рис. 7). Как и в 2019 г., часто наблюдались скопления до 100 кг/км², в зоне зал. Петра Великого, Южного Приморья и у Юго-Западного Сахалина концентрации были чуть выше, однако не достигали величины 2019 г. По-видимому, это обусловлено особенностями сезонного распределения. Больших значений биомасса достигала на глубине 50–100 м (39 %) (рис. 5).

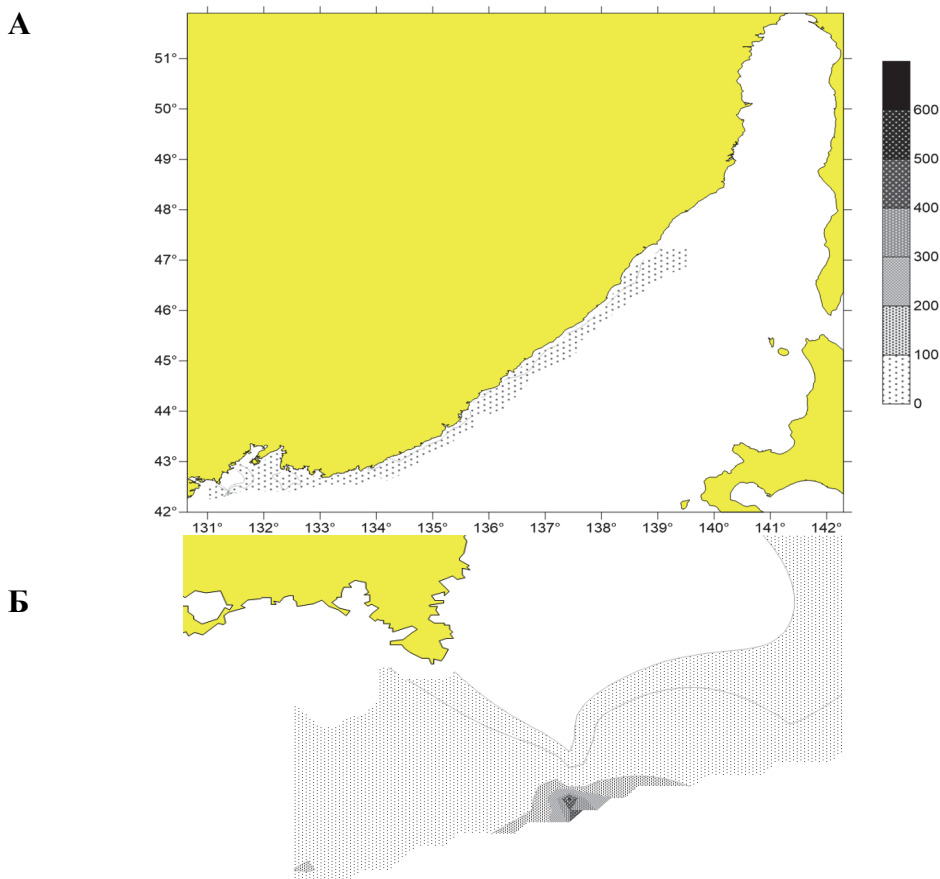


Рисунок 6 – А – Распределение малоротой камбалы (кг/км²) в бассейне Японского моря в 2019 г.; Б – скопление малоротой камбалы в зал. Петра Великого 42°3' с.ш., 131°5' в.д.

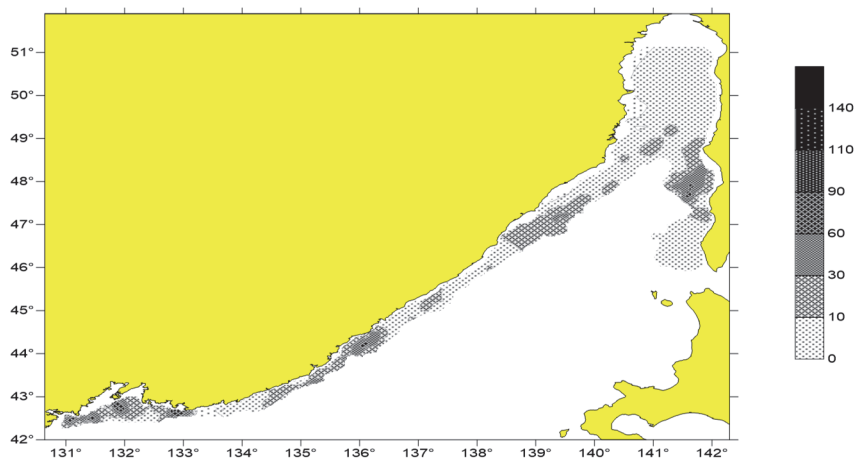


Рисунок 7 – Распределение малоротой камбалы (кг/км²) в бассейне Японского моря в 2022 г.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о том, что малоротая камбала является распространенным видом на большей территории подзоны Приморье. В летние месяцы камбала повсеместно встречается на шельфе в батиметрическом диапазоне глубин от 20 до 200 м.

Основные концентрации камбалы в 2019 г. находились на горизонте 400–500 м, в то время как в 2022 г. – 50–200 м, что связано со сроками нереста.

Биомасса в 2019 и 2022 гг. достигала больших показателей в зал. Петра Великого. В большинстве своем концентрации малоротой камбалы не превышали 100 кг/км².

В настоящее время запасы Малорота Стеллера находятся в стабильном состоянии. Рост численности камбал остановился предположительно в 2015–2018 гг., подчиняясь циклическим изменениям [17]. Таким образом, с помощью регулирования промысла камбал, например квотирования, составления ОДУ, стабилизируются запасы популяции, которые могут эксплуатироваться многие годы.

Библиографический список

1. Адрианов А.В. Биологическое разнообразие залива Петра Великого Японского моря // Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования : материалы междунар. науч.-практ. конф. Владивосток : Изд-во Дальневост. ун-та. 2009.

2. Бадаев О.З., Болдырев В.З., Калчугин П. В. Состояние водных биоресурсов и промысла в подзоне Приморье Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна // Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 56–63.

3. Нерестовый запрет в Приморском крае на 2023 год // fish-haus. URL : <https://fish-haus.ru/nerestovyy-zapret-v-primorskom-krae/> (дата обращения : 05.10.2023).

4. Иванкова З.Г., Ким Л.Н. Биология и состояние запасов камбал зал. Петра Великого. 2. Желтополосая камбала *Pleuronectes herzensteini* Jordan et Snyder // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 138. 2004. С. 191–204.

5. Фадеев Н.С. Промысловые рыбы северной части Тихого океана : монография. Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1984. 269 с.

6. Иванкова З.Г. Биология и состояние запасов камбал залива Петра Великого. 1. Желтоперая и малоротая камбалы // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 188–202.

7. Orlov, A.M., Tokranov, A.M.. Checklist of deep-sea fishes of the Russian northwestern Pacific Ocean found at depths below 1000 meters. Progress in Oceanography Т. 176: 2019. P. 131. P. 102–143.

8. Saveliev, P.A., Metelyov, E.A., Sergeev, A.S. and Danilov, V.S. 2019. Species composition and distribution of benthic fishes in the elittoral of the northwestern part of the Sea of Okhotsk in summer. Journal of Ichthyology 59(4): p. 479, P. 477–487.

9. Lee, C.I., Jung, H.K., Kwon, S.M., Han, M.H., Seol, K.S. and Park, J.M. 2018. Depth-dependent variability of fish fauna in the coastal waters off Hupo, East Sea. Korean Journal of Ichthyology 30(1). P. 38. P. 36–45.

10. Вдовин А.Н., Швыдкий Г.В. Распределение камбал в период гидрологического лета (июль – сентябрь) // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 123–136.

11. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях: моногр. М. : Пищ. пром-сть, 1968. 89 с.

12. Кравченко Д. Г., Пантюх З.М., Измятинский Д. В. Характеристика ихтиофауны элиторали российских вод Японского моря в теплое время года // Вопросы рыболовства. 2017. Т. 18, № 4. С. 475, 473–486.

13. Иванков В.Н., Иванкова З.Г., Волкова Т.Д. Типы икрометания и сроки нереста камбал залива Петра Великого // Учен. зап. ДВГУ. 1972. Т. 60. С. 49–61.

14. Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток : Дальрыбвтуз, 2002. 550 с.

15. Измятинский Д. В. Временная и пространственная изменчивость биомассы рыб в элиторали российской зоны Японского моря в тёплое время года // Вопросы ихтиологии. 2012. Т. 52, № 1. С. 39.

16. Швыдкий Г.В., Вдовин А.Н. Сезонное распределение малоротой камбалы (дальневосточной длинной) *Glyptocephalus stelleri* в северо-западной части Японского моря // Океанология, 2000. Т. 41, № 4. С. 565–569.

17. Alverson D.L., Carney M.I. A graphic review of the growth and decay of populations cohorts // J.Cons. Explor. mer. 1975. Vol. 36(2). P. 133–143.

Артур Айварович Майсс

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: mayss.aa@dgtru.ru

Владимир Александрович Голованец

ООО «Дальстар», кандидат технических наук, заместитель генерального директора, Россия, Владивосток

Методика оценки массы биологических отходов, образующихся в результате деятельности рыбоперерабатывающего цеха, расположенного на рыболовном судне, в условиях промысла минтая в Охотском море

Аннотация. В рамках нашего исследования мы поставили задачу оценить массу биологических отходов от переработки уловов, которые образуются во время промысла минтая в сезон А, ежегодно с января по начало апреля, и сбрасываются в северо-восточной части Охотского моря. В ходе исследования был проведен анализ технологической схемы, применяемой на большинстве рыбодобывающих судов, оснащенных рыбоперерабатывающими цехами, – участников минтаевой экспедиции, и применены нормы выхода продукции из минтая. В результате получена оценка массы биологических отходов, не пошедших на выпуск рыбопродукции и сброшенных в морскую среду.

Ключевые слова: промысел минтая, технологическая схема рыбоперерабатывающего судна, нормообразующие критерии выхода продукции, биологических отходов от переработки уловов минтая, управление отходами

Artur A. Maiss

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: mayss.aa@dgtru.ru

Vladimir A. Golovanets

Dalstar LLC, PhD, Deputy General Director, Russia, Vladivostok

Methodology for assessing the mass of biological waste generated as a result of the activities of a fish processing plant located on a fishing vessel during Pollock fishing in the Sea of Okhotsk

Abstract. As part of our study, we set the task of estimating the mass of biological waste from the processing of Pollock catches, which during fishing season A, annually from January to early April, is dumped in the northeastern part of the Sea of Okhotsk. A research methodology based on the analysis of the technological scheme of fishing vessels and the application of standard-setting criteria for the output of Pollock products. The results of the study yielded an estimate of the mass of waste that was not used for fish production.

Keywords: Pollock fishing, technological scheme of fishing vessels, standard-setting criteria, biological waste, waste management

Введение

Глобальные продовольственные системы, к которым относится рыболовство, характеризуются потерями до 30 % биомассы при производстве продукции, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду [1]. Потери и отходы определяются как потен-

циально полезная биомасса, включая прилов нецелевых и малоценных видов, не пошедшая на производство морепродуктов [2].

Так, потери от прилова могут достигать более 30 % от улова, например в морском рыболовстве США в 2002 г. в море было выброшено 1,06 млн т рыбы и 3,7 млн т рыбы – выброшено на берегу [3].

Потери при выполнении технологических операций для производства замороженной, копченой, сушеной, ферментированной, маринованной и другой морепродукции, таких как обезглавливание, снятие шкуры, потрошение, удаление плавников и чешуи, филетирование, промывка и другие, приводят к образованию значительного количества биологических отходов [4]. Например, при переработке омаров образуются отходы, на 50–70 % состоящие из голов, панцирей, печени и яиц [5]. Отходы от переработки морской рыбы составляют от 25 до 60 % сырья, а от переработки пресноводной рыбы – от 40 до 60%, в зависимости от вида, и состоят из голов, скелетов, кожи, чешуи и внутренностей [6].

Помимо твердых отходов в рыбной промышленности образуется большое количество технологических стоков, которые выбрасываются при мойке, охлаждении, бланшировании, разделке филе, варке, производстве сурими, мариновании и других технологических операциях. В зависимости от вида для переработки каждой тонны сырых морепродуктов требуется примерно от 10 до 40 куб м воды [7]. Сточные воды имеют высокое содержание твердых веществ, обозначаемых как «общее количество взвешенных твердых веществ» (TSS), которые состоят из миофибриллярных белков, коллагена, желатина, ферментов, пептидов и аминокислот, жиров, масел и жировых отложений, а также пигментов и минералов. Значения TSS и FOG (жиры, маслянистые массы и жиросжигатели) представляют биологическую потребность в кислороде (BOD) и химическую потребность в кислороде (COD) сточных вод, что указывает на их неблагоприятное влияние на кислородный баланс и, следовательно, на флору морских экосистем [8].

Кроме того, с точки зрения продовольственной безопасности рыбные отходы, включая прилов, представляют собой огромные потери белка, жира и минералов [9]. В США около 47 % запасов съедобных морепродуктов было недоступно потребителям в период с 2009 по 2013 годы, что также включало от 16 до 32 % вылова, выброшенного в качестве отходов. Эти потерянные морепродукты могли бы обеспечить общее годовое целевое количество белка для 10,1 млн мужчин или 12,4 млн женщин, в общей сложности ЭПК и ДГК для 20,1 млн взрослых и калорий для 1,5 млн взрослых [10].

Кроме этого биологические отходы выбрасываемые с рыболовных судов, привлекают морских птиц, которые при поиске пищи гибнут в результате контакта с орудием лова, в том числе на промысле минтая [11, 12].

Таким образом, проблема управления биологическими отходами является актуальной задачей для повышения рационального использования водных биологических ресурсов и снижения негативного воздействия на морские экосистемы.

Результаты и обсуждение

Переработка рыбы является важной потребностью крупных рыбодобывающих компаний, как для снижения затрат, связанных с транспортировкой несъедобных частей рыбы, так и для повышения стабильности и качества продукции за счет удаления таких частей, как внутренности, которые могут содержать бактерии и ферменты, представляющие риск для переработки и хранения рыбы [13]. В северо-восточной части Охотского моря на промысле минтая на судах, которые, являясь процессорами, одновременно добывают и перерабатывают рыбу, производится несколько видов рыбопродукции. Общая схема технологического процесса выпуска продукции из минтая представлена на рис. 1.

Для оценки массы отходов, образующихся в результате деятельности рыбоперерабатывающего цеха, предлагается применить прямой расчет на основе данных материально-сырьевого баланса, основанный на определении массы образующихся в технологическом процессе отходов [14] как разности между массами выловленного сырья и видом произведенной продукции. Алгоритм расчета массы отходов представлен на рис. 2.

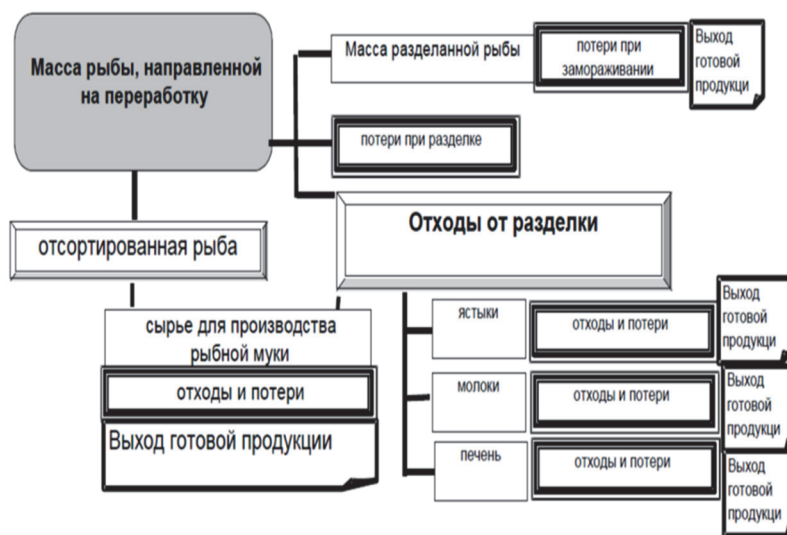


Рисунок 1 – Общая схема технологического процесса переработки минтая [14]



Рисунок 2 – Алгоритм расчета массы отходов [15]

Предложенный на рис. 2 алгоритм предлагает проводить оценку массы отходов методом продукции, согласно нормам, указанным в справочнике выхода продукции из минтая, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Бассейновые нормы выхода продукции (по основным видам разделки) из минтая (в процентах к массе промытой рыбы, поступившей на разделку), добытого в Охотском море [16]

| Вид разделки | В процентах к массе рыбы, поступившей на данную операцию | | В процентах к массе рыбы-сырца | | Коэффициент расхода рыбы-сырца на 1 единицу готовой продукции |
|---------------------------------|--|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|---|
| | отходы и потери при разделке-за-чистке мойке | потери при замораживании | всего отходов и потерь | выход готовой продукции | |
| Потрошенный обезглавленный (БГ) | 41,7 | 0,5 | 42 | 58 | 1,724 |
| Филе без кожи (Филе) | 71,3 | 0,5 | 71,4 | 28,6 | 3,497 |

Кроме бассейновых норм выход продукции регулируется Правилами рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна, где установлены нормы выхода икры-сырца минтая при всех видах производства рыбной и иной продукции в Западно-Камчатской, Камчатско-Курильской и Северо-Охотоморской подзонах: выход икры-сырца за полный календарный месяц не должен превышать: в ноябре – 1,0 %, в декабре – 2,0 %, в январе – 2,7 %, в феврале – 4,0 %, в марте – 5,0 %, в апреле – 7,0 % [17]. Для нашего исследования мы принимаем норму выхода икры от массы сырца в 4,5 % как среднеарифметическую.

Как видно из табл. 1, масса отходов и потерь от переработки уловов зависит от вида выпуска продукции. По нашим данным, ассортимент выхода продукция для каждого судна является коммерческой информацией, которая не размещается в открытых источниках. Однако, по данным отчета Ассоциации добытчиков минтая [18], можно определить процентное соотношение выхода продукции всеми судами за сезон А (рис. 3.).

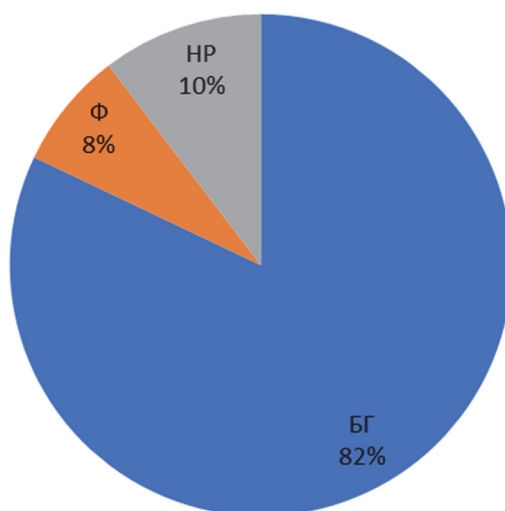


Рисунок 3 – Ассортимент продукции (без икры и муки), выпущенной из сырца минтая, добытого в Охотском море в сезон А, в период с 2015 по 2020 гг. [по 18]

Исходя из представленных на рис. 1 долей выпускаемой продукции для оценки массы отходов от деятельности рыбоперерабатывающего цеха, предлагается сначала рассчитать массу отходов, образующуюся от обработки конкретного вида продукции из ассортимента продукции, выпущенной из сырца минтая, добытого в Охотском море в сезон А, в период с 2015 по 2020 г. Пример расчета оценки массы отходов при вылове в сутки 100 тонн сырца минтая приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Выход продукции (т) и оценка массы отходов (т) при вылове 100 т сырца минтая без учета производства икры и муки

| Вид продукции | Доля в выпуске продукции | Норма выхода продукции | Масса отходов, т | Выход продукции, т |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------------|
| Потрошенная без головы (БГ) | 82 % | 42 % | 34,44 | 47,56 |
| Филе | 8 % | 71,40 % | 5,71 | 2,28 |
| Неразделанная тушка (HP) | 10 % | 1 | 0 | 10 |
| Итого | 100 % | | 40,15 | 59,85 |

Для оценки общей массы биологических отходов от переработки улова необходимо учесть массу выпуска субпродуктов икры и рыбкостной муки, которые производят из отходов, получившихся при выпуске обезглавленной и потрошенной тушки (БГ) и филе.

Например, при штатной РМУ на БМРТ типа Пулковский меридиан нормативная производительность рыбомучной установки была 30 т/сутки по сырью. Выход продукции при производстве рыбкостной муки по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну составляет 14,3 % от массы сырья. Пример расчета оценки массы отходов при вылове в сутки 100 т сырца минтая, пошедшей на производство икры и муки, приведен в табл. 3.

Таблица 3 – Оценка массы отходов (т) при вылове 100 т сырца минтая, пошедшей на производство икры и муки

| Вид продукции | Норма выхода | Предлагаемая формула | Масса использованных отходов |
|---------------|--------------|--|------------------------------|
| Икра | 4,5% | $G_{и/сут} = \frac{G_{у/сут}}{2} \times 0,045$ | 2,25 т |
| Мука | 14,3% | $G_{м/сут} = G_{А+И/сут} - N_{рму/сут}$ | 30 т |
| Итого | | | 32,25 т |

Вычитая из массы отходов, образовавшихся при производстве БГ, филе и НР (табл. 2), массу отходов, пошедших на производство икры и муки (табл. 3), получаем массу отходов, не пошедшую в обработку. Таким образом, в нашем примере при вылове 100 т сырца в сутки мы получаем 7,9 т отходов, которые сбрасываются за борт в окружающую среду.

Применив предлагаемую методику для вылова минтая в северной части Охотского моря в сезон А за период с 2011 по 2022 года, получаем массу отходов, ежегодно сбрасываемых в морскую среду, образовавшихся при обработке уловов и выпуске продукции указанного ассортимента, ежегодные выбросы отходов от переработки улова (рис. 4).

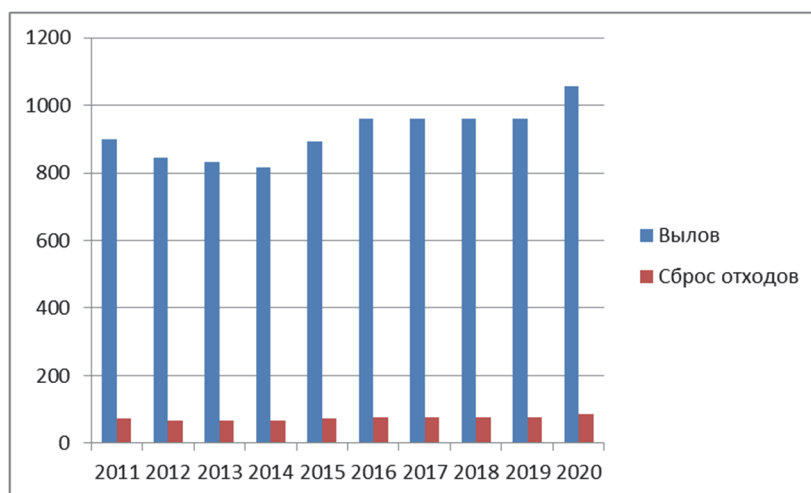


Рисунок 4 – Вылов минтая в Охотском море в сезон А, в период с 2011 по 2020 гг., и выбросы отходов от переработки улова, не пошедшие на выпуск продукции

Кроме указанных отходов обработки после сортировки улова в цеху образуются отходы в виде прилова мелкого и некондиционного минтая, а также от прилова других нецелевых объектов промысла. Достоверных данных о массе прилова нам найти не удалось, однако на одном из заседаний Дальневосточного научно-промыслового совета в декабре 2021 г. представителями ПУ ФСБ РФ по Восточному Арктическому району, которое осуществляет контроль за выловом биоресурсов в исключительной экономической зоне РФ, было сделано сообщение, что за период 2015–2020 гг. на иностранных судах, ведущих промысел минтая в водах РФ и на которых находятся инспектора ПУ ФСБ РФ, фиксируют

прилов молодежи в размере около 40 % от всего улова. Эта масса не учитывается в отчетных данных и не отражается в статистике, однако содержание этого сообщения подтверждается публикациями ряда экспертов [19, 20, 21]. Мы в своих расчетах принимаем за ориентир по массе прилова норму прилова молодежи минтая для Западно-Камчатской и Северо-Охотоморской подзон, указанную в Правилах рыболовства, равную 20 % [17].

Таким образом, расчет массы отходов, образующихся от прилова, производим, умножая массу вылова на 20 %, и прибавляем полученный результат к среднеарифметической массе биологических отходов, которые ежегодно образуются при обработке уловов.

Пересчет ежегодной массы биологических отходов с учетом обработки уловов при выпуске продукции и прилова мелкого и некондиционного минтая, а также от прилова нецелевых видов представлены на рис. 5.

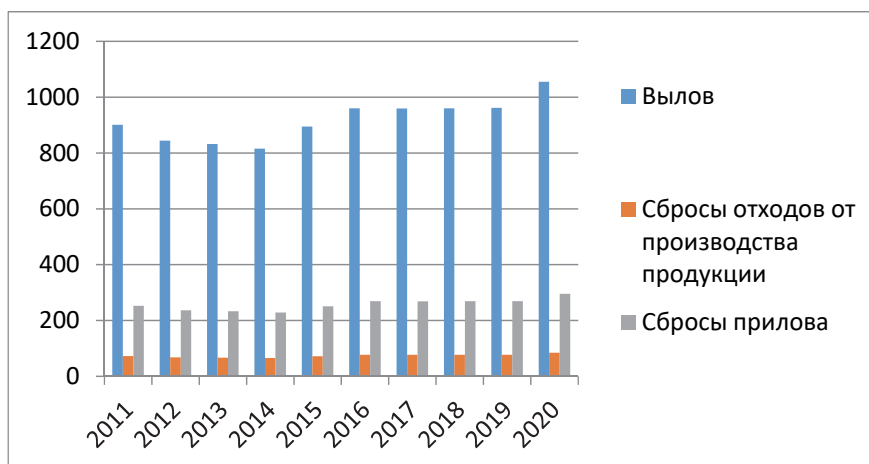


Рисунок 5 – Статистические данные массы вылова (тыс. т) минтая в сезон А в северной части Охотского моря в период с 2011 по 2022 гг. и расчетные данные массы биологических отходов от производства продукции (тыс. т) и прилова (тыс. т)

Таким образом, на промысле минтая в Охотском море за сезон А, по усреднённой оценке, около 200 тыс. т улова не идет в переработку и сбрасывается в морскую среду.

Заключение

Рыбные отходы становятся все более серьезной глобальной проблемой по причине экономических, социальных и экологических последствий. Большая часть этих отходов образуется в море, где рыба выбрасывается как прилов или как отходы, которые возникают при переработке и выпуске рыбопродукции. По этой причине необходимо улучшить управление рыбными отходами для снижения воздействия от рыболовства на морские экосистемы, а также повысить рациональность использования всей изымаемой биомассы в целях повышения продовольственной безопасности России.

Современным решением данной проблемы являются подходы в рамках экономики замкнутого цикла, которая позволяет производить из биологических отходов продукцию с высокой добавленной стоимостью для пищевой, косметической и фармацевтической промышленности. Для перехода на экономику замкнутого цикла в рыболовстве требуется оценка массы отходов, которая позволит планировать дальнейшие действия. Таким образом, предложенная методика может стать основой для перехода рыбной промышленности России на безотходное производство.

Библиографический список

1. Fish to 2030: Prospects for Fisheries and Aquaculture. Agriculture and environmental services discussion paper no. 3 World Bank, Washington, DC (2013).
2. Food Loss and Waste FLW in Fish Value Chains. Food and Agriculture Organization, Rome (2020)

3. Harrington J.M., Myers R.A., Rosenberg A.A. Wasted fishery resources: discarded by-catch in the USA. *Fish Fish.*, 6 (2005). P. 350–361.
4. Yan N., Chen X. Sustainability: don't waste seafood waste *Nature*, 524 (2015). P. 155–157.
5. Nguyen T.T., Barber A.R., Corbin K., Zhang W. Lobster processing by-products as valuable bioresource of marine functional ingredients, nutraceuticals, and pharmaceuticals *Bioresour. Bioprocess*, 4 (2017). P. 27–46.
6. V. Venugopal *Seafood Processing: Adding Value Through Quick Freezing, Retortable Packaging, And Cook-Chilling* CRC Press, Boca Raton, Florida, USA (2009).
7. Arvanitoyannis I.S., Kassaveti A. Fish industry waste: treatments, environmental impacts, current and potential uses *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43 (2008). P. 726–745.
8. Gonzalez J. *Wastewater Treatment in the Fishery Industry*, FAO Food Agric. Organ United Nations, Rome (1995).
9. A. Racioppo, B. Speranza, D. Campaniello, M. Sinigaglia, M.R. Corbo, A. Bevilacqua *Fish loss/waste and low-value fish challenges: state of art, advances, and perspectives* *Foods*, 10 (2021). P. 27–25.
10. D.C. Love, J.P. Fry, M.C. Milli, R.A. Neff *Wasted seafood in the United States. Quantifying loss from production to consumption and moving toward solution* *Global Env. Challenge*, 35 (2015). P. 115–124.
11. Abraham ER, Pierre JP, Middleton DAJ, Cleal J, Walker NA, Waugh SM *Effectiveness of fish waste management strategies in reducing seabird attendance at a trawl vessel* // *Fish Res.* 2009. Vol. 95. P. 210–219.
12. Melvin, E.F., Dietrich, K.S., Fitzgerald, S. et al. *Reducing seabird strikes with trawl cables in the pollock catcher-processor fleet in the eastern Bering Sea* // *Polar Biol.* 2011. Vol. 34. P. 215–226. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0873-1>.
13. Singh, A.; Benjakul, S. *Proteolysis and Its Control Using Protease Inhibitors in Fish and Fish Products: A Review.* *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2018, 17, 496–509.
14. Методические рекомендации по оценке объемов образования отходов производства и потребления. Государственное учреждение Научно-исследовательский центр по проблемам управления ресурсосбережением и отходами. М., 2003. 90 с.
15. Сопина А.В. Харенко Е.Н. Мониторинг показателей технологического нормирования для определения фактических уловов // *Материалы Международной научно-практической конференции, посв. 125-летию Баранова Ф.И. Калининград : Изд-во КГТУ, 2011. С. 143–147.*
16. Единые нормы отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов. Приложение N 1 Нормы отходов, потерь, выхода разделанной рыбы на все виды обработки (кроме консервов и пресервов).
17. Правила рыболовства для дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Приложение к приказу Минсельхоза России от 6 мая 2022 г. № 285 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна».
18. Краткие итоги промысла минтая в сезоне «А» 2021 года НКО «Ассоциация добытчиков минтая» 20.04.2021.
19. Астафьев, С.Э. Влияние содержания икры на выбросы минтая в Охотском море / С.Э. Астафьев, В.М. Волотов, И.Г. Улейский // *Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы науч.-практ. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. 367 с.*
20. Бадаев, О.З. Нерациональное использование водных биологических ресурсов на примере некоторых видов промыслов // *Вопросы рыболовства.* 2011. Т. 12, N 1(45). С. 162–174.
21. Бадаев, О.З. Резервы сырьевой базы для тралово-снюрреводных промыслов в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / О.З. Бадаев // *Сб. мат. втор. Всерос. конф. с межд. участ., приуроч. к году экол. в России «Дальневосточные моря и их бассейны: био-разнообразие, ресурсы, экологические проблемы».* Владивосток : Дальневост. федерал. ун-т, 2017. С. 28–29.

Артур Айварович Майсс

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: mayss.aa@dgtru.ru

Методика оценки массы синтетических отходов, образующихся при эксплуатации разноглубинных тралов, применяемых на промысле минтая в Охотском море

Аннотация. В исследовании рассматривается проблема негативного влияния изношенных орудий лова, которые при ненадлежащем контроле становятся брошенными орудиями лова и загрязняют Мировой океан. С целью снижения синтетических отходов проанализированы известные подходы к нормированию износа с момента начала его эксплуатации до потери своих потребительских свойств. На примере разноглубинных тралов, применяемых на промысле минтая в Охотском море, доказана зависимость износа орудия лова как от количества промысловых циклов, так и от массы вылова. Применение данной методики позволяет прогнозировать количество синтетических отходов, которые образуются на том или ином промысле, и тем самым планировать меры по их утилизации или переработки, а также вести учет и контролировать оборот орудий лова. Предлагаемый подход позволяет решить проблему загрязнения морских экосистем как ОУБОЛ, так и ИОЛ, как на российском, так и на международном уровнях.

Ключевые слова: оставленные, утерянные и брошенные орудия лова (ОУБОЛ), изношенные орудия лова (ИОЛ), нормирование износа орудий лова, загрязнение моря пластиком, управление отходами

Artur A. Maiss

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: mayss.aa@dgtru.ru

Methodology for estimating the mass of synthetic waste generated during the operation of mid-water trawls used in the pollock fishery in the Sea of Okhotsk

Abstract. This study highlights the problem of the lack of a unified approach to estimating the amount of pollution from ALDFG and EOL. In order to reduce synthetic waste from fishing gear, we analyzed known approaches to wear rates from the moment it begins operation until the loss of its consumer properties. Using the example of mid-depth trawls used in pollock fishing in the Sea of Okhotsk, the dependence of fishing gear wear on both the number of fishing cycles and the mass of the catch has been proven. The use of this methodology allows us to predict the amount of synthetic waste that is generated in a particular fishery, and thereby plan measures for its disposal or processing, as well as keep records and control the circulation of fishing gear. The proposed approach allows us to solve the problem of pollution of marine ecosystems, both ALDFG and EOL, both at the Russian and international levels.

Keywords: abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear (ALDFG), end of life fishing gear (EOL), regulation of wear and tear of fishing gear, marine plastic pollution, waste management

Интенсификация рыбного промысла обуславливает озабоченность мирового сообщества загрязнением Мирового океана [1]. Особенно остро в последние годы встает задача устранения неблагоприятных экологических и социально-экономических последствий для экосистемы Мирового океана от негативного влияния оставленных, утерянных и брошенных орудий лова (ОУБОЛ) [2]. Ранее мы рассмотрели проблему ОУБОЛ [3], где выявили от-

существование единого подхода к оценке объемов загрязнения и путей решения данной проблемы. В этом исследовании мы рассматриваем подходы к оценке жизненного цикла орудия лова с момента начала его эксплуатации до потери своих потребительских свойств на примере разноглубинных тралов, применяемых на промысле минтая в Охотском море. Целью исследования является оценка массы отходов и сроков их образования, которые возникают в конце жизненного цикла орудия лова. В некоторых научных статьях этот вид отходов обозначают термином «End of the life» [4,5], мы его обозначим как изношенные орудия лова (ИОЛ).

Эти два типа загрязнителя отличаются друг от друга только причиной попадания в морскую экосистему. Так, орудия лова становятся ОУБОЛ, как правило, в случае форс-мажора, тогда как ИОЛ целенаправленно выбрасывают за борт судна, чтобы избавиться от пришедшего в негодность орудия лова и превратившегося, по терминологии МАРПОЛ, в мусор [6].

Таким образом, ОУБОЛ и ИОЛ становятся глобальным антропогенным фактором в связи с общемировой тенденцией роста рыболовных усилий [7] и переходом от применения натуральных к синтетическим материалам для изготовления орудий лова. В связи с этим становится актуальной разработка и унификация нормирования жизненного цикла орудия рыболовства с целью предотвращения загрязнения морской среды от списанных орудий лова.

Материалы и методы

Материалами для исследований послужили данные о проектах орудий лова из справочника орудий рыболовства [8], международного классификатора орудий лова [9] и каталога тралов Fishing Service [10]. Данные справочника применяются для подачи судовой суточной отчетности (ССД) в отраслевую систему мониторинга (ОСМ) в соответствии с приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 26 декабря 2019 г. №721 «Об утверждении Порядка передачи данных в отраслевую систему мониторинга водных биологических ресурсов» [8] и последними методическими рекомендациями. Международный стандартный статистический классификатор рыболовных орудий [9] содержит широкую классификацию всех типов орудий и методов лова, позволяющих обеспечить совместимость и сопоставимость данных, собранных различными организациями, такими как члены ФАО и региональные рыбохозяйственные органы (РРХО) из разных стран мира.

Результаты и обсуждение

До середины XX века орудия лова изготавливались из природных материалов: лен, конопля, пенька, джут, сизаль, хлопок и других растений, относящихся к прядильным культурам. Изготовленные из натуральных волокон орудия лова, попавшие в достаточно агрессивную морскую среду, подвергались быстрому разложению, благодаря чему не накапливались, а значит, не оказывали долгосрочного негативного воздействия. Однако потребительские свойства такого оборудования были низкими, что приводило к быстрому износу [3].

Эпохальные изменения в области применения материалов начались после открытия в середине 50-х годов XX столетия и быстрого промышленного освоения катализаторов Циглера-Натта, что привело к появлению полимерных материалов на основе полиолефинов и прежде всего полипропилена и полиэтилена низкого давления. Это событие повлияло на всю рыболовную промышленность, так как после 1960 года в орудиях лова стали применять синтетические материалы с активным внедрением полимерных материалов.



Рисунок 1 – Развитие материалов, применяемых при строительстве рыболовных тралов [10]

Процессы, развивающиеся при эксплуатации орудий лова, изготовленных из полимерных материалов, являются многомасштабными, поэтому их исследование представляет значительную сложность с позиции как экспериментального изучения, так и всестороннего теоретического анализа с учетом вышеуказанного многообразия. По этой причине на сегодняшний день не существует теоретических, в частности – численных, методов, позволяющих в рамках единого связного рассмотрения учесть многоуровневый характер развивающихся процессов, приводящих к потере прочности и деформации полимеров [11]. Однако общепринято, что наиболее распространенными причинами потери заданных физических свойств полимеров являются абразивное, адгезионное и усталостное изнашивание [12, 13, 14]. Виды износа орудий лова представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Виды износа орудий лова [15]

| Механический | Химический | Биохимический |
|--|------------------------|---|
| Истирание о палубу судна | Инсоляция | Воздействие аэробных и анаэробных бактерий, грибков |
| Задевы о грунт | Температурные перепады | Соленость воды |
| Динамические нагрузки при буксировке и выборке орудия лова на палубу судна | Влага (гидрофобные) | Окисление на воздухе грязных орудий лова |

Исследования влияния химических и биохимических процессов на современные сетематериалы показали незначительное влияние на триботехнические свойства полимеров, причем растянутое во времени [16]. Поэтому в нашем исследовании мы принимаем, что основной причиной окончания жизненного цикла разноглубинного трала является механический вид износа.

Анализ подходов к оценке износа орудий лова, изготовленных из современных полимеров [11–25], позволил выделить два основных параметра, влияющих на прочность и деформативность полимеров в динамических условиях, таких как условия разноглубинного тралового промысла: 1 – это переменное механическое напряжение, возникающее при буксировке орудия лова в толще воды, изменяющееся во времени и по величине; 2 – внешнее трение, возникающее при каждой постановке и выборке орудия лова, когда происходит процесс движения элементов орудия лова относительно палубы рыбодобывающего судна.

Так как орудия лова относятся к ремонтируемым устройствам, которые работают до предельного состояния в циклическом или непрерывном режиме [15], необходимо определить нормы их эксплуатации для планирования и организации мероприятий по их утилизации после достижения предельного состояния. Нормирование предельного состояния орудий рыболовства или износа возможно произвести через определение ключевых параметров, таких как срок службы; остаточная прочность ключевых элементов конструкции; производительность рыболовной системы (вылов за период). Параметры нормирования представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры нормирования жизненного цикла орудия лова

| Параметры нормирования | Зависимость | Примечание |
|--------------------------------------|--|--|
| Норма на основе срока службы | $N_{и} = 100\% / T_{а} \quad (1)$ | Где: $T_{а}$ – срок полезного использования орудия лова, сут |
| Норма на основе остаточной прочности | $N_{р} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100 \quad (2)$ | Где: P_1 – разрывная нагрузка элемента орудия лова до эксплуатации, кгс; P_2 – разрывная нагрузка элемента орудия лова после периода эксплуатации, кгс |
| Норма на 100 т выловленной рыбы | $N_{и} = 100 / Q_{н} \quad (3)$ | Где $Q_{н}$ – нормируемый улов за срок службы орудия лова, т |

В СССР нормы износа орудий лова и промыслового снаряжения рассчитывались на 100 т выловленной рыбы по районам промысла. Данные нормы регулярно обновлялись на основе получаемых с промысла фактических данных об износе, которые анализировались и утверждались приказом МРХ СССР. Имеющаяся на Кафедре промышленного рыболовства последняя версия такого приказа вводит в действие нормы с 1 июля 1988 г на основании данных от 22 октября 1988 г. № 491 [25].

Анализ данного приказа показал, что в конце прошлого столетия применяли канаты и дели капроновые из полиамида. Современные материалы состоят из более прочных и износостойких полимеров: полиамидные «РА» (капрон, нейлон), полиэфирные «РЕТ» (полиэстер, лавсан, дакрон) и полипропиленовые «РР». Особенно – UHMWPE (сверхвысокомолекулярный полиэтилен) или НМРЕ (высокомодульный полиэтилен). Сравнительный анализ материалов по разрывной нагрузке представлен на рис. 2.

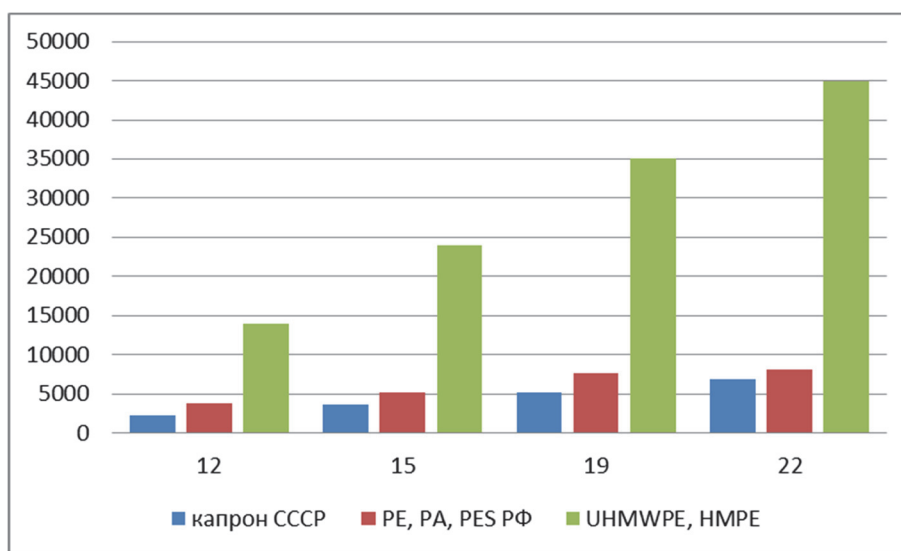


Рисунок 2 – Сравнительный анализ разрывной нагрузки (ось Y в кг) канатов, применяемых при изготовлении тралов разноглубинных, в зависимости от диаметра каната (ось X в мм) [10, 20]

Подводя итог анализу подходов к нормированию жизненного цикла орудия рыболовства, можно констатировать, что при достижении предельного состояния невозможность его дальнейшей эксплуатации происходит вследствие потери прочности из-за снижения разрывной нагрузки элементов орудия лова. Когда прочность элементов орудия лова окажется равной суммарному напряжению, произойдет разрушение орудия лова, что приведет к потере улова, потере промыслового времени, потере самого орудия лова. В случае разноглубинных тралов это происходит в результате роста усталости полимеров при циклических напряжениях во время буксировки орудия лова и в результате износа полимеров, из-за трения при выборке орудия лова из водной среды на палубу судна.

Так как не существует единого подхода к нормированию жизненного цикла орудия рыболовства, нам представляется целесообразным предложить характеризовать предельную прочность временем до разрушения через нормируемый износ орудия лова за сутки промысла. Тогда норма износа разноглубинного трала будет выглядеть следующим образом:

$$N_{и} = N_{и}/сут \times T_{л},$$

где – $N_{и}/сут$ нормируемый износ орудия лова за сутки промысла; $T_{л}$ – время на лову, сутки.

Нормирование износа необходимо исследовать на основе данных по фактическому износу орудий лова и промыслового снаряжения за прошедший год по районам промысла и

типам добывающих судов с указанием проектов орудий лова. При отсутствии таких данных предлагаем применять для расчета количества изношенных орудий лова норму износа 1988 г. для Охотского моря, увеличив её в 5 раз, за счет повышения триботехнических свойств современных полимеров на основании сравнительного анализа разрывной нагрузки (рис. 2).

Тогда для крупнотоннажных судов получаем $N_{и/сут} = 0,01$. Подставляем это значение в выражение (4) и получаем, что за 100 суток на лове при суточном вылове в 100 т изнашивается один разноглубинный трал. Эти данные подтверждаются расчетом через нормируемый улов [15] на 100 т вылова, исходя из принятой нормы $Q_n = 10\ 000$ т, также получаем износ одного трала.

Расчет количества и массы ИОЛ для охотоморской минтаевой экспедиции с применением нормирования износа через выражения (3) при $Q_n = 10\ 000$ т и (4) при $N_{и/сут} = 0,01$ представлен на рис. 3.

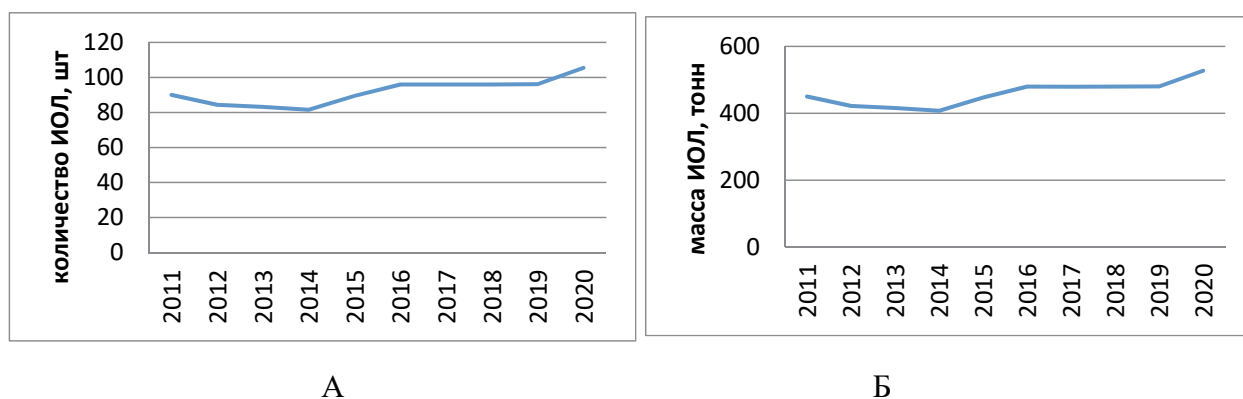


Рисунок 3 – Расчет количества (А) и массы (Б) ИОЛ для охотоморской минтаевой экспедиции за период с 2011 по 2020 гг. по данным [26]

Таким образом, предлагаемая методика дает понимание количества и массы ИОЛ и позволяет прогнозировать количество синтетических отходов, которые образуются на том или ином промысле, и тем самым планировать меры по их утилизации или переработки, а также вести учет и контролировать оборот орудий лова.

По результатам анализа подходов к нормированию жизненного цикла орудия рыболовства нам представляется необходимым сделать следующие выводы:

1. Развитие химической промышленности будет и дальше повышать физические характеристики полимерных материалов, которые, несомненно, будут применяться для создания современных орудий лова.

2. Применение полимерных материалов в рыболовстве требует разработки системы учета и контроля над использованными орудиями лова и их элементами, как по их количеству, так и по массе.

3. Одним из важнейших элементов такой системы должно стать нормирование износа орудий лова, которое можно осуществлять как через нормирование цикла промысловых операций, так и через нормирование срока эксплуатации, нормирование вылова.

4. Контроль за выполнением норм износа возможно проводить через проверку остаточных свойств основных элементов орудия лова с применением сертифицированного оборудования и расчетом циклов лова с указанием этих данных в паспорте орудия лова.

5. Для предотвращения загрязнения морской среды ОУБОЛ и ИОЛ предлагается создание единой системы прослеживания орудий лова, как по их количеству, так и по массе, от их производства до их утилизации. Ключевым элементом этой системы должен стать паспорт орудия лова, разработанный на основе действующего в СССР РД 15-149-91 «Эксплуатационные и ремонтные документы орудий рыболовства». Паспорт ОЛ должен стать живым документом, который отражал бы все изменения, происходящие с орудием лова во

время его жизненного цикла. Начиная с присвоения номера орудия лова, включая регистрацию изменений в результате ремонтных работ и ежегодных проверок технических характеристик, заканчивая местом и организацией принявших ОЛ на утилизацию или переработку.

6. Для контроля над оборотом орудий лова необходимо вести реестр паспортов ОЛ. При изготовлении нового орудия лова ему присваивается порядковый номер и прикладывается паспорт изделия, согласно утвержденной форме и содержанию.

7. Целью такого реестра должен стать контроль за количеством ОЛ и их массой для управления отходами от их эксплуатации.

Библиографический список

1. ЮНЕП (2021). «Проблема загрязнения и ее решение: Глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами» // Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, сводный доклад. Найроби. 43 р.

2. ФАО. 2020. Рекомендации по маркировке орудий лова. Рим. 33 р.

3. Майсс А.А., Майсс Н.А., Блиновская Я.Ю. Обзор подходов к управлению отходами промышленного рыболовства / Научно-практические вопросы регулирования рыболовства : материалы Национальной научно-технической конференции. Владивосток, 2023. С. 35–41.

4. Oihane C. Basurko, Gorka Markalain, Maria Mateo, Cristina Peña-Rodriguez, Nadia Moalla Gil. End-of-life fishing gear in Spain: Quantity and recyclability. *Environmental Pollution*. Volume 316, Part 2, 1 January 2023, Page 120545.

5. Paritosh C. Deshpande, Christofer Skaar, Helge Brattebø, Annik Magerholm Fet, Multi-criteria decision analysis (MCDA) method for assessing the sustainability of end-of-life alternatives for waste plastics: A case study of Norway, *Science of The Total Environment*, Volume 719, 2020. P. 137–353.

6. Правила предотвращения загрязнения мусором с судов. Приложение V (пересмотренное) к Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 года, измененной Протоколом 1978 года к ней (МАРПОЛ 73/78). Принято Резолюцией МЕРС.201(62) 15 июля 2011 года.

7. Bell, J.D.; Watson, R.A.; Ye, Y. Global fishing capacity and fishing effort from 1950 to 2012. *Fish Fish*. 2017, 18, p. 489–505.

8. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 26 декабря 2019 г. № 721 «Об утверждении Порядка передачи данных в отраслевую систему мониторинга водных биологических ресурсов».

9. Хе, П., Чопин, Ф., Сууронен, П., Ферро, Р.С.Т. и Лэнсли, Д. 2023. Иллюстрированный справочник: классификация и определения орудий лова. Технический документ ФАО по рыбному хозяйству и аквакультуре № 672. Rome, ФАО. <https://doi.org/10.4060/cb4966ru>.

10. Каталог тралов Fishing Service. 2022. 76 с.

11. Бочкарева С.А., Панин С.В., Люкшин Б.А. Моделирование фрикционного износа полимерных композиционных материалов с учетом температуры контакта // *Физическая мезомеханика*. 2019. 22(1). С. 54–68.

12. *Tribology of Polymeric Nanocomposites* / editors: K. Friedrich, A.K. Schlarb. Amsterdam: Elsevier, 2008. 551 p.

13. *Polymer Tribology* / editors: S.K. Sinha, B. J. Briscoe. London: ICP, 2009. 697 p.

14. Мышкин, Н. К. Трение и износ полимерных композитов / Н.К. Мышкин, С.С. Песецкий, А.Я. Григорьев // *Инженер-механик*. 2012. № 2. С. 24–31.

15. Мельников В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы М. : Агропромиздат, 1991. 384 с. : ил. (Учебники и учеб. пособия для студентов вузов) ISBN 5–10–001293–5.

16. Савченко А.Е., Мизюркин М.А., Шабельский Д.Л., Ваккер Н.Л., Волотов В.М. Динамика изменения линейных характеристик канатов в процессе хранения в различных условиях // *Рыбное хозяйство*. 2022. № 3. С. 90–96. DOI 10.37663/0131-6184-2022-3-90-96.

17. Сутягин В. М. Основные свойства полимеров : учебное пособие / В.М. Сутягин, О.С. Кукурина., В.Г. Бондалетов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 96 с.
18. ГОСТ 25552–82 Изделия крученые и плетеные. Методы испытания.
19. ГОСТ 27628–88 Изделия крученые и плетеные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.
20. ГОСТ 30055-93 Канаты из полимерных материалов и комбинированные. Технические условия.
21. ОСТ 6-06-С5-76. Нить капроновая для производства канатов.
22. ТУ 6-06-С22-89 Нить полиэфирная для технических изделий; ТУ 6-12-5763340-111-78.
23. ТУ 6-13-2-88. Нить полипропиленовая фибриллированная.
24. Нить полиамидная для рыбной промышленности.
25. Приказ МРХ СССР от 22 октября 1988 г. № 491.
26. Краткие итоги промысла минтая в сезоне «А» 2021 года НКО «Ассоциация добытчиков минтая» 20.04.2021.

УДК 582.276.

Жанна Васильевна Маркина

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: zhannav@mail.ru

Альбина Витальевна Подоба

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, ВБМ-212, Россия, Владивосток, e-mail: al.fox.ur@mail.ru

Татьяна Юрьевна Орлова

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, кандидат биологических наук, научный руководитель лаборатории морской микробиоты, Россия, Владивосток, e-mail: torlova06@mail.ru

Использование меди для усиления роста *Thalassiosira nordenskioldii* в накопительной культуре

Аннотация. Изучено влияние ионов меди (Cu^{2+}) на рост микроводоросли *Thalassiosira nordenskioldii*, выделенной в зал. Петра Великого. Выявлена стимуляция роста *T. nordenskioldii* при наличии некритического содержания ионов меди в среде. Показана металл-устойчивость данного вида микроорганизмов. Установлено, что концентрация меди 10 и 20 мкг/л увеличивает численность клеток в культуре микроводоросли *T. nordenskioldii*. При добавлении в культуру Cu^{2+} в концентрации 10 мкг/л интенсивность роста культуры микроводоросли увеличивается в 5,8 раз, при концентрации Cu^{2+} в культуре микроводоросли 20 мкг/л в л интенсивность роста культуры микроводоросли 5,4.

Ключевые слова: *Thalassiosira nordenskioldii*, медь, численность клеток, цепочкообразование, культура микроводорослей

Zhanna V. Markina

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: zhannav@mail.ru

Albina V. Podoba

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, VBM-212, Russia, Vladivostok, e-mail: al.fox.ur@mail.ru

Tatiana Yu. Orlova

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, FEB RAS, PhD, Scientific Director of the Marine Microbiota Laboratory, Russia, Vladivostok, e-mail: torlova06@mail.ru

The use of copper to enhance the growth of *Thalassiosira nordenskioldii* in accumulative culture

Abstract. The effect of copper ions (Cu^{2+}) on the growth of *Thalassiosira nordenskioldii* microalgae isolated in the hall was studied. Peter the Great. Stimulation of the growth of *T. nordenskioldii* in the presence of uncritical copper ion content in the medium was revealed. The metal-resistance of this type of microorganisms is shown. It was found that the copper

concentration of 10 and 20 micrograms/l increases the number of cells in the culture of the *T. nordenskiöldii* microalgae. When Cu^{2+} is added to the culture at a concentration of 10 micrograms / l, the growth rate of the microalgae culture increases by 5.8 times, at a concentration of Cu^{2+} in the microalgae culture of 20 micrograms / l per l, the growth rate of the microalgae culture is 5.4.

Keywords: *Thalassiosira nordenskiöldii*, copper, cell number, chain formation, microalgae culture

Введение

Род *Thalassiosira* является вторым по видовому разнообразию после рода *Chaetoceros*. В определенные сезоны эти водоросли занимают большую долю фитопланктона, формируют структуру сообщества и обуславливают продуктивность экосистем [1]. Представители рода *Thalassiosira* биотехнологически – перспективные модельные диатомовые водоросли, способные синтезировать и накапливать нутрицевтики, такие как фукоксантин, полиглюканы и липиды, включая Омега-3 жирные кислоты. Диатомовые водоросли рода *Thalassiosira* характеризуются высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (HUFAS), таких как эйкозапентаеновая кислота (EPA) и докозагексаеновая кислота (DHA). У организмов, живущих в морских водоемах, высоконенасыщенные жирные кислоты (HUFA) связаны с веществами, вырабатываемыми диатомовыми [2]. В мировой аквакультуре и марикультуре некоторые виды этих водорослей используются в качестве корма для личинок моллюсков и ракообразных [3]. *T. nordenskiöldii* – это широко распространенная одноклеточная микроводоросль, обитающая в морской среде многих регионов мира, является одним из доминирующих видов фитопланктона [4]. *T. nordenskiöldii* вызывает зимние и ранневесенние «цветения» воды в прибрежной зоне северо-западной части Японского моря подо льдом и в открытой части акватории, достигая численности свыше миллиона клеток на литр. С декабря по март доля вида может составлять 70–90 % от общей численности фитопланктона. В летний и осенний периоды виды рода *Thalassiosira* также отмечены в числе доминирующих среди микроводорослей [1]. Некоторые исследования, изучающие тяжелые металлы (ТМ) в морских водах, продемонстрировали, что добавки ТМ не только увеличивают рост фитопланктона и биомассу, но и скорость поглощения солей азотной кислоты фитопланктонным сообществом [5].

Изучение тонкого баланса между полезным и пагубным воздействием меди на микроводоросли имеет особую актуальность, поскольку этот металл широко присутствует в водной среде, подверженной промышленным сбросам. Этот металл часто вызывает нарушение функционирования хлоропластов, образование активных форм кислорода (АФК) и снижение скорости роста дозозависимым образом. Однако микроводоросли также содержат белки, которые повышают их устойчивость к поллютантам и защищают от токсического воздействия Cu^{2+} и в целом тяжелых металлов [6].

Цель работы – оценить влияние различных концентраций меди (Cu^{2+}) на рост микроводоросли *Thalassiosira nordenskiöldii*.

Материалы и методы исследования

Основой работы послужил материал, предоставленный центром коллективного пользования из ресурсной коллекции «Морской биобанк» в 2023 г. Объектами исследования служили культуры одноклеточных водорослей *T. nordenskiöldii* MBRU_Tnor22 [7]. Эксперименты проведены в трех повторностях.

Водоросли содержали при стандартных условиях, в которых культура наиболее быстро достигает максимальной численности клеток. Культуру микроводоросли выращивали на среде f/2[8], приготовленной на основе фильтрованной и стерилизованной морской воды соленостью 32 ‰ в 250 мл колбах Эрленмейера с объемом культуральной среды 200 мл, при температуре 16 °C [9].

Для эксперимента использовали Cu^{2+} в концентрациях 10 и 20 мкг/л, в 2 и 4 раза превышающих ПДК. Отбор контрольных проб (без добавления Cu^{2+}) производили на 0, 4, 7, 11, 14, 18, 21 сутки. Экспериментальные пробы (с добавлением Cu^{2+}) отбирали на 0, 4, 7, 11, 14 сутки, далее эксперимент был остановлен в связи с нецелесообразностью продолжения, так как в ряде исследований показано, что после 14 суток экспозиции в такой среде большая часть клеток гибнет [10]

Материалы, положенные в основу работы

| Даты | Объем колб, мл | Концентрация меди (Cu), мкг/л | Количество повторностей |
|-------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------------|
| 19.01.2023 – 09.02.2023 | 200 | 0 | 3 |
| 02.03.2023 – 16.03.2023 | 200 | 10 | 3 |
| 02.03.2023 – 16.03.2023 | 200 | 20 | 3 |

Для подсчета численности клеток в камере Седжвика-Рафтера использовали фиксированные пробы культуры микроводоросли. Фиксация проводилась с помощью раствора Утермеля. Автоматической пипеткой камеру заполняли 1 мл пробы [11]. После производился подсчет клеток, сцепленных в цепочки, на флуоресцентной системе визуализации Evos.

Статистическая обработка материала производилась с помощью программ Excel и Word.

Результаты исследования

Известно, что многие микроорганизмы проявляют резистентность к токсичным соединениям в водной среде. Активный рост микроводоросли в культуре с добавлением тяжелых металлов говорит об их устойчивости. Микроорганизмы приспособились к влиянию эссенциальных токсичных соединений [12].

В результате наших экспериментов обнаружено влияние меди на рост количества клеток *T. nordenskioldii*. Выявлено увеличение численности клеток и их способность цепочкообразования. В течение первых 4-х суток при концентрации меди 10 и 20 мкг/л количество клеток в опытных пробах практически не отличалось от контрольных, рост культур микроводоросли проходил равномерно.

На 7-е сутки количество клеток в экспериментальных пробах с содержанием меди 10 и 20 мкг/л составило 5140 и 5350 шт., что свидетельствует об увеличении интенсивности роста культуры микроводорослей по сравнению с контролем в 3,1 и 3,2 раза соответственно. На 14-е сутки количество клеток в культуре с добавлением 10 мкг/л меди составило 44280 шт., что в 5,8 раз больше контрольной пробы, а в культуре с концентрацией меди 20 мкг/л – 40740 шт., т.е. увеличилось в 5,4 раза по отношению к контролю (рис. 1).

В культуре *T. nordenskioldii* присутствовали одиночные клетки и цепочки из 2-х и более клеток. На протяжении всего опыта в культурах доминировали одноклеточные формы, вторую по величине группу составили цепочки из 2-х или 3-х клеток. Цепочки, образованные из 4–7-ми клеток, встречались редко или вовсе отсутствовали. На протяжении опыта доля клеток, собранных в цепочки, уменьшалась (рис. 2).

Благодаря проделанному нами исследованию установлено, что при добавлении в культуру микроводоросли *T. nordenskioldii* ионной меди в концентрациях 10 и 20 мкг/л происходит стимуляция роста микроводоросли. В то же время выявлено, что по сравнению с контрольной пробой в опытных образцах образование цепочек снижается, что, возможно, является следствием токсичного влияния меди.

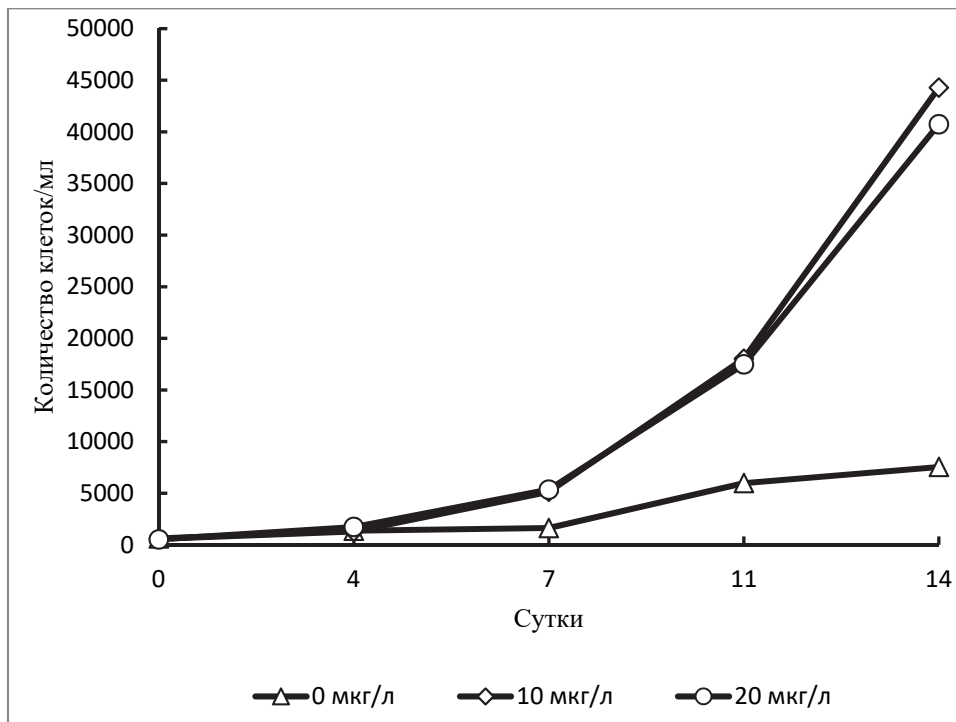


Рисунок 1 – Рост числа клеток при добавлении различных концентраций меди

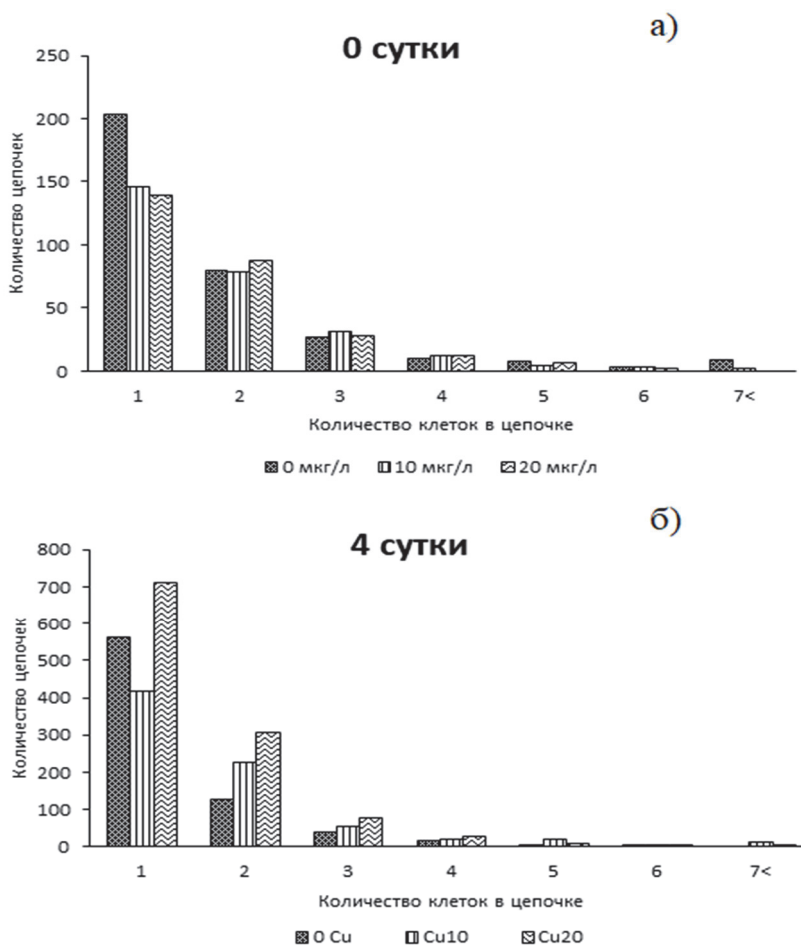
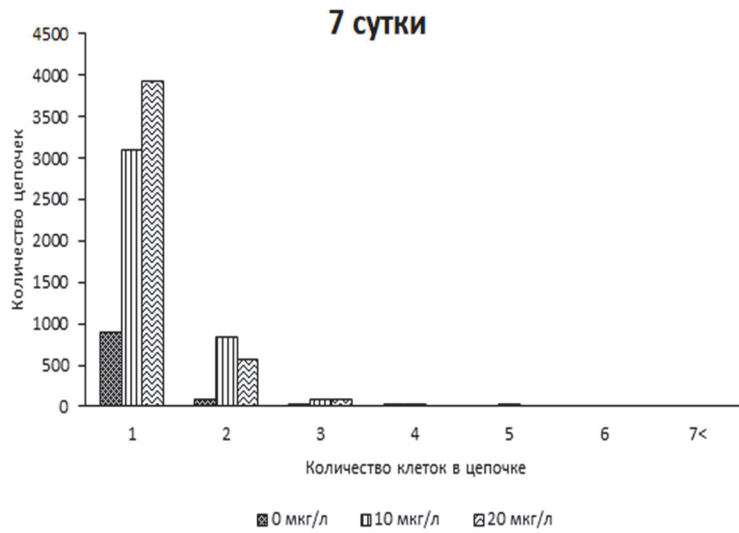
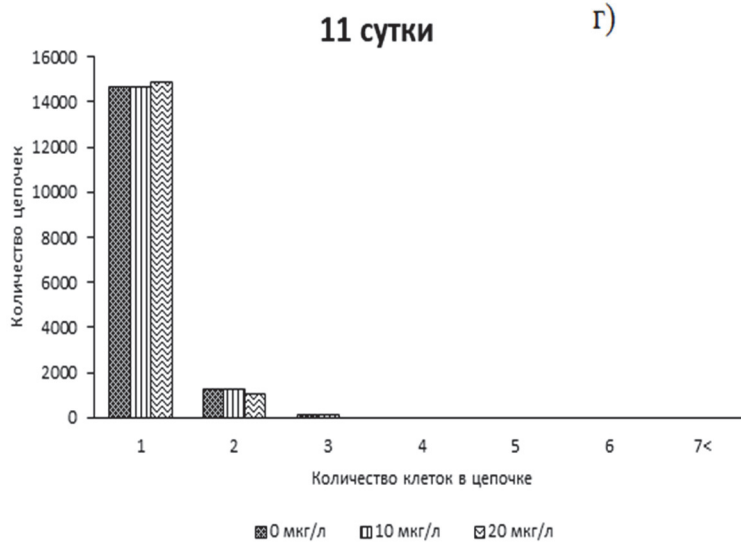


Рисунок 2 – Количество цепочек и клеток их образующих:
а – 0 сутки, б – 4 сутки (начало)

В)



Г)



Д)

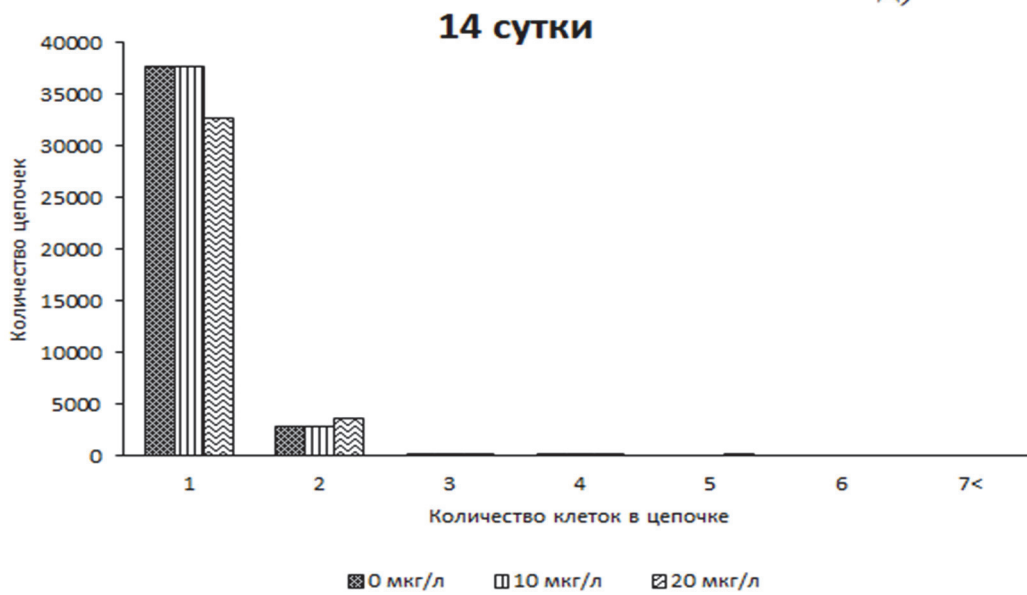


Рисунок 2 – Количество цепочек и клеток их образующих:
в – 7 сутки, г – 11 сутки, д – 14 сутки (окончание)

Библиографический список

1. Шульгина М.А. Видовой состав, сезонная и многолетняя динамика количественных параметров диатомовых водорослей рода *thalassiosira* в заливе Петра Великого, Японское море // Гидробиология. 2023. С. 28–33.
2. Ahmad A., Tiwari A., Srivastava S. A genome-scale metabolic model of *Thalassiosira pseudonana* CCMP 1335 for a systems-level understanding of its metabolism and biotechnological potential // *Microorganisms*. 2020. Т. 8, №. 9. С. 1396.
3. Huervana F. H. et al. Utilization of marine diatom *Thalassiosira weissflogii* as a feed additive in seawater-tolerant Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) strain // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2022. Т. 6. С. 1052951.
4. *Thalassiosira nordenskiöldii* <http://inviders.ocean.ru/baza-dannykh/chernoe-more/fitolankton/item/234-thalassiosiranordenskioldii.html> (дата обращения: 15.10.2023)
5. Maldonado M. T., Price N. M. Influence of N substrate on Fe requirements of marine centric diatoms // *Marine Ecology Progress Series*. 1996. Т. 141. С. 161–172.
6. Cavalletti E. , Romano, G., Palma Esposito, F. et al. Copper Effect on Microalgae: Toxicity and Bioremediation Strategies. *Toxics* 2022, 10, 527.
7. Коллекция живых микроорганизмов. Морской биобанк <http://marbank.dvo.ru/index.php/ru/kollektsiya/microalgae?resetfilters=0&clearordering=0&clearfilters=0> (дата обращения : 15.10.2023).
8. Ресурсная коллекция «Морской биобанк» – приготовление питательных сред <http://marbank.dvo.ru/index.php/ru/kultury/bacteria/list/12> (дата обращения : 15.10.23).
9. Голлербах М.М., Косинская Е.К., Полянский В.И. Определитель пресноводных водорослей. Вып. 1. СССР. 1953. С. 19–20.
10. Маркина Ж.В., Айздайчер Н.А. Оценка состояния культур морских микроводорослей из разных таксономических групп при воздействии меди с помощью проточной цитометрии // *Вода: химия и экология*. 2018. №. 10–12. С. 43–50.
11. Счетные камеры <https://studfile.net/preview/6307828/page:66/> (дата обращения : 15.10.23).
12. Фокина А.И., Ашихмина Т.Я., Домрачева Л.И. и др. Тяжёлые металлы как фактор изменения метаболизма у микроорганизмов (обзор) // *Теоретическая и прикладная экология*. 2015. №. 2. С. 5.

Виктория Александровна Матвеева

Дальневосточный федеральный университет, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: ıla100492@mail.ru, ORCID ID: 0009-0006-6853-0851

Лидия Васильевна Шульгина

Дальневосточный федеральный университет, Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), доктор биологических наук, профессор, зав. лабораторией технологии переработки гидробионтов, Россия, Владивосток, e-mail: lvshulgina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1767-0129

Технология биокрипсов с использованием икры морских ежей

Аннотация. Общемировая тенденция, вызванная дефицитом необходимого питательного вещества в ежедневном рационе, показывает, что продукты с высоким содержанием белка становятся все более востребованными. Одним из приоритетных направлений производства функциональных продуктов питания является создание продуктов на основе гидробионтов. Рыбные крекеры являются популярными закусками во многих странах Юго-Восточной Азии. Нами был создан подобный продукт по реологическим свойствам и определена его пищевая и биологическая ценность.

Ключевые слова: икра морского ежа, минтай, биокрипсы, фосфолипиды, β -каротин, витамин E

Viktoriya A. Matveeva

Far Eastern Federal University, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: ıla100492@mail.ru, ORCID ID: 0009-0006-6853-0851

Lidiya V. Shulgina

Far Eastern Federal University, Pacific Branch of VNIRO («TINRO»), Doctor of Biology, Professor, Head of the Laboratory of Hydrobiont Processing Technology, Russia, Vladivostok, e-mail: lvshulgina@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-1767-0129

The biocrips` technology with the use of sea urchin roe

Abstract. High protein foods are becoming more and more relevant due to the global trend caused by the deficiency of an essential nutrient in the daily diet. Fish crackers are popular snack foods in many Southeast Asian countries. One of the priority directions of functional food production is the development of hydrobionts` products. Fish crackers are popular snacks in many Southeast Asian countries. A product similar in rheological properties was created, and its nutrition and biological value have been determined.

Keywords: sea urchin caviar, pollock, biocryps, phospholipids, β -carotene, vitamin E

Одной из задач государственной программы Приморского края «Развитие рыбохозяйственного комплекса в Приморском крае на 2020–2027 годы» является увеличение объема выпуска продукции рыбохозяйственного комплекса в Приморском крае в 1,5 раза к 2027 году, в том числе продукции с высокой добавленной стоимостью за счет роста объемов вылова водных биологических ресурсов в 1,6 раза, увеличения производства (выращивания) продукции аквакультуры в 2 раза и укрепления позиций приморских компаний и продукции на российском и мировом рынках [1].

Современные тенденции в области производства пищевых продуктов направлены на повышение их пищевой и биологической ценности. В связи с этим все более востребованным является сырье морского происхождения, в том числе водоросли, ракообразные, моллюски, иглокожие, рыбы [2].

В последние годы актуальным направлением является создание функциональных рыбо-растительных продуктов с пониженным содержанием влаги типа чипсов, хлебцев, крекеров, снеков и других [8, 9]. Разработчики этих продуктов в качестве основного сырья используют морскую и пресноводную рыбу, нерыбные объекты, пищевые рыбные отходы, бульоны, экстракты. В качестве растительных компонентов используются различные виды муки, белковые растительные изоляты, жмых масличных семян (рапсовый, льна) и т.д. Комбинированные продукты на основе рыбного и растительного сырья обуславливают повышение питательной ценности, усиление вкусовых качеств и органолептических показателей, а также снижение дефицита отдельных пищевых веществ у людей. Снижение влажности таких продуктов способствуют повышению их стойкости в процессе хранения.

В прибрежных водах Приморья осуществляется добыча различных водных биологических ресурсов с высокой пищевой и биологической ценностью, включая рыбу, морских ежей, двусторчатых и других моллюсков.

Добыча морских ежей Дальневосточного бассейна проводится на протяжении многих лет. В пищу у морских ежей используют только икру, которая находится внутри тела и высоко ценится многими народами Востока за вкусовые и целебные свойства. Икру едят в сыром, соленом, вареном, жареном и маринованном видах.

В нашей стране разработаны технологии получения продуктов из икры морских ежей. Высокими товароведными характеристиками обладают продукты из ястыков свежей икры [3,4], но они имеют высокую стоимость и небольшие сроки хранения, что снижает доступность для населения. На основе икры морских ежей разработан ряд биологически активных добавок (БАД) к пище [5, 6]. Одной из проблем БАД к пище из икры морских ежей также является высокая стоимость и фальсификация препаратов, которая достигает 90 % [7].

Одним из способов снижения стоимости продукта из икры морских ежей может стать комбинирование ее с другими пищевыми компонентами. Так, придание крипсам или хлебцам новых свойств за счет введения икры морских ежей в состав продуктов позволит отнести их к группе продуктов функциональной направленности.

Целью настоящей работы явилась оценка пищевой и биологической ценности комбинированного продукта – биокрипсов с использованием икры морских ежей.

При создании биокрипсов в качестве морских объектов были использованы фарш минтая и икра морских ежей, растительных – тыква, мука кукурузная и картофельный крахмал.

Икра морских ежей обладает иммуномодулирующим, сорбирующим, радиопротекторным, антиопухолевым, антиоксидантным, генопротекторным и мембранопротекторным свойствами. В икре морских ежей содержится 13,8 % белков, 4,3 % – липидов, 2,5 % – углеводов [10]. Белки икры морских ежей являются полноценными, показатель относительной биологической ценности их составляет 112 % (относительно казеина). Большая часть липидов икры морских ежей представлена фосфолипидами (до 44,0 %), содержание триацилглицеринов не превышает 28,7 %. Доля свободных жирных кислот от общей суммы липидов в среднем составляет 16,8 %. В липидах икры отмечено высокое содержание Омега-3 жирных кислот. В клинических исследованиях препараты, полученные на основе липидов икры морских ежей, проявляли противовоспалительное, антидиабетическое, гиполлипидемическое действие и рекомендованы к использованию для профилактики и лечения широкого круга болезней [11]. В большом количестве в икре содержатся водорастворимые витамины (мг % на сырое вещество): витамин С в количестве 0,5; В₁ – 0,05; В₂ – 0,1 и РР – 0,2. В гонадах самок содержатся жирорастворимые витамины, а именно А и Е в количестве 2,64 и 28,15 мг/100 г, самцов – 0,41 и 2,9 мг/100 г соответственно [12]. Икра ежей содержит богатый набор микроэлементов, особенно отмечено высокое содержание йода (0,17 мг %) – важного регулятора метаболизма белкового и энергетического обмена.

Икра морского ежа термолабильна и не используется в технологии продуктов интенсивной обработки температурой. Поэтому был выбран продукт, в котором сохранятся все функциональные ингредиенты компонентов. Это продукт с пониженной влажностью, именуемый *крипсы*. Крипсы – это готовые для употребления продукты с низким содержанием воды, внешне представляют собой подобие хлебцев, имеет прямоугольную форму (примерно 10×5 см), толщиной 0,3 см, структура хрупкая, рассыпчатая и ломкая, без трещин на поверхности. Пониженное содержание воды в крипсах обуславливает высокую стойкость при их хранении [13,14].

Минтай – один из наиболее высокочисленных промысловых видов рыб. Мясо минтая в зависимости от сезона и района вылова содержит 0,2–1,0 % жира, 14,3–17,4 % белковых веществ, 80,1–85,2 % воды [15]. Мясо минтая впитывает в себя все ароматы специй, поэтому у продукта нет специфического запаха рыбы.

Тыква «Внучка», выращиваемая в Приморском крае, богата β-каротином – 16,3 %, содержит кальций – 0,08 %, фосфор – 0,25 %, калий – 1,98 %, имеет приятный оранжево-желтый цвет, который не изменяется при тепловой обработке. Высокое содержание клетчатки в тыкве способствует улучшению пищеварения при ее употреблении, а β-каротин – профилактике сердечно-сосудистых заболеваний [16].

Мука из кукурузы в продукте создает структуру, которая обладает высокой компактностью. Картофельный крахмал выступает в роли клейстера.

Подготовку компонентов проводили следующим образом. Размороженный фарш минтая измельчали; тыкву сортировали, очищали и измельчали; кукурузную муку просеивали и прокаливали; икру серого морского ежа размораживали.

Подготовленные компоненты были использованы для получения смеси, состав которой приведен в табл. 1.

Таблица 1 – Рецепт исходной смеси для получения биокрипсов

| Компоненты | Количество, % |
|--------------------------|---------------|
| Фарш минтая | 35,00 |
| Тыква | 35,00 |
| Мука кукурузная | 16,00 |
| Крахмал картофельный | 3,00 |
| Икра серого морского ежа | 10,00 |
| Соль | 1,00 |

Полученную массу формировали (раскатывали) и нарезали на прямоугольники размером 0,3×5×10 см. Далее полуфабрикат отправляли в сушильный шкаф и сушили при температуре 40 °С в течение 230 мин. Полученный продукт охлаждали при температуре 0–4 °С до температуры, в центре изделия не выше 8 °С.

Биокрипсы герметично упаковывали в пакеты из полимерных материалов, хранили в течение 6 мес и наблюдали за их показателями качества.

Готовые продукты представляли собой продукты по типу хлебцев, имели приятный вкус и аромат; однородную хрустящую консистенцию.

Химический состав и энергетическая ценность биокрипсов приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели пищевой и энергетической ценности биокрипсов

| Компоненты | Массовая доля, г/100 г продукта |
|-------------------------------------|---------------------------------|
| Вода | 18,85 |
| Белок | 30,50 |
| Липиды | 7,80 |
| Углеводы | 16,83 |
| Минеральные вещества | 26,02 |
| Энергетическая ценность, ккал/100 г | |

Аминокислотный состав белков в биокрипсах показал, что по содержанию незаменимых аминокислот они соответствуют составу «идеального» белка [17] и являются полноценными (табл. 3).

Таблица 3 – Аминокислотный состав биокрипсов

| Незаменимые аминокислоты | | Заменимые аминокислоты | |
|--------------------------|--------------|------------------------|--------------|
| Аминокислота | г/100г белка | | г/100г белка |
| Валин | 5,68 | Аспарагиновая | 7,85 |
| Изолейцин | 4,44 | Аланин | 7,20 |
| Лейцин | 9,79 | Аргинин | 6,45 |
| Лизин | 8,37 | Глицин | 4,62 |
| Метионин+ цистеин | 3,40 | Гистидин | 2,50 |
| Треонин | 5,60 | Глутаминовая | 15,11 |
| Фенилаланин+тирозин | 7,78 | Пролин | 5,20 |
| Триптофан | 1,10 | Серин | 3,95 |
| Сумма | 46,16 | Сумма | 52,88 |

В готовых биокрипсах установлено высокое содержание функциональных ингредиентов. В 100 г продукта количество фосфолипидов составило 2,2 г, что составляет 30,1–44,0 % от рекомендуемой нормы его потребления [18]. Сумма Омега-3 жирных кислот составила 0,9 г/100 г. Содержание β -каротина (7,7 мг/100 г) обеспечивало суточную потребность взрослого человека, витамина Е (2,8 мг/100 г) – около 30,0 %. Повышенное содержание этих веществ в биокрипсах позволяет отнести их к группе продуктов здорового питания.

Изучение биокрипсов при хранении показало, что в течение 6 месяцев хранения их показатели качества не изменялись.

Заключение

Разработана рецептура биокрипсов с использованием фарша минтая и икры морских ежей, обеспечивающая повышенную биологическую ценность.

Использование в рецептуре мякоти тыквы «Внучка», богатой пищевыми волокнами и β -каротином, способствует улучшению органолептических показателей и дополняет продукт биологически активными веществами растительного происхождения.

Биокрипсы с использованием фарша минтая, икры морских ежей и растительного сырья имеют пониженную влажность и могут расширить ассортимент сушеных продуктов.

Биокрипсы являются источниками фосфолипидов, Омега-3 жирных кислот, β -каротина и витамина Е, могут быть рекомендованы как специализированные продукты для профилактического питания.

Библиографический список

1. Государственная программа приморского края «Развитие рыбохозяйственного комплекса в приморском крае на 2020–2027 годы»: Постановление от 27 декабря 2019 года № 921-па / Администрация Приморского края. Владивосток, 2019.
2. Донец М.М., Цыганков В.Ю. Химическая безопасность пищевого сырья из гидробионтов // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Прибрежно-морская зона Дальнего Востока России: от освоения к устойчивому развитию», посвященная 20-летию международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология» ДВФУ (Владивосток, 8–10 ноября, 2018). Владивосток : Дальневосточный федеральный университет, 2018. С. 142–144.
3. Патент № 2157648 Российская Федерация, А 23 L 1/0532 Способ приготовления икры морского ежа / С.Д. Забавский, заявитель и патентообладатель С.Д. Забавский № 99105801/13 заявл. 22.03.1999 ; опубл. 20.10.2000.

4. Патент № 2455867 Российская Федерация, А23L1/328 Способ приготовления деликатесного продукта из икры морских ежей / З.П. Швидкая, Л.В. Шульгина, заявитель и патентообладатель ООО «НИКА-М» – № 2010115439/13 заявл. 19.04.2010 ; опубл. 20.07.2012, Бюл. № 30. 7 с.
5. Патент № 2432956 Российская Федерация, А23L1/325 Способ безотходной переработки икры морских ежей / Н.Н. Ковалев, М.И. Юрьева, Е.В. Якуш, заявитель и патентообладатель ФГУП «ТИНРО-Центр» – № 2005106701/13 заявл. 09.03.2005 ; опубл. 10.09.2006.
6. Патент № 2432956 Российская Федерация, А61К35/56 Способ комплексной переработки морских ежей / О.Н. Пожарицкая, В.Г. Макаров, заявитель и патентообладатель ЗАО «Санкт-Петербургский институт фармации» – № 2010128393/15, заявл. 08.07.2010 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31. 9 с.
7. Чепурной И.П. Идентификация и фальсификация продовольственных товаров. 4-е изд. М. : «Дашков и К°», 2008. 460 с.
8. Кузьмин, С. В., Попов, В. Г., Мозжерина, И. В. Актуальность разработки рецептур и технологий производства рыборастворимых чипсов из нетрадиционного рыбного сырья // Ползуновский вестник. 2021. № 3. С. 163–169. URL : 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.03.022.
9. Цибизова М.Е. Рыбная белковая масса – основной компонент зерновых биокрипсов // Вестник АГТУ «Рыбное хозяйство». 2009. № 2. С. 114–120.
10. Руцкова Т.А. Некоторые аспекты комплексной переработки иглокожих. № 1 // Вестник ДВО РАН. 2014. С. 174–186.
11. Стоник В.А. Изучение природных соединений в ТИБОХ ДВО РАН. № 4 // Вестник ДВО РАН. 2005. С. 138–144.
12. Sarfaraj H.M., Sheeba F., Saba A., Mohd S.K. Marine natural products: A lead for Anti-cancer. № 41(1): Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 2012. P. 27–39.
13. Цибизова М.Е., Аверьянова Н.Д. Рыбная белковая масса – основной компонент зерновых биокрипсов. № 2 // Вестник АГТУ «Рыбное хозяйство». 2009. С. 114–120.
14. Биотехнология рационального использования гидробионтов / под ред. О.Я. Мезеновой. СПб. : Лань, 2013. 416 с.
15. Цибизова М.Е. Научное обоснование и методология переработки водных биологических ресурсов волжскокаспийского рыбохозяйственного бассейна : диссертация. М.. 2014. 406 с.
16. Каленик Т.К., Ковалева Е.А., Стодольник Л.Н., Ягубов Э.З. Использование приморских сортов тыквы при проектировании функциональных продуктов питания // Пищевые технологии и биотехнологии : сборник материалов международной конференции молодых ученых. Казань : КГТУ, 2010. С. 63–65.
17. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome : FAO, 2013. 66 p. URL : <http://www.fao.org/3/a-i3124e.pdf>.
18. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации : методические рекомендации. М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 36 с.

Анастасия Андреевна Политаева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: politaeva.aa@dgtru.ru, Author ID: 1086192, ORCID: 0000-0002-8417-140X, Scopus Author ID: 57219097825, Web of Science ResearcherID: AAY-9198-2021

Инга Владимировна Матророва

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Web of Science ResearcherID: AAF-7994-2021

**Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла
дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир**

Аннотация. В ходе исследования произведен ретроспективный анализ состояния запаса и промысла дальневосточного трепанга в прибрежной части острова Кунашир с 2000 по 2021 гг. С 2013 г. по настоящее время наблюдается рост освоения лимитов, ежегодное промышленное освоение трепанга варьируется от 54 до 100 %. Величина общего допустимого улова, рассчитываемая на основании результатов исследований прошлых лет и моделирования, остается на уровне 80 т, ввиду сокращения промыслового запаса.

Ключевые слова: дальневосточный трепанг, распределение, промысловые скопления, добыча, о. Кунашир

Anastasia A. Politaeva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate student, Russia, Vladivostok, e-mail: politaeva.aa@dgtru.ru, Author ID: 1086192, ORCID: 0000-0002-8417-140X, Scopus Author ID: 57219097825, Web of Science ResearcherID: AAY-9198-2021

Inga V. Matrosova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Web of Science ResearcherID: AAF-7994-2021

Retrospective analysis of the state of the stock and fishery of the Far Eastern trepan in the area of Kunashir Island

Abstract. The study conducted a retrospective analysis of the state of the stock and fishery of the Far Eastern sea trepan in the coastal part of Kunashir Island from 2000 to 2021. From 2013 to the present, there has been an increase in the development of limits; the annual industrial development of sea cucumber varies from 54 to 100%. The total allowable catch value, calculated based on the results of past studies and modeling, remains at the level of 80 tons, due to the reduction in commercial stocks.

Keywords: Far Eastern trepan, distribution, trade agglomerations, fishery, Kunashir Island

Введение

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* – представитель семейства *Stichopodidae*, является наиболее востребованным объектом для пищевой и фармакологи-

ческой промышленностей как в странах АТР, так и в России. Широко распространен на побережье Японского и Охотского морей. В границах Сахалинской области особи трепанга встречаются преимущественно в заливе Анива, лагуне Буссе и побережье о. Монерон [1, с. 37–38; 2, с. 208]. Единичные экземпляры могут встречаться до 48° с.ш. в зал. Терпения на восточном побережье о. Сахалин и в зал. Невельского на западном побережье [1, с. 37–38; 3, с. 95]. В районе Курильских островов встречаемость дальневосточного трепанга, по данным Мицукури [4, с. 170], ограничивается о. Кунашир – 43–44° с.ш. На сегодняшний день прибрежные воды Южных Курильских островов являются единственным местом разрешенного промысла естественных скоплений трепанга. Большое влияние на современное состояние поселений дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир оказала промысловая деятельность [5].

Цель работы – проанализировать многолетние статистические данные величины ОДУ и промысловых объемов добычи дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир.

Материал и методика

В работе использованы многолетние статистические данные, полученные в результате наблюдений специалистами Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО») с 2003 по 2010 гг. [6, с. 14–15, 21], и Материалы общего допустимого улова в районе добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних морских водах РФ, в территориальном море РФ, на континентальном шельфе РФ, исключительной экономической зоне РФ и Каспийском море на 2000–2023 год (с оценкой воздействия на окружающую среду).

В основу материалов положены данные информационной системы мониторинга рыболовства (ИСП) за 2003–2010 гг., где применялась информация о персональном учете судовых выловов и оперативных отчетах предприятий, которые оценивали запасы биоресурсов методом площадей [7]. Ретроспективный анализ основывается на исследовательских данных 2000–2002 гг., материалах съемок 2000–2002 гг., 2005–2008 гг., 2010, 2012, 2015 гг. и промысловых статистических данных 2013–2014 и 2018–2020 гг.

Результаты и обсуждение

Российскими учеными особи промыслового значения в побережье о. Кунашир были впервые обнаружены в 1994 и 1997 гг. и подробно описаны в 2000-е г. До этого периода скопления трепанга облавливались незначительно, и популяция находилась только под воздействием естественных биотических факторов.

После периода запрета добыча трепанга была возобновлена в 2004 г. В эти годы (2004–2008 гг.) вылов трепанга составил 0,2 % (рис. 1) от общего объема всех добытых иглокожих (серый морской еж, кукумария и трепанг). Всего с 2003 по 2010 гг. официально было добыто 36 т дальневосточного трепанга, из них в Тихоокеанской Южно-Курильской подзоне – 12 т, в Охотоморской Южно-Курильской подзоне – 24 т [5, 8, с. 55–56].

Запрет на промысел был вновь введен в период с 2009 по 2012 гг. В это время проводились исследования, направленные на оценку запасов дальневосточного трепанга на глубинах 3–30 м. Было выполнено 146 водолазных станций по 30 разрезам, 240 особей были взяты на биологический анализ [6, с. 14–15]. В результате проведенных исследований встречаемость объектов составила 77 %, также отмечено увеличение массовых показателей кожно-мускульного мешка (рис. 2), биомассы (10,4 г/м²) и численности трепанга (0,08 экз./м²). В 2012 г. исследуемые запасы трепанга были наибольшими за предшествующие 6 лет, в связи с чем уже в 2013 г. промысел был возобновлен – величина ОДУ составила 80,4 т (5 % от промыслового запаса) [6, с. 14–15, 21; 8, с. 55–56].

В последующие годы поселения трепанга были обследованы не полностью. В 2013–2015 гг. и 2019–2021 гг. собран биостатистический материал во время промысла в южной и северной части о. Кунашир [5].

В 2020 г. масса КММ трепанга составила в среднем 104,3±0,8 г. Модальная группа молоди (60–80 г) составила 20,6 %, по сравнению с 2019 г. доля молоди выше – 20,6 %, что указывает на пополнение молодью трепанга его популяции в районе о. Кунашир. Средняя

масса промысловых особей составила $138,2 \pm 0,8$ г. В сравнении с 2019 г. доля промысловых особей (масса КММ от 100 г) увеличивается до 50,6 %. На глубинах от 40 до 50 м показатели численности составили в среднем $0,28$ экз./м², при колебаниях биомассы от 8,3 до 46,9 г/м².

С 2013 по 2017 гг. промысловая квота дальневосточного трепанга составляла 80 т. В 2018–2020 гг. промысловый лимит трепанга – 99 т. В 2021 г. объем вылова составлял 80 т. Начиная с 2013 г. по настоящее время наблюдается рост освоения лимитов, ежегодное промышленное освоение трепанга колеблется в пределах 54–100 % (рис. 3). Неполное освоение промысловых квот объясняется в первую очередь воздействием нелегального промысла, но не организационными и погодными причинами. В период с 2004 по 2008 гг. численность добывающих судов и водолазов не контролировались. В данных условиях промысел ценных голотурий значительно превышал значения общего допустимого улова [8, с. 56].

Согласно Материалам [5], прогноз ОДУ дальневосточного трепанга Южно-Курильской зоны в 2021 г. обеспечивался результатами исследований, проводившихся в период 2000–2002 гг., в 2005–2008 гг., в 2010 и 2012, 2014 и 2015 гг. В последующие годы поселения трепанга не были обследованы. Данные исследований прошлых лет и результаты моделирования указывают на снижение запаса. Для решения существующей проблемы необходимы регулярные комплексные исследования с использованием современных методов оценки запасов промысловых гидробионтов, на основании которых будут формироваться наиболее точные прогнозы величины ОДУ, направленные на эффективное использование ресурса данного ценного промыслового объекта.

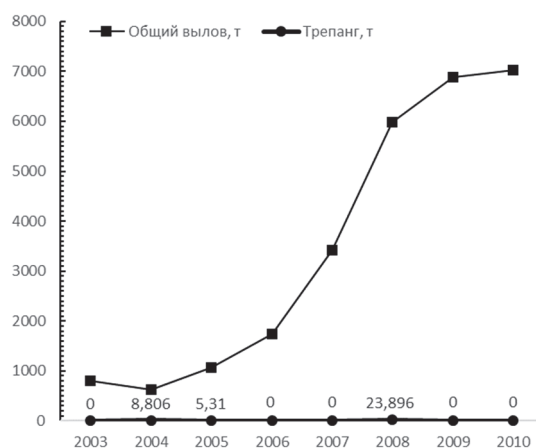


Рисунок 1 – Соотношение общего вылова иглокожих и дальневосточного трепанга в прибрежье о. Кунашир в 2003–2010 гг.

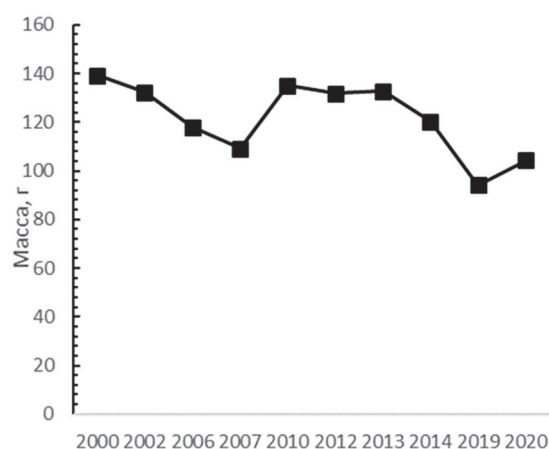


Рисунок 2 – Динамика среднего значения массы кожно-мышечного мешка дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир в 2000–2020 гг.

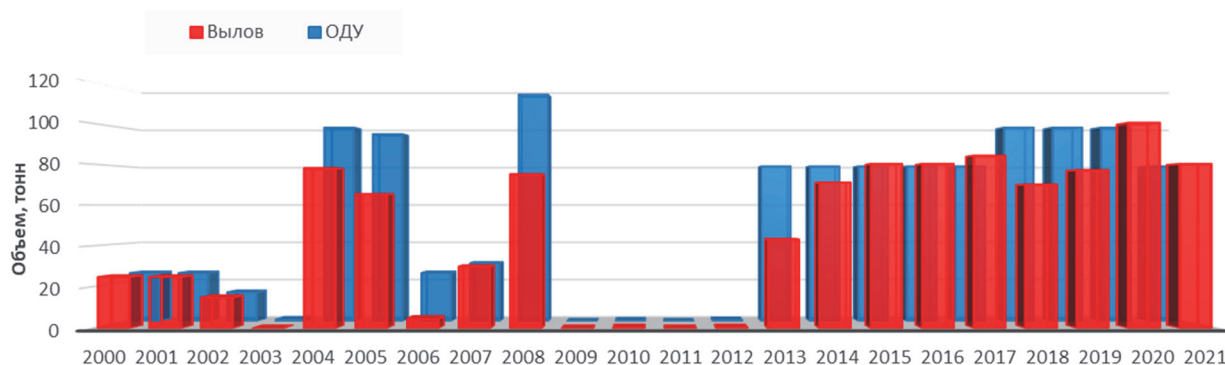


Рисунок 3 – Динамика величины ОДУ и промыслового изъятия дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир в 2000–2021 гг.

Библиографический список

1. Закс И.Г. Сырьевые запасы трепанга в дальневосточных морях // Рыбн. хоз-во Дальнего Востока. 1930. № 2. С. 37–40.
2. Сергеенко В.А., Куликова В.А. Размножение дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus* Selenka в лагуне Буссе (о. Сахалин) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2003. Т. 5. С. 208–215.
3. Сергеенко В.А., Огородников В.С. Некоторые результаты исследований трепанга о. Кунашир // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. Южно-Сахалинск, 1994. С. 95–97.
4. Mitsukuri K. Studies on the actinopodous Holothurioidea // Tokyo: J.Coll. Sci. Imper. Univ. 1912. Vol. 29. P. 2. 284 p.
5. Приказ Минсельхоза РФ от 9 октября 2020 года № 601 «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2021 год». URL : <https://docs.cntd.ru/document/566062166> (дата обращения : 03.06.2022).
6. Буслов А.В., Бирюков И.А., Василец П.М. и др. Промысел биоресурсов в водах Курильской гряды: современная структура, динамика и основные элементы. Южно-Сахалинск : Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, 2013. 264 с.
7. Аксютин З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях : монография. М. : Пищ. пром-сть, 1968. 287 с.
8. Галанин Д.А., Дубровский С.В. и др. Современное состояние ресурсов прибрежных беспозвоночных и водорослей Сахалино-Курильского региона, проблемы промысла и перспективы развития марикультуры. // Тр. СахНИРО. Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях. 2012. Т. 13. С. 44–60.

УДК 639.2

Алексей Олегович Ражев

Калининградский государственный технический университет, ООО «Лаборатория цифровых технологий», кандидат технических наук, генеральный директор, главный инженер, Россия, Калининград, e-mail: root@digitechlab.ru, SPIN-код: 4535-5888, AuthorID: 723215

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-код: 7035-5279, AuthorID: 393895

**Моделирование биомеханики гидробионтов в технических средствах
аквакультуры на гетерогенной вычислительной системе**

Аннотация. В статье изложено решение задачи разработки математических и имитационных моделей, описывающих биомеханику гидробионтов в технических средствах аквакультуры, оптимизированных для применения в многоядерных и гетерогенных вычислительных системах. Представлена реализация в виде программы для ЭВМ «Замкнутая система «УЗВ – гидробионт»». Приведены алгоритм работы с программой и результаты моделирования в виде визуализации трехмерной сцены. Области применения программного продукта: научные исследования, проектирование и эксплуатация рыбоводных ферм, системы виртуальной реальности, тренажерные комплексы, процесс обучения.

Ключевые слова: моделирование, биомеханика, гидробионты, аквакультура, гетерогенная вычислительная система

Aleksey O. Razhev

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, General Director, Chief Engineer, Russia, Kaliningrad, e-mail: root@digitechlab.ru, SPIN-code: 4535-5888, AuthorID: 723215

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD in Technical Sciences, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru, SPIN-code: 7035-5279, AuthorID: 393895

**Modeling of hydrobionts biomechanics in aquaculture equipment
on a heterogeneous computer system**

Abstract. The article presents a solution to the problem of developing mathematical and simulation models describing the biomechanics of aquatic organisms in aquaculture equipment optimized for use in multicore and heterogeneous computing systems. The implementation in the form of a computer program "RAS - hydrobionts" is presented. The algorithm of working with the program and the results of modeling in the form of visualization of a three-dimensional scene are given. Areas of application of the software product: scientific research, design and operation of fish farms, virtual reality systems, training complexes, the learning process.

Keywords: modeling, biomechanics, hydrobionts, aquaculture, heterogeneous computing system

Разведение рыбы в установках замкнутого водоснабжения (далее, УЗВ) является приоритетным направлением в аквакультуре [1]. УЗВ представляет собой техническую систему для выращивания гидробионтов (см. рис. 1).

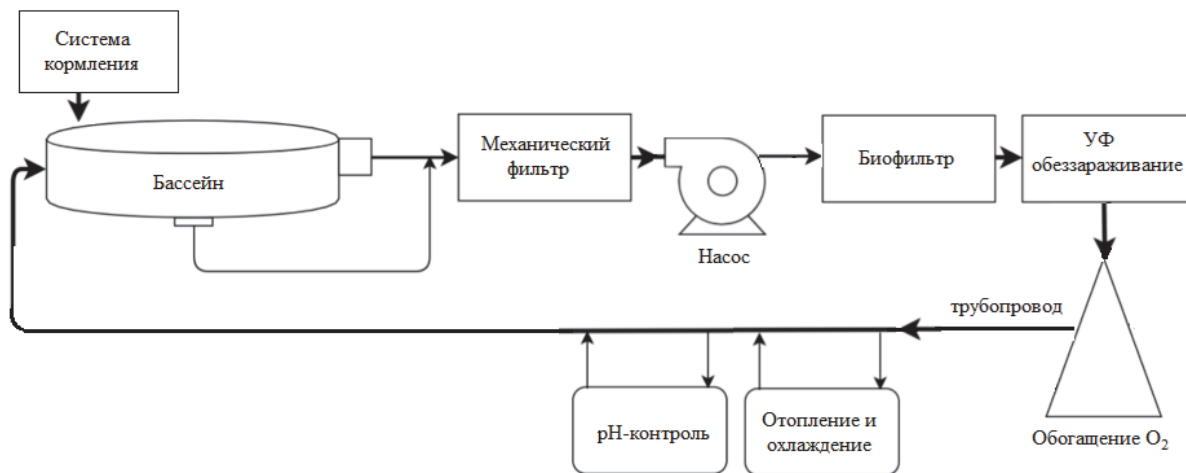


Рисунок 1 – Схема установки УЗВ

В рамках проводимого авторами научного исследования одной из задач является разработка математических и имитационных моделей, описывающих биомеханику гидробионтов в технических средствах аквакультуры [2] с учетом их реакции на воздействие абиотических и биотических факторов, оптимизированных для применения в многоядерных и гетерогенных вычислительных системах.

Разработанная математическая модель способна моделировать поведение гидробионтов в УЗВ с детализацией до особи. Каждой особи сопоставляется набор параметров, определяющих ее поведение и индивидуальность. Параметры особи могут быть определены экспериментально и быть постоянными в процессе моделирования, а могут быть зависимы от условий выращивания и других факторов. Зависимость может задаваться как математически, так и при помощи обученной искусственной нейронной сети.

Движение каждой особи описывается системой дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} dx / dt = v(t) \\ m_i (dv / dt) = \sum F_i(t) \end{cases} \quad (1)$$

при заданных начальных условиях, где x – положение рыбы в пространстве; v – скорость движения рыбы; m – ее масса; $\sum F_i$ – сумма развиваемых рыбой сил; t – время.

Силы, развиваемые рыбой, зависят от ее восприятия внешней обстановки и внутреннего состояния, характеризующегося элементом случайности. В математической модели вычисляются следующие силы: сила, ограничивающая максимальную скорость особи и придающая ускорение для достижения ближайшей из фиксированных скоростей (нулевой или номинальной); силы, зависящие от скорости приближения к стационарным препятствиям (стенкам бассейна, поверхности воды и др.) и удаления от них; силы, зависящие от удаленности до движущегося объекта (другой особи, корма и тр.); силы, зависящие от относительной скорости движения объекта.

Метод расчета указанных сил в данной статье приводить не будем, его основные моменты указаны в [3]. Здесь добавим, что данная математическая модель переработана так, что позволяет для каждой особи (текущей) на каждом временном шаге имитационного алгоритма учитывать информацию об особях (состояние особей) только с предыдущего вре-

менного шага, а результат расчета влияет только на состояние текущей особи. Таким образом, имитационная модель хорошо распараллеливается, может работать на таких гетерогенных вычислительных системах, как современные персональные ЭВМ с многоядерным центральным процессором и графическими процессорами.

На рис. 2 показан метод распараллеливания имитационной модели.

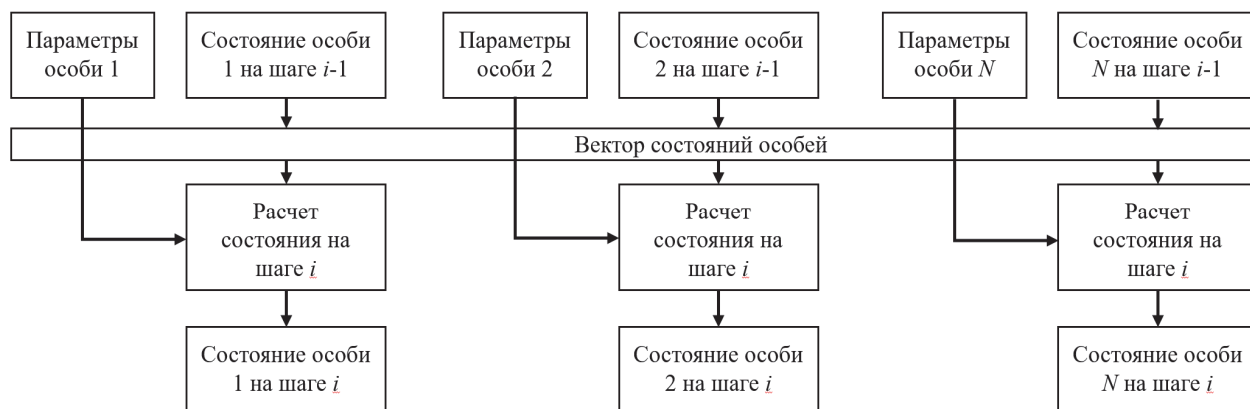


Рисунок 2 – Имитационная модель

Алгоритм расчета состояния одинаковый для всех особей. Различаются только параметры, являющиеся входными данными. К входным данным относится и вектор состояния особей, являющийся конкатенацией состояния каждой особи на предыдущем временном шаге. При расчете для каждой особи учитывается состояние всех особей.

Результат расчета для каждой особи – только ее состояние на текущем временном шаге. Поскольку отсутствуют пересечения выходных данных, нет необходимости выполнять их синхронизацию в процессе параллельной обработки. Одновременный доступ возможен только к входным данным, которые в процессе расчета временного шага неизменны и эффективно кэшируются. Данная особенность имитационной модели позволяет существенно ускорить процесс расчета и производить его на гетерогенных вычислительных системах.

Для задач визуализации поведения гидробионтов в бассейне УЗВ в трехмерной области необходимо учитывать возможные столкновения особей с друг другом и другими объектами. То есть в математической и имитационной модели необходима реализация обработки коллизий [4].

Ниже приведен фрагмент кода программы обработки столкновений на языке программирования HLSL [5] для графического процессора.

```

// Коррект. скорости и положения особи с учетом столкновений с другими особями
for(j = 0; j < FishCount; j++) {
    if(i != j) {
        float4 dx = FishStateList[j].X - state.X; // положение особи j относительно текущей особи
        float adx = length(dx); // расстояние между особями
        float4 ndx = adx == 0 ? float4(0, 0, 0, 0) : dx / adx; // ориентация особи j относительно текущей
        особи
        float t_ = length(state.R2 - ndx);
        float t = params.len1 + params.len2_div8 * t_ * t_ * t_; // толщина запрещенной зоны в направ-
        лении особи j
        if(adx < t) // особь j в запрещенной зоне?
        {
            float4 ex = (t - adx) * ndx; // вектор коррекции положения
        }
    }
}
  
```

```

state.X -= ex;
state.V -= 0.5f * ex; // гашение желаемой скорости
state.VAvg = state.VAvg * (1.f - 5.f * dt) + 5.f * abs(t - adx);
    }
}
}
// Коррект. скорости и положения особи с учетом столкновений с препятствиями
for(j = 0; j < PlaneBarrierCount; j++) {
    float4 e = PlaneBarrierList[j].e; // нормаль к поверхности
    float4 dx = (state.X - PlaneBarrierList[j].R) * e; // положение относительно поверхности
    float d = dx.x + dx.y + dx.z; // расстояние до поверхности
    float t_ = length(state.R2 + e);
    float t = params.len1 + params.len2_div8 * t_ * t_ * t_; // толщина запрещенной зоны в направлении по-
    верхности
    if(d < t) {
        float4 ex = (d - t) * e; // вектор коррекции положения
        state.X -= ex;
        state.V -= 0.5f * ex; // гашение желаемой скорости
        state.VAvg = state.VAvg * (1.f - 5.f * dt) + 5.f * abs(d - t);
    }
}
}

```

Для адекватного визуального восприятия трехмерной сцены необходимо производить корректную ориентацию в пространстве и изменение формы гидробионта в процессе движения. То есть выполнять деформацию его трехмерной модели. На рис. 3 показан результат работы алгоритма изменения формы гидробионта, основанного на деформации статической трехмерной модели методом трансформации секущей плоскости в поверхность заданной функцией трансформации, параметром которой является степень изгиба гидробионта [6].

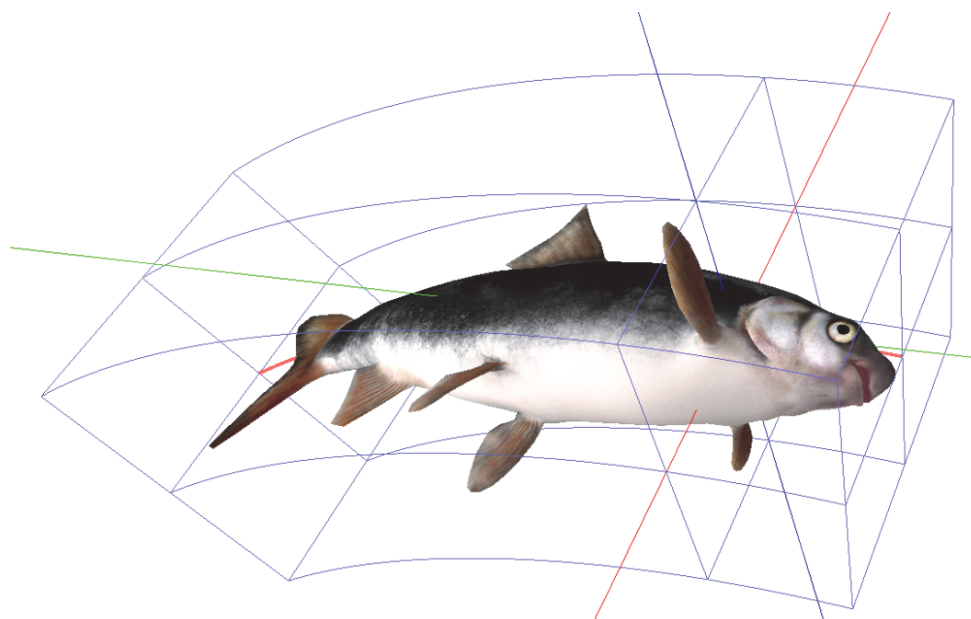


Рисунок 3 – Результат работы алгоритма изменения формы гидробионта

Функция трансформации $\mathbf{p}_0' = \mathbf{f}(\mathbf{p}_0)$ выглядит следующим образом:

$$\mathbf{f}(\mathbf{p}_0) = \begin{pmatrix} x \left(1 - \frac{2}{3} m^2 x^2 - \frac{2}{5} m^4 x^4 \right) \\ y \\ mx^2 \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где \mathbf{p}_0 – точка на плоскости до трансформации, $\mathbf{p}_0 = (x, y, 0)^T$; \mathbf{p}_0' – соответствующая точка на поверхности после трансформации; m – степень изгиба, $m = [-0,625 \dots 0,625]$.

На основе математической и имитационной модели биомеханики гидробионтов в УЗВ была разработана и зарегистрирована в Роспатенте [7] программа для ЭВМ «Замкнутая система «УЗВ – гидробионт» (рис. 4). Ее назначение – имитация поведения гидробионтов в бассейне прямоугольного или цилиндрического типа с детализацией до особи в трехмерной области.

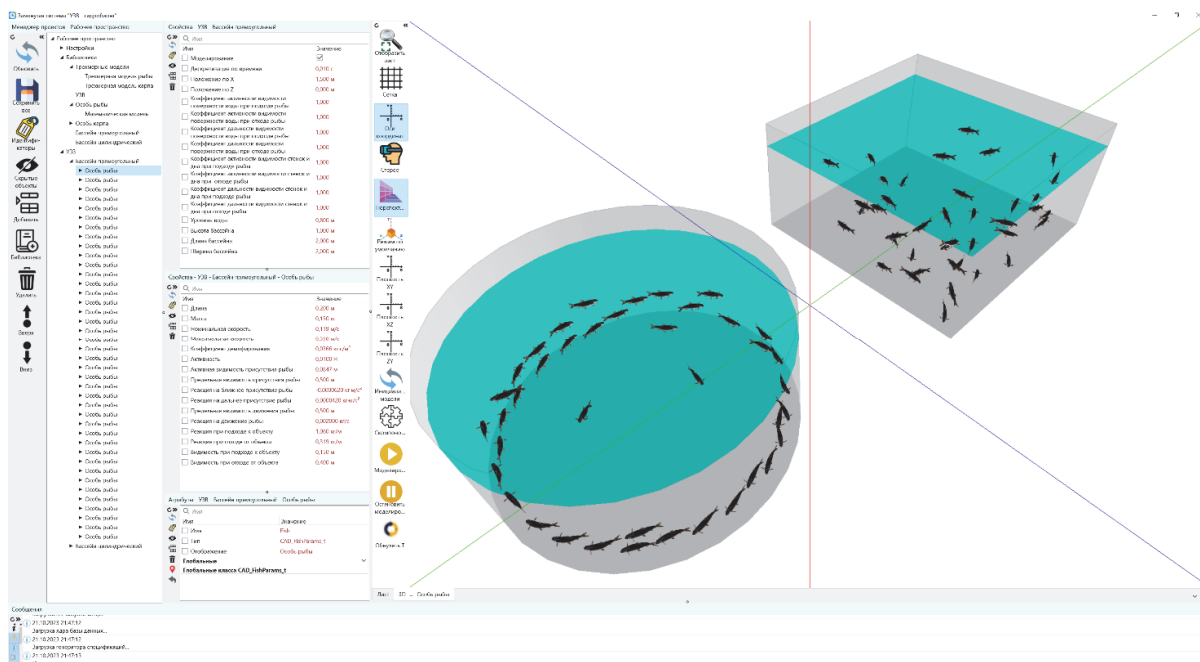


Рисунок 4 – Программа для ЭВМ «Замкнутая система «УЗВ – гидробионт»

Основные функции программы для ЭВМ: конструктор и компоновщик бассейнов УЗВ с гидробионтами; конструктор гидробионта, редактор поведенческих характеристик каждой особи; симулятор реального времени замкнутой системы УЗВ-гидробионт; 3D-визуализатор. Предусмотрена загрузка и выгрузка проекта УЗВ (параметры бассейнов и гидробионтов) и результатов моделирования. Разработка программного продукта осуществлялась в среде визуального проектирования программного обеспечения Embarcadero RAD Studio на языке программирования C++ [8].

В программе для каждой особи и для бассейна отдельно задаются параметры. Результат моделирования в реальном времени отображается на экране. Реализована поддержка стереоскопических устройств отображения и устройства пространственного управления сценой при помощи рук Leap Motion [9].

В программе предусмотрена пополняемая библиотека гидробионтов различного вида, бассейнов прямоугольной и цилиндрической формы, их трехмерных моделей. Работа с библиотеками и компоновка УЗВ производится из менеджера проектов (рис. 5).

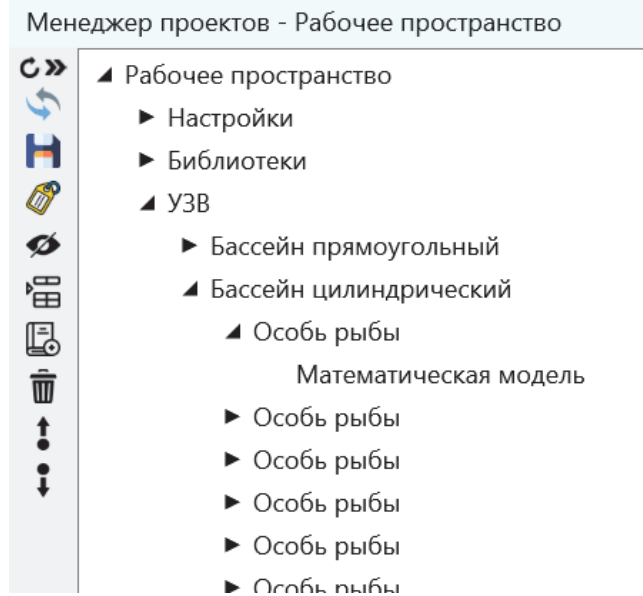
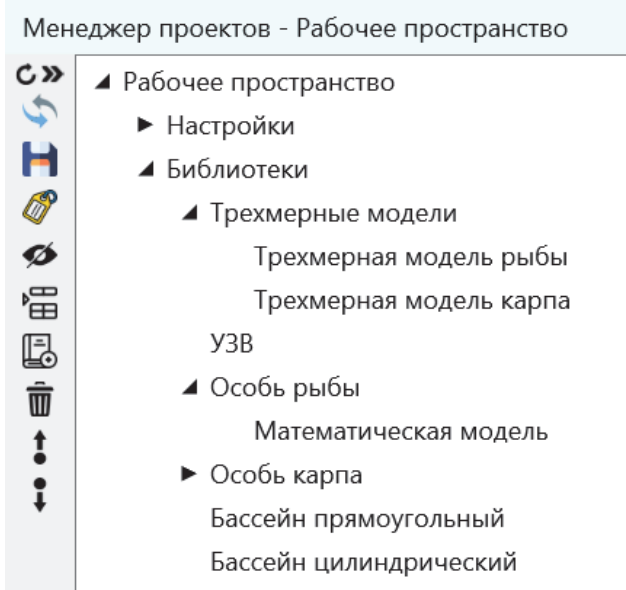


Рисунок 5 – Работа с библиотеками и компоновка УЗВ

Параметры каждой особи и бассейна задаются в редакторе их свойств. На рис. 6 изображен редактор свойств гидробионта.

Свойства - УЗВ - Бассейн цилиндрический - Особь рыбы

| Имя | Значение |
|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Длина | 0,200 м |
| <input type="checkbox"/> Масса | 0,150 кг |
| <input type="checkbox"/> Номинальная скорость | 0,119 м/с |
| <input type="checkbox"/> Максимальная скорость | 0,350 м/с |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент демпфирования | 0,0366 кг·с/м ² |
| <input type="checkbox"/> Активность | 0,0100 Н |
| <input type="checkbox"/> Активная видимость присутствия рыбы | 0,0847 м |
| <input type="checkbox"/> Предельная видимость присутствия рыбы | 0,500 м |
| <input type="checkbox"/> Реакция на ближнее присутствие рыбы | -0,0000620 кг·м/с ² |
| <input type="checkbox"/> Реакция на дальнее присутствие рыбы | 0,0000420 кг·м/с ² |
| <input type="checkbox"/> Предельная видимость движения рыбы | 0,500 м |
| <input type="checkbox"/> Реакция на движение рыбы | 0,002000 кг/с |
| <input type="checkbox"/> Реакция при подходе к объекту | 1,060 кг/м |
| <input type="checkbox"/> Реакция при отходе от объекта | 0,319 кг/м |
| <input type="checkbox"/> Видимость при подходе к объекту | 0,150 м |
| <input type="checkbox"/> Видимость при отходе от объекта | 0,400 м |

Рисунок 6 – Редактор свойств особи

На рис. 7 и 8 показаны редакторы свойств прямоугольного и цилиндрического бассейнов соответственно.

Свойства - УЗВ - Бассейн прямоугольный

| Имя | Значение |
|---|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Моделирование | <input checked="" type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Дискретизация по времени | 0,010 с |
| <input type="checkbox"/> Положение по X | 1,500 м |
| <input type="checkbox"/> Положение по Z | 0,000 м |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент активности видимости поверхности воды при подходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент активности видимости поверхности воды при отходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент дальности видимости поверхности воды при подходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент дальности видимости поверхности воды при отходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент активности видимости стенок и дна при подходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент активности видимости стенок и дна при отходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент дальности видимости стенок и дна при подходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент дальности видимости стенок и дна при отходе рыбы | 1,000 |
| <input type="checkbox"/> Уровень воды | 0,800 м |
| <input type="checkbox"/> Высота бассейна | 1,000 м |
| <input type="checkbox"/> Длина бассейна | 2,000 м |
| <input type="checkbox"/> Ширина бассейна | 2,000 м |

Рисунок 7 – Редактор свойств прямоугольного бассейна

Свойства - УЗВ - Бассейн цилиндрический - Особь рыбы

| Имя | Значение |
|--|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Длина | 0,200 м |
| <input type="checkbox"/> Масса | 0,150 кг |
| <input type="checkbox"/> Номинальная скорость | 0,119 м/с |
| <input type="checkbox"/> Максимальная скорость | 0,350 м/с |
| <input type="checkbox"/> Коэффициент демпфирования | 0,0366 кг·с/м ² |
| <input type="checkbox"/> Активность | 0,0100 Н |
| <input type="checkbox"/> Активная видимость присутствия рыбы | 0,0847 м |
| <input type="checkbox"/> Предельная видимость присутствия рыбы | 0,500 м |
| <input type="checkbox"/> Реакция на ближнее присутствие рыбы | -0,0000620 кг·м/с ² |
| <input type="checkbox"/> Реакция на дальнее присутствие рыбы | 0,0000420 кг·м/с ² |
| <input type="checkbox"/> Предельная видимость движения рыбы | 0,500 м |
| <input type="checkbox"/> Реакция на движение рыбы | 0,002000 кг/с |
| <input type="checkbox"/> Реакция при подходе к объекту | 1,060 кг/м |
| <input type="checkbox"/> Реакция при отходе от объекта | 0,319 кг/м |
| <input type="checkbox"/> Видимость при подходе к объекту | 0,150 м |
| <input type="checkbox"/> Видимость при отходе от объекта | 0,400 м |

Рисунок 8 – Редактор свойств цилиндрического бассейна

Значения параметров особи, бассейна либо любого другого объекта можно установить как константными, так и зависимыми. Для привязки к параметру зависимости предназначен редактор атрибутов свойства. В нем можно определить математическое выражение для расчета параметра.

Архитектура программы является модульной с расширяемым функционалом. В процессе выполнения научного исследования в программу будет добавляться поддержка различных технических средств УЗВ, системы машинного зрения, дополненной реальности, сбора статистики с натуральных УЗВ, средств автоматизации технологических процессов в УЗВ.

Разработанное программное обеспечение может применяться для научных исследований, проектирования и эксплуатации рыбоводных ферм, систем виртуальной реальности, тренажерных комплексов, в процессе обучения.

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

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об аквакультуре (рыбоводстве) и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 02.07.2013 N 148-ФЗ (последняя редакция).

2. Недоступ А.А., Ражев А.О. Постановка задач разработки математических и имитационных моделей, описывающих механику гидробионтов в УЗВ с учетом различных мультифизических факторов // Сборник научных трудов XVI Международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» (Конференция «ИнтерАгро 2023»). ISBN 978-5-6049569-8-4. ДГТУ. Ростов н/Д : ДГТУ-Принт, 2023. С. 212–215. DOI: 10.23947/interagro.2023.212-215.

3. Математическое моделирование поведенческих характеристик стаи рыб при облове разноглубинным тралом / А.А. Недоступ, Б.А. Альтшуль, А.О. Ражев, С.В. Дятченко, О.М. Бедарева, А.А. Багрова // Морские интеллектуальные технологии. 2019. Т. 4, № 4(46). С. 181–185.

4. Tolman R.C. (1938). The Principles of Statistical Mechanics. Oxford: Clarendon Press. Reissued (1979) New York: Dover ISBN 0-486-63896-0.

5. Varcholik P. Real-Time 3D Rendering with DirectX and HLSL: A Practical Guide to Graphics Programming // Addison-Wesley Professional. 2014. 592 p. ISBN-10: 0321962729, ISBN-13: 978-0-321-96272-0.

6. Ражев А.О., Недоступ А.А. Визуализация гидробионта в процессе движения с учетом изменения его формы // Математические методы в технологиях и технике. 2023. № 9. ISSN 2712-8873. С. 92–97. DOI: 10.52348/2712-8873_MMTT_2023_9_92.

7. Ражев А.О., Недоступ А.А. Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ 2023682021 Российская Федерация. Замкнутая система «УЗВ – гидробионт» / заявитель и правообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Лаборатория цифровых технологий». Заявл. 2023681176 15.10.2023; опублик. 20.10.2023. 1 с.

8. Embarcadero RAD Studio. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.embarcadero.com/ru/products/rad-studio> (дата обращения : 20.10.2023).

9. Leap Motion. [Электронный ресурс]. URL : <https://www.ultraLeap.com> (дата обращения : 20.10.2023).

Евгений Иванович Рачек

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» (ТИНРО), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: evgeniy.rachek@tinro.ru

**Выращивание товарных трехлеток китайского окуня-аухи
в садках тепловодного хозяйства**

Аннотация. В садках тепловодного хозяйстве на севере Приморского края вырастили трехлеток китайского окуня средней массой 700–880 г. Для кормления использовали массовые виды мелких малоценных рыб в живом, свежем и замороженном состоянии. Кормовые затраты на прирост трехлеток в течение вегетационного периода варьировали от 5,3 до 5,6 кг/прироста. В эксперименте выжили 99–100 % трехлеток.

Ключевые слова: китайский окунь, сеголетки, двухлетки, трехлетки, садки, кормление, кормовые затраты, выживаемость

Evgeniy I. Rachek

Pacific Branch of VNIRO («TINRO»), Leading Researcher, PhD in Biological Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: evgeniy.rachek@tinro.ru

**Cultivation of commodity three-year-olds of Chinese perch-aucha
in the cages of a warm-water farm**

Abstract. Three-year-old Chinese perch with an average weight of 700–880 g were raised in the cages of a warm-water farm in the north of Primorsky Krai. Mass species of small low-value fish in a live, fresh and frozen state were used for feeding. Feed costs for the growth of three-year-old during the growing season ranged from 5.3 to 5.6 kg/gain. 99–100 % of three-year-old survived in the experiment.

Keywords: Chinese perch, fingerlings, two-year-old, three-year-old, cages, feeding, feed costs, survival

Окуневых рыб в нашей стране выращивают в небольших масштабах. Основными объектами культивирования в западных регионах РФ являются судак и речной окунь. Объемы товарного производства этих видов в рыбоводных хозяйствах России в 2021 г. составили 533 т [7]. На Дальнем Востоке России окуневых рыб в промышленных масштабах не выращивают. В то же время в бассейне р. Амур на северной границе своего ареала встречается китайский окунь-ауха *Siniperca chuatsi*, которого считают перспективным объектом для культивирования в прудовых и тепловодных хозяйствах в качестве биологического мелиоратора и товарной деликатесной рыбы [8, 5]. Однако в Приморском крае китайский окунь до сих пор находится в Красной книге. В связи с этим разработка технологий получения жизнестойкой молоди китайского окуня для восстановления численности природных популяций и его товарного выращивания является актуальной задачей.

В КНР этого окуня с ценным мясом без мелких вильчатых костей впервые научились разводить и выращивать в контролируемых условиях с 1975 г. К настоящему времени объемы его ежегодного производства в прудах, загонах и садках превысили 380 тыс. т [9]. Различными организациями в Приморье ранее предпринимались попытки получения потомства окуня от природных особей, но успеха они не имели [1, 2]. Воспроизводить этот вид в промышленных масштабах начали только после формирования собственного маточного стада в садках тепловодного хозяйства Лучегорской научно-исследовательской рыбодной станции (НИРС) ТИНРО [5].

Материал и методика

Материалом для исследований служили около 180 особей китайского окуня в возрасте от сеголеток до трехлеток, содержащиеся в двух типовых садках Лучегорской НИРС, расположенной на севере Приморья на территории Приморской ГРЭС. На станции имеются 128 садков площадью 10 м² каждый, установленные в водоподводящем канале тепловой электростанции на понтонной линии ЛМ-4 и инкубационно-выростной комплекс (ИВК) для инкубации и выращивания молоди любых видов рыб в пластиковых бассейнах на прямом водоснабжении и в режиме УЗВ. Часть молоди подращивается в тепловодных мальковых прудах площадью 0,21–0,23 га, снабжаемых водой из водоема-охладителя электростанции. Все культивируемые виды рыб содержатся при температурах от 2 °С в зимний период до 30–35 °С в самые жаркие летние месяцы. Общая годовая сумма тепла в различные годы варьирует от 4630 до 4870 градусо-дней. Активная реакция воды рН в садках изменяется по сезонам года в пределах от 7,3 до 9,2, содержание кислорода в воде варьирует от минимального значения 5,3 мг/л в июле до 12,4 мг/л зимой.

Сеголеток китайского окуня вырастили от личинок, полученных в июле 2021 г. в результате нерестовой кампании производителей в возрасте 10–12 лет. Использовалась комбинированная схема выращивания в бассейнах, тепловодных мальковых прудах и садках. Осенью 2021 г. средняя масса сеголеток составила 142 г при разбросе от 60 до 290 г [12].

В возрасте годовиков окуней рассортировали на две размерные группы и рассадили по двум садкам. К осени масса двухлеток увеличилась до 330–550 г и произвели их повторную сортировку [6]. Перед зимовкой в садок с крупными двухлетками добавили 23 живой кормовой рыбы, а в садок с мелкими двухлетками 10 кг кормовой рыбы. Она была представлена мелким отбракованным сазаном из прудов и колючим горчаком.

Для кормления хищников в 2023 г. использовали живую, снулую или замороженную резаную, а затем дифростированную малоценную рыбу, представленную востробрюшкой *Hemiculter leucisculus* (90 %) и колючим горчаком *Acanthorhodeus asmussii* (10 %). В живом виде этих рыб массой от 3 до 5 г использовали в мае и июне. Затем до середины сентября окуней кормили резаной рыбой, которая имела массу от 10 до 25 г. С 20 сентября вновь перевели хищников на потребление живой рыбы. Трехлеткам скармливали мелких отбракованных сеголеток сазана и пестрого толстолобика массой 2–7 г из прудов.

В общей сложности в эксперименте использовали 360 кг кормовой рыбы, в том числе 110 кг (30 %) живой и 250 кг (70 %) неживой. Несъеденную живую кормовую рыбу во время контрольных взвешиваний один раз в 30 суток изымали из садков и вычитали из общего количества выпущенной в садки рыбы для питания хищников. Несъеденную резаную рыбу убирали из садков один раз в 5–10 суток и также отнимали ее массу от количества заданной в садки. Предварительно пришлось приучить хищников к потреблению неживой рыбы. Окуней кормили два раза в сутки в утренние и вечерние часы, так как они обладают сумеречным зрением [10, 11]. В связи с тем, что окуни плохо подбирают резаную кормовую рыбу со дна садков, ее вносили тремя порциями с перерывом в 20–30 минут, чтобы хищники могли поймать и заглотить ее в толще воды.

При контрольных взвешиваниях производили отбор мелких отстающих в росте особей из садка с крупными рыбами в садок с мелкими и наоборот лидеров из садка с мелкими окунями к крупным. В связи с этим численность рыб в обоих садках незначительно изменялась.

Во время осенних бонитировок у 100 % китайских окуней всех возрастных групп измеряли общую длину тела рыбы АВ с точностью до 1 мм и взвешивали на электронных весах марки GAS с точностью до 2 г [4]. Кроме размерных и весовых показателей, определяли выживаемость рыбы за период зимовки и нагула и кормовые затраты на прирост. Кормовые затраты на прирост определяли путем деления количества съеденной кормовой рыбы в живом и неживом виде на общий прирост массы тела окуней в садке за исследуемый период.

Полученные данные прошли статистическую и графическую обработки в программах Microsoft Excel и BioStat. В работе используются сокращения: Lim – пределы колебаний и Cv – коэффициент вариации признака.

Результаты и их обсуждение

За 6 месяцев зимовки с ноября 2022 г. по конец апреля 2023 г. произошло снижение массы двухлеток от 3 до 7 %, причем более существенным оно было в группе крупных особей (таблица).

Результаты выращивания трехлеток китайского окуня в садках тепловодного хозяйства

| Показатели | Двухлетки, осень 2022 г. | | Двухлетки, весна 2023 г. | | Трехлетки, осень 2023 г. | |
|-------------------------------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|--------------------------|----------|
| | Крупные | Мелкие | Крупные | Мелкие | Крупные | Мелкие |
| Кол-во рыбы, экз. | 96 | 83 | 92 | 85 | 89 | 87 |
| Масса, г | 553±16 | 327±19 | 515±15 | 318±17 | 878±25 | 697±19 |
| Lim | 300-930 | 172-576 | 290-890 | 160-525 | 528-1610 | 264-1076 |
| Cv | 24,3 | 29,4 | 25,4 | 31,6 | 26,7 | 25,5 |
| Прирост, г | 387 | 268 | -38 | -9 | 363 | 379 |
| Прирост, % | 261 | 308 | -6,9 | -2,8 | 70 | 119 |
| Затраты корма, кг/кг прироста | 3,9 | 2,7 | - | - | 5,6 | 5,3 |
| Выживаемость, % | 98,9 | | 98,0 | 100 | 98,9 | 100 |

За период зимовки крупные двухлетки использовали в пищу 3,4 кг кормовой рыбы (14,8 % от посадки), или 6,4 % от осенней ихтиомассы окуней в садке. Мелкие особи использовали для питания 4,0 кг рыбы (40 % от посадки), или 14,8 % от ихтиомассы окуней.

Можно констатировать, что при зимовке в диапазоне 2–12 °С теплолюбивые хищники питались очень слабо, причем мелкие особи более активно. Однако потребление ограниченного количества пищи при низких температурах не могло компенсировать им потерю массы.

Для восстановления массы до предыдущих значений окуням потребовалось около 25 суток в течение мая 2023 г. при возрастании температуры с 12 до 20 °С. Активность питания хищников возросла при повышении температуры воды до 16 °С.

При дальнейшем выращивании в течение вегетационного периода по мере повышения температуры активность питания окуней постоянно возрастала, нормы кормления увеличивались. Максимальные приросты окуней получены в июле и августе при высоких температурах воды в диапазоне 26–29 °С. Рост трехлеток двух размерных групп в течение вегетационного сезона представлен на рис. 1.

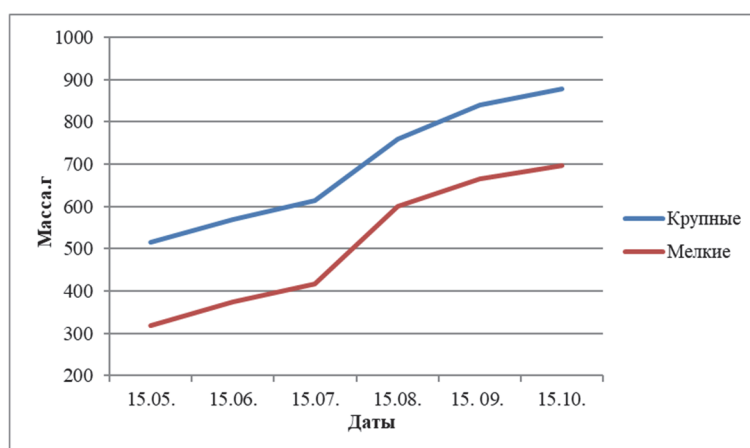


Рисунок 1 – Динамика роста трехлеток китайского окуня в садках в 2023 г.

В сентябре при снижении температуры воды приросты особей крупных и мелких размеров начали уменьшаться. Еще более пологой кривая роста стала в октябре. К середине

октября средняя масса мелких сеголеток составила около 700 г, а крупных – около 900 г при максимуме 1610 г (таблица).

Абсолютные приросты обеих групп рыб за период опыта отличались незначительно, составив 360–380 г. За 5,5 месяцев выращивания в садках абсолютный прирост группы мелких окуней превысил таковой у группы крупных особей всего на 16 г, или 4,4 %. Относительный прирост группы мелких особей приближался к 120 %, в то время как у крупных особей это значение было в 1,7 раза ниже (таблица). Если же брать приросты отдельных самых мелких и наиболее крупных окуней начальной массой 160 и 890 г, они варьируют в пределах 76–104 %. (рис. 2).



Рисунок 2 – Бонитировка группы крупных китайских окуней 15 октября 2023 г.

В классической работе Г.В. Никольского приводятся сведения о том, что рост китайского окуня в разных участках р. Амур и в оз. Ханка практически одинаков. Трехгодовалые рыбы имеют длину от кончика рыла до конца чешуйного покрова около 25 см, что соответствует массе 400–450 г [3]. Китайские ученые отмечают, что окунь-ауха имеет высокий темп роста, который зависит от количества корма, температуры и плотности посадки. В природных условиях и прудах при нормированном кормлении живой рыбой окунь может достигать 50–100 г в течение первого года жизни с мая по декабрь, массы 500 г на второй год и 1,0–1,5 кг на третий год [13]. Таким образом, темп роста трехлеток в искусственных условиях тепловодного хозяйства значительно превышает таковой в природных условиях бассейна р. Амур и близок к темпу роста в рыбоводных хозяйствах КНР.

По сравнению с двухлетками, которые получали только живую кормовую рыбу, кормовые затраты на прирост трехлетних особей, где поочередно использовалась живая и неживая рыба, и требовалось время на приучение к новому типу корма, оказались значительно выше – на 43 % у крупных окуней и 96 % у мелких. Трехлетние мелкие особи незначительно лучше утилизировали кормовую рыбу в сравнении с крупными, их кормовые затраты на прирост оказались ниже на 5,7 %. В период высоких температур в августе 2023 г. кормовые затраты на прирост обеих групп рыбы снижались до 2,1–3,7 кг/кг прироста.

За год эксперимента с осени 2002 г. погибли 3 особи из группы крупных рыб, все они были травмированы шипами своих сородичей при сортировках, пересадках и взвешиваниях.

В возрасте двухгодовиков в июле 2023 г. часть особей массой 600–1100 достигли половой зрелости и были использованы в нерестовой кампании. От их нереста комбинированным методом в бассейнах, прудах и садках за 2,5 месяца вырастили сеголеток массой от 30 до 120 г.

Заключение

В результате проведенных исследований доказана возможность выращивания товарных китайских окуней в садках тепловодного хозяйства. При использовании в качестве корма живой и неживой рыбы трехлетки окуня вырастают до 700–900 г при максимуме 1600 г. Кормовые затраты при культивировании трехлеток составляют от 5,3 до 5,6 кг/кг прироста.

Выявлено, что, несмотря на наличие кормовой рыбы в садках, зимующие двухлетки китайского окуня при низких температурах воды теряют от 3 до 7 % массы, причем значительно большее снижение массы в абсолютном и относительном выражении наблюдается у группы крупных рыб.

Для восстановления массы до предыдущих осенних значений китайским окуням требуется около 25 суток.

Активность питания теплолюбивых хищников возрастает при достижении температуры 16 °С и становится максимальной при температурах свыше 26 °С. В этот же период отмечена лучшая утилизация корма.

Выживаемость трехлетних окуней в течение эксперимента была постоянно высокой и составляла от 99 до 100 %. Отход происходил только за счет травмирования окуней острыми шипами при рыбоводных операциях.

В условиях тепловодного хозяйства часть особей китайского окуня созревают в возрасте двухгодовиков и с успехом могут использоваться для формирования ремонтно-маточного стада и получения полноценного потомства с целью восполнения численности краснокнижного вида в природных водоемах.

Библиографический список

1. Ищенко А.Н., Павлов С.Д., Рыбникова И.Г. Опыт выращивания китайского окуня в южном Приморье // Вестник КрасГАУ, 2016. № 3. С 145–150.
2. Ищенко А.Н., Рыбникова И.Г. Особенности выращивания окуня-аухи в южном Приморье // Научные труды Дальрыбвтуза. 2017. Т. 40. С. 9–12.
3. Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. Итоги Амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. М. : Изд-во АН СССР, 1956. 551 с.
4. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М. : Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
5. Рачек Е.И. Расширение спектра объектов аквакультуры России за счет ценных видов рыб амурского комплекса : материалы Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и российские разработки» (г. Ростов-на-Дону, 13–16 декабря 2017 г.) / [гл. ред. акад. Г.Г. Матишов]. Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2017. С. 371–373. ISBN 978-5-4358-0165
6. Рачек Е.И. Разведение китайского окуня (*Siniperca chuatsi*) в условиях полносистемного тепловодного хозяйства // Сборник научных трудов ВНИИПРХ. Актуальные вопросы пресноводной аквакультуры. Вып. 93. М. : Изд-во «ИП Сорокин», 2022. С. 57–68. ISBN 978-5-00201-089-9.
7. Статистические сведения по рыбной промышленности России. М. : ВНИРО, 2022. 86 с.
8. Стребкова Т.П. Повышение рыбопродуктивности водоемов за счет вселения китайского окуня-аухи (*Siniperca chua-tsi* Bas.) Информационный листок. Разработчик-лаборатория марикультуры. Ротапринт ВНИРО, 1988.
9. China Statistical Yearbook. 2020. Websit: <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/2020/Indexen.htm>.
10. Liang, X. F., Liu, J. K. & Huang, B. Y. // The role of sense organs in the feeding behavior of Chinese perch // J. Fish. Biology, 1998. Vol. 52. P. 1058–1067.
11. Liang Xu-Fang, Xiaotao Lin, Songqing Li, Jian-Kang Liu. Impact of environmental and innate factors on the food habit of Chinese perch *Siniperca chuatsi* (Basilewsky) (Percichthyidae) // Aquaculture Research. 2008. Vol. 39, No. 2. P. 150–157.

12. Rachek E.I. Cultivation of fingerlings of Chinese mandarin fish *Siniperca chuatsi* in a warm-water farm of the Russian Far East. // International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration» – Reports in English (March 31, 2022. Beijing, PRC) Beijing, China, 2022. P. 8–17. ISBN 978- 5-905695-82-7, DOI: 10.34660/INF.2022.94.86.001.

13. Kuanhong M. *Siniperca chuatsi*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Fisheries and Aquaculture Division [online]. Updated 2006-05 30 [Электронный ресурс]. Rome : FAO, 2006. URL : https://www.fao.org/fishery/en/culturedspecies/siniperca_chuatsi/en (дата обращения: 12 января 2021 года).

Андрей Анатольевич Смирнов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), Москва; Северо-Восточный государственный университет, Магадан; Дагестанский государственный университет, Махачкала, главный научный сотрудник, профессор, доцент, доктор биологических наук, Россия, Москва, Магадан, Махачкала, e-mail: andrsmir@mail.ru

Филипп Анатольевич Бурлак

Магаданский филиал ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («МагаданНИРО»), аспирант, руководитель группы морских промысловых рыб, Россия, Магадан, e-mail: Ozzy38@yandex.ru

Размерно-весовой состав желтоперой и звездчатой камбал из уловов ставного невода в Тауйской губе Охотского моря в мае-июне 2023 г.

Аннотация. На основе анализа материалов, собранных в мае-июне 2023 г. из уловов ставного невода, рассматриваются биологические показатели желтоперой и звездчатой камбал в Тауйской губе Охотского моря. Размер и масса тела рассматриваемых камбал в 2023 г. показывают стабильное состояние их запаса.

Ключевые слова: Охотское море, Тауйская губа, желтоперая камбала, звездчатая камбала, размер, масса, доля самок

Andrey A. Smirnov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow; Northeastern State University, Magadan; Dagestan State University, Makhachkala, Chief Research Officer, Professor, Associate Professor, Doctor of Biology, Russia, Moscow, Magadan, Makhachkala, e-mail: andrsmir@mail.ru

Philipp A. Burlak

Magadan Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («MagadanNIRO»), Postgraduate student, Sea Fish Team Leader, Russia, Magadan, e-mail: Ozzy38@yandex.ru

The size and weight composition of yellowfin and stellate flounders from the catches of the sat seine in the Tauy Bay of the Sea of Okhotsk in may-june 2023

Abstract. Based on the analysis of materials collected in May-June 2023 from the catches of the stave seine, the biological indicators of yellowfin and stellate flounders in the Tauy Bay of the Sea of Okhotsk are considered. The size and body weight of the considered flounders in 2023 show a stable state of their stock.

Keywords: Okhotsk Sea, Tauy Bay, yellowfin flounder, star flounder, size, weight, proportion of females

С 2004 г. в северо-западной части Охотского моря, в том числе и в Тауйской губе, начал активно развиваться промысел камбал [1, 64; 2, 39].

Известно, что в уловах в этом районе желтоперая камбала (*Limanda aspera*) занимает 85 %, звездчатая (*Platichthys stellatus*) – 9 % [3, с. 83], доля остальных незначительна.

На протяжении последних десятилетий МагаданНИРО проводит мониторинг биологического состояния дальневосточных камбал в северной части Охотского моря для оценки величины их запаса и подготовки прогнозов вылова.

В мае-июне 2023 г. сбор биологических материалов был выполнен вторым автором настоящего сообщения в прибрежной акватории Тауйской губы из уловов ставного невода, выполнявшего промышленный лов дальневосточных камбал в Амахтонском заливе Тауйской губы Охотского моря.

Всего было проанализировано 1847 экземпляров рыб: желтоперой камбалы – 947 экз., звездчатой камбалы – 900 экз.

При проведении биологических анализов и статистической обработке данных применялись общепринятые методики [4, с. 75–77; 5, с. 9–14, 85–95].

Желтоперая камбала

В уловах 2023 г. желтоперая камбала была представлена особями от 16 до 46 см (в среднем 32,8 см) и полной массой от 39 до 1014 г (в среднем 356,5 г).

Большую часть улова формировали особи размерно-весовых классов 30–40 см и 200–600 г (рис. 1).

В 2023 г. самки, в среднем так же, как и в наблюдениях прошлых лет, были крупнее самцов. У первых средняя длина и масса тела составили 35,7 см и 456,7 г, у вторых – 29,3 см и 209,7 г. Среди общего числа проанализированных особей вида превалировали самки. Их доля составила 67,2 %.

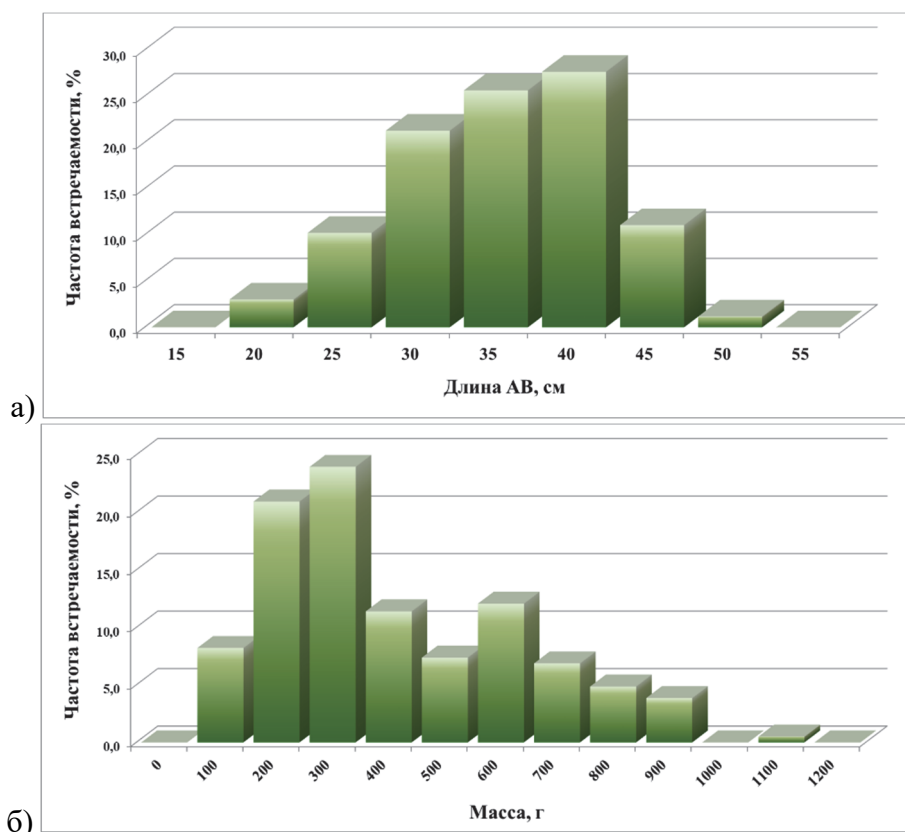


Рисунок 1 – Размерный (а) и весовой (б) состав желтоперой камбалы из уловов ставных неводов в Амахтонском заливе Тауйской губы в мае-июне 2023 г.

Звездчатая камбала

В уловах 2023 г. звездчатая камбала была представлена широким рядом размерно-весовых групп. Пределы колебаний по длине и массе тела составили 25,0–61,4 см и 172–1656 г соответственно. Средний размер и масса звездчатой камбалы составили 39,9 см и 689 г соответственно.

Доля самок составила 42,2 %. Средний размер и масса самок составили 45,1 см и 985,3 г, соответственно, самцов – 36,0 см и 472,2 г. В уловах доминировали особи размерно-весовых классов 35–50 см и 300–700 и 1200–1300 г (рис. 2).

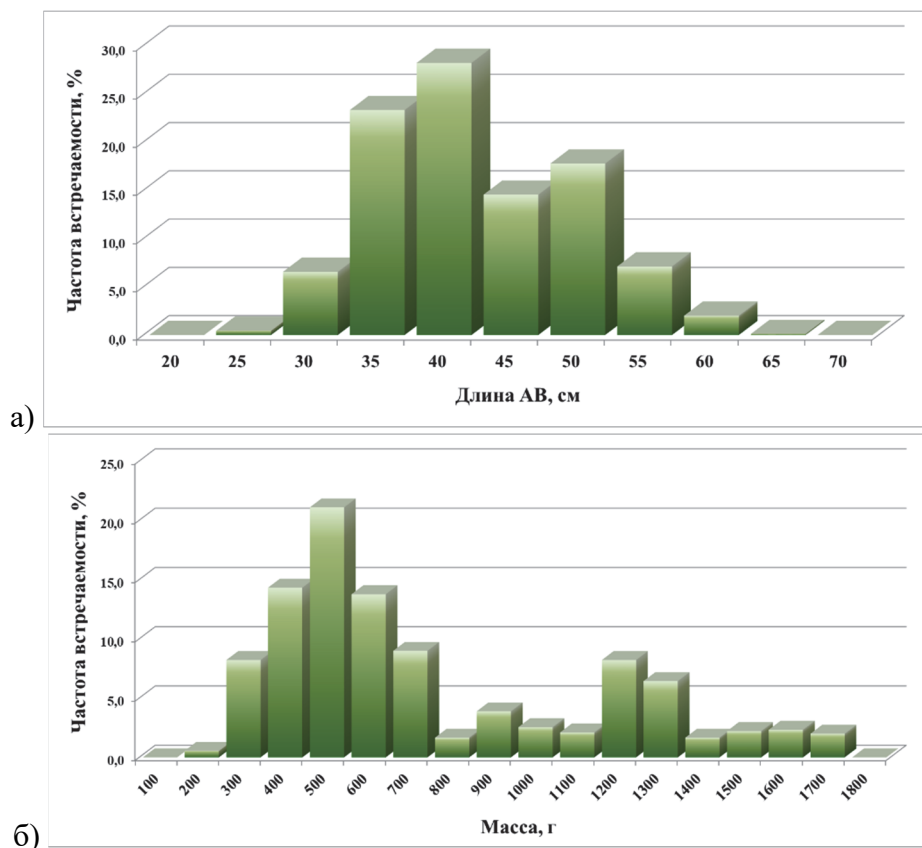


Рисунок 2 – Размерный (а) и весовой (б) состав звездчатой камбалы из уловов ставных неводов в Амахтонском заливе Таймырской губы в 2023 г.

Как было показано выше, у желтоперой камбалы в 2023 г. средняя длина тела была равна 32,8 см, масса тела – 356 г. В 2022 г. эти показатели составляли 32,9 см и 435 г, [3, с. 84], а среднемноголетние – 31,5 см и 355 г соответственно [6, с. 285]. Таким образом, размерно-весовые показатели желтоперой камбалы в Таймырской губе в 2023 г. были ниже данных 2022 г., но выше среднемноголетних значений.

У звездчатой камбалы в 2023 г. средняя длина тела была равна 39,9 см, масса тела – 689 г. В 2022 г. эти показатели составляли 37,1 см и 789 г, [3, с. 84], а среднемноголетние – 37,6 см и 731 г соответственно [7, с. 60]. Следует отметить, что длина тела звездчатой камбалы в 2023 г. была выше, чем в 2022 г. и среднемноголетние показатели, а масса тела, напротив – ниже данных 2022 г. и среднемноголетних значений.

Снижение показателей массы тела камбал в 2023 г, в сравнении с данными 2022 г., возможно, было вызвано затяжной холодной весной, когда более крупные особи совершали миграции в прибрежную зону позднее, не были обловлены ставным неводом и не попали в анализируемые материалы.

Таким образом, по нашим данным, размерно-весовые показатели желтоперой и звездчатой камбал Таймырской губы Охотского моря в 2023 г. показывают стабильное состояние их запасов.

Библиографический список

1. Юсупов Р.Р. 2014. К вопросу дифференциации запаса желтоперой камбалы *Limanda aspera* (Pleuronectidae) Северо-Охотоморского промыслового района Охотского моря // Ис-

следования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 33. С. 64–72.

2. Бурлак Ф.А., Смирнов А.А. 2022. Эксплуатируемые промыслом дальневосточные камбалы северной части Охотского моря: экология, современное состояние запаса и перспективы промысла // Рыбное хозяйство. № 2. С. 38–41.

3. Бурлак Ф.А., Смирнов А.А. 2023. Основные биологические показатели желтоперой и звездчатой камбал в Тауйской губе Охотского моря в июне-сентябре 2022 г. // Материалы Национальной научно-технической конференции «Научно-практические вопросы регулирования рыболовства». Владивосток : Дальрыбвтуз. С. 83–85.

4. Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть. 376 с.

5. Плохинский Н.А. 1970. Биометрия. М.: Изд. МГУ. 367 с.

6. Бурлак Ф.А., Смирнов А.А. 2020. К вопросу о промысле дальневосточных камбал в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря // Материалы XXI Международной научной конференции «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс. 2020. С. 283–286.

7. Бурлак Ф.А., Смирнов А.А. 2020. Изменения биологических показателей основных промысловых видов камбал: звездчатой (*Platichthys stellatus*), желтоперой (*Limanda aspera*), желтобрюхой (*Pleuronectes quadrituberculatus*), обитающих в северной части Охотского моря // Материалы VIII Межрегиональной конференции молодых учёных, приуроченной к 60-летию юбилею Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института им. Н.А. Шило ДВО РАН. Вып. 8. Магадан. С. 59–62.

Елена Валерьевна Смирнова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат биологических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: smirnova.ev@dgtru.ru

Екатерина Вадимовна Колтун

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, ВБМ-112, Россия, Владивосток, e-mail: Kate-and-Nastya@mail.ru

Структура скоплений минтая *Theragra chalcogramma* в Южно-Курильской зоне

Аннотация. Исследованы аллометрия роста, соотношение полов, состояние гонад и печени, степень наполнения желудков минтая в заливе Простор, проливе Кунаширский и в тихоокеанских водах, омывающих Южные Курильские острова. Работы проводились в весенний период 2012 г.

Ключевые слова: биологический анализ, гонадосоматический индекс, минтай, *Theragra chalcogramma*, гепатосоматический индекс, Южные Курильские острова

Elena V. Smirnova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: smirnova.ev@dgtru.ru

Ekaterina V. Koltun

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student, VBm-112, Russia, Vladivostok, e-mail: Kate-and-Nastya@mail.ru

Structure of pollock clusters *Theragra chalcogramma* in the South Kuril zone

Abstract. The growth allometry, sex ratio, the state of gonads and liver, the degree of filling of pollock stomachs in the Prostor Bay, Kunashirsky Strait and in the Pacific waters washing the southern Kuril Islands were studied. The work was carried out in the spring of 2012.

Keywords: biological analysis, gonadosomatic index, pollock, *theragra chalcogramma*, hepatosomatic index, Southern Kuril Islands

Важнейшим объектом отечественного и мирового рыболовства и одним из наиболее массовых видов рыб Северной Пацифики является минтай *Theragra chalcogramma*. Основные ресурсы этого вида, в пределах исключительной экономической зоны (ИЭЗ) России, сосредоточены в северной части Охотского моря, в тихоокеанских водах Северных Курил и Камчатки, а также в западной части Берингова моря [1].

Особенности экологии вида: длительный нерест (до 4–5 месяцев), сочетающийся с многократным выметом икры каждой самкой; пелагическая икра и длительная планктонная стадия в онтогенезе; высокая миграционная активность взрослых особей, осваивающих расстояние в смежные сезоны до 2 тыс. миль [2].

Центр воспроизводства южнокурильской популяции минтая располагается в Кунаширском проливе, Охотоморский и тихоокеанские участки – у Южных Курильских островов. Влияние течения Соя обеспечивает дрейф икры и личинок преимущественно вдоль охотоморского побережья Южных Курильских островов. Здесь образуются плотные концентрации производителей и наиболее значительные скопления развивающейся икры [3,4].

Актуальность проведенного исследования обусловлена тем, что съемкой были охвачены все основные скопления минтая в Южно-Курильском районе. Это дает возможность сравнения биологических характеристик минтая по отдельным подрайонам: тихоокеанские воды, где в основном обитает молодь минтая, и нерестилища с Охотоморской стороны Южных Курил – Кунаширский пролив и залив Простор. Чаще в период проведения исследований район закрыт тяжелыми наносными льдами, которые дрейфуют из северной части Охотского моря. Благоприятная ледовая обстановка 2012 г. позволила охватить съемкой практически весь стандартный полигон.

Цель данного исследования – охарактеризовать биологическое состояние скоплений минтая в заливе Простор, проливе Кунаширский и в Тихоокеанских водах Южных Курильских островов.

Основными звеньями циркуляционной системы Южно-Курильского района являются холодные течения Курильское и Ойясио и теплые Соя и Куроисио [5], влияние которых распространяется на обширную область от глубоководной котловины Охотского моря до тихоокеанского побережья и открытых вод Тихого океана восточнее Японии.

Материалы и методики исследования

Сбор материала осуществлялся в районе Южных Курильских островов в 2012 г. Исследования были выполнены в период с 23 марта по 8 апреля на НИС «Профессор Кагановский». Из каждого трала брали 300 экз. минтая для промера со вскрытием и определения пола и стадий зрелости половых продуктов. Помимо этого проводился сбор биостатистических данных по групповому способу – 10 экз. минтая из каждого сантиметрового класса для каждого из трех подрайонов. Полный биологический анализ включал определение пола и стадии зрелости гонад, взвешивание гонад и печени, определение степени наполнения желудка.

Биологический анализ минтая выполняли по общепринятым ихтиологическим методикам [6]. Пол рыбы и стадии зрелости гонад определялись визуально по 6-балльной шкале Киселевича [7]; степень наполнения желудка (кишечника) – также определялось визуально (по 5-балльной шкале Лебедева) [8]. Гонадо-соматический индекс (ГСИ) рассчитывался, как доля массы гонад от массы тела; гепатосоматический индекс (ГПСИ) – как доля массы печени от соматической массы тела.

Материал, положенный в основу работы

| Район | Рейс | Дата | Количество биологических анализов, экз. |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|---|
| Южные Курильские острова: | НИС «Проф. Кагановский» | 23.03.–8.04.2012 г | 898 |
| Залив Простор | | 5.04–8.04 | 267 |
| Пролив Кунаширский | | 1.04–4.04 | 330 |
| Тихоокеанские воды | | 23.03–31.03 | 301 |

Статистическая обработка материала и оформление производились с помощью персонального компьютера и программ Word и Excel.

Авторы выражают глубокую благодарность Овсянниковой Светлане Леонидовне, сотруднику ТИНРО за материалы, предоставленные для обработки.

Результаты исследования

В процессе взросления минтая происходят изменения линейно-весовых показателей рыб. В начале жизни увеличивается длина, а затем, как правило, после достижения возраста полового созревания, начинает нарастать масса тела.

Зависимость длина – масса минтая, по данным полного биологического анализа, в 2012 г. в заливе Простор описывается уравнением степенной функции вида: $y = 3E-06x^{3,1375}$ ($R^2 = 0,93$) (рис. 1 А), где x – длина, y – масса. В Кунаширском проливе уравнение имеет вид $y = 2E-05x^{2,7692}$ $R^2 = 0,8957$ (рис. 1 Б), в тихоокеанских водах – $y = 6E-06x^{2,9926}$ $R^2 = 0,9681$ (рис. 1 В).

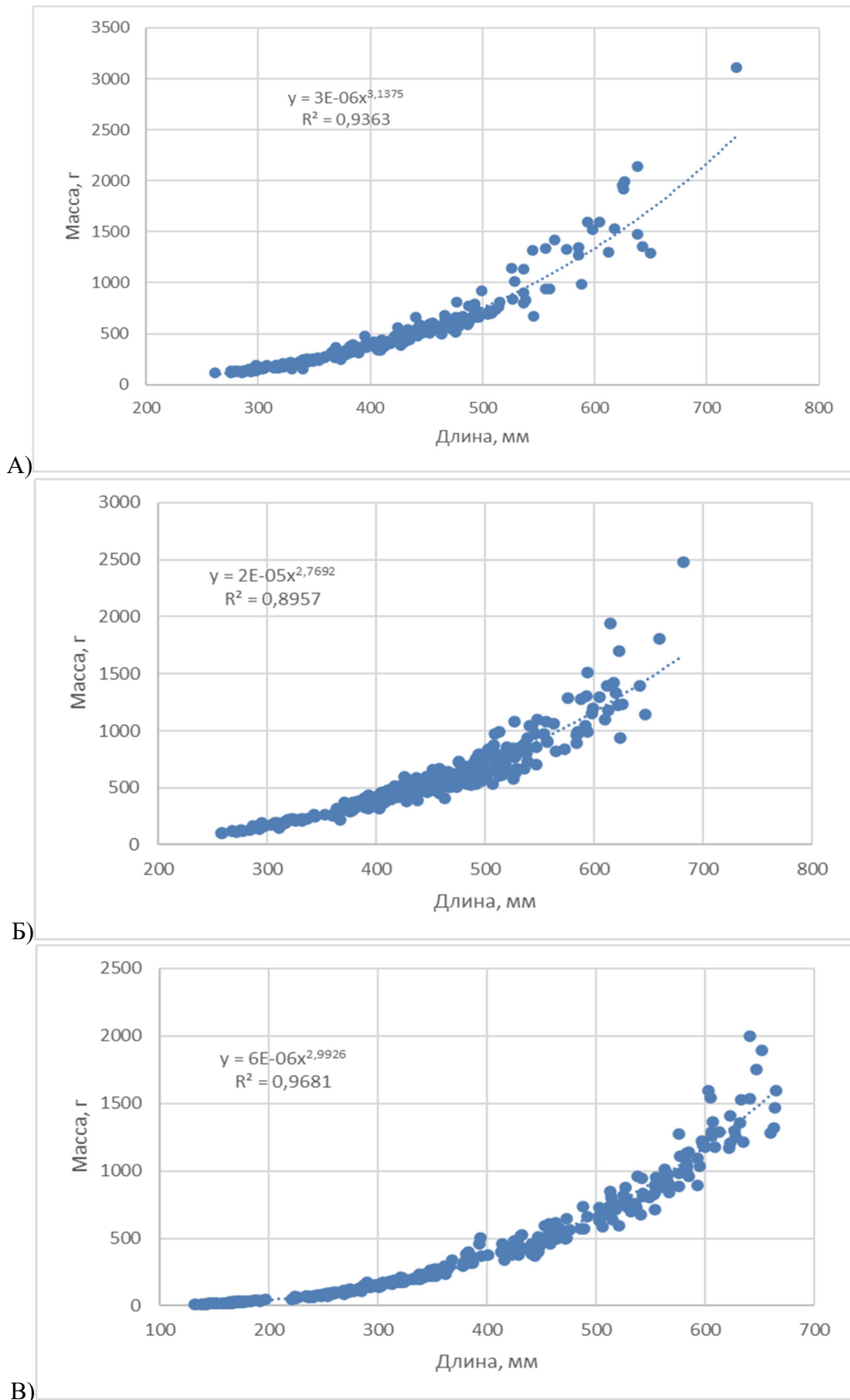


Рисунок 1 – Зависимость длина – масса мятая в районе Южных Курильских островов весной 2012 г.: А – залив Простор, Б – пролив Кунаширский, В – Тихоокеанские воды

Рост массы рыб в заливе Простор характеризовался положительной аллометрией, в Кунаширском проливе и в тихоокеанских водах – отрицательной (рис. 1). Более высокая масса минтая в заливе Простор, при одной и той же длине обусловлена тем, что большинство рыб в заливе находилось в преднерестовом состоянии и имели высокую массу гонад. Это сказывалось на общей массе рыб. Величина коэффициента корреляции (0,8-0,9) для всех трех зависимостей позволяют использовать полученные уравнения для построения размерно-массовых ключей.

Половой состав, степень зрелости гонад и гонадосоматический индекс

Соотношение полов минтая на нерестилищах в заливе Простор и в проливе Кунаширский было в пользу самок. Такое соотношение полов соответствует пику или концу нереста минтая, так как в начале нереста доминируют самцы, а по мере развития нереста самки начинают преобладать в уловах.

В прилегающих к Южным Курильским островам водах Тихого океана преобладание самок над самцами было менее значительным. Соотношение полов минтая было приближенно 1:1 и определялось в основном тем, что в этом районе доминирует молодь (рис. 2).

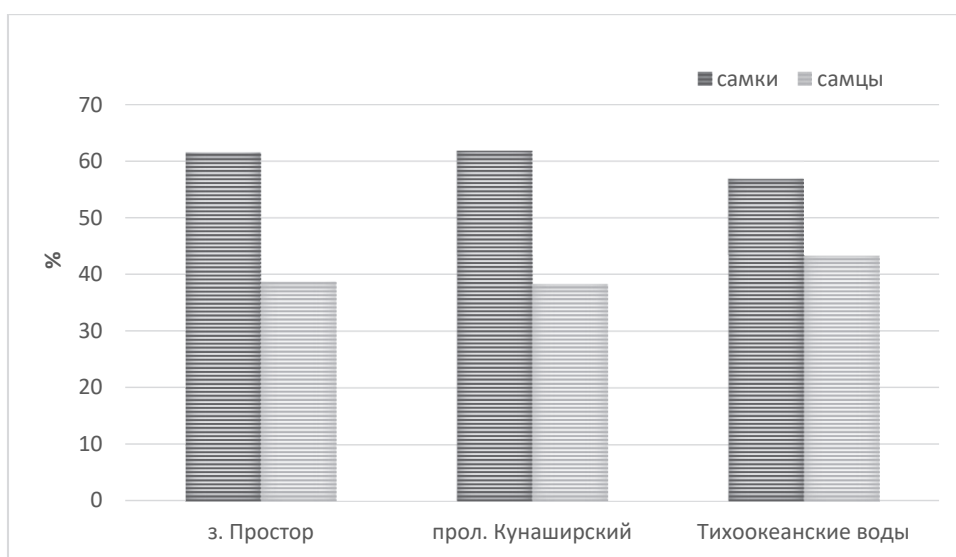


Рисунок 2 – Соотношение полов минтая в районе Южно-Курильского района весной 2012 г.

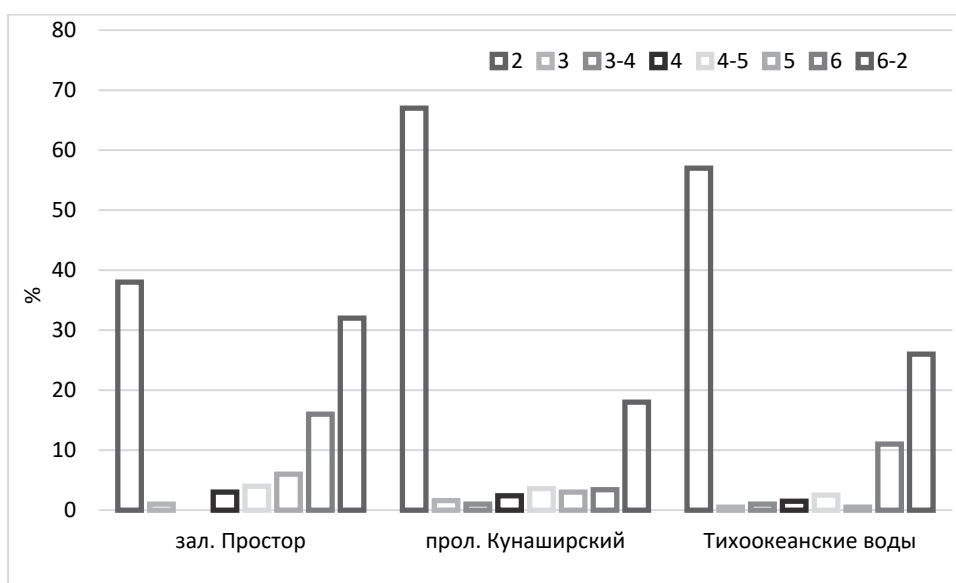


Рисунок 3 – Стадии зрелости гонад минтая (по 6-балльной шкале) в районе Южных Курильских островов весной 2012 г.

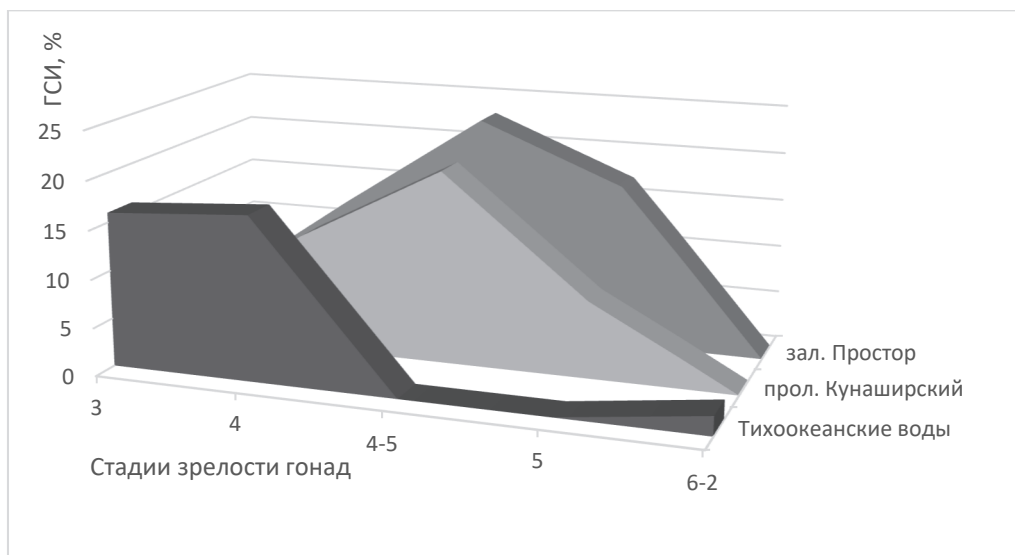


Рисунок 4 – Динамика гонадосоматического индекса самок минтая Южных Курильских островов по мере созревания гонад

В 2012 г. самки и самцы, находящиеся на раннем этапе созревания гонад, облавливались в основном в заливе Простор и в тихоокеанских водах ЮКР. В проливе Кунаширский также большинство рыб имели II стадию, а 32 % уже отнерестились (VI–II стадия зрелости гонад). В Тихоокеанских водах большинство половозрелых особей имело II и VI–II стадию зрелости гонад (рис. 3).

Гонадосоматический индекс возрастал по мере созревания гонад до 20–23 % и резко падал после нереста (на VI–II стадии зрелости гонад).

Динамика ГСИ показывает, что в заливе Простор наблюдался пик нереста на момент съемки, в Кунаширском проливе нерест подходил к концу, а в тихоокеанских водах концентрируется или преднерестовый минтай или отнерестившийся на двух вышеназванных нерестилищах.

Наполнение желудка. В заливе Простор и в проливе Кунаширский большинство особей минтая имело 1 балл наполнения желудка (рис. 5).

В тихоокеанских водах накормленность рыб была лучше, 1 балл наполнения желудка был отмечен у 43 % рыб. Наполнение желудка 2 балла составляло 20–30 %. Наполнение в 3–4 балла не превышало 9 % на нерестилищах, а в районе обитания молоди достигало 20 %.

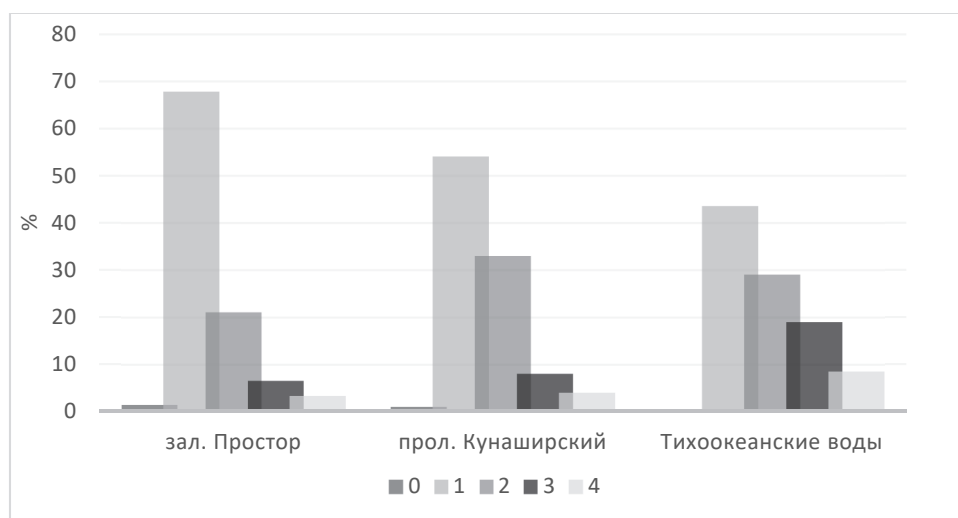


Рисунок 5 – Степень наполнения желудков минтая (по 5-балльной шкале) в районе Южных Курильских островов весной 2012 г.

Гепатосоматический индекс

У минтая, как и всех тресковых рыб, жир аккумулируется исключительно в печени. Гепатосоматический индекс характеризует расход жира на созревание половых продуктов.

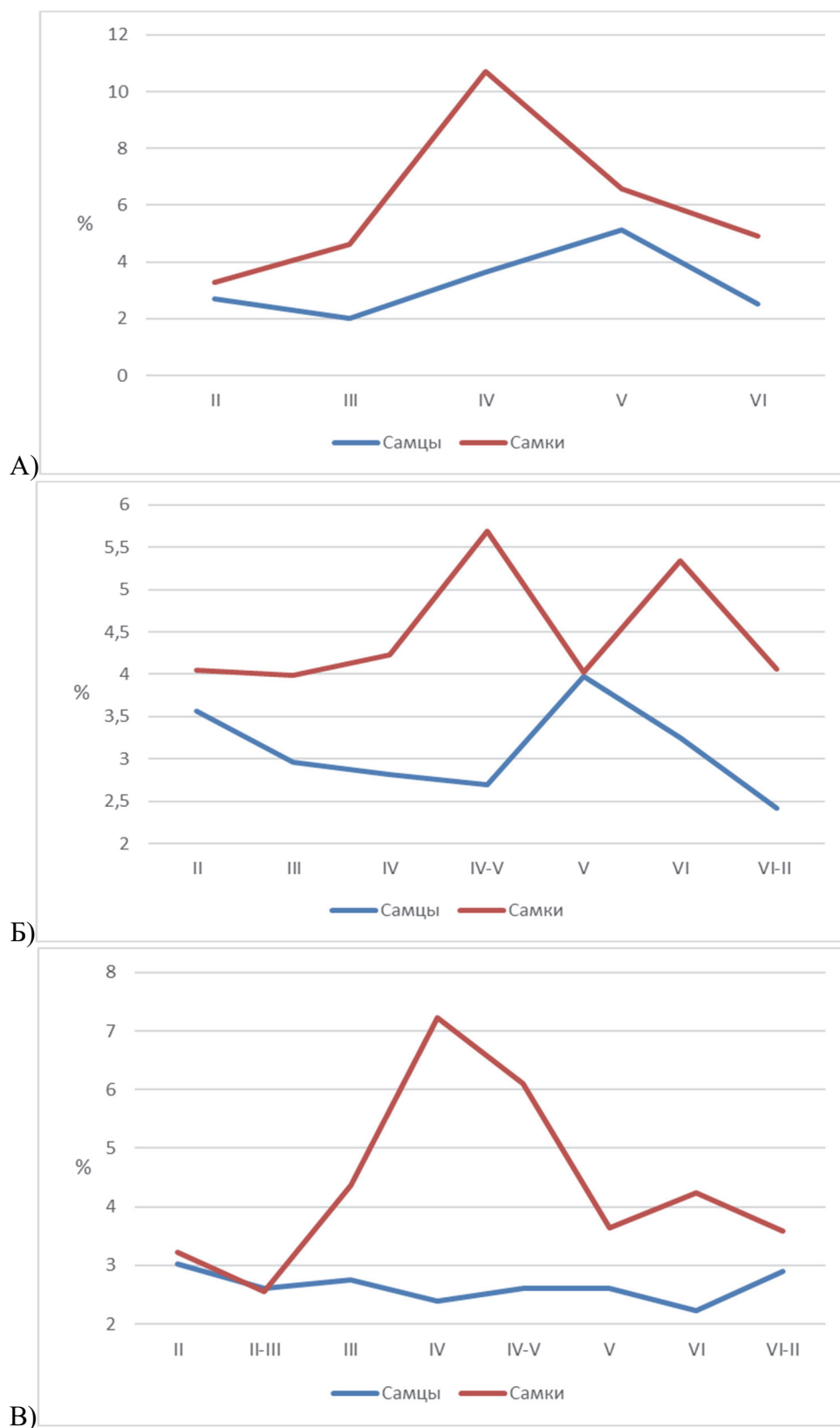


Рисунок 6 – Динамика гепатосоматического индекса минтая в районе Южных Курильских островов по мере созревания гонад: А – залив Простор, Б – пролив Кунаширский, В – Тихоокеанские воды

Гепатосоматический индекс (ГПСИ) минтая у Южных Курильских островов в 2012 г. варьировал от 2 % до 11 %.

ГПСИ в заливе Простор варьировал от 2 до 11 %. Максимальным индекс был на стадии зрелости IV, когда гонады почти достигают предельного веса. Во время нереста (ст. V) и сразу после него (ст. VI) индекс снизился до 2,5 % у самцов и до 4,5 % у самок (рис. 5 А).

В Кунаширском проливе ГПСИ составлял от 2,5 до 5,8 %. Наибольшим гепатосоматический индекс был отмечен на стадии зрелости IV–V, а во время нереста (ст. V) и сразу после него (ст. VI) индекс снизился до 2,5 % у самцов и до 4,1 % у самок (рис. 5 Б). С тихоокеанской стороны Южных Курильских островов ГПСИ составлял от 2,2 до 7,2 %. Во время нереста (ст. V) и сразу после него (ст. VI) индекс снизился до 2,2 % у самцов и до 4,2 % у самок (рис. 6 В).

Таким образом, во всех подрайонах рост ГПСИ наблюдался на преднерестовых стадиях зрелости, а во время нереста или сразу после него – резкое снижение.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Рост массы минтая в заливе Простор характеризовался положительной аллометрией, в Кунаширском проливе и в тихоокеанских водах Южных Курильских островов – отрицательной. Различия в форме кривых зависимости массы от длины обусловлены состоянием гонад и долей молодых неполовозрелых рыб.

2. В весенний период 2012 г. в тихоокеанских водах Южных Курильских островов концентрировалась в основном неполовозрелая молодь и часть преднерестового и отнерестившегося минтая. В заливе Простор происходил активный нерест, в Кунаширском проливе нерест практически закончился, а доля молоди была незначительной.

Библиографический список

1. Зверькова Л.М. Характеристика минтая западной части ареала (Охотское море, Северная часть Японского моря, Тихий океан у побережья Южных Курил) // Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. Т. 2. Южно-Сахалинск : СахНИРО, 1999. С. 7–26.

2. Шунтов В.П., Волков А.Ф., Темных О.С., Дулепова Е.П. Минтай в экосистемах дальневосточных морей. Владивосток : ТИНРО, 1993. 426 с.

3. Зверькова Л.М. Внутривидовая структура минтая в Охотском море // Экология, запасы и промысел минтая. Владивосток : ТИНРО, 1991. С. 41–56.

4. Кагановская С.М. Минтай (*Theragra chalcogramma*): отчет о НИР / ТИНРО. № 3313. Владивосток, 1948. С. 30.

5. Истоки Ойясио / под. ред. В.Р. Фукс, А.Н. Мичурин, СПб., 1997, 248 с.

6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М. : Пищ. пром-сть, 1996. С. 376.

7. Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. Камчат. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. 2011. Вып. 23. С. 33–69.

8. Чучукало В.И. Питание и пищевые отношения nekтона и nekтобентоса в дальневосточных морях : монография. Владивосток : ТИНРО-центр, 2006. 484 с.

Кирилл Олегович Тевс

Научно-образовательный комплекс «Приморский океанариум» – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: tevs.kirill.95@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8893-1720

**Развитие фитопланктона Амурского залива в летний период 2020 г.
(залив Петра Великого, Японское море)**

Аннотация. Представлены сведения о доминирующих видах и количественных показателей развития фитопланктона прибрежных вод Амурского залива (гавань Спортивная) в летний период 2020 г. Общая численность микроводорослей изменялась от 97,9 тыс. кл./л до 3,5 млн кл./л, биомасса – от 0,6 г/м³ до 2,8 г/м³. Динамика фитопланктона была обусловлена двумя пиками увеличения численности и биомассы. С использованием методов световой и электронной микроскопии представлены описания морфологии видов-доминантов: *Skeletonema dohrnii*, *Mediolabrus comicus* и видов рода *Thalassiosira*.

Ключевые слова: фитопланктон, количественные характеристики, гавань Спортивная, залив Петра Великого, Японское море

Kirill O. Tevs

Primorsky Aquarium, Russia, Vladivostok, Senior Specialist, e-mail: tevs.kirill.95@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8893-1720

**The development of phytoplankton of the Amur Bay in the summer of 2020
(Peter the Great Bay, Sea of Japan)**

Abstract. This paper presents results of the study of the dominant types and quantitative indicators of phytoplankton development in the coastal waters of the Amur Bay (Sportivnaya Harbor) in the summer of 2020 are presented. The overall cell abundance ranged from $97,9 \times 10^3$ to $3,5 \times 10^6$ cells/L; the total phytoplankton biomass – from 0,6 g/m³ to 2,8 g/m³. The dynamics of phytoplankton was caused by two peaks of increase in abundance and biomass. Using the methods of light and electron microscopy, descriptions of the morphology of dominant species are presented: *Skeletonema dohrnii*, *Mediolabrus comicus* and species of members of *Thalassiosira*.

Keywords: phytoplankton, phytoplankton abundance, Sportivnaya Harbour, Peter the Great Bay, Sea of Japan

Введение

Гавань Спортивная вдаётся в юго-восточный берег Амурского залива к северу от мыса Боброва [8]. Интерес к данному району обусловлен близким расположением к городской зоне, он является одним из любимых мест отдыха горожан и одновременно – стоянкой спортивных судов. Кроме того, гавань подвержена влиянию сброса сточных вод и плоскостного смыва. Вместе со стоком в прибрежные воды поступает избыточное количество биогенных элементов (в первую очередь фосфатов) и нестойкие органические вещества [13], которые могут привести к усиленному развитию фитопланктона и ухудшению каче-

ства морских вод, т.е. к эвтрофированию. Интенсивный сброс биогенов в море можно рассматривать как один из наиболее опасных факторов антропогенного воздействия [6, 10].

Для экологической оценки прибрежных морских акваторий широко используют показатели развития фитопланктона, что обусловлено его положением как автотрофного продуцента в основании экологической пирамиды [4]. В загрязненных водах наблюдается нарушение классической схемы развития микроводорослей, прослеживается тенденция увеличения случаев «цветения» воды, происходит замещение диатомового планктона жгутиковыми водорослями, развитие потенциально-токсичных и вредоносных видов [5, 14, 17].

Целью данной работы является изучение количественных характеристик и таксономического состава фитопланктона гавани Спортивная в летний период 2020 г.

Материал и методы

В основу работы легли сборы фитопланктона, выполненные на мониторинговой станции гавань Спортивная (43°07'16" / 131°52'27") в июне–августе 2020 г. (рис. 1).

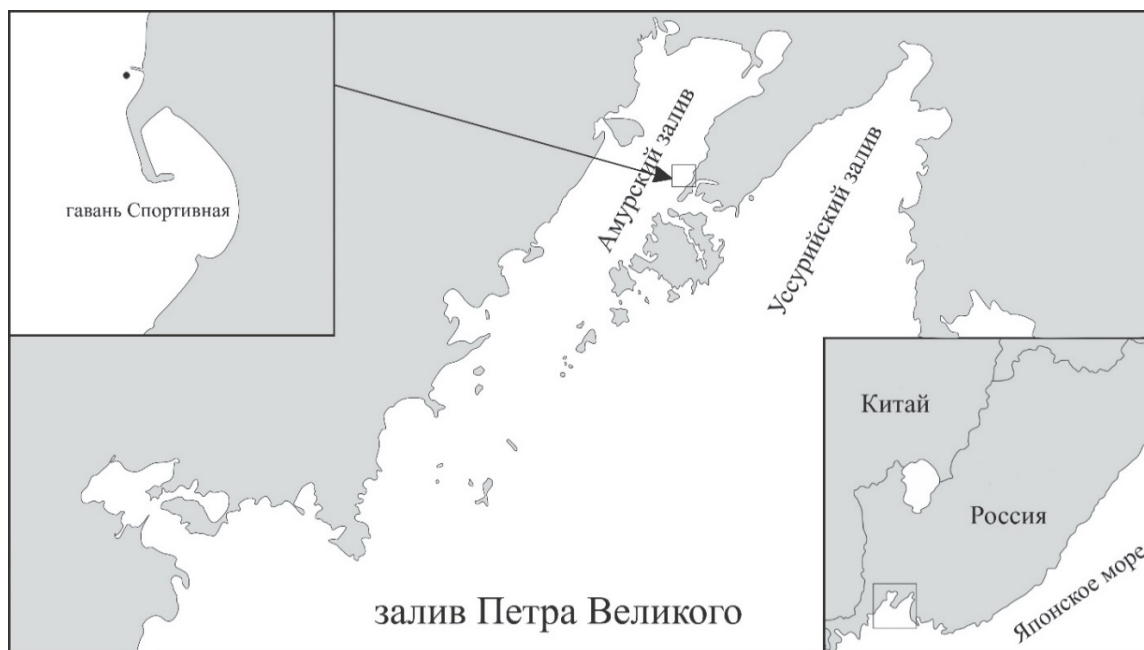


Рисунок 1 – Карта-схема района исследования

Сбор проб проводили два раза в месяц при помощи 5-литрового батометра Нискина с горизонта 0,5 м. Одновременно с отбором проб измеряли температуру и соленость поверхностного слоя воды с помощью многопараметрического зонда HORIBA U-52G (HORIBA, Ltd., Kyoto, Япония). Для исследования микроводорослей пробы объемом 1 л фиксировали раствором Утермеля до бледно-желтого цвета и концентрировали методом осаждения [21]. Определение количества клеток нанопланктона проводили в камере типа Нажжота объемом 0,05 мл [12]. Микропланктон подсчитывали в камере «Сэдвик-Рафтер» (Sedgewick Rafter Counting cells) объемом 1 мл. Биомассу микроводорослей рассчитывали, исходя из значений клеточных объемов методом геометрического подобия [2, 3, 9], используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток каждого вида [18, 20]. Вид считали доминирующим, если его численность или биомасса превышает 20 % от общей численности или биомассы фитопланктона соответственно [7]. Видовую идентификацию фитопланктона проводили с помощью светового микроскопа (СМ) Carl Zeiss Scope A1. (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Германия) с использованием объективов x10, x20 и x40. Тонкую структуру панциря доминирующих видов изучали с помощью трансмиссионного электронного микроскопа (ТЭМ) Carl Zeiss Libra 120 (Carl Zeiss Microscopy GmbH, Jena, Германия).

Результаты и обсуждения

Количественные характеристики фитопланктона

Анализ количественных данных показал, что с июня по август 2020 г. численность фитопланктона изменялась в широких пределах – от 97,9 тыс. кл./л до 3,5 млн кл./л, биомасса – от 0,6 г/м³ до 2,8 г/м³. Максимальную численность и биомассу микроводорослей отмечали в конце июля (табл. 1).

Динамика численности микроводорослей характеризовалась двумя пиками. Первый менее значительный пик отмечали в июне ($t_{\text{воды}} = 18,0^{\circ}\text{C}$; $S = 22,0\%$), в период развития диатомей *Thalassiosira tenera*, *T. pseudonana*, *Mediolabrus comicus* (суммарная численность видов 194,7 тыс. кл./л) и *Skeletonema dohrnii* (200,4 тыс. кл./л). Второй пик регистрировали в августе, в планктоне преобладал исключительно *S. dohrnii*. Численность вида достигала 3,0 млн кл./л при температуре поверхностного слоя воды 23,1°C и солености 25,0‰.

Динамика биомассы микроводорослей совпадала с динамикой численности. В июне основу биомассы фитопланктона составляли динофитовые водоросли *Diplopsalis lenticula* достигая 0,5 г/м³. В августе пик был обусловлен массовым развитием *S. dohrnii*, биомасса которого достигала 1,7 г/м³.

Таблица 1 – Количественные характеристики различных классов микроводорослей поверхностного горизонта воды гавани Спортивная (Амурский залив) в летний период 2020 г.

| Класс | Численность, тыс. кл./л | Биомасса г/м ³ |
|-------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Bacillariophyceae | $\frac{11,1-3231,1}{777,6}$ | $\frac{42,7-2577,9}{939,5}$ |
| Dinophyceae | $\frac{8,4-45,3}{48,0}$ | $\frac{125,7-828,0}{377,4}$ |
| Chrysophyceae | $\frac{0,2-0,5}{0,4}$ | $\frac{3,0-7,4}{5,2}$ |
| Cryptophyceae | $\frac{9,1-121,8}{43,6}$ | $\frac{0,2-3,3}{1,2}$ |
| Euglenophyceae | $\frac{0,4-5,2}{2,0}$ | $\frac{0,4-5,5}{2,0}$ |
| Общее | $\frac{97,9-3482,1}{832,9}$ | $\frac{565,0-2752,0}{13121,0}$ |

Доминирующие виды микроводорослей

Состав доминирующего комплекса микроводорослей исследуемого района насчитывал 14 видов. По численности доминировали – 8 видов; по биомассе – 11 видов (табл. 2). Виды-доминанты, отмеченные в районе исследования, составляли 21,5% от суммарного количества обнаруженных таксонов.

Среди видов-доминантов отмечали таксоны известные как вредоносные и потенциально-токсичные. Среди вредоносных видов выделялся род *Thalassiosira*. Известно, что представители рода в период массового развития могут забивать жабры рыб и прокалывать щетинками клетки жаберного эпителия, тем самым способствуя замору рыбы [16]. К потенциально токсичным представителям относились виды рода *Pseudo-nitzschia*, являющиеся продуцентами домоевой кислоты и ее производных и *Prorocentrum* – продуценты DSP-токсина. Однако численность клеток данных видов не достигала опасного уровня, способного представлять угрозу как для человека, так и для гидробионтов.

Большинство видов-доминантов широко распространены и преобладают как в планктоне залива Петра Великого [1, 11], так и в умеренных широтах Мирового океана [15, 19].

Таблица 2 – Количественные характеристики (% от общей численности и биомассы) доминирующих видов фитопланктона гавани Спортивная в период исследования

| Таксон | Численность, % | Биомасса, % |
|---|----------------|-------------|
| Bacillariophyceae | | |
| <i>Chaetoceros pseudocrinitus</i> | 55,1 | 48,1 |
| <i>Ditylum brightwellii</i> | – | 30,1 |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> | 42,5 | – |
| <i>Rhizosolenia setigera</i> | – | 24,9–27,3 |
| <i>Skeletonema dohrnii</i> | 33,7–87,0 | 63,4 |
| <i>Thalassiosira tenera</i> , <i>T. pseudonana</i> , <i>Mediolabrus comicus</i> | 35,1–47,3 | 23,2–34,1 |
| Dinophyceae | | |
| <i>Diplopsalis lenticula</i> | – | 28,3 |
| <i>Gyrodinium fusiforme</i> | – | 31,0 |
| <i>Prorocentrum micans</i> | – | 25,5 |
| <i>Prorocentrum triestinum</i> | 31,5 | – |
| <i>Protoperidinium pentagonum</i> | – | 46,4 |
| Cryptophyceae | | |
| <i>Plagioselmis prolonga</i> | 35,2 | – |

Морфологическое описание видов-доминантов

Ниже приводим морфологическое описание некоторых видов, доминирующих в районе исследования.

Skeletonema dohrnii Sarno & Kooistra.

Клетки шириной 4–6 мкм, 4,2–30 мкм высотой, с пояска прямоугольной формы с закругленными краями. Колонии цепочкообразные, прямые, до 30 клеток (рис. 2-1). Каждая клетка содержит один или два хлоропласта. Двугубый вырост различной формы, на конечной створке в виде длинной трубки, расположен близко к центру, на промежуточной – в форме низко вытянутой трубки, расположен близко от края. Краевые выросты длинные, прямые, количество варьируется от 12 до 16 на каждой створке (рис. 2-2). На промежуточных створках краевые выросты соединяются расклеванными концами; место соединения в форме узелка (рис. 2-3).

Mediolabrus comicus (Takano) Yang Li.

Диаметр клетки в пределах от 2 до 4 мкм. У клеток большего диаметра (5 мкм и более) поверхность мантии плоская или слегка куполообразная, по мере уменьшения диаметра приобретают сферическую форму. Наружная часть створки имеет крупные выросты, состоящие из центральной римопортулы, окруженной 2–4 выростами, имеющих рифленую трубчатую структуру высотой более 0,5 мкм (рис. 2-4).

Thalassiosira pseudonana Hasle & Heimdal.

Диаметр клетки 4–6 мкм. Наружная поверхность состоит из 5–7 в 1 мкм радиальных ребер. Центральный вырост смещен от центра в количестве 1–2, редко отсутствует (рис. 2-5). Кольцо краевых выростов насчитывает 10–15 в 10 мкм, каждый из которых – в виде короткой трубки. Двугубый вырост один, в кольце краевых выростов.

Thalassiosira tenera Proschkina-Lavrenko.

Створки в диаметре 9–32 мкм, высотой 8–10 мкм, с поверхности створки имеют округлую форму, с пояска прямоугольную. Клетки одиночные или соединены в колонии по две. В каждой клетке многочисленные мелкие хлоропласты. Центральный вырост короткий, не выходит за пределы створки с 3–4 сопутствующими порами (рис. 2-6). Кольцо краевых выростов с частотой 3–4 в 10 мкм расположено на границе загиба створки. Двугубый вырост одиночный, расположен в кольце краевых выростов. С наружной поверхности створки имеет цилиндрическую или сплюснутую с боков форму, с внутренней – сильно сплюснутую.

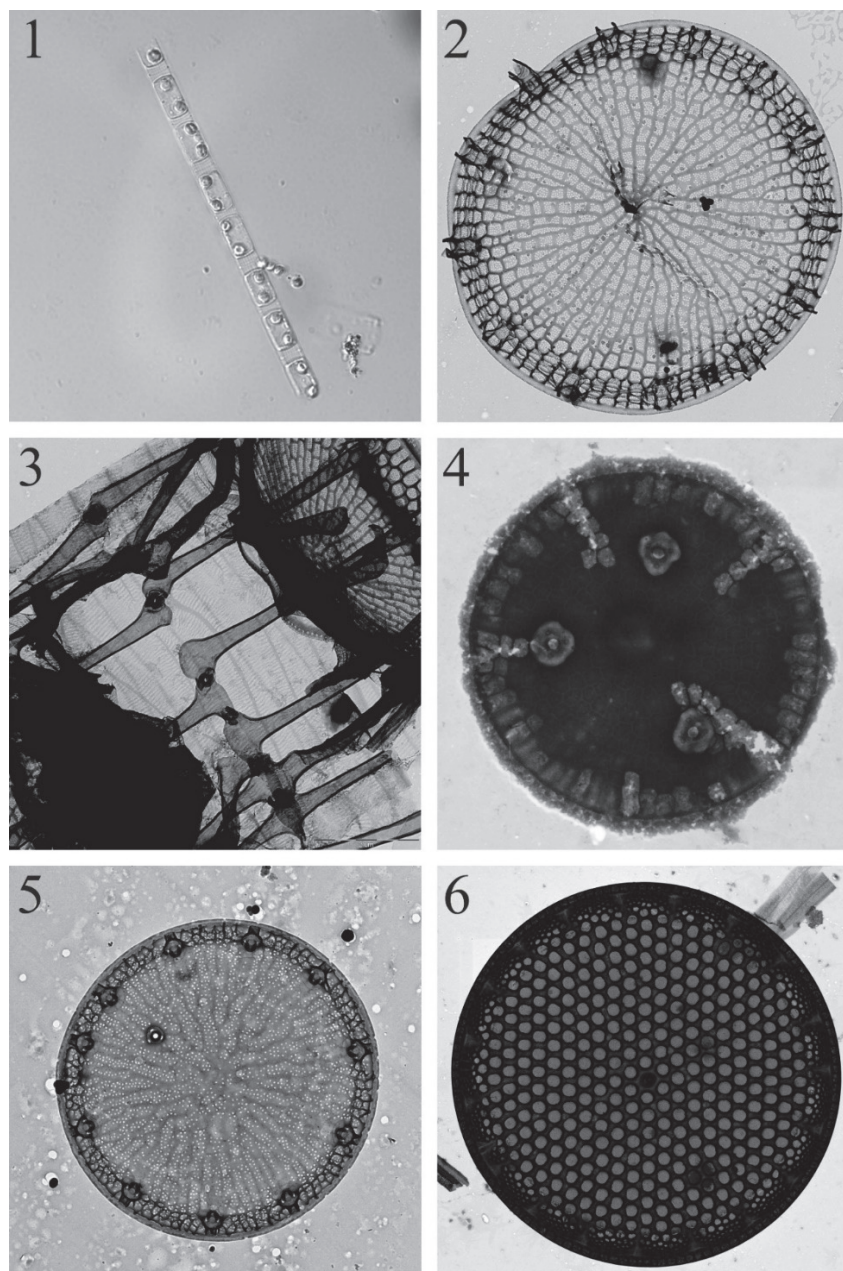


Рисунок 2 – Виды-доминанты отмеченные в районе исследования: 1–3 – *Skeletonema dohrnii*, 4 – *Mediolabrus comicus*, 5 – *Thalassiosira pseudonana*, 6 – *Thalassiosira tenera*; 1 – СВ, 2–6 – ТЭМ

Заключение

Исследование фитопланктона гавани Спортивная показало, что состав альгофлоры включал виды, известные как вредоносные и потенциально токсичные, однако численность и биомасса данных видов находилась на уровне, не способном нанести серьезный вред флоре данной акватории. «Цветение» воды, обусловленное массовым развитием микроводорослей, было отмечено единожды. В фитопланктоне наблюдали массовое развитие рода *Skeletonema*, представители которого известны как индикаторы неблагоприятного экологического состояния вод.

Для более достоверных выводов относительно степени антропогенного загрязнения и сезонной динамики количественных характеристик необходимы дальнейшие исследования микроводорослей синхронно с параметрами водной среды.

Благодарности

Работа выполнена в Центре коллективного пользования «Приморский океанариум» ННЦМБ ДВО РАН (г. Владивосток).

Библиографический список

1. Бегун А.А. Фитопланктон бухты Золотой Рог и Уссурийского залива (Японское море) в условиях антропогенного загрязнения // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 320–344.
2. Брянцева Ю.В. К методике расчета объема клеток фитопланктона // Труды ЮгНИРО. 1996. № 42. С. 195–199.
3. Брянцева Ю.В., Лях А.М., Сергеева А.В. Расчёт объёмов и площадей поверхности одноклеточных водорослей Чёрного моря. Севастополь : НАН Украины, 2005. 25 с.
4. Гольдин Е.Б. Биологическая активность микроводорослей и ее значение в межвидовых взаимоотношениях // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2013. Вып. 9. С. 49–76.
5. Ковалева Г.И. Глава 6. «Цветение» воды в Азовском море // Труды ЮНЦ РАН. 2020. Т. 8. С. 122–148.
6. Ковригина Н.П., Попов М.А., Лисицкая Е.В., Сеничева М.И., Субботин А.А. Оценка антропогенного воздействия и сгонно-нагонных явлений на экологическое состояние вод Балаклавской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон. 2003. Т. 8. С. 105.
7. Коновалова Г.В. Сезонная характеристика фитопланктона в Амурском заливе Японского моря // Океанология. 1972. Т. 12, № 1. С. 130–166.
8. Лоция северо-западного берега Японского моря. От реки Туманная до мыса Белкина. Санкт-Петербург: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации, 1996. 360 с.
9. Макарова И.В., Пичкилы Л.О. К некоторым вопросам методики вычисления биомассы фитопланктона // Ботанический журнал. 1970. Т. 55, № 10. С. 1488–1494.
10. Сорокин Ю.В. Черное море. М. : Наука, 1982. 217 с.
11. Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биология моря. 1998. Т. 24, № 4. С. 205–211.
12. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М. : МГУ, 1979. 167 с.
13. Христофорова Н.К., Саломай М.С. Химико-экологическая оценка качества прибрежных вод города Владивосток // Исследовано в России. 2006. Т. 9. С. 1380–1386.
14. Bode A., Fernande E. Influence of water-column stability on phytoplankton size and biomass succession patterns in the central Cantabrian Sea (Bay of Biscay) // Plankton Research. 1992. Vol. 14, № 6. P. 885–902.
15. Degerlund M., Eilertsen H.C. Main species characteristics of phytoplankton spring blooms in NE Atlantic and Arctic waters (68–80°N) // Estuaries and coasts. 2010. Vol. 33. P. 242–269.
16. Hallegraeff G.M., Anderson D.M., Cembella A.D., Enevoldsen H.O. Manual on harmful marine microalgae – monographs on oceanographic methodology. Paris : UNESCO, 2004. 793 p.
17. Klemas V. Remote Sensing of Algal Blooms: An Overview with Case Studies // Journal of Coastal Research. 2012. Vol. 28, № 1A. P. 34–43.
18. Olenina I., Hajdu S., Edler L., et al. Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea // HELCOM Baltic Sea Environment Proceeding. 2006. № 106. 144 p.
19. Škaloud P., Řezáčová M., Ellegaard M. Spatial distribution of phytoplankton in spring 2004 along a transect in the Eastern part of the North Sea // JOceanography. 2006. Vol. 62. P. 717–729.
20. Sun J., Liu D. Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton // Plankton Research. 2003. Vol. 25, № 11. P. 1331–1346.
21. Utermöhl H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Internat. Verein // Limnologie, Mitteilungen. 1958. Vol. 9. P. 1–38.

УДК 551.515.9 (597.593.2+42)

Марк Николаевич Харламов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, студент, кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: kharlamov.mn@stud.dgtru.ru

Научный руководитель – Инга Владимировна Матросова, кандидат биологических наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура»

Тайфуны и наводнения в Приморском крае

Аннотация. Проведен анализ итоговых отчетов, посвященных классификации наводнений и методам оценки природных явлений. В ходе исследования выявлены как природные, так и человеческие факторы, влияющие на возникновение наводнений в Приморском крае. Кроме того, рассмотрено воздействие наводнений на экономическую сферу региона. Анализ таких событий позволяет предсказать потенциальное воздействие на различные территории и способствует разработке рекомендаций по природопользованию в бассейнах рек. Это также может снизить негативное воздействие на экосистемы и уменьшить экономические убытки.

Ключевые слова: тайфун, человеческий фактор, стихийное бедствие, наводнение, катастрофа

Mark N. Kharlamov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Student of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: kharlamov.mn@stud.dgtru.ru

Scientific adviser – Inga V. Matrosova, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Water Bioresources and Aquaculture

Typhoons and floods in the Primorsky Territory

Abstract. The analysis of the final reports on the classification of floods and methods for assessing natural phenomena is carried out. The study revealed both natural and human factors affecting the occurrence of floods in the Primorsky Territory. In addition, the impact of floods on the economic sphere of the region is considered. Primorsky Krai is characterized by a variety of exogenous hydrometeorological processes, and some of them, including floods, have a catastrophic character. Understanding the time patterns of these events makes it possible to make assumptions about possible consequences in various territories and contributes to the development of recommendations for reasonable environmental management in river basins, reducing negative impacts on geosystems and reducing economic losses.

Keywords: typhoon, human factor, natural disaster, flood, catastrophe

На Дальнем Востоке России часто наблюдаются воздействия тайфунов, которые несут не только разрушения в коммуникациях, но и угрожают промышленности, сельскому хозяйству и быденной жизни людей, населяющих данный регион. Приморский край также остается под постоянной угрозой. Не стоит забывать, что отсутствие тайфунов в настоящее время не исключает возможности их появления в последующем. Однако статья будет посвящена не будущим стихийным бедствиям, а тайфунам, происходившим с 1970 года по конец прошлого века.

В августе 1975 года тайфун с именем «Оливия» достиг Приморья, направляясь из Корейского пролива. В некоторых районах прошел значительный ливень, принеся с собой до

90 мм осадков за короткий промежуток времени. В сентябре того же года юго-восточная часть Приморья почувствовала воздействие Басового вихря, пришедшего из Желтого моря. В 1972 году, начиная с июля, регионы Приморского края ощутили влияние тайфуна «Филлис», который принес более 60 мм осадков. Этот тайфун впоследствии пересек остров Сахалин и исчез поблизости от Камчатки. В конце июля к Владивостоку приблизился вихрь под названием «Тэсс», пришедший из Японии. 25 июля во Владивостоке выпало 94 мм дождя при скорости ветра 25 метров в секунду. В сентябре жители Приморья столкнулись с тайфуном «Елена», который особенно сильно повлиял на восточное побережье региона. Примечательно, что этот тайфун совершил петлю над Японским морем, прежде чем направиться в сторону Хоккайдо. В августе 1973 года тайфун «Ирис», пришедший в регион из Желтого моря, нанес незначительный ущерб южным районам Приморья. В 1974 году в сентябре юго-восточная часть Приморья столкнулась с тайфуном «Полли», который принес более 80 мм осадков. В 1976 году, также в сентябре, районы Находки и Преображения были затоплены дождем супертайфуна «Фрэн». 18 августа 1979 года Приморье столкнулось с тайфуном «Ирвинг», пришедшим из Желтого моря. Ветровая мощь во Владивостоке достигала 38 м в секунду, что привело к срыву крыш и поломке деревьев. Сильные потоки воды наводнили улицы города и унесли то, что не унес ветер. Во время тайфуна атмосферное давление опустилось до 958 гектопаскалей [2]. Через день после бури его последствия ощущались в Хабаровске, который готовился к 14-му Тихоокеанскому конгрессу. Везде можно было увидеть разорванные флаги Конгресса и сломанные деревья. Тайфун принес с собой более 130 мм осадков и остается одним из самых мощных тропических штормов, который когда-либо доходил до Приморья. В 1980 году в сентябре тайфун «Орхидея» достиг Приморья после образования в Японии. Затем по всей территории обрушились сильные ливни и ураганные ветры со скоростью до 32–35 м в секунду. В некоторых местах количество осадков превысило 100 мм. В 1981 году в начале августа на Приморье обрушились одновременно два тайфуна. Первым пришел Огден, а за ним последовал тайфун Филлис, который принес в некоторые районы Сахалина более 400 мм осадков. В августе 1982 года тайфун «Эллис» с ураганной силой атаковал Владивосток. Ветер достигал скорости 37 м в секунду, повалив деревья и отключив электричество. В 1984 году в августе неблагоприятные погодные условия вернулись в Приморье с приходом тайфуна «Холли», который вызвал выпадение более 100 мм осадков в некоторых местах. В августе 1985 года Приморский край столкнулся с несговорчивой природной яростью, когда три тайфуна – «Кит», «Ли» и «Мами» – одновременно обрушились на регион. В июле 1987 года тайфун «Зельма» внес свой вклад, подарив югу Приморья более 80 мм осадков. В период с 24 по 30 июля 1989 года Приморье оказалось в объятиях Тайфуна «Джуди». Недельные дожди повлекли за собой выход рек из берегов и разрушение железнодорожной линии Хабаровск – Владивосток. Чтобы предотвратить затопление Дальнереченска, ночью было принято решение сбросить большое количество воды в районе небольшой станции Эберггард без предварительного уведомления местных жителей. Это решение стоило жизни 15 людям. В Преображении в конце месяца выпало целых 256 мм дождя. Через месяц тайфун «Мак» принес с собой интенсивные дожди в восточной части Приморья и вызвал затопление Сахалина. В 1990 году, 13 июля, тайфун «Робин» сорвался на Владивосток, за несколько часов сбросив впечатляющие 244 мм дождя. Низменные районы города были затоплены, а с горных склонов были смыты гаражи и другие сооружения. В 1993 году на Приморье обрушилось целых 5 тайфунов. Самым мощным из них был супертайфун «Янси», который вызвал выпадение более 100 мм осадков в некоторых районах. В 1994 году в середине августа тайфун «Элли» принес обильные дожди в северную часть Приморья. Это привело к разливу рек и наводнению районов. В 2000 году в июле Приморье посетил тайфун «Кай-так» который принес самые сильные дожди в южную часть региона. За ним в этом году последовали и другие мощные тайфуны, такие как «Болавен», который достиг Сахалина, «Прапира», «Саомай» [5].

Важно обратить внимание на циклоны и тайфуны, которые в течение всего существования Союза наносили значительный ущерб Приморскому краю, и эта проблема была го-

раздо сложнее, чем в современных условиях. На тот момент техника и ресурсы значительно отличались от нынешних. Например, не существовало «бортов МЧС», и люди полагались главным образом на армию и собственные ресурсы в борьбе с бедствиями. Информация о приближающихся стихийных бедствиях зачастую поступала только в тот момент, когда угроза уже ощущалась в районе бедствия. Прогнозирование погоды и стихийных бедствий отличалось от современных из-за ограниченных технических средств.

Тайфуны оставили неизгладимый след в истории Уссурийска. Осенью 1925 года наводнение разрушило дороги в нескольких местах на участке Уссурийска. Шторм унес несколько мостов, но, к счастью, урожай уже почти созрел, хотя значительные площади были затоплены.

Подробная информация о сезонных циклонах была впервые представлена широкой публике в книге «Потоп 1928 года на Дальнем Востоке». В ней рассказывается, что в тот период предприниматели обратились за помощью в Стахановский травмпункт, опытное хозяйство МЖК сообщило о рекордном урожае огурцов (1,09 фунта с гектара), а школьники с нетерпением ждали учебников в «обменном фонде» книжного магазина. Жители Некрасовской улицы в свободное время очищали канавы от ила, убирали траву и обустроили дренажные системы. За несколько дней было отремонтировано 2,5 км придорожных канав.

Примерно в период с 10 по 11 сентября 1956 года Приморский край был атакован тайфуном «Эмма», который оказался самым мощным по скорости ветра в истории метеорологических наблюдений. По шкале ураганов Саффира-Симпсона это был четвертый (предпоследний) класс урагана. Катастрофа привела к потере жизней в Японии, Корее, Китае и Советском Союзе, и итоговая цифра составила 77 погибших.

11 сентября газета «Коммунар» ограничилась сообщением о тайфуне, который обрушился на западную часть Тихого океана и привел к наводнению в Маниле, столице Филиппин. Скорость ветра в эпицентре достигла 140 миль в час (62,6 м/с). Сообщается также, что тайфун затронул Японские острова [4].

Однако информации о воздействии тайфуна на Уссурийск и его жителей было недостаточно. По заголовкам можно было заключить, что уссурийцы в те дни успешно осуществляли политические решения, приветствовали появление Ту-104 в гражданской авиации и переживали Суэцкий кризис. Даже в парке ДК Чумак ожидали наступление «осеннего карнавала» [4].

Следует отметить, что тайфун «Ирвинг», пронесшийся 18 августа 1979 года, оказался вторым по силе ветра в истории Приморского края и принес с собой значительные осадки, достигающие до 200 мм в некоторых районах [4]. Это стихийное бедствие спровоцировало разрушение мостов, размыв дорог и нарушение уклада жизни в городах и селах.

Газета упомянула о тайфуне только в контексте городского управления, предлагая помощь сельским районам. Сообщалось, что стихийное бедствие нанесло серьезный ущерб Уссурийску, сделав невозможной работу на полях в течение трех дней. В комитете жаловались, что ритм заготовки сена, подсчет соломы и сбор огурцов и помидоров был нарушен.

В интервале между 12 и 13 сентября 1980 года регион Приморья подвергся воздействию тайфуна «Орхидея». Наиболее значительные разрушения были зарегистрированы в восточных, южных и особенно северных районах, где скорость ветра достигала 35-40 м/с. Тем не менее всего через неделю, 19 сентября, студенты и представители местных предприятий-соратников отправились в Уссурийск с целью участия в уборке урожая на сельскохозяйственных кооперативах [3].

Оценка воздействия наводнений на экономику региона проводится на основе измерения причиненного ущерба. Однако, к несчастью, существует недостаточное количество систематических расчетов и исследований, посвященных экономическим последствиям наводнений в XX веке. Начиная с 1989 года, данная проблема находится в сфере внимания Комитета по финансам и планированию, который в настоящее время известен как Бизнес-комитет. Специалисты, состоящие в Комитете по экономическому развитию, провели анализ экономического ущерба, вызванного наводнениями, в период с 1989 по 1999 годы. В

результате исследования было установлено, что потери, обусловленные наводнениями, колебались от 0,1 % до 7,7 % от регионального ВВП, со среднегодовой ставкой в 2,6 %. Этот ущерб можно разделить на две категории: прямой и косвенный [9].

В постперестроечный период внимание СМИ к природным бунтам значительно усилилось. Газеты начали предоставлять подробные отчеты, журналисты не скупилась на острые комментарии.

В те годы тайфун под названием «Джуди» обрушился на Уссурийск, установив рекорд по продолжительности дождей. С 24 по 30 июля 1989 года в этом районе выпало от 140 до 375 мм осадков, что привело к наводнениям и оползням, унесшим жизни 15 человек.

«Небесные глубины раскрылись... Некоторые улицы напоминали Венецию или Бангладеш в сезон дождей: канавы вышли из берегов», – сообщала газета «Коммунар» [4].

Многочисленные дома были погребены под водой, дороги превратились в непроходимые реки, и уровень воды в реке Раздольной достиг астрономических 796 сантиметров [1,5].

Уссурийск и его окрестности оказались затоплены, дома погрузились под воду, дороги стерлись внизу рек. Это наводнение приобрело статус самого разрушительного за последние десять лет и привело к гигантским материальным убыткам. Фотогалерея Forbes демонстрирует изменения, произошедшие во втором по величине городе Приморья после этой беды.

С 9 по 10 августа в южной части Приморья прошли изнурительные дожди, вызванные циклоном Ханун [7]. Это стало причиной поднятия уровня воды в реках и стихийных наводнений в многочисленных районах. На следующее утро в Приморском крае были завалены 16 многоквартирных домов и 4600 частных домов в 29 населенных пунктах. Электроснабжение было отключено в 28 населенных пунктах, а в еще 11 обесточились, не работала мобильная связь. Было эвакуировано 2783 человека, включая 582 детей. В 9 муниципалитетах региона было введено чрезвычайное положение на время природных бедствий. Больше всего осадков выпало в Уссурийске, втором по численности населения городе Приморья [7]. Уровень реки Раздольной, текущей сквозь город, поднялся до рекордных 10 метров, что привело к разрушению защитной дамбы, предназначенной для предотвращения наводнений. Вода также лишила газового обеспечения памятник Вечному огню, вынудила к эвакуации городского музея и затопила приют для бездомных животных [7]. В городе было создано три временных убежища для пострадавших.

Это наводнение в Уссурийске приобрело масштаб, не виданный за последние десять лет. Согласно данным администрации Уссурийского района, «пострадало около 40, возможно, 35 процентов» территории района. Местные власти обещают начать восстановительные работы и оценку ущерба после спада уровня воды. Но в ближайшем будущем новый тайфун «Лань», порожденный циклоном Ханун, принесет новые осадки в восточную часть Приморья, предположительно в августе.

Планируемые мероприятия в случае чрезвычайных природных явлений (тренировки, создание мест эвакуации и другие) предоставляют возможность выполнять задачи гражданской защиты, эвакуации из районов потенциальных бедствий, обеспечения пострадавших продуктами питания и предметами первой необходимости, а также гарантируют надежную работу финансовых учреждений [3].

Для сдерживания разрушительных наводнений в прибрежных районах рек необходимо пересмотреть имеющуюся стратегию, переходя к активным мерам предупреждения и управления рисками. Главные направления этой стратегии включают в себя: разработку и внедрение предупредительных мер в пределах водосборных бассейнов, в том числе реконструкцию уже существующих водных сооружений; модернизацию существующей системы гидрометеорологического мониторинга с целью оперативного прогнозирования паводков и создание автоматизированных систем наблюдения за наводнениями в реках, проходящих через населенные районы с высокой плотностью населения; оптимизацию использования земельных ресурсов в зонах, подверженных регулярным затоплениям, для более точной оценки рисков перед наводнениями. Все это способствует разработке систем страхования от наводнений и совершенствованию законодательной базы, определяющей ответственность государственных и местных органов власти за последствия стихийных бедствий.

В заключение можно отметить, что предотвращение и смягчение последствий наводнений, которые регулярно случаются в Приморском крае, требуют значительных ресурсов и усилий, направленных на предупреждение наводнений, спасение жизней и обеспечение выживаемости пострадавших, а также восстановление разрушенных жилых домов, инфраструктуры и коммуникаций, пострадавших от стихийных бедствий.

Библиографический список

1. Гарцман Б.И. Дождевые наводнения на реках юга Дальнего Востока: методы расчетов, прогнозов, оценок риска : автореф. дис ... д-ра геогр. наук. Владивосток : Дальнаука, 2005. 40 с.
2. Нежиховский Р.А. Наводнения на реках и озёрах. Л.: ГИМИЗ, 1988. 184 с.
3. Анализ природных и антропогенных причин наводнений и их последствий на реках Партизанского района Приморского края [Электронный ресурс]. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prirodnih-i-antropogennyh-prichin-navodneniy-i-ih-posledstviy-na-rekah-partizanskogo-rayona-primorskogo-kraja> (дата обращения : 08.09.2023).
4. История губительной стихии [Электронный ресурс]. URL : <https://kommunar.info/sobytiya/aktualno/1176-> (дата обращения : 08.09.2023)
5. Мокрая история Приморья: тайфуны с женскими именами, разрушения и потери [Электронный ресурс]. URL : <https://primpress.ru/article/5595> (дата обращения : 08.09.2023)
6. Пять самых разрушительных тайфунов в истории Приморья [Электронный ресурс]. URL : <https://primgazeta.ru/news/five-of-the-most-devastating-typhoons-in-the-history-of-primorye> (дата обращения : 08.09.2023).
7. Самое сильное наводнение за 10 лет: как выглядит затопленный Уссурийск [Электронный ресурс]. URL : <https://www.forbes.ru/society/494526-samoe-sil-noe-navodnenie-za-10-let-kak-vygladit-zatoplennyj-ussurijsk> (дата обращения : 08.09.2023).
8. Тайфуны в Приморском крае с 1971 по 2000 год [Электронный ресурс]. URL : <https://maglipogoda.ru/tayfuny-v-primorskom-krae-s-1971-po-2000-god/> (дата обращения : 08.09.2023).
9. Хронология возникновения катаклизмов в Приморье [Электронный ресурс]. URL : <http://www.pogodaiklimat.ru/news/18113/> (дата обращения : 08.09.2023).

Денис Николаевич Чульчеков

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: denis.chulchekov@tinro.ru

Юрий Иванович Зуенко

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), зав. лабораторией, доктор географических наук, Россия, Владивосток, e-mail: zuenko_yury@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-1312-542X

Влияние адвекции тихоокеанских вод через Берингов пролив на экосистему Чукотского моря

Аннотация. Префицит кислорода и концентрация минерального фосфора в потоке, направляющемся из Берингова пролива на северо-запад, рассмотрены по данным съёмки, выполненных ТИНРО в период 2010–2020 гг. Утилизация переносимых этим потоком биогенных элементов, сопровождающаяся выделением кислорода, обуславливает развитие в Чукотском море двух зон повышенной продуктивности. По потреблению фосфора первичная продукция в этих районах оценена в 0.1–0.4 гС/м³сут., что превышает фоновый уровень продукции арктических вод в несколько раз. Эти высокопродуктивные участки могут привлекать рыб-мигрантов, в том числе минтай, который образует в них скопления промыслового значения.

Ключевые слова: биопродуктивность, префицит кислорода, биогенные вещества, первичная продукция, Берингов пролив, Чукотское море

Denis N. Chulchekov

Pacific Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography («TINRO»), Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: denis.chulchekov@tinro.ru

Yury I. Zuenko

Pacific Branch of Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography («TINRO»), Doctor of Geography, Head of Laboratory, Russia, Vladivostok, e-mail: zuenko_yury@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-1312-542X

Impact of the Pacific waters advection through Bering Strait on marine ecosystem of the Chukchi Sea

Abstract. Spatial patterns of dissolved oxygen (DO) supersaturation and inorganic phosphorus (DIP) concentration are examined for the northwestward flow from the Bering Strait on the data of surveys conducted by TINRO in 2010–2020. The phosphorus is consistently utilized from the surface and subsurface layers of this flow to photosynthesis with DO extraction that supports two high-productive areas in the Chukchi Sea. Primary production in these areas is evaluated as 0.1–0.4 gC/m³day that exceeds considerably a background level for the surrounding Arctic waters. These high-productive areas can attract fish migrating for feeding, as walleye pollock, which form commercial aggregations there.

Keywords: bioproductivity, dissolved oxygen deficit, nutrients, primary production, Bering Strait, Chukchi Sea

Арктические морские экосистемы отличаются низкой продуктивностью, прежде всего из-за фотолимитации фотосинтеза в условиях слабой стратификации вод. Когда же корот-

ким северным летом стратификация ненадолго устанавливается благодаря прогреву и таянию льдов, продукция ограничивается биогенной лимитацией. Для Чукотского моря важным источником необходимых для фотосинтеза биогенных элементов являются тихоокеанские воды с самой высокой в мире концентрацией питательных веществ, которые могут проникать в Арктический бассейн из Берингова моря через Берингов пролив. Это соседство позволяет экосистеме Чукотского моря поддерживать более высокую биомассу, по сравнению с другими арктическими морями, включая ресурсы некоторых местных видов и рыб-мигрантов, имеющие промысловое значение. Однако объёмы, пространственная локализация, сезонная и межгодовая изменчивость дополнительной продукции, которую получает экосистема Чукотского моря благодаря адвекции тихоокеанских вод, пока не известны. В докладе представлены первые количественные оценки влияния этого потока на биопродуктивность Чукотского моря, полученные гидрохимическими методами.

Материалы и методы

Масштабные экосистемные исследования Чукотского моря начались лишь в последнем десятилетии. Это напрямую связано с потеплением Арктики – сейчас в августе-сентябре море практически полностью очищается от льда, что позволяет организовывать комплексные морские экспедиции на специализированных научно-исследовательских судах, не имеющих ледового класса. Первая крупномасштабная гидрохимическая съёмка западной (российской) части Чукотского моря была выполнена летом 2010 г. с борта НИС «ТИНРО», работы сопровождалась океанологическими, гидробиологическими наблюдениями и траловой съёмкой. В последующие годы (2017, 2018, 2020 гг.) судами ТИНРО выполнено ещё несколько крупных съёмок, по результатам которых даны количественные характеристики основных компонент экосистемы западной части моря, обнаружены и оценены биоресурсы, имеющие промысловое значение, прежде всего запасы минтая. Наиболее подробно исследован шельф юго-западной части моря. Забор проб воды на гидрохимический анализ производился пробоотборником SBE 32 Carousel Water Sample с кассетой из 12 батометров Нискина по 1,8 литра каждый, которым был оснащён океанологический зонд-профилограф Sea Bird SBE-911plus. Лабораторный анализ проб на содержание кислорода и биогенных элементов (кремний, фосфор, азот) выполнен стандартными методами [3].

Влияние поступающих через Берингов пролив вод на биопродуктивность юго-западной части Чукотского моря оценивали по двум гидрохимическим показателям: префициту кислорода и утилизации минерального фосфора. Оба они напрямую связаны с процессом первичной продукции. Свободный кислород выделяется в реакции синтеза органического вещества из воды и углекислого газа. Фосфор, наоборот, усваивается фитопланктоном из растворённых в воде минеральных солей (фосфатов) и включается в состав синтезируемого органического вещества. Его количество (первичная продукция, измеряемая в углеродных единицах) пропорционально количеству выделившегося в ходе реакции кислорода и потреблённого фосфора, причём эти пропорции точно известны и соответствуют соотношению элементов в составе органического вещества (соотношение Редфилда). В результате вода в поверхностном слое биопродуктивных районов пресыщена кислородом, его реальное содержание выше, чем количество кислорода, которое вода может поглотить из атмосферы при известной температуре и солёности; разность этих величин – и есть префицит кислорода. Определить убыль растворённого в воде фосфора, также пропорциональную количеству синтезируемого органического вещества, сложнее – это сделано по балансу изменений концентрации фосфора между каждой парой станций на пути движения потока из Берингова пролива. Однако этот подход более точен, так как в баланс фосфора не входит обмен с атмосферой. Оценки продукции по префициту кислорода заведомо занижены, так как часть выделившегося при фотосинтезе кислорода уходит в атмосферу; этот метод использован только для качественных оценок биопродуктивности.

Характер распространения вод тихоокеанского происхождения в Чукотском море

Глубина Берингова пролива составляет около 50 м, что позволяет проходить через него сразу двум водным массам из Берингова моря – поверхностной и подповерхностной, кото-

рые летом разграничены слоем «скачка» на глубине порядка 20 м. Поскольку обе они являются субарктическими, обозначим их аббревиатурами ПСА и ППСА, соответственно. От пролива берингоморские воды распространяются двумя основными потоками – на север и на северо-запад (рис. 1). На экосистему российской части Чукотского моря в больше степени влияет северо-западный поток, поэтому исследован именно он. Сравнительно с местными арктическими поверхностными и подповерхностными водами берингоморские водные массы отличаются повышенной солёностью, что позволяет легко проследить их распространение (рис. 2). Поток направлен примерно вдоль градиента интегральной плотности воды, а также градиента в поле альтиметрии поверхности моря, то есть, он является квазигеострофическим. Расчётная скорость геострофического течения на начальном участке потока – 10-14 см/с, по мере приближения к острову Врангеля она снижается до 5 см/с. До последнего времени среднегодовой расход через Берингов пролив (направленный на север) оценивался величиной около 0.8 Св, в 2010-е гг. он вырос до 1.0 Св [5].

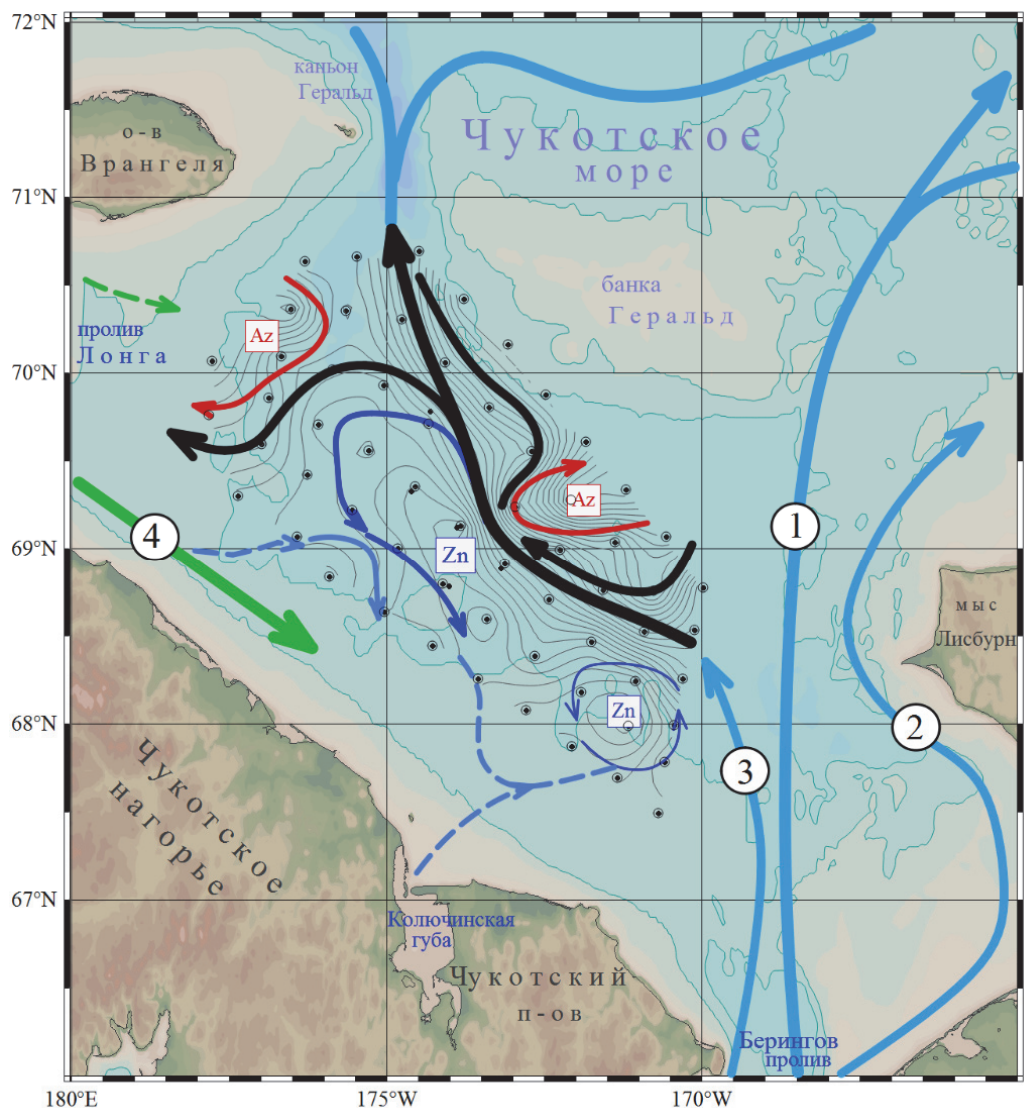


Рисунок 1 – Схема геострофических течений на поверхности Чукотского моря относительно нулевой поверхности 50 дб по данным съёмки НИС «ТИНРО» летом 2020 г. (чёрные стрелки).

Цветными стрелками с цифрами показаны течения с обобщенной схемы [4],

где для них предложены названия:

- 1 – Центральное течение, 2 – Аляскинское прибрежное течение, 3 – Западный перенос,
- 4 – Сибирское прибрежное течение (эти названия не вошли в широкий научный обиход);
- Az, Zn – мезомасштабные вихри

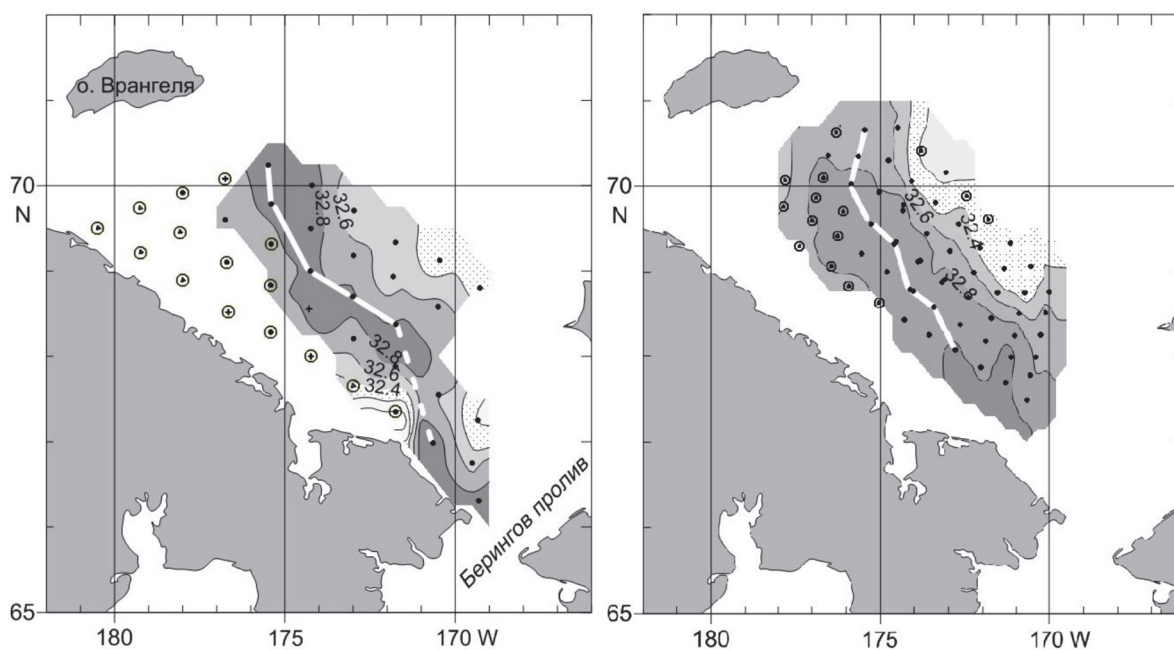


Рисунок 2 – Средняя солёность подповерхностного слоя потока берингоморских вод в Чукотском море, занятого ППСА, по данным съёмки НИС «ТИНРО» 7–16 сентября 2010 г. и 26 августа – 5 сентября 2020 г. Станции съёмки показаны точками; станции, где этот слой занимала арктическая подповерхностная водная масса, обозначены кружками. Белой линией показан разрез, проходящий примерно вдоль стрежня потока

Утилизация биогенных веществ тихоокеанского происхождения в Чукотском море

Обе берингоморские водные массы отличаются от местных, арктических более высоким содержанием биогенных элементов. Насыщение биогенными элементами поверхностных и подповерхностных вод в Беринговом море происходит прежде всего в результате приливного перемешивания в проливах Алеутской гряды. Здесь происходит подъем глубиной водной массы с самыми высокими в Мировом океане концентрациями биогенных элементов. В Чукотское море биогенные элементы транспортируются в основном в подповерхностном слое. Он имеет большую толщину, чем поверхностный, концентрации питательных веществ в нём выше, а кроме того, летом, в условиях резкой стратификации они недоступны консументам и поэтому сохраняются при транспортировке течениями на большие расстояния.

Концентрация фосфора в потоке берингоморских вод снижается по мере удаления от Берингова пролива, что отражает его потребление на первичную продукцию (рис. 3). В 2010 г. вблизи пролива она быстро уменьшалась в поверхностном слое, при этом росла в подповерхностном слое, что интерпретировано как признак бурного развития фитопланктона на освещённых верхних горизонтах и деструкции органического вещества у дна. На удалении 300–400 км от пролива концентрации фосфора в обоих слоях стабилизировались, но при дальнейшем удалении фосфор был почти полностью исчерпан из поверхностного слоя (до 0,1 мкмоль/л и менее), в подповерхностном слое его концентрация тоже убывала. В 2020 г. концентрация фосфора по мере удаления от пролива медленно уменьшалась в подповерхностном слое (от 1,6 до 1,4 мкмоль/л) и росла в поверхностном слое (от 0,4 до 0,7 мкмоль/л), т.е. влияние обмена между слоями преобладало над продукционно-деструкционными процессами. По балансу фосфора в поверхностном и подповерхностном слоях потока рассчитан его расход на первичную продукцию (рис. 4). Наиболее общие закономерности утилизации биогенных веществ, привнесённых из Берингова моря, оказались схожими в разные годы. После вторжения в пределы Чукотского моря сначала быстро расходовался их запас в верхнем слое, что обеспечивало высокую продукцию. После того, как этот запас исчерпывался (через 300–400 км пути, на 68–69° с.ш. в 2010 г. или через

500–600 км, на 70–71° с.ш. в 2020 г.), продукция снижалась. Однако дальше по течению потока продукция вновь возрастала за счёт поступления питательных веществ из подповерхностного слоя. В 2010 г. это наблюдалось примерно на 70° с.ш., а в 2020 г. подповерхностные воды с неизрасходованным запасом фосфора уходили за пределы съёмки, предположительно этот запас утилизировался в северной части моря. Таким образом, проникновение богатых биогенными элементами вод тихоокеанского происхождения через Берингов пролив в Арктику обеспечивает формирование двух высокопродуктивных районов в западной части Чукотского моря – один вблизи пролива, где расходуются питательные вещества из верхнего слоя потока, и другой в северной части района или даже за его пределами, где расходуется основной их запас, транспортируемый в подповерхностном слое.

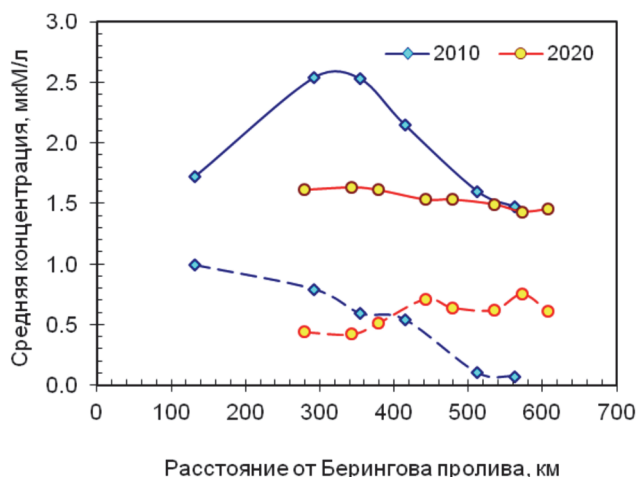


Рисунок 3 – Изменения средней концентрации минерального фосфора в подповерхностном (сплошная линия) и поверхностном (пунктир) слоях вдоль стрежня потока берингоморских вод летом 2010 и 2020 гг.

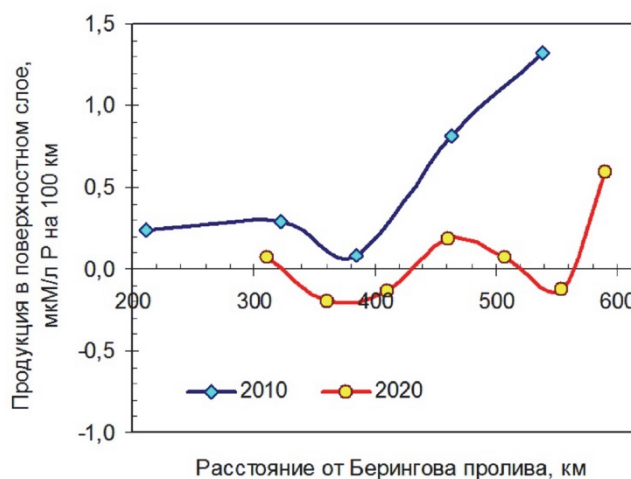


Рисунок 4 – Динамика концентрации минерального фосфора в поверхностном слое потока берингоморских вод по мере удаления от Берингова пролива (оценки отнесены к серединам интервалов между станциями)

Локализация продуктивных зон в Чукотском море по префициту кислорода

По распределению префицита кислорода в поверхностном слое также можно наблюдать неравномерность продуцирования органического вещества вдоль потока берингоморских вод, при этом картирование этого показателя позволяет обозначить контуры высокопродуктивных районов (рис. 5). В оба года участок высокой продукции (с высоким префицитом кислорода, обозначенным оттенками красного цвета) локализовался вблизи

Берингова пролива, но в 2020 г., когда поток был более интенсивным, этот участок был обширнее. Второй высокопродуктивный участок, ниже по потоку, отмечен префицитом кислорода в 300–600 км от пролива, причём максимальное пресыщение наблюдается не у поверхности моря, а над пикноклином, примерно на глубине 20 м.

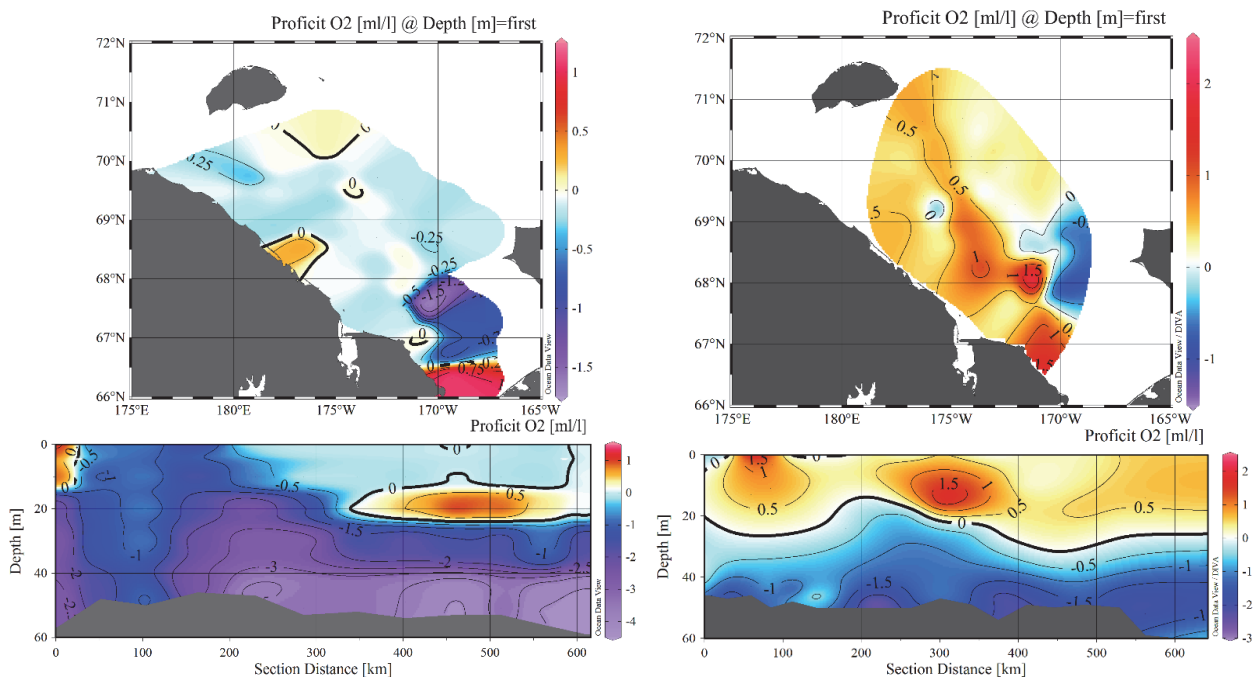


Рисунок 5 – Распределение префицита кислорода (мл/л) на поверхности Чукотского моря и на разрезах вдоль потока берингоморских вод (на разрезах направление потока слева направо) летом 2010 г. (слева) и 2020 г. (справа)

Оценка первичной продукции в потоке вод тихоокеанского происхождения

Чтобы оценить величины первичной продукции, которой соответствуют наблюдаемые темпы утилизации минерального фосфора, использованы расчёты скорости течений в Чукотском море. При скорости потока берингоморских вод порядка 10 см/с расходу фосфора до 0,3 мкмольР/л на 100 км вблизи пролива и 1,3 мкмольР/л на 100 км на удалении 500–600 км от пролива соответствует продукция в 0,1–0,2 гС/м³сут. на первом и 0,3–0,4 гС/м³сут. на втором продуктивном участке. При пересчёте на всю толщину эвфотического слоя (10–20 м) это даёт в среднем 2,5 гС/м²сут. и 5,5 гС/м²сут. нового органического вещества, что соответственно сопоставимо с оценками для наиболее продуктивных зон Мирового океана.

По немногочисленным данным прямых определений первичной продукции, фоновый уровень первичной продукции в южной части Чукотского моря вне потока берингоморских вод гораздо ниже – в среднем 0,6–0,7 гС/м²сут. при максимальной 1,6 гС/м²сут., а северная часть моря – ещё менее продуктивна (менее 0,2 гС/м²сут.) [6]. То есть влияние вод, вторгающихся через Берингов пролив, увеличивает продуктивность отдельных районов Чукотского моря в 3–8 раз.

Значение положительного влияния адвекции тихоокеанских вод через Берингов пролив на продуктивность экосистемы Чукотского моря и рыбного промысла

Учитывая значительное влияние адвекции тихоокеанских вод через Берингов пролив на биопродуктивность юго-западной части Чукотского моря, возможность организации здесь промышленного лова, сопоставимого по эффективности с промыслом в Беринговом море, полностью зависит от этого процесса. Промысел возможен только в районах, подверженных влиянию этого потока, который выносит в Чукотское море не только биоген-

ные вещества, но и зоопланктон. Вслед за ним в высокопродуктивные районы на юго-западе моря заходят на нагул рыбы-мигранты из северной части Берингова моря, прежде всего минтай (до 890 тыс. т в 2019 г. [2]), который образует скопления, имеющие промысловую значимость. По оценкам А.В. Буслова и Е.Е. Овсянникова [1], плотные скопления крупного минтая, подходящего из Берингова моря, образуются именно в потоке берингово-морских вод, на удалении от побережья Чукотки, в то время как вблизи побережья разреженно встречается более мелкий местный минтай. Однако поскольку локализация высокопродуктивных участков зависит от силы и направления потока и потому очень изменчива, промысловая обстановка в Чукотском море неустойчивая и требует постоянного научно-поискового обеспечения, организовать которое здесь пока что невозможно. Поэтому фактически рыбаки предпочитают вести промысел на небольших прибрежных скоплениях, который в целом малоэффективен.

Остаётся надеяться, что по мере изучения экосистемы Чукотского моря на всех её уровнях, включая формирование кормовой базы с использованием гидрохимических ресурсов тихоокеанских вод, вторгающихся через Берингов пролив, будут определены и закономерности формирования промысловых скоплений на этой акватории, что позволит организовать здесь устойчивый и рентабельный промысел.

Библиографический список

1. Буслов А.В., Овсянников Е.Е. Некоторые аспекты биологии и промысла минтая *Theragra chalcogramma* юго-западной части Чукотского моря в связи с его размерно-возрастной структурой // Изв. ТИНРО. 2022 Т. 202. Вып. 2. С. 316–328. DOI: 10.26428/1606-9919-2022-202-316-328.
2. Орлов А.М., Бензик А.Н., Ведищева Е.В. и др. Рыбохозяйственные исследования в Чукотском море на НИС «Профессор Леванидов» в августе 2019 г.: некоторые предварительные результаты // Труды ВНИРО. 2019. Т. 178. С. 206–220. DOI: 10.36038/2307-3497-2019-178-206-220.
3. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана / под ред. В.В. Сапожникова. М. : ВНИРО, 2003. 202 с.
4. Corlett W.B., Pickart R.S. The Chukchi Slope Current // Progress in Oceanography. 2017. Vol. 153. P. 50–65. DOI: 10.1016/j.pocan.2017.04.005.
5. Danielson S.L., Ahkinga O., Ashjian C., et al. Manifestation and consequences of warming and altered heat fluxes over the Bering and Chukchi Sea continental shelves // Deep-Sea Research Part II. 2020. V. 177. 104781. DOI: 10.1016/j.dsr2.2020.104781.
6. Yun M.S., Whitley T.E., Stockwell D., et al. Primary production in the Chukchi Sea with potential effects of freshwater content // Biogeosciences. 2016. Vol. 13. P. 737–749. DOI: 10.5194/bg-13-737-2016.

Светлана Васильевна Чусовитина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Валерия Максимовна Кобыща

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, ВБМ-212, Россия, Владивосток, e-mail: kobysalera@gmail.com

**Сезонные изменения состава уловов щуки
Esox reichertii Dybowski, 1869 в озере Ханка в 2021 и 2022 гг.**

Аннотация. Дана характеристика амурской щуки оз. Ханка в зимний, осенний и весенний периоды 2021, 2022 гг. В зимний период возрастной, размерный и массовый состав были представлены наиболее полно. В целом за год в размерном и массовом составе щуки увеличилась доля крупных особей старше 6 лет.

Ключевые слова: щука *Esox reichertii*, оз. Ханка, размерно-массовый состав, возрастной состав, сезонная динамика

Svetlana V. Chusovitina

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Valeria M. Kobyshcha

Far Eastern State Technical Fisheries University, WBm-122, Russia, Vladivostok, e-mail: kobysalera@gmail.com

**Seasonal changes in the composition of pike
(*Esox reichertii* Dybowski, 1869) catches in Hanka lakes in 2021 and 2022**

Abstract. This paper characterizes the Amur pike of Lake Khanka in the winter, autumn and spring periods of 2021, 2022. In the winter period, age, size and mass composition were most diverse. In general, the proportion of large individuals older than six years increased in the size and mass composition of pike during the year.

Keywords: pike *Esox reichertii*, Lake Khanka, size-mass composition, age composition, seasonal dynamics

Введение

В крупнейшем пресноводном водоеме Дальнего Востока оз. Ханка обитает более 85 видов рыб [1]. Среди них есть охраняемые, занесенные в Красную книгу, и те, запасы которых используются в промышленном и любительском рыболовстве. Одним из традиционных объектов промысла, для которого ежегодно определяются лимиты общего допустимого улова (ОДУ), является щука *Esox reichertii* Dybowski, 1869. Представитель бореального равнинного ихтиокомплекса, типичный хищник и фитофил может рассматриваться как объект исследований экологических закономерностей и динамики запасов промысло-

вых рыб [2]. В озере щука встречается повсеместно, относительно плотные скопления образует во время нереста и зимовки.

Целью работы являлась характеристика состава и сезонных изменений важнейших биологических показателей щуки *E. reichertii* оз. Ханка в различные сезоны 2021 и 2022 гг.

Материал и методики исследований

Материалы для исследования были предоставлены приморским филиалом ФГБУ «Главрыбвод», Спасским межрайонным отделом (г. Спасск-Дальний). Сбор данных выполнен в зимний, весенний и осенний сезоны 2021 и 2022 гг. в оз. Ханка и впадающих в него реках (Спасовка, Илистая). Щуку *E. reichertii* брали из уловов рыбаков-любителей жерлицей, спиннингом и удочкой. Биологический анализ 631 особи выполнен по общепринятым методикам. Возраст определен по чешуе.

Оформление, обработка первичных данных и построение графиков выполнены в приложениях Microsoft Office: Microsoft Word (для обработки текстовых документов), Microsoft Excel (для работы с таблицами).

Результаты исследований и их обсуждение

Долговременные колебания уровня воды в оз. Ханка, хозяйственная деятельность человека и другие факторы действуя в комплексе оказывают воздействие на структуру ихтиоценоза, эколого-биологические характеристики обитающих здесь рыб, вызывают колебания их индивидуальных и групповых параметров [3]. Щука *E. reichertii* широко распространена и популярна у рыбаков-любителей, но количество пойманной рыбы зависит от времени года и от периода жизненного цикла. Наиболее результативные уловы отмечаются в зимне-весенний период, во время зимовки рыб и перемещения к нерестилищам. Миграция в реки начинается весной, ещё подо льдом. Готовые к нересту особи направляются в прибрежные районы, где при температуре воды 7–15 °С вымётывают икру на прошлогоднюю растительность [4]. Большую часть жизни в рационе щуки доминирует рыба, в поисках которой она в конце весны и летом осваивает затопленные пойменные места. Потребление пищи не прекращается и с понижением температуры, в Амуре максимальная интенсивность питания отмечается с ноября по январь [5].

В оз. Ханка в 2021 и 2022 гг. возрастной состав амурской щуки включал особей от 1+ до 15+. Наиболее взрослые экземпляры старше 12+ встречались только в 2021 г (рис. 1).

Возрастной состав уловов изменялся в зависимости от сезона (рис. 2). Осенью преобладали щуки в возрасте 3+–5+ (70 %). Зимой в состав модальной группы (3+–6+) вошли более взрослые рыбы (6+), доля которых достигала 22 и 30 %. Весной поймано значительное количество молоди (2+ и 3+), в 2021 г. на неё пришлось 54 %, в 2022 г. – 53 %.

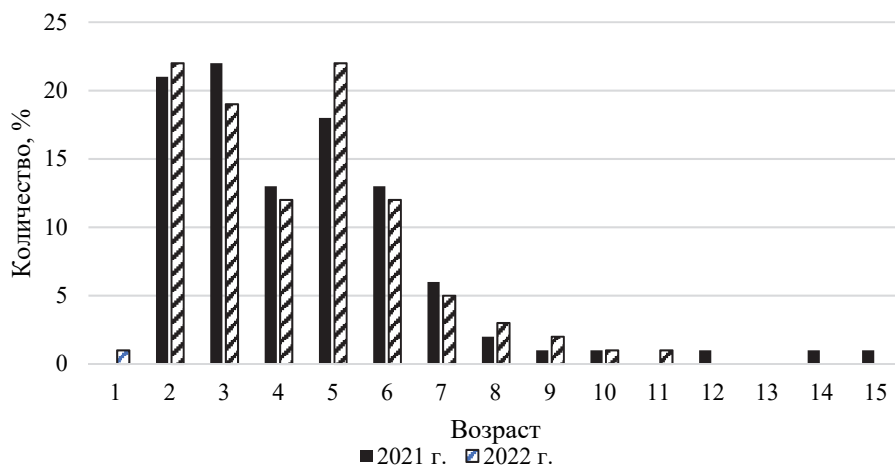


Рисунок 1 – Возрастной состав амурской щуки оз. Ханка в 2021 и 2022 гг.

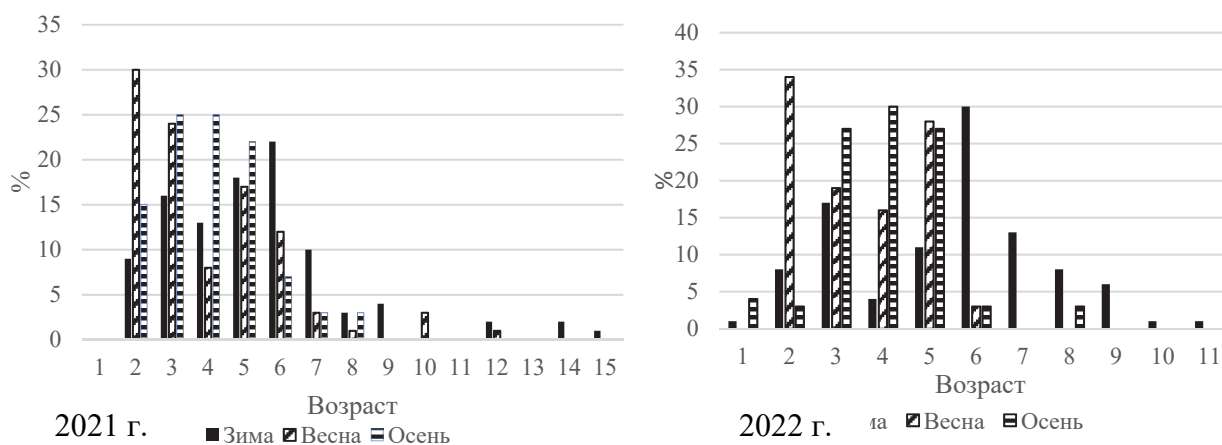


Рисунок 2 – Возрастной состав амурской щуки оз. Ханка, 2021 и 2022 гг.

В 2021 г. в размерном составе зарегистрированы единичные особи длиной (АВ) 117, 122 и 130 см (рис. 3). В 2022 г. возросла доля рыб от 51 до 80 см, но отсутствовали особи крупнее 106 см.

В 2022 г. в массовом составе при сохранении границ модальной группы почти на 20 % увеличилась доля рыб от 1001 до 3000 г (рис. 4).

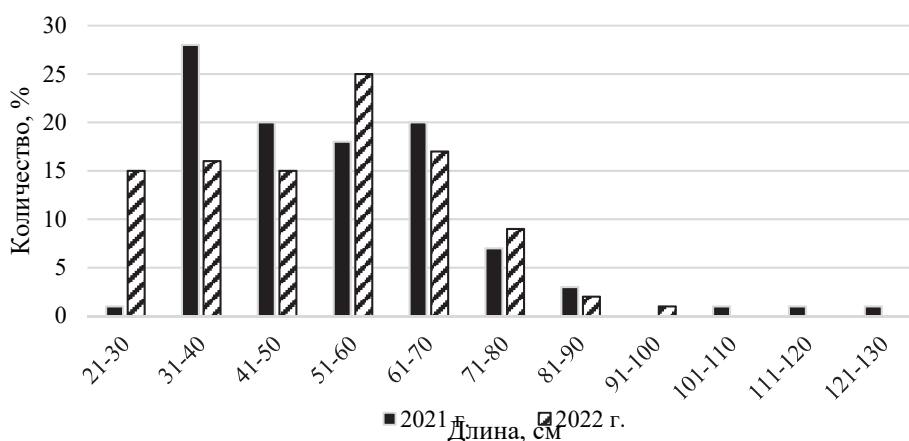


Рисунок 3 – Размерный состав амурской щуки озера Ханка в 2021 и 2022 гг.

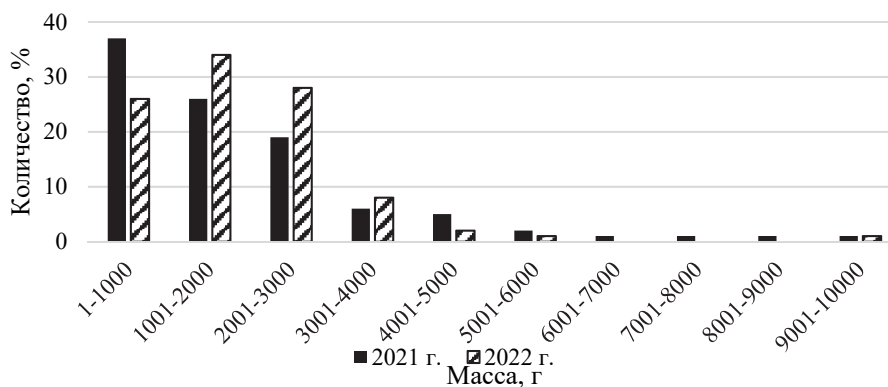


Рисунок 4 – Массовый состав амурской щуки озера Ханка в 2021 и 2022 гг.

Выявлены сезонные особенности размерного и массового распределения (рис. 5, 6).

В 2021 г. осенью длина рыб изменялась от 39 до 87 см, масса от 250 до 3800 г, доминировали особи от 41 до 60 см (68 %) и менее 3000 г (95 %). Зимой при границах варьирования 29–130 см и 100–10100 г размер преобладающих по численности рыб изменялся от 51

до 70 см (47 %), масса – от 1001 до 3000 г (71 %). Весной щуки длиной менее 36 и более 122 см не попадались, большинство имели длину 31–40 см (43 %). Масса рыб в весенних уловах, как правило, не превышала 3000 г (95 %), половина всех особей была менее 1000 г. Для объединенных по году данных выявлена достаточно плотная зависимость размерно-массовых показателей (рис. 7).

В 2022 г. на фоне уменьшения размаха вариации произошло увеличение размерных параметров преобладающей группы: осенью до 51–70 см, зимой до 71–90 см, весной модальный класс формировали крупные особи от 61 до 70 см. В массовом составе по-прежнему доминировали щуки, не достигшие 3000 г, но особей менее 1000 г стало меньше.

В таблице приведены сезонные изменения предельных и средних параметров щуки десяти возрастных групп, старшие возрастные группы были представлены единичными экземплярами. Проанализированы размерные характеристики в высокочисленных возрастных классах (2+, 3+ и 5+, 6+) в весенний и зимний периоды.

Весной более половины пойманных рыб были молодыми (2+, 3+), возможно, впервые готовящимися к нересту особями. В оз. Ханка большинство особей созревают в возрасте 3+, 4+, но случаи достижения половой зрелости на третьем году жизни известны [4]. В целом в районе исследований половая зрелость у щуки наступает на один-два года раньше, чем в Амуре.

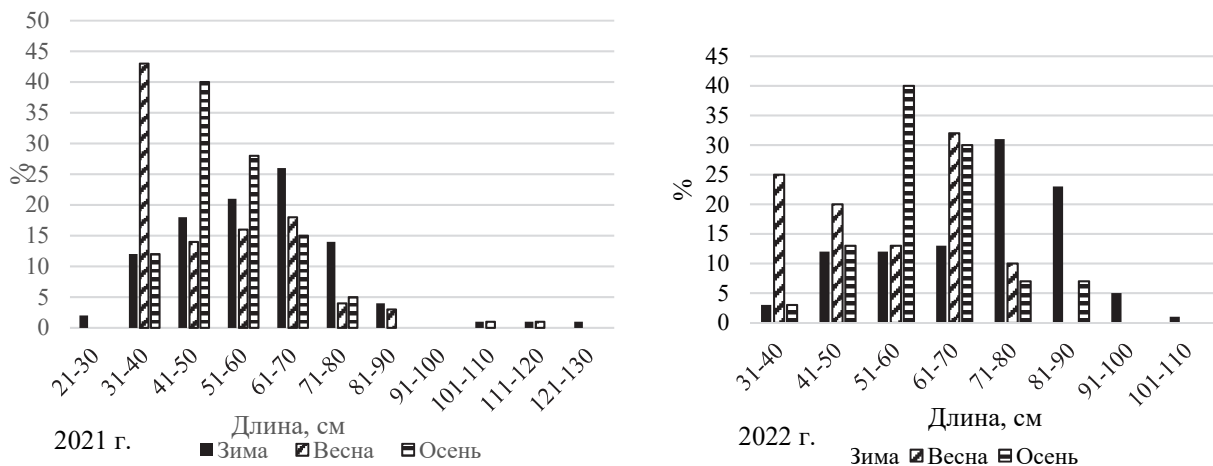


Рисунок 5 – Размерный состав амурской щуки озера Ханка в 2021 и 2022 гг.

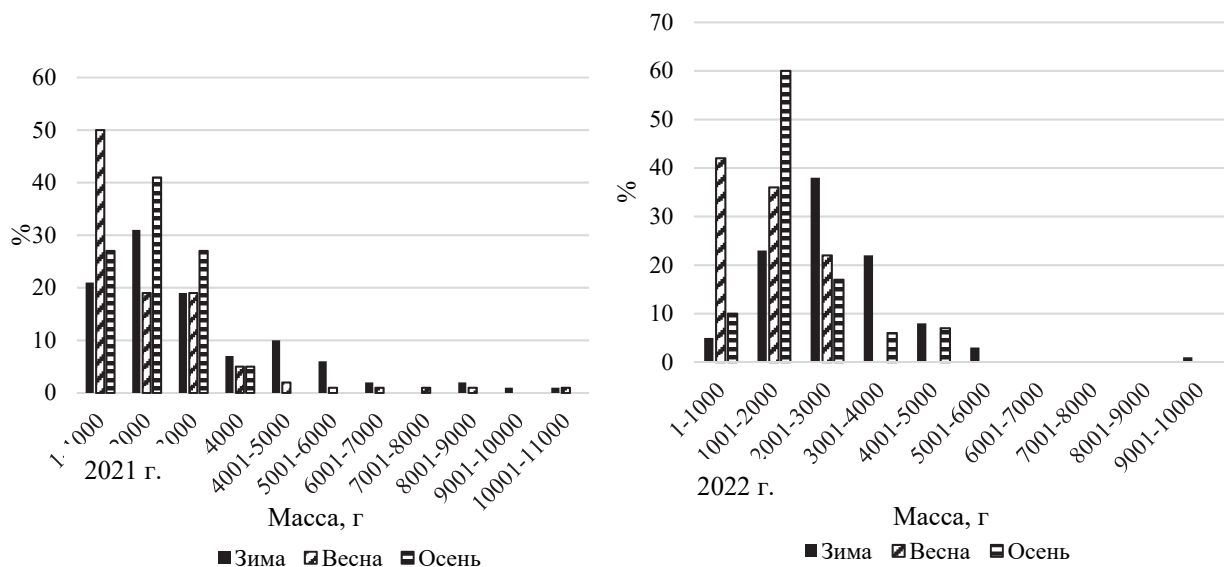


Рисунок 6 – Массовый состав амурской щуки озера Ханка в 2021 и 2022 гг.

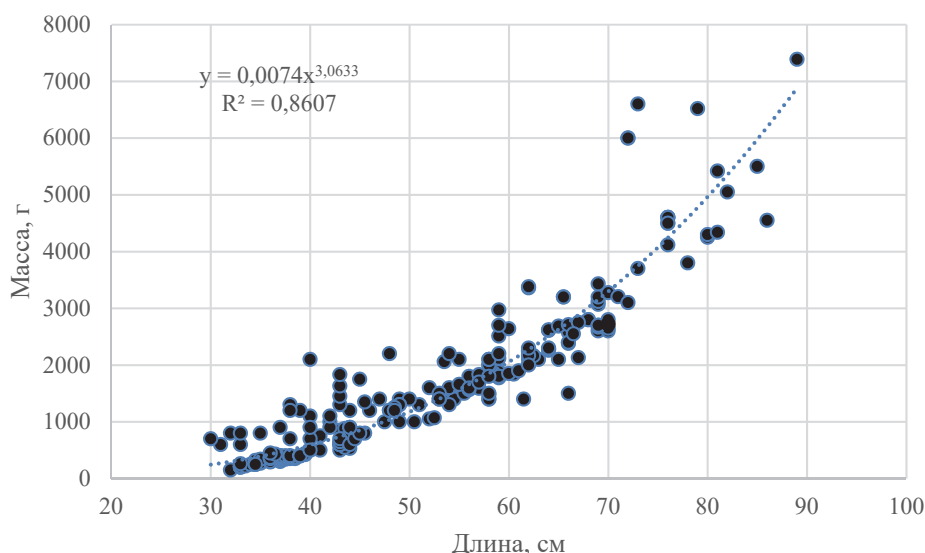


Рисунок 7 – Зависимость длина–масса амурской щуки, 2021г.

Размерные показатели амурской щуки оз. Ханка

| Возраст, г. | 2021 г. | | | 2022 г. | | |
|----------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| | Зима | Весна | Осень | Зима | Весна | Осень |
| 1+ | $\frac{29-35}{33,6 \pm 0,4(6)}$ | - | - | $\frac{37}{37(1)}$ | - | $\frac{33}{33(1)}$ |
| 2+ | $\frac{35,5-47}{40,4 \pm 0,6(28)}$ | $\frac{36-46}{39,3 \pm 0,4(35)}$ | $\frac{39-48}{45,3 \pm 1,4(6)}$ | $\frac{39-49}{43,8 \pm 1(12)}$ | $\frac{34,5-50}{44,9 \pm 4,6(79)}$ | $\frac{44}{44(1)}$ |
| 3+ | $\frac{44-55,5}{49 \pm 0,7(18)}$ | $\frac{41,5-53,5}{45,7 \pm 0,6(28)}$ | $\frac{43-55,5}{49,1 \pm 1(10)}$ | $\frac{47,5-59}{53,2 \pm 0,7(24)}$ | $\frac{36-56}{50,2 \pm 0,6(43)}$ | $\frac{47,5-66}{51 \pm 1,1(8)}$ |
| 4+ | $\frac{51-65}{58,4 \pm 0,9(16)}$ | $\frac{55,5-62}{58,8 \pm 0,7(10)}$ | $\frac{47,5-66}{56,8 \pm 1,9(10)}$ | $\frac{60-66}{63,3 \pm 0,8(6)}$ | $\frac{56-65,5}{61,7 \pm 0,3(38)}$ | $\frac{57-71}{58,6 \pm 0,9(9)}$ |
| 5+ | $\frac{61-71}{66,1 \pm 0,6(19)}$ | $\frac{63-81}{69 \pm 1(20)}$ | $\frac{57-71}{64,2 \pm 1,4(9)}$ | $\frac{66-75}{68,4 \pm 0,6(16)}$ | $\frac{63-75}{68 \pm 0,4(65)}$ | $\frac{66-75}{65,9 \pm 0,9(8)}$ |
| 6+ | $\frac{73-78}{76,1 \pm 0,4(17)}$ | $\frac{71-79}{75,5 \pm 0,7(14)}$ | $\frac{66-75}{69,3 \pm 2,7(3)}$ | $\frac{73-77}{75 \pm 0,2(44)}$ | $\frac{73-78}{75 \pm 1(6)}$ | $\frac{78}{78(1)}$ |
| 7+ | $\frac{81-84}{83 \pm 0,4(8)}$ | $\frac{81-84}{82,2 \pm 1(4)}$ | $\frac{81}{81(1)}$ | $\frac{82-85}{83,2 \pm 0,2(19)}$ | - | - |
| 8+ | $\frac{89}{89(2)}$ | $\frac{95}{95(1)}$ | $\frac{87}{87(1)}$ | $\frac{83-89}{86,4 \pm 0,5(12)}$ | - | $\frac{89}{89(1)}$ |
| 9+ | $\frac{89,5-92}{90,8 \pm 0,7(3)}$ | - | - | $\frac{90-94}{91,7 \pm 0,5(9)}$ | - | $\frac{90}{90(6)}$ |
| 10+ | - | $\frac{93-101}{96 \pm 2,5(3)}$ | - | $\frac{98-101}{99,5 \pm 1,5(2)}$ | - | - |

В 2021 г. возрастная группа 2+ была представлена особями от 36 до 46 см. В 2022 г. крупных достигающих 50 см рыб стало больше. Как следствие, на фоне увеличения размаха вариации с 10 до 15,5 см, средняя длина возросла на 5,6 см. К зиме параметры рыб почти не изменились. Осенью, возможно в связи с изменения орудий лова (увеличилась доля рыб, пойманных спиннингами) и различием мест обитания разновозрастных особей, щук 2+ поймано было мало, но они имели крупные размеры (45,3±1,4 и 44 см). Весной с 2021 по 2022 гг. в возрастной группе 3+ увеличились размах вариации (до 12 и 20 см) и средняя длина (от 45,7±0,6 до 50,2±0,6 см). К зиме средние показатели возросли еще на 3,3 и 3 см.

Взрослые щуки в возрасте 5+ и 6+ массово присутствовали в уловах в весенний и зимний периоды. У рыб 5+ изменчивость предельных значений составляла 10–12 см. Появление весной 2021 г. в уловах наиболее крупных особей определило увеличение размаха вариации до 18 см и среднего размера до 69 ± 1 см. В возрастной группе 6+ изменчивость показателей была не велика (5–9 см).

Размах вариации абсолютных массовых значений у щук одного поколения возрастает до возраста 5+. В возрасте 2+ и 3+ в весенний и зимний периоды разность предельных значений не превышала 750 и 1300 г в 2021 г., 1480 и 1200 г в 2022 г. Максимальные колебания значений и высокие средние показатели были характерны для осеннего периода. У более взрослых рыб (5+) размах вариации составлял 1980 г (весна 2021 г.) и 2320 г (зима 2022 г.).

Исследование роста амурской щуки бассейна оз. Ханка выполнено по средним значениям длины и массы. Наиболее быстро увеличение размеров происходило в первые годы жизни. К возрасту 1+ длина молоди составляла 33,5 и 35 см, последующие годы прироста не превышали 7–11 см. Первые годы (до 3+) массовые приросты достигали 500 г, у более взрослых щук превышали 1000 г.

Известно, что темп роста рыб помимо видовых особенностей зависит от периода жизненного цикла и совместного влияния факторов среды. У особей одного поколения скорость роста и изменчивость индивидуальных линейно-массовых показателей в период личиночного развития и у молоди во многом определяется составом кормовых объектов и обеспеченностью пищей, у более взрослых рыб готовностью участвовать в нересте. Известно, что в нерестовое стадо рыбы вступают, достигнув прежде всего определенных размеров, происходит это в разных водоёмах в при разных значениях. В оз. Ханка массовая половая зрелость щуки наступает при длине 35–40 см (АД), в Амуре 43–69,9 см (АД) [4, 5]. В 2021 и 2022 гг. замедление линейного и ускорение массового роста щуки оз. Ханка происходило у особей, достигших длины 40,3 и 50,3 см (АВ) в возрасте 2+ и 3+.

Заключение

В годы исследований возраст и размерные характеристики амурской щуки оз. Ханка были выше предельных для данного вида значений [6], в уловах попадались особи 14+, 15+, длиной 122 и 130 см. Состав доминирующих групп был близок, как в 2021, так и в 2022 г. преобладали особи 2+–6+, длиной 31–70 см, массой менее 3000 г. В 2022 гг. не было щук максимального возраста и размеров, но доля крупных особей старше 5+ в размерном и массовом составе возросла.

Исследованы биологические характеристики рыб в осенний, зимний и весенний периоды. Наиболее полно возрастной, размерный и массовый состав были представлены в зимний период. Облик зимних и осенних уловов определяли особи старше 5+, наиболее крупных размеров. Щуки, пойманные в марте и первой декаде апреля, относились к 13 возрастным группам, на фоне других сезонов количество рыб в возрасте 2+ было максимальным.

Библиографический список

1. Фауна круглоротых и рыб озера Ханка // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 97–110.
2. Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. М. : Изд-во АН СССР, 1956. 551 с.
3. Зуенко Ю.И., Шаповалов М.Е., Курносова А.С. Современные изменения уровня озера Ханка и их последствия для промысловых ресурсов // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. Вып. 4. С. 935–950.
4. Шаповалов М.Е., Королева В.П. Сроки нереста, плодовитость и воспроизводительная способность некоторых видов рыб оз. Ханка // Изв. ТИНРО. 2013. Т. 175. С. 69–92.
5. Островская Е.В. Питание амурской щуки *Esox reichertii* Dybowski, 1869 // Вопросы рыболовства. 2022. Т. 23, № 4. С. 134–163.
6. Атлас пресноводных рыб России / ред. Ю.С. Решетников. М. : Наука, 2003. 253 с.

Светлана Васильевна Чусовитина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Анастасия Александровна Перерва

ФГБУ «Главрыбвод», Гурский рыбободный завод, ведущий рыбовод, Россия, Хабаровский край, пос. Гурское, e-mail: stacey.pererva@mail.ru

**Динамика хода и некоторые биологические показатели кеты
Oncorhynchus keta р. Гур (Хабаровский край) в 2018, 2020, 2022 гг.**

Аннотация. Исследованы изменения биологических показателей осенней кеты р. Гур в 2018, 2020, 2022 гг. Установлено, что нерестовый ход кеты в р. Гур начинался во второй декаде сентября и заканчивался во второй декаде октября. Важнейшие биологические показатели заводской кеты в годы исследований изменялись незначительно, максимальные средние размеры и массу кета имела в 2022 г.

Ключевые слова: осенняя кета, р. Гур, размерный состав, массовый состав, динамика нерестового хода

Svetlana V. Chusovitina

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Anastasiya A. Pererva

FSBI «Glavrybvod», Gurskoe Fish Factory, Fish Farmer, Russia, Khabarovsk Territory, Gurskoe, e-mail: stacey.pererva@mail.ru

**The dynamics of the course and some biological indicators of chum salmon
(*Oncorhynchus keta*) of the Gur river (Khabarovsk krai) in 2018, 2020, 2022.**

Abstract. Changes in biological indicators of fall chum salmon of the Gur River in 2018, 2020, 2022 were studied. It was found that the spawning run of chum salmon in the Gur River began in the second decade of September and ended in the second decade of October. The most important biological parameters of the plant chum salmon in the years of research did not change significantly, the maximum average size and weight chum salmon had in 2022.

Keywords: fall chum salmon, Gur River, size composition, mass composition, spawning run dynamics

Введение

Эксплуатация и исследование запасов лососевых рыб Амура имеют более чем вековую историю. В устье, основном русле и притоках этой реки обитают ленки, таймень, кунджа, мальма и др. виды семейства. Но основное внимание традиционно привлекают такие представители р. *Oncorhynchus*, как горбуша и кета. Изменения уловов этих рыб под влиянием естественных факторов, высокорентабельного, не всегда контролируемого промысла, а также вклада искусственного воспроизводства фиксируются с начала XX в.

В бассейне Амура воспроизводится кета двух рас – летней и осенней. Основным объектом промысла является осенняя кета, искусственное воспроизводство которой осу-

ществляет 5 лососевых рыбопроизводных заводов. В XXI в. подъём численности осенней кеты пришелся на 2012 г. [1]. В последующие годы прогнозируемый вылов снизился почти вдвое, фактические уловы не достигали намеченных показателей [2]. Снизилось не только общее количество особей, сократились протяженность миграций, заполняемость естественных нерестилищ и их площади, изменялся состав производителей. К настоящему времени нерестилища осенней кеты верхнего и среднего Амура, р. Усури заполняются частично или исчезли. Возникли проблемы с закладкой икры на наиболее удаленных от устья Амура рыбопроизводных заводах.

Цель работы заключалась в анализе биологических характеристик осенней кеты р. Гур в 2018, 2020 и 2022 гг. В связи с чем изучены размерные и массовые характеристики, динамика нерестового хода.

Материал и методики

В работе использованы материалы, собранные вторым автором на Гурском рыбопроизводном заводе ФГБУ «Главрыбвод», расположенном в период нерестового хода осенней кеты *Oncorhynchus keta* в 2018, 2020, 2022 г. Биологический анализ 318 экз. выполнялся по общепринятой методике.

Результаты исследований и их обсуждение

В р. Гур осенняя кета нерестится на ключевых и на подрусовых источниках, искусственное воспроизводство и выпуск молоди осуществляет Гурский рыбопроизводный завод [4]. В годы исследований подходы производителей к заводу, расположенному в 200 км от устья реки, отличались по мощности. В 2020 и 2022 гг. основу уловов составляли особи малочисленных, в следствии низкой эффективности естественного нереста, поколений 2013 и 2017 гг. [3]. Минимальное количество кеты зашло в 2020 г.

Первые производители в 2018 г. появились во второй половине сентября, в 2020 и 2022 гг. – на неделю раньше. Миграция продолжалась менее месяца и характеризовалась 2–4 волнами.

В 2018 г. массовый ход пришелся на последнюю декаду сентября (21.09). В октябре численность идущих на нерест рыб возрастая несколько раз, не достигала сентябрьских значений (рис. 1). В 2020 г. ход кеты был ограничен во времени, начался относительно рано и раньше закончился, изменение численности рыб во время нерестового хода было менее выражено (рис. 2). В 2022 г. период массового хода был сдвинут на конец сентября – начало октября, за пять дней зашло большинство производителей (рис. 3).

В 2018, 2020 и 2022 гг. к месту вылова подходили готовые к нересту и зрелые особи. Количество самок было больше самцов, доля которых не превышала 40 %.

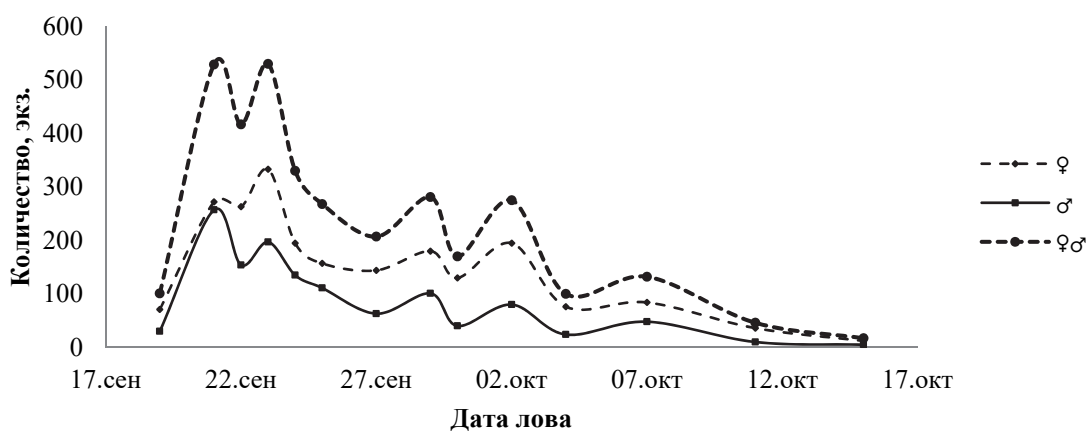


Рисунок 1 – Вылов осенней кеты в р. Гур, 2018 г.

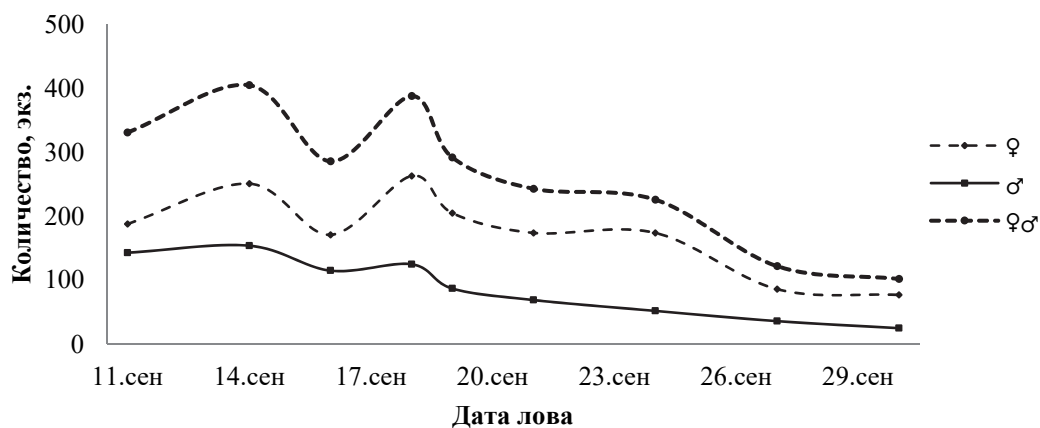


Рисунок 2 – Вылов осенней кеты в р. Гур, 2020 г.

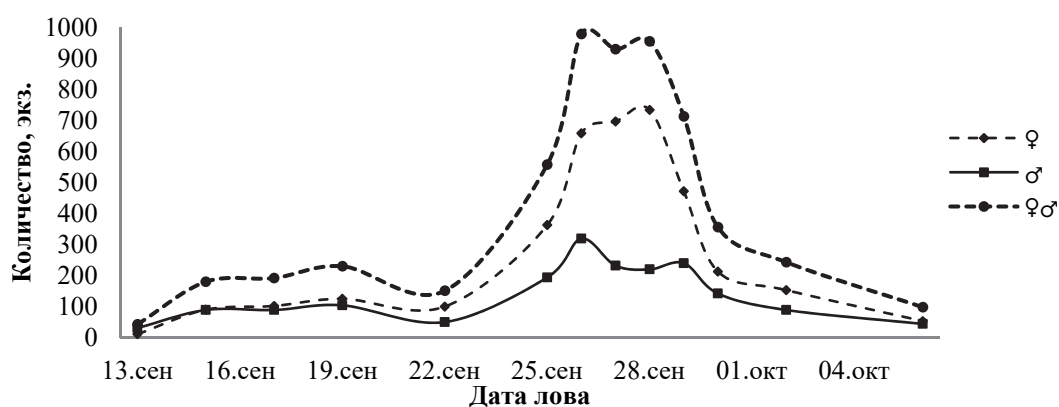


Рисунок 3 – Вылов осенней кеты в р. Гур, 2022 г.

Размерный состав кеты в 2018 г. значительно изменялся (49–84 см), длина большинства особей ограничивалась 58–69 см (80 %) (табл. 1, рис. 4). Самые мелкие и наиболее крупные производители были самцами, разница средних параметров разнополовых особей составляла 3 см. Большую долю самок и более молодых особей, то есть рыб, отличающихся меньшими размерно-массовыми характеристиками, скорректировали самцы, имеющие предельно высокие значения длины и массы. В 2020 г. в уловах отсутствовала кета крупнее 76 см, но состав модальной группы не изменился, не отличались и средние параметры самцов и самок. В 2022 г. попадались самые мелкие особи (47 см). Преобладала кета длиной 61–66 см (58 %), в модальный класс входили производители от 63 до 65 см (31 %). По средним показателям самцы превосходили самок на 1 см.

Таблица 1 – Длина осенней кеты р. Гур в 2018, 2020 и 2022 г.

| Год | Пол | Минимальная длина, см | Максимальная длина, см | Средняя длина, см |
|------|-----|-----------------------|------------------------|-------------------|
| 2018 | ♂♀ | 49 | 84 | 63±0,41 |
| | ♀ | 53 | 71 | 62±0,40 |
| | ♂ | 49 | 84 | 65±0,71 |
| 2020 | ♂♀ | 49 | 76 | 63±0,53 |
| | ♀ | 56 | 70 | 63±0,50 |
| | ♂ | 49 | 76 | 63±0,94 |
| 2022 | ♂♀ | 47 | 80 | 64±0,36 |
| | ♀ | 53 | 72 | 63±0,35 |
| | ♂ | 47 | 80 | 64±0,66 |

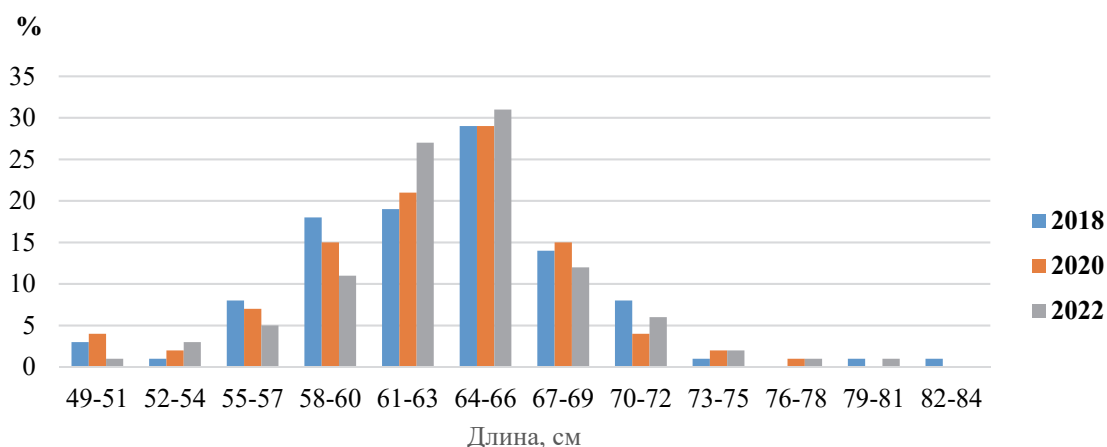


Рисунок 4 – Размерный состав осенней кеты р. Гур в 2018, 2020 и 2022 гг.

Масса кеты в 2018 г. изменялась от 868 до 7034 г, с преобладанием особей от 1501 до 3500 г (80 %) (рис. 5). Наибольшей вариабельностью характеризовались массовые показатели самцов, среди которых встречались как самые мелкие, так и самые крупные особи за весь период наблюдений. Модальные классы самцов и самок не совпадали. В 2020 г. размах варьирования значительно сократился, в уловах отсутствовали особи крупнее 4976 г. Средняя параметры самок и самцов были сопоставимы (табл. 2, рис. 5). В 2022 г. производители имели максимальные средние размеры, как и в предыдущие годы модальный класс формировали особи от 2500 до 3000 г, но доля таких рыб возросла (рис. 5).

Таблица 2 – Масса осенней кеты р. Гур в 2018, 2020 и 2022 г.

| Год | Пол | Минимальная масса, г | Максимальная масса, г | Средняя масса, г |
|------|-----|----------------------|-----------------------|------------------|
| 2018 | ♂♀ | 868 | 7034 | 2704±65,43 |
| | ♀ | 1381 | 3846 | 2442±54,41 |
| | ♂ | 868 | 7034 | 3001±116,09 |
| 2020 | ♂♀ | 868 | 4976 | 2652±73,64 |
| | ♀ | 1626 | 4141 | 2607±79,08 |
| | ♂ | 868 | 4976 | 2697±123,57 |
| 2022 | ♂♀ | 956 | 5258 | 2733±55,10 |
| | ♀ | 1506 | 4089 | 2664±55,16 |
| | ♂ | 956 | 5258 | 2819±102,23 |

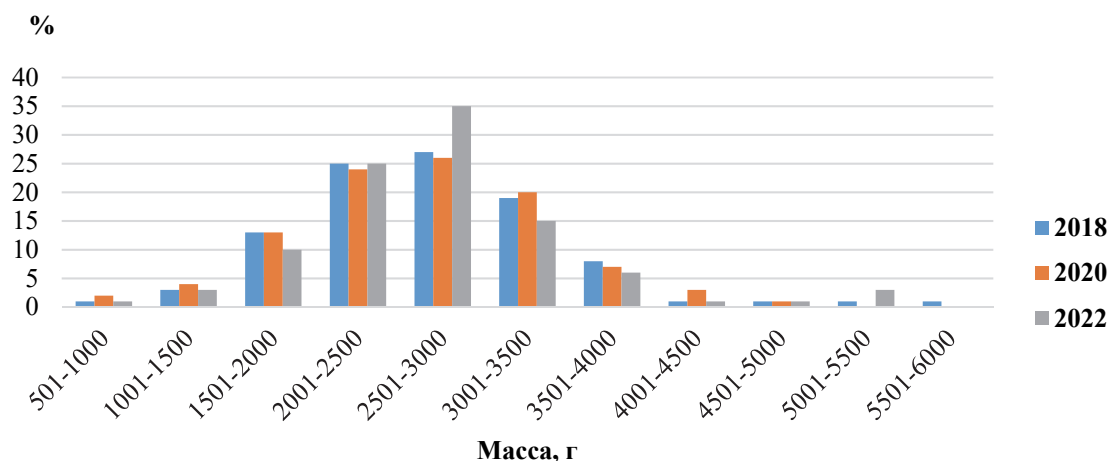


Рисунок 5 – Массовый состав осенней кеты р. Гур в 2018, 2020 и 2022 гг.

Состав рыб изменялся в зависимости от сроков наблюдений. В 2018 г. средние размерные и массовые показатели кеты в начале хода (21.09.2018) составили $65\pm 0,9$ см и $3127\pm 151,6$ г. К концу хода (29.09-02.10) регистрировались особи меньших размеров ($55\pm 2,2$ см и $1713\pm 236,3$ г). В 2020 г. параметры изменились от 67 ± 1 см и $3676\pm 314,1$ г (14.09.2020) до $63\pm 0,7$ см и $2730\pm 112,7$ г (24.09.20). В 2022 г. размерные и массовые показатели рыб также уменьшались от начала к концу хода.

Длина амурской осенней кеты изменяется от 45 до 89 см, в среднем от 64 до 70 см [5]. Средние длина и масса производителей Гурского рыбопроизводного завода в 2018, 2020 и 2022 гг. составляли 63–65 см и 2704–2733 г, что меньше показателей рыб этого завода в первом десятилетии XXI в. В 2002–2007 гг. средние параметры заводской кеты изменялись от 65,6 см и 3483 г (2002 г.) до 71,5 см и 4095 г (2005 г.) [6]. Особенности размерно-массового состава, изменение предельных и средних параметров лососей в некоторых районах связывают с мощностью подходов к местам нереста [7, 8]. В годы высокой численности, как правило, преобладают особи меньших размеров, облик слабых подходов определяют более крупные рыбы. Размер и масса исследованных рыб были невелики, несмотря на период низкой численности амурской осенней кеты.

Таким образом, полученные характеристики кеты Гурского рыбопроизводного завода ниже аналогичных в начале века. Размерно-массовые показатели были сопоставимы со значениями амурской осенней кеты в период больших уловов.

Заключение

Изменения массовости подходов осенней кеты в районе Гурского рыбопроизводного завода в целом соответствует общей тенденции сокращения численности мигрантов в Амуре. Важнейшие биологические показатели заводской кеты в годы исследований изменялись незначительно, максимальные средние размеры и массу кета имела в 2022 г.

Библиографический список

1. Коцюк Д.В., Подорожнюк Е.В., Островский В.И. Регулирование промысла тихоокеанских лососей р. Амур в условиях снижения их численности в 2017–2020 гг. // Вопросы рыболовства. 2021. Т. 22, № 4. С. 116–122.
2. Современный статус водных биологических ресурсов бассейна реки Амур и задачи их изучения / Колпаков Н.В., Коцюк Д.В., Островский В.И., Семенченко Н.Н., Кошелев В.Н., Шмигирилов А.П., Островская Е.В., Барабанщиков Е.И., Козлова Т.В., Кульбачный С.Е., Подорожнюк Е.В., Вилкина О.В., Шаповалов М.Е. // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200(3). С. 499–529.
3. Коцюк Д.В., Островский В.И., Подорожнюк Е.В., Козлова Т.В. Итоги лососевой путины в Хабаровском крае в 2021 г. // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. 2022. Т. 1. С. 30–36.
4. Золотухин, С.Ф. Тихоокеанские лососи Амура : монография / С.Ф. Золотухин, А.Н. Канзепарова. Владивосток : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2019. 110 с.
5. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2005. 366 с.
6. Хованский И.Е., Крушанова А.С. Численность и морфо-биологические показатели осенней кеты в базовых реках рыбопроизводных заводов – Гур и Анюй (бассейн р. Амур) // Современное состояние водных биоресурсов: материалы научной конференции, посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток : ТИНРО-Центр, 2008. С. 818–822.
7. Бирман И.Б. Морской период жизни и вопросы динамики стада тихоокеанских лососей : моногр. М. : Агропромиздат, 1985. 208 с.
8. Золотухин С.Ф., Канзепарова А.Н. Тихоокеанские лососи Амура : моногр. / С.Ф. Золотухин, А.Н. Канзепарова. Владивосток : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2019. 110 с.

Марина Анатольевна Шебанова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: marina.shebanova@tinro.ru

Наталья Алексеевна Кузнецова

Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»), ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, Россия, Владивосток, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro.ru

**Состояние планктонного сообщества в северо-западной части
Тихого океана в июне 2021–2022 гг.**

Аннотация. В период с 31 мая по 19 июля 2021 г. и с 31 мая по 4 июля 2022 г. в северо-западной части Тихого океана на НИС «ТИНРО» были проведены комплексные экспедиции. На долю крупной фракции приходилось 61–91 % от общей биомассы зоопланктона, мелкой и средней 5–18 % и 2,6–16 %. Среди мелкого и среднеразмерного зоопланктона доминировали копеподы р. *Pseudocalanus*, *O. similis* и молодь гипериид *T. pacifica*, среди крупноразмерного зоопланктона – *N. plumchrus*, *E. bungii*, *P. elegans*, *A. digitale*, и *T. pacifica*.

Общий запас планктона крупной фракции в июне 2021 г. составил 280 056 тыс. т, в 2022 г. – 207 541 тыс. т.

Ключевые слова: северо-западная часть Тихого океана, фитопланктон, зоопланктон, биомасса

Marina A. Shebanova

Pacific Branch FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: marina.shebanova@tinro.ru

Natalya A. Kuznetsova

Pacific Branch FSBSI «VNIRO» («TINRO»), Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro.ru

**The state of the plankton community in the northwestern
Pacific Ocean in June 2021-2022**

Abstract. The complex expeditions were carried out on the research station «TINRO» in the north-western part of Pacific ocean from 31 May to July, 19 2021 and from 31 May to July, 4 2022. The basis of biomass of zooplankton in the period of research was a large fraction – 61–91 %, small fraction – 5–18 %, average 2,6–16 %. The dominant species in the small fraction zooplankton were copepods g. *Pseudocalanus*, *O. similis* and hyperiida *T. pacifica*. *N. plumchrus*, *E. bungii*, *P. elegans*, *A. digitale* and *T. pacifica* dominated in the large fraction zooplankton.

The total stock of plankton amounted to 280056 thousand tons in 2021 and 207541 thousand tons in 2022.

Keywords: Pacific ocean, phytoplankton, zooplankton, biomassa

В связи с регулярными миграциями массовых видов рыб в воды Южно-Курильского района и открытые воды северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг. был

проведен мониторинг состояния планктонных сообществ в данном регионе с основным вниманием на кормовую базу нектона. Комплексные исследования были проведены на НИС «ТИНРО» с акцентом на учет подходов ценных промысловых видов, таких как скумбрия, сардина и лососи. Собранные данные о фоновых условиях и кормовой базе нектона использовались для определения биомассы размерных фракций, групп и видов зоопланктона. Также были рассчитаны плотность и запасы зоопланктона, а по полученным материалам были построены схемы пространственного распределения его основных таксономических групп.

Цель работы: оценить особенности пространственного распределения и запасы кормового зоопланктона в северо-западной части Тихого океана.

Планктон был собран с использованием сети БСД (капроновое сито с ячейей 0,168 мм и площадью входного отверстия 0,1 м²) в слое 200-0 м (рис. 1). Скорость поднятия сети составляла 0,7–1,0 м/сек. Пробы планктона обрабатывались согласно методике, принятой в ТИНРО-Центре. Численность планктонов мелкой и средней фракции подсчитывалась в камере Богорова, а крупной – тотально. При расчетах показателей биомассы и численности вводились поправки на уловистость, применяемые в ТИНРО: для мелкой фракции зоопланктона – 1,5, средней – 2,0. В крупной фракции планктонов использовались пропорционально увеличенные поправки: копеподы до 5 мм – 2, крупнее 5 мм – 3; сагитты до 10 мм – 2, 10–20 мм – 5, крупнее 20 мм – 10; гиперииды до 5 мм – 1,5, 5–10 мм – 3, крупнее 10 мм – 5 [1, 2]. Расчет биомассы производился как по численности, так и по сырым весам планктонов [3].

В 2021 г. комплексная съемка эпипелагиали северо-западной части Тихого океана выполнялась с 31 мая по 19 июля и включала 66 станций, в 2022 г. – 31 мая – 4 июля – 57 проб.

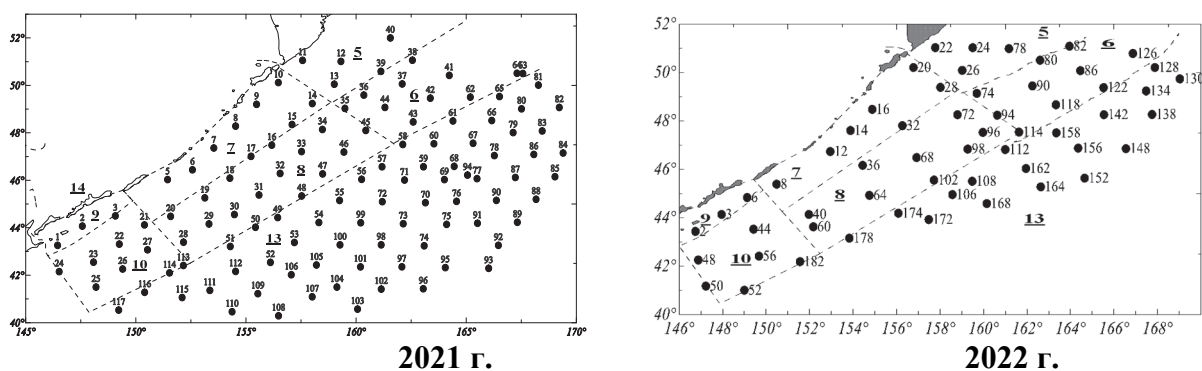


Рисунок 1 – Схема расположения планктонных станций в северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.:

- 5 – Камчатская впадина, 6 – открытые океанские воды Камчатки и Командорских островов,
- 7 – приостровные океанские воды Средних и Северных Курильских островов, 8 – открытые океанские воды Средних и Северных Курильских островов, 9 – приостровные океанские воды Южных Курильских островов, 10 – открытые океанские воды Южных Курильских островов,
- 13 – океанические воды Тихого океана

В июне 2021–2022 гг. характеристика состояния планктонного сообщества указывает на раннелетний период. В исследуемом районе отмечается цветение фитопланктона и высокая концентрация науплиев и младших копеподитов веслоногих ракообразных. Общая биомасса зоопланктона в планктоне распределяется следующим образом: мелкая фракция составляет от 5,2 % до 14,2 %, средняя – от 5,8 % до 18,4 %, а крупная фракция – от 61,6 % до 86 % в общей массе зоопланктона.

В 2021 году биомасса сетевого фитопланктона в эпипелагиали колеблется от 2,28 до 115,13 мг/м³ со средним значением 29,8 мг/м³. На большей части исследуемой акватории фитопланктон практически отсутствует, и обнаруживаются лишь единичные клетки (рис. 2, табл. 1). Общий запас фитопланктона в июне 2021 года составил 6201,5 тыс. т.

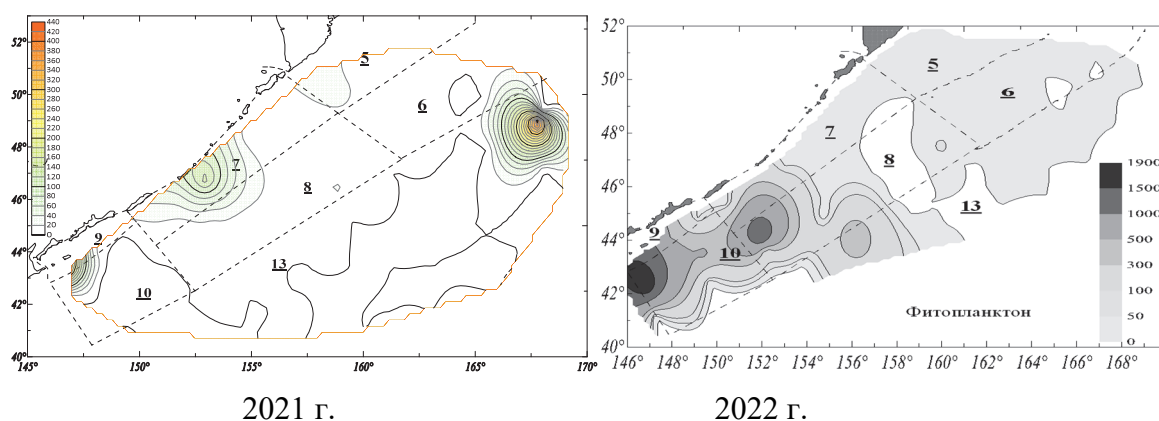


Рисунок 2 – Распределение фитопланктона в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

Таблица 1 – Биомасса (мг/м^3) планктона в эпипелагиали (200-0 м) СЗТО (июнь 2021–2022 гг.)

| Фракция | Район | | | | | | |
|-----------------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 13 |
| 2021 г. | | | | | | | |
| Фитопланктон | 20 | 2,3 | 45,1 | 7,9 | 115,1 | 3,8 | 14,5 |
| Мелкая фракция | 136,1 | 35,5 | 124,8 | 77,1 | 122,4 | 101,9 | 53,9 |
| Средняя фракция | 44,3 | 38,9 | 94,3 | 98,5 | 130,6 | 111,4 | 61,3 |
| Крупная фракция | 707,7 | 457,4 | 1171,1 | 1297,7 | 706,1 | 476,2 | 393,4 |
| 2022 г. | | | | | | | |
| Фитопланктон | 2,5 | 3,5 | 19,4 | 176,0 | 631,4 | 503,2 | 33,9 |
| Мелкая фракция | 52,7 | 72,2 | 79,0 | 91,9 | 148,2 | 185,8 | 124,3 |
| Средняя фракция | 23,4 | 55,6 | 59,8 | 40,7 | 27,8 | 116,8 | 42,0 |
| Крупная фракция | 835,8 | 824,0 | 1108,5 | 776,4 | 1407,5 | 706,1 | 567,8 |

В 2022 г. биомасса фитопланктона по уловам сетью Джели в слое 200-0 м на большей части исследованной акватории была значительно выше (почти в 4 раза) и составляла в среднем 195 мг/м^3 , меняясь по районам от 2,5 до 631 мг/м^3 . В 2022 г. стабильно высокие показатели биомассы фитопланктона регистрировались в приостровных океанских водах средних и Южных Курильских островов (районы 8 и 10 – 176 и 631 мг/м^3). Воды фронта Ойясио в июне 2022 г. были относительно холоднее климатической нормы на 2°C , и при соприкосновении с теплыми водами субарктического течения обусловили активное цветение фитопланктона в этом районе [4, 5] (рис. 2), (табл. 1). Запас фитопланктона в июне 2022 г. составил $30528,9$ тыс. т.

Основу видового состава сетного фитопланктона составляли диатомовые водоросли рр. *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Rhizosolenia* и *Coscinodiscus*.

В 2021 году биомасса мелкого зоопланктона варьировала в пределах от $53,92$ до $136,05 \text{ мг/м}^3$, среднее значение составляло 93 мг/м^3 (табл. 1). Максимальная концентрация мелкого планктона отмечалась в океанских водах приостровных районов Средних и Северных Курильских островов (124 мг/м^3 , район 7), в водах над Камчатской впадиной (136 мг/м^3 , район 5) и в океанских водах приостровных районов Южных Курильских островов (122 мг/м^3 , район 9) (рис. 3).

Основу мелкой фракции составляли копеподы *Oithona similis*, *Pseudocalanus newmani*, *Metridia pacifica*, а также представители рода *Microsetella* sp. Высокой была и концентрация науплиев веслоногих рачков.

Запас мелкой фракции зоопланктона весной-летом 2021 г. составил $25805,6$ тыс. т.

В 2022 г. биомасса мелкого зоопланктона варьировала в пределах от 52,7 до 185,8 мг/м³, составляя в среднем 107,7 мг/м³ (табл. 1). Максимальные концентрации мелкого зоопланктона отмечены в приостровных и океанических водах Южных Курильских островов (9–10 район) 148 и 185 мг/м³ соответственно и в открытых океанических водах 124 мг/м³ (13 район) (рис. 3).

Во всех исследуемых районах основную долю биомассы составляли копеподы, преимущественно *Oithona similis* с концентрацией от 25 до 73 мг/м³, а также *Pseudocalanus minutus* и *Ps. newmani* и их копеподиты от 4 до 16 мг/м³. В 7-м и 9-м районах выявлены высокие уровни яиц и науплиев копепод (4 мг/м³ и 13 мг/м³). В 7-м, 9-м и 10-м районах отмечена значительная численность науплиев тепловодного вида *Eucalanus bungii* с концентрацией 20, 22,5 и 37 мг/м³ соответственно.

Запас мелкой фракции зоопланктона весной-летом 2022 г. составил 24455 тыс. т.

Биомасса средней фракции в 2021 году менялась в пределах от 38,9 до 130,64 мг/м³ (табл. 1) и находилась на уровне биомассы мелкой фракции. Более высокие концентрации наблюдались в приостровных и океанских водах у Средних и Северных Курильских островов (район 7–8), а также в юго-западной части исследуемой акватории (рис. 4).

Основу биомассы средней фракции составляли такие виды копепод, как *Neocalanus plumchrus*, *E. bungii* и *M. pacifica*, а также гипериида *Themisto pacifica*.

Запас средней фракции зоопланктона весной-летом 2021 г. составил 26660,2 тыс. т.

В 2022 г. биомасса средней фракции была немного ниже, чем в предыдущем году, и варьировала в пределах от 23 до 116 мг/м³. Основные скопления среднеразмерного зоопланктона были сосредоточены в океанических водах Южных Курильских островов 116,8 мг/м³ (рис. 4). Основную биомассу этой фракции, также как и в предыдущем году, составляли две группы планктона веслоногие ракообразные (*E. bungii* – 3–47 мг/м³, *N. plumchrus* 4–15 мг/м³) и гиперииды (*T. pacifica* 1–6 мг/м³).

Запас средней фракции зоопланктона весной-летом 2022 г. составил 12023,6 тыс. т, что в 2 раза ниже, чем в аналогичный период 2021 г.

В июне 2021 года в планктонном сообществе северо-западной части Тихого океана биомасса крупной фракции колебалась от 457,41 до 1297,71 мг/м³ (см. табл. 1), со средним значением 744,2 мг/м³. Максимальная концентрация крупноразмерного зоопланктона отмечалась в приостровных и океанических водах Средних и Северных Курильских островов (районы 7–8) – 1171 и 1297 мг/м³, а также в приостровных океанических водах у Южных Курильских островов (район 9) и в водах над Камчатской впадиной (район 5) – около 707 мг/м³ (см. рис. 5).

Запас крупной фракции зоопланктона в июне 2021 г. составил 227591,7 тыс. т.

В 2022 г. биомасса крупной фракции была немного выше и варьировала от 567 до 1407 мг/м³, составляя в среднем 889 мг/м³. Основные скопления крупного зоопланктона отмечены в приостровных океанических водах Курильских островов (районы 7 и 9) 1108 и 1407 мг/м³ соответственно (рис. 5).

Запас крупной фракции зоопланктона в июне 2022 г. составил 171062 тыс. т.

В июне 2021–2022 гг. в составе крупной фракции зоопланктона доминирующее положение по валовой биомассе занимали две группы планктона копеподы – 68–88 % и щетинкочелюстные – 15–41 %. Доля остальных представителей крупной фракции была незначительной.

Веслоногие ракообразные в 2021–2022 гг. в крупной фракции были представлены 27 видами. Биомасса копепод в 2021 г. в эпипелагиали изменялась от 324,38 до 1018,1 мг/м³. Основными видами, создающими биомассу, были крупные копеподы *E. bungii* (42–472 мг/м³), *N. plumchrus* (69–368 мг/м³) и *N. cristatus* (39–320 мг/м³). Наивысшая концентрация данных видов наблюдалась в 7-м и 8-м районах (рис. 6).

В 2022 г. биомасса веслоногих ракообразных была практически на уровне прошлого года и варьировала в пределах от 262 до 1407 мг/м³. Основными видами, создающими биомассу, были *E. bungii* (81–947 мг/м³), на втором месте *N. cristatus* (88–314 мг/м³) и на третьем *N. plumchrus* (43–165 мг/м³) (рис. 6).

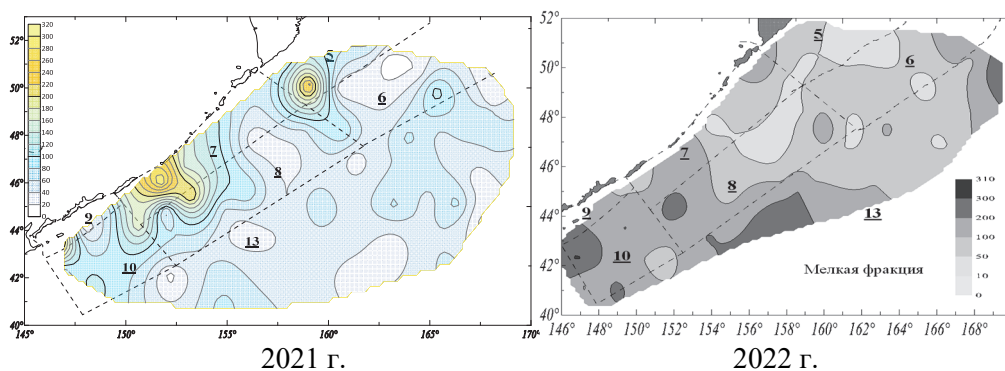


Рисунок 3 – Распределение мелкой фракции зоопланктона в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

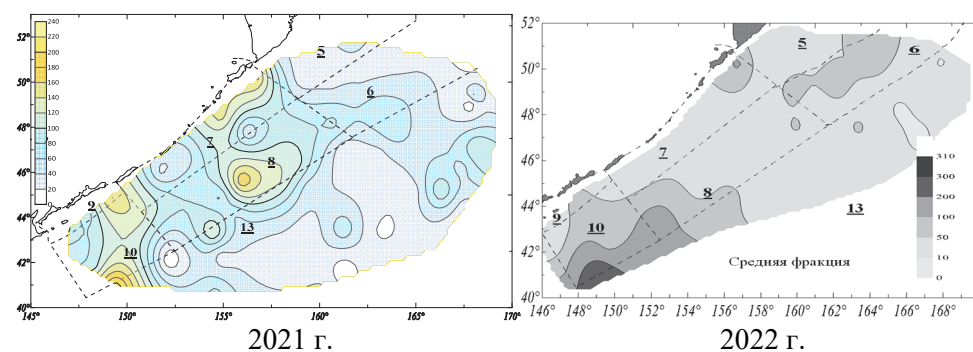


Рисунок 4 – Распределение средней фракции зоопланктона в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

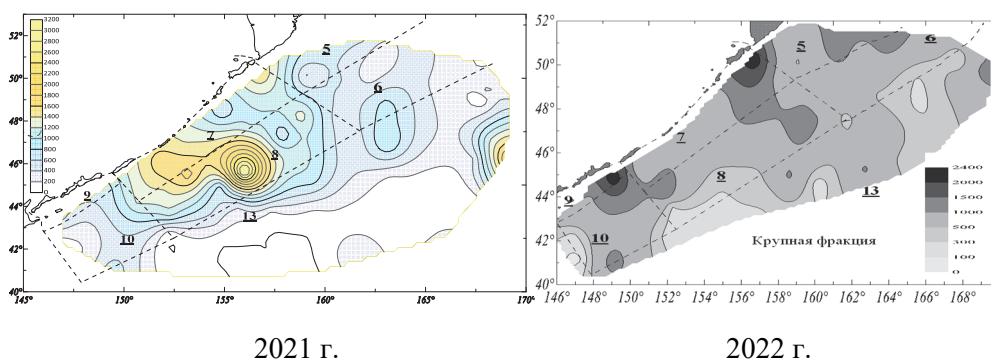


Рисунок 5 – Распределение крупной фракции зоопланктона в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

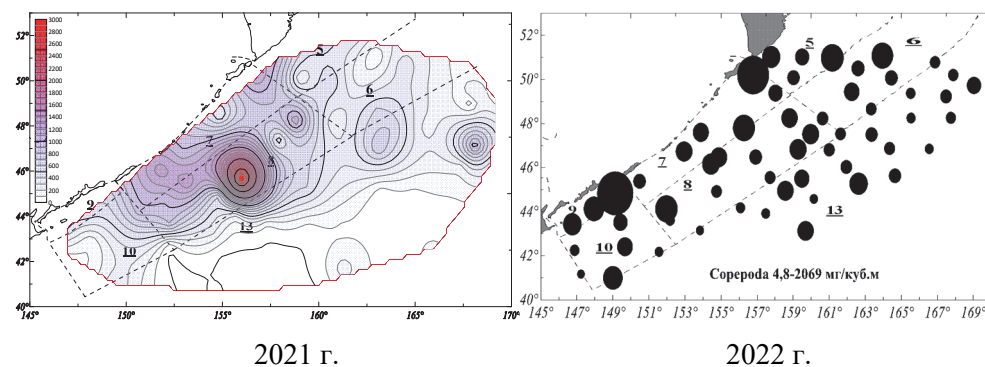


Рисунок 6 – Распределение биомассы копепод в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

Океанические интерзональные виды копепод, которые доминируют в планктоне крупной фракции в весенне-летний период, не проявляют активных суточных вертикальных миграций, что создает благоприятные условия для питания эпипелагических рыб в верхних слоях воды на глубинах от 200 до 0 метров [6].

Основные скопления веслоногих ракообразных, как и в предыдущем году, были отмечены в приостровных и открытых водах Курильских островов. Наименьшая биомасса копепод была отмечена в 13-м океаническом районе. Однако в этом районе наблюдалось большее разнообразие видов, встречались как бореальные, так и субтропические виды, хотя их биомасса была невысокой.

Щетинкочелюстные были представлены тремя видами – *Parasagitta elegans*, *Pseudosagitta maxima* и *Eukrohnia hamata*. Основным был вид *P. elegans*, два других вида встречались единично в открытых океанических водах.

Биомасса *Parasagitta elegans* в различных районах в 2021 году изменялась от 68,4 до 272,07 мг/м³ (см. рис. 7). Максимальное скопление щетинкочелюстных было зафиксировано в прикурильских водах (район 7) и достигло 272 мг/м³. Основной вклад в общую биомассу в местах скоплений вносили особи с длиной тела от 20 до 25 мм и от 25 до 30 мм.

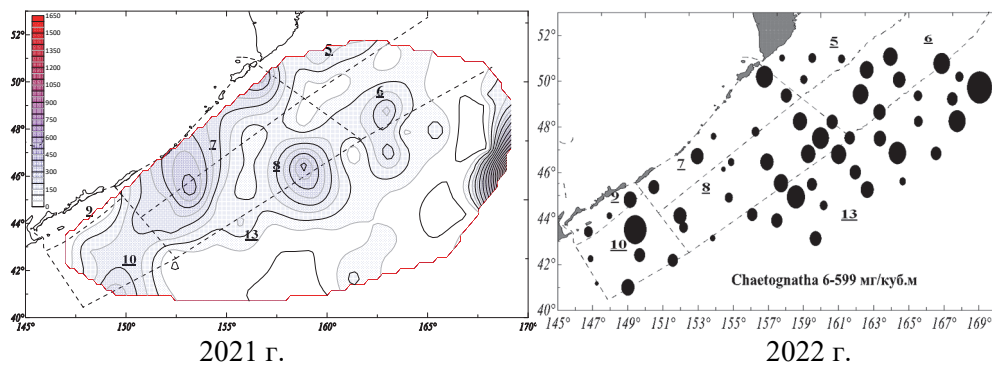


Рисунок 7 – Распределение биомассы щетинкочелюстных в эпипелагиали (в слое 200-0 м) северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг.

В 2022 г. биомасса сагитт была немного выше и варьировала в пределах от 95 до 289 мг/м³ (рис. 7). В планктоне представлены все стадии развития, что свидетельствует об активном размножении *P. elegans*. Повышенные концентрации (более 200 мг/м³) отмечены в открытых океанических водах Тихого океана и в открытых океанических водах Курильских островов (районы 6, 8, 10, 13). Во всех районах основную биомассу создавали особи с длиной тела 15–30 мм.

Доля первых десяти доминирующих видов зоопланктона в 2021–2022 годах составляла 86,3–96,5 % от общей биомассы. Среди этих видов выделялись крупные копеподы, такие как *N. plumchrus*, *N. cristatus*, *E. bungii*, *M. pacifica*, *M. okhotensis*, а также мелкие *P. newmani*, *Oithona similis*, эвфаузида *Euphausia pacifica*, сагитта *P. elegans*, гипериида *T. pacifica* и медуза *Aglantha digitale*.

В целом в июне 2021-2022 годов в северо-западной части Тихого океана биомасса планктона оставалась на уровне средних значений за многие годы [9]. Крупная фракция планктона, в которой преобладали копеподы и сагитты (рис. 8), составляла основную массу. Доля других групп зоопланктона была незначительной.

В пределах исследуемой акватории в июне 2021–2022 гг. были выделены воды двух структур: субарктической и субтропической с различными модификациями.

По сравнению с прошлыми годами термические условия во всем 200-метровом слое в июне 2021–2022 гг. в целом были схожи (диапазон хода температуры 3,1–3,6° С). Начиная с 2014 г. в данном районе наблюдается тренд на увеличение притока тепла [5, 6].

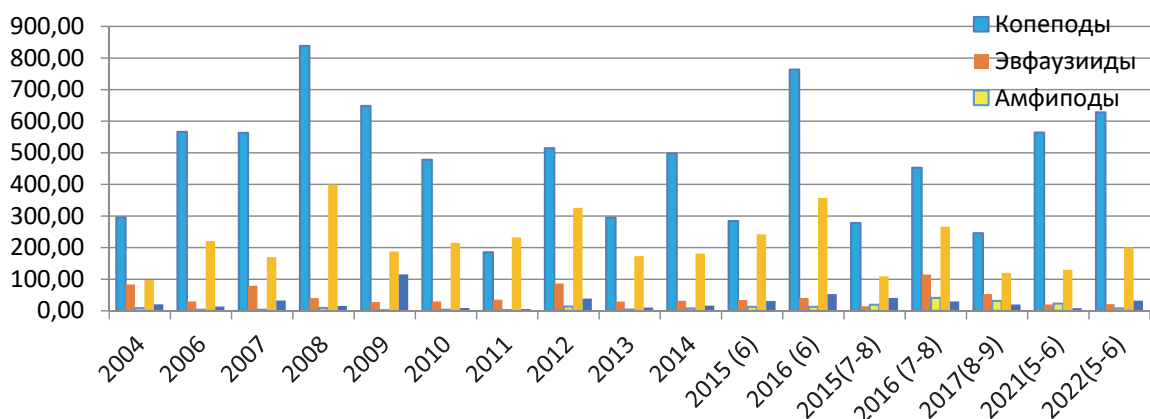


Рисунок 8 – Межгодовые изменения биомассы (мг/м³) крупной фракции зоопланктона в СЗТО в летний период (в слое 200-0 м) 2004–2022 гг.

В июне 2021–2022 гг. в северо-западной части Тихого океана состояние планктонного сообщества можно охарактеризовать как раннелетнее. «Цветение» фитопланктона происходило в субарктических водах Ойясио (район 7) и в водах субарктического течения (район 10) (рис. 2). Участки с повышенной биомассой копепод, сагитт, эвфаузиид были выявлены в субарктических водах в пределах фронта Ойясио, в зоне смешения вод – циклонических круговоротов (рис. 6, 7).

В зоне смешения вод в зоопланктоне вместе с бореальными видами, такими как *N. plumchrus*, *N. cristatus*, *M. pacifica*, *M. okhotensis*, *E. bungii*, которые были доминирующими, также были встречены виды, характерные для зоны смешения вод и субтропической зоны. В крупной фракции это были южно-бореальные копеподы (*Candacia bipinnata*, *Calanus pacificus*), эвфаузида *E. pacifica*, а также сальпа – *Salpa fusiformis*. В мелкой и средней фракции были обнаружены более мелкие представители этого комплекса, такие как *Calocalanus styliremis*, *C. tenuis*, *Paracalanus parvus*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Clausocalanus arcuicornis*. Кроме того, встречались половозрелые особи и молодь батипелагических видов (*Candacia columbiae*, *Pleuromamma scutullata*, *Heterorhabdus tanneri*).

В зоне субарктических водных масс (7–9-й районы) средняя биомасса зоопланктона была высокой, за счет доминирования крупной фракции (72 %). В этих районах преобладали крупные копеподы *E. bungii*, также их копеподиты и науплии. Приостровные океанские воды Курильских островов являются традиционными местами воспроизводства этого вида. Нерест *E. bungii* происходит в поверхностных слоях, куда половозрелые особи поднимаются для питания фитопланктоном с последующим нерестом. Молодь этого вида развивается здесь же [7, 8].

Общий запас планктона крупной фракции в июне 2021 года составил 280056 тыс. т, во время как в 2022 году этот показатель снизился до 207541 тыс. т. Результаты оценки валового запаса зоопланктона по размерным фракциям и отдельным группам животных крупной фракции представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Запасы зоопланктона (тыс. т) в эпипелагиали прикурильских вод в июне 2021–2022 гг.

| | 2021 г. | 2022 г. | | 2021 г. | 2022 г. |
|-------------------|----------|---------|------------------------|---------|---------|
| Фракции | тыс. т | тыс. т | Группы крупной фракции | тыс. т | тыс. т |
| Фитопланктон | 6201 | 30529 | Копеподы | 156912 | 107111 |
| Мелкая | 25805 | 24456 | Сагитты | 50428 | 49036 |
| Средняя | 26660 | 12024 | Эвфаузииды | 12870 | 5864 |
| Крупная | 227591,7 | 171062 | Гиперииды | 4759 | 2120 |
| Всего зоопланктон | 280056 | 207541 | Птероподы | 186 | 408 |
| | | | Аппендикулярии | 15,5 | 28 |
| Средний слой, м | 200 | 199,04 | Кишечнополостные | 1106 | 4888 |
| Площадь, кв. км | 1700 | 1091 | Прочие | 1315,2 | 1607 |

Рассчитанные соотношения между кормовым зоопланктоном и nekтоном в 2021–2022 годах показывают, что в эпипелагиали запасы зоопланктона в 2021 году были в 35 раз больше, чем запасы nekтона, а в 2022 году этот показатель увеличился до 60 раз. Рыбы в данном регионе питались наиболее массовыми видами зоопланктона, которые преобладали по биомассе. Дефицита корма не было.

Таким образом, можно сделать вывод, что в июне 2021–2022 годов в северо-западной части Тихого океана планктон в достаточной мере обеспечивал пищевые потребности рыб.

Библиографический список

1. Волков А.Ф. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море. Владивосток, ТИНРО. 1984. 31 с.
2. Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию nekтона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416.
3. Борисов Б.М., Волков А.Ф., Горбатенко К.М., и др. Стандартные таблицы сырых весов и некоторых энергетических характеристик (калорийность, жиры, белки, углеводы, минеральный остаток) зоопланктона дальневосточных морей // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 139. С. 355–367.
4. Старовойтов А.Н. Рейсовый отчет о научно-исследовательских работах в северо-западной части Тихого океана на НИС «ТИНРО» 26 мая – 23 июля 2021 г. нач. рейса / Архив ТИНРО, N 28771. Владивосток. ТИНРО-центр. 2021. 158 с.
5. Старовойтов А.Н. Рейсовый отчет о научно-исследовательских работах в северо-западной части Тихого океана на НИС «ТИНРО» 27 мая – 10 июля 2022 г. нач. рейса / Архив ТИНРО, N 28872, Владивосток. ТИНРО-центр. 2022. 155 с.
6. Горбатенко К.М. Сезонные аспекты вертикального распределения зоопланктона // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 88–119.
7. Гейнрих А.К. Сезонные явления в планктоне Мирового океана // Сезонные явления в планктоне средних и высоких широт // Тр. ИОАН СССР. 1961. Т. 51. С. 57–81.
8. Шебанова М.А. Закономерности сезонного распределения *Neocalanus plumchrus*, *N. cristatus* и *Eucalanus bungii* (Copepoda: Calanoida) в эпипелагиали Охотского моря // Изв. ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 342–360.
9. Шебанова М.А., Кузнецова Н.А., Пущина О.И. Состояние планктонных сообществ в прикурильских водах в 2015–2017 гг. // Материалы V Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». Дальрыбвтуз. Владивосток 22–24 мая 2018, Ч. 1. С. 211–215.

Секция 3. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.14

Татьяна Валерьевна Беспалова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, кандидат физико-математических наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: Bepalova.TV@dgtru.ru

Оксана Федоровна Дергунова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: Dergunova.OF@dgtru.ru

Решение задачи статистического исследования как способ формирования общепрофессиональных компетенций для профильных направлений бакалавриата в рыбохозяйственном вузе

Аннотация. Рассмотрен пример решения одной из типовых задач раздела «Математическая статистика» дисциплины «Математика» для направлений «Промышленное рыболовство» и «Водные биоресурсы и аквакультура», имеющей важное значение для формирования общепрофессиональных компетенций студентов профильных направлений рыбохозяйственного вуза.

Ключевые слова: общепрофессиональная компетенция, математическая статистика, вариационный ряд, эмпирическая функция распределения, полигон, гистограмма, выборочные характеристики, нормальное распределение

Tatiana V. Bepalova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: Bepalova.TV@gdtru.ru

Oksana F. Dergunova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: Dergunova.OF@dgtru.ru

Formation of general professional competencies in the study of probability theory for the direction "Industrial fishing"

Abstract. The paper examines an example of solving one of the typical problems in the section "Mathematical Statistics" of the discipline "Mathematics" for the directions "Industrial Fisheries" and "Aquatic Bio resources and Aquaculture", which is important for the formation of general professional competencies of students in specialized areas of a fisheries university.

Keywords: mathematical statistics, variation series, empirical distribution function, polygon, histogram, sample characteristics, normal distribution

Согласно рабочим программам дисциплины «Математика» для студентов-бакалавров направлений «Промышленное рыболовство» и «Водные биоресурсы и аквакультура», ко-

торые являются профильными для рыбохозяйственного вуза, задачей освоения данной дисциплины является формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции, предусмотренной стандартом.

Целью изучения дисциплины «Математика» для данных направлений является овладение навыками использования математических методов анализа, теоретического, статистического и экспериментального исследования. А также формирование математического аппарата для обработки результатов решения типовых задач в профессиональной области.

Общепрофессиональная компетенция (ОПК-1) как для направления «Промышленное рыболовство» [1, с. 10], так и для направления «Водные биоресурсы и аквакультура», указывает на то, что в результате освоения дисциплины «Математика» обучающиеся этих направлений будут способны «решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий» [2, с. 10].

Одним из важнейших разделов дисциплины «Математика», вследствие изучения которого происходит формирование сформулированной выше компетенции, а также индикаторов её достижения, установленные программой бакалавриата, является математическая статистика. Те научные и практические выводы, которые позволяет получить применение методов и подходов данного раздела математики в будущей профессиональной деятельности обучающихся, невозможно переоценить. Сбор, систематизация и анализ статистических данных лежат в основе любой задачи, которую будут решать будущие молодые специалисты как в научных учреждениях, так и на производстве.

Математические модели, которые позволяют обрабатывать значительные объёмы статистических данных при различного рода наблюдениях, встречающихся в дисциплинах профессионального цикла, где важно учитывать рациональное использование промысловых биоресурсов. Кроме того, способы отбора и обработки статистического материала нужны в вопросах описания поведения объектов марикультуры.

Для успешного изучения раздела «Математическая статистика» обучающимся направлений «Промышленное рыболовство» и «Водные биоресурсы и аквакультура» необходимо уметь решать основные задачи теории вероятностей, а также ориентироваться в теоретической и практической основах следующих понятий: генеральная и выборочная совокупности, вариационный ряд, полигон относительных частот, гистограмма, эмпирическая функция распределения, выборочные оценки параметров распределения. Кроме того, студенты должны иметь понятие о статистических методах обработки экспериментальных данных и о проверке гипотез о виде распределения.

Рассмотрим подробнее формулировку и решение задачи статистической обработки выборочных данных. Также при решении задачи необходимо проверить гипотезу о нормальном распределении в генеральной совокупности.

Задача. Представлена выборка из пятидесяти значений, полученных в результате взвешивания молоди лососевых рыб (признак X). Данные записаны в табл. 1.

Таблица 1

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 83 | 80 | 76 | 79 | 81 | 69 | 78 | 87 | 72 | 84 |
| 73 | 85 | 76 | 79 | 75 | 65 | 77 | 89 | 83 | 70 |
| 90 | 82 | 79 | 88 | 88 | 86 | 84 | 81 | 74 | 70 |
| 92 | 73 | 80 | 80 | 87 | 81 | 77 | 74 | 66 | 68 |
| 71 | 78 | 85 | 78 | 82 | 75 | 71 | 77 | 86 | 74 |

Требуется:

1. Построить интервальный вариационный ряд частот с равными интервалами, выбранное число интервалов не меньше 8.
2. Построить гистограмму частот.

3. Построить дискретный вариационный ряд, соответствующий интервальному ряду, приняв в качестве вариант середины интервалов.
4. По полученному выше дискретному ряду вычислить значения эмпирической функции распределения.
5. Построить график эмпирической функции распределения признака X (масса молоди лососёвых рыб).
6. Используя дискретный вариационный, полученный в п. 3, вычислить выборочные оценки, а именно: выборочную среднюю, выборочную дисперсию и выборочное среднее квадратичное отклонение.
7. Определить теоретические частоты по интервальному вариационному ряду, полученному в п. 1. Сделаем предположение, что случайная величина X (масса молоди лососёвых рыб) распределена по нормальному закону.
8. Выбрав уровень значимости $\alpha = 0,05$, проверить гипотезу о нормальном распределении случайной величины X (масса молоди лососёвых рыб) в генеральной совокупности (Критерий Пирсона).
9. Сделать оценку математического ожидания, определив доверительный с надежностью $\gamma = 0,95$.

Решение.

1. Как мы видим, в табл. 1 представлено 50 значений признака X , т.е. объём выборки $n = 50$. Вычислим разность между наибольшим и наименьшим значениями массы молоди, представленных в табл. 1. В данном случае минимальное значение $a = 65$, а максимальное значение $b = 92$. Таким образом, $b - a = 92 - 65 = 27$. Число частичных интервалов s удобно взять $s = 9$, тогда длина частичного интервала h находим по формуле

$$h = \frac{b - a}{s}, \text{ т.е. } h = \frac{27}{9} = 3.$$

Искомый интервальный вариационный ряд представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Интервальный вариационный ряд

| Номер интервала | Интервал | Частота n_i |
|-----------------|---------------------|---------------|
| 1 | $65 \leq x \leq 68$ | 3 |
| 2 | $68 < x \leq 71$ | 5 |
| 3 | $71 < x \leq 74$ | 6 |
| 4 | $74 < x \leq 77$ | 7 |
| 5 | $77 < x \leq 80$ | 9 |
| 6 | $80 < x \leq 83$ | 7 |
| 7 | $83 < x \leq 86$ | 6 |
| 8 | $86 < x \leq 89$ | 5 |
| 9 | $89 < x \leq 92$ | 2 |
| всего | | 50 |

Частота n_i – это число вариантов, попавших в i -й частичный интервал.

2. На основе полученного интервального вариационного ряда построим гистограмму (рис. 1).

Как мы видим, на оси Ox отложены частичные интервалы, представленные в табл. 2. По оси Oy отложены величины, равные отношению частоты в i -м интервале к длине данного частичного интервала. Нетрудно убедиться в том, что площадь данной гистограммы равна объёму выборки, который в данной задаче равен пятидесяти.

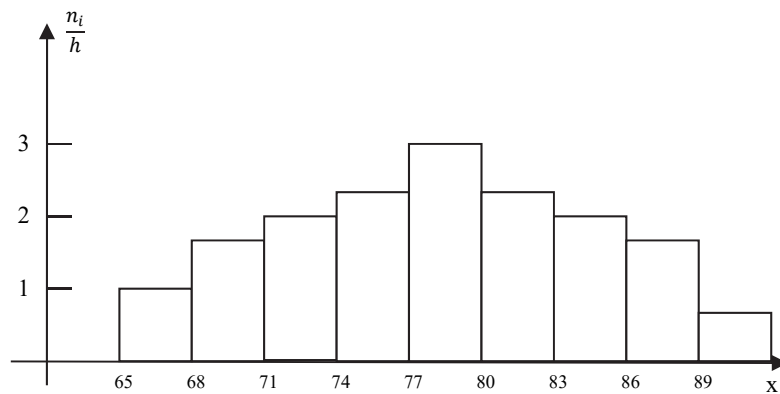


Рисунок 1

3. Определим значения x_i – середины каждого частичного интервала. Тогда дискретный вариационный ряд, соответствующий данному интервальному ряду, будет иметь вид (табл. 3).

Таблица 3

| | | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| x_i | 66,5 | 69,5 | 72,5 | 75,5 | 78,5 | 81,5 | 84,5 | 87,5 | 90,5 | |
| n_i | 3 | 5 | 6 | 7 | 9 | 7 | 6 | 5 | 2 | $\Sigma=50$ |

4. Вычислим значения эмпирической функции распределения, используя построенный в п. 3 дискретный вариационный ряд, по формуле [3, с. 152]

$$F^*(x) = \frac{n_x}{n},$$

где n_x – число вариантов, меньших, чем x , а n – объём выборки, т.е. = 50. Таким образом, получаем следующую функцию:

$$F^*(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 66,5; \\ \frac{3}{50}, & 66,5 < x \leq 69,5; \\ \frac{8}{50}, & 69,5 < x \leq 72,5; \\ \frac{14}{50}, & 72,5 < x \leq 75,5; \\ \frac{21}{50}, & 75,5 < x \leq 78,5; \\ \frac{30}{50}, & 78,5 < x \leq 81,5; \\ \frac{37}{50}, & 81,5 < x \leq 84,5; \\ \frac{43}{50}, & 84,5 < x \leq 87,5; \\ \frac{48}{50}, & 87,5 < x \leq 90,5; \\ 1, & x > 90,5; \end{cases}$$

5. Построим график эмпирической функции распределения, используя данные п. 4.

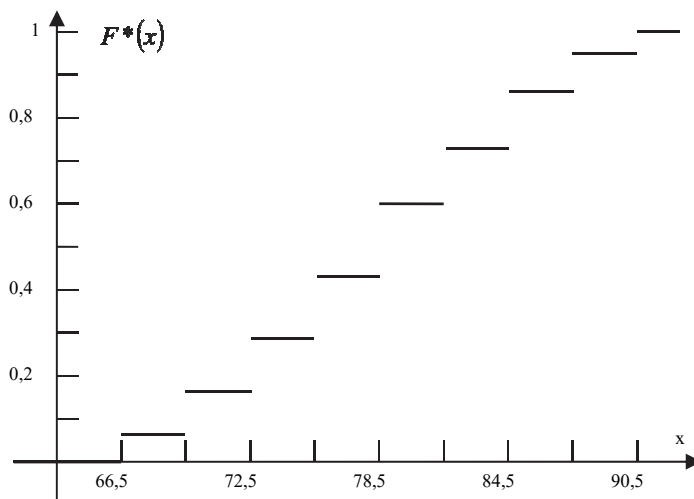


Рисунок 2

6. В данном пункте нам необходимо определить выборочные оценки распределения признака X .

В первую очередь вычисляем выборочную среднюю по формуле [3, с. 157]

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^s n_i \cdot x_i}{n} .$$

Таким образом, среднее значение признака X (масса лососёвых рыб) равно

$$\begin{aligned} \bar{x} &= \frac{66,5 \cdot 3 + 69,5 \cdot 5 + 72,5 \cdot 6 + 75,5 \cdot 7 + 78,5 \cdot 9 + 81,5 \cdot 7 + 84,5 \cdot 6 + 87,5 \cdot 5 + 90,5 \cdot 2}{50} = \\ &= 78,26 \end{aligned}$$

Найдём выборочную дисперсию по формуле [3, с. 158]

$$D = \frac{\sum_{i=1}^s x_i^2 n_i}{n} - (\bar{x})^2 , \text{ тогда}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{66,5^2 \cdot 3 + 69,5^2 \cdot 5 + 72,5^2 \cdot 6 + 75,5^2 \cdot 7 + 78,5^2 \cdot 9 + 81,5^2 \cdot 7 + 84,5^2 \cdot 6 + 87,5^2 \cdot 5 + 90,5^2 \cdot 2}{50} - \\ &- (78,26)^2 \approx 41,70 \end{aligned}$$

Так как среднее квадратичное мы находим по формуле $\sigma = \sqrt{D}$, то, используя предыдущий результат для дисперсии, имеем

$$\sigma = \sqrt{41,70} \approx 6,46 .$$

7. Предположим, что в масса молоди лососёвых рыб распределена по нормальному закону. Чтобы проверить данную гипотезу, определяем теоретические частоты по формуле

$$n'_i = p_i \cdot n.$$

где n – объем выборки, а p_i – вероятность значения x_i , найденная в предположении, что признак X (масса молоди лососёвых рыб) распределен нормально. В данном случае соответствующие вероятности p_i будем находить следующим образом:

$$p_i = P(x_i < X < x_{i+1}) = \Phi\left(\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}\right),$$

где $\Phi(x)$ – функция Лапласа [3, с. 255].

Необходимые вычисления приведены в табл. 4. В данной таблице столбец а – это левый конец каждого частичного интервала, а столбец b – его правый конец.

Таблица 4

| № инт-ла | a | b | $c = x_i - \bar{x}$ | $d = x_{i+1} - \bar{x}$ | $f = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ | $k = \frac{x_{i+1} - \bar{x}}{\sigma}$ | $l = \Phi\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}\right)$ | $m = \Phi\left(\frac{x_{i+1} - \bar{x}}{\sigma}\right)$ | $p = m - l$ | $n'_i = p_i \cdot n$ |
|----------|----|----|---------------------|-------------------------|------------------------------------|--|---|---|--------------|----------------------|
| 1 | 65 | 68 | -13,26 | -10,26 | -2,05 | -1,59 | -0,5 | -0,4441 | 0,056 | 2,795 |
| 2 | 68 | 71 | -10,26 | -7,26 | -1,59 | -1,12 | -0,444 | -0,3686 | 0,076 | 3,775 |
| 3 | 71 | 74 | -7,26 | -4,26 | -1,12 | -0,66 | -0,369 | -0,2454 | 0,123 | 6,16 |
| 4 | 74 | 77 | -4,26 | -1,26 | -0,66 | -0,2 | -0,245 | -0,0793 | 0,166 | 8,305 |
| 5 | 77 | 80 | -1,26 | 1,74 | -0,2 | 0,27 | -0,079 | 0,1064 | 0,186 | 9,285 |
| 6 | 80 | 83 | 1,74 | 4,74 | 0,27 | 0,73 | 0,1064 | 0,2673 | 0,161 | 8,045 |
| 7 | 83 | 86 | 4,74 | 7,74 | 0,73 | 1,2 | 0,2673 | 0,3849 | 0,118 | 5,88 |
| 8 | 86 | 89 | 7,74 | 10,74 | 1,2 | 1,66 | 0,3849 | 0,4515 | 0,067 | 3,33 |
| 9 | 89 | 92 | $\Sigma 10,74$ | 13,74 | 1,66 | 2,13 | 0,4515 | 0,5 | 0,049 | 2,425 |
| | | | | | | | | | $\Sigma = 1$ | $\Sigma = 50$ |

8. В данном пункте будем использовать критерий Пирсона, чтобы проверить гипотезу о том, что в генеральной совокупности исследуемый в нашей задаче признак X (масса молоди лососёвых рыб) распределён нормально. Выберем уровень значимости $\alpha = 0,05$. Мету расхождения теоретического и статистического распределений признака X определяем, вычисляя следующую величину [3, с. 251]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}.$$

Сначала определим число степеней свободы k , вычисляемое по следующей формуле:

$$k = s - r - 1,$$

где s – число частичных интервалов, r – число параметров нормального закона распределения. Так как для нормального закона распределения нужно оценить два параметра – математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение – то в нашем случае $r = 2$ и число степеней свободы $k = 9 - 2 - 1 = 6$.

Далее составляем расчетную табл. 5.

Таблица 5

| i | n_i | n'_i | $n_i - n'_i$ | $(n_i - n'_i)^2$ | $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | n_i^2 | $\frac{n_i^2}{n'_i}$ |
|-----|-------------|-------------|--------------|------------------|-------------------------------|---------|----------------------|
| 1 | 3 | 2,795 | 0,205 | 0,042 | 0,015 | 9 | 3,22 |
| 2 | 5 | 3,775 | 1,225 | 1,5006 | 0,3975 | 25 | 6,6225 |
| 3 | 6 | 6,16 | -0,16 | 0,0256 | 0,0042 | 36 | 5,8442 |
| 4 | 7 | 8,305 | -1,305 | 1,703 | 0,2051 | 49 | 5,9001 |
| 5 | 9 | 9,285 | -0,285 | 0,0812 | 0,0087 | 81 | 8,7237 |
| 6 | 7 | 8,045 | -1,045 | 1,092 | 0,1357 | 49 | 6,0907 |
| 7 | 6 | 5,88 | 0,12 | 0,0144 | 0,0024 | 36 | 6,1224 |
| 8 | 5 | 3,33 | 1,67 | 2,7889 | 0,8375 | 25 | 7,5075 |
| 9 | 2 | 2,425 | -0,425 | 0,1806 | 0,0745 | 4 | 1,6495 |
| | $\Sigma=50$ | $\Sigma=50$ | | | $\Sigma=1,6807$ | | $\Sigma=51,6807$ |

Таким образом, мы получили $\chi^2 = 1,6807$. Последний столбец в табл. 5 необходим для контроля вычисления значения χ^2 . Найдём это значение также и по следующей формуле:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \frac{n_i^2}{n'_i} - n = 51,6807 - 50 = 1,6807.$$

Наши вычисления верны, так как результаты совпали.

Используем таблицу критических точек распределения χ^2 [4, с. 457]. Так как уровень значимости $\alpha = 0,05$ и число степеней свободы $k = 6$, то критическая точка $\chi^2_{kp} = 12,6$. Таким образом, мы получили, что $\chi^2 < \chi^2_{kp}(\alpha; k)$, так как $1,6807 < 12,6$. Это означает, что выдвинутая нами гипотеза о том, что в генеральной совокупности исследуемый признак X (масса молоди лососёвых рыб) имеет нормальное распределение, верна.

9. Нам осталось определить доверительный интервал, чтобы оценить математическое ожидание a нормально распределённого признака X по выборочной средней, найденной в п. 6. В данном случае найдём его по формуле [3, с. 174]

$$\bar{x} - \frac{t_\gamma \cdot \sigma}{\sqrt{n}} < a < \bar{x} + \frac{t_\gamma \cdot \sigma}{\sqrt{n}}.$$

По условию задачи необходимо, принять надёжность $\gamma = 0,95$. При определении значения t_γ нужно учитывать, что $2\Phi(t_\gamma) = 0,95$, тогда $\Phi(t_\gamma) = 0,475$. Используя таблицу значений t_γ [3, с. 391], получаем, что $t_\gamma = 1,96$.

Таким образом, искомый доверительный интервал имеет вид

$$78,26 - \frac{1,96 \cdot 6,46}{\sqrt{50}} < a < 78,26 + \frac{1,96 \cdot 6,46}{\sqrt{50}}, \text{ т.е.}$$

$$76,47 < a < 80,05.$$

Итак, задача решена полностью. Разбор подобного рода задач очень важен в учебном процессе подготовки бакалавров при изучении математических дисциплин. Анализируя полученные результаты, студенты видят взаимосвязь математической статистики с задачами, возникающими при изучении специальных разделов. Решение подобных задач поз-

воляют обучающимся профильных направлений рыбохозяйственного университета получать полезные навыки, знания и умения, и в итоге – формировать соответствующие обще- профессиональные компетенции.

Библиографический список

1. Государственный образовательный стандарт 350309_V_3_18082017.pdf (fgosvo.ru).
2. Государственный образовательный стандарт 350308_V_3_16082017.pdf (fgosvo.ru).
3. Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. М.: Высш. шк., 1999. 400 с.
4. Горелова Г.В., Кацко И.А. Теория вероятностей и математическая статистика в примерах и задачах с применением EXCEL: учеб. пособие для вузов. Издание 3-е, испр. и доп. Ростов-на-Дону: Феникс, 2005.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов. М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.

Нина Сергеевна Иванко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: ivns@mail.ru

Об использовании электронных таблиц и облачных технологий для решения профессиональных задач в области промышленного рыболовства

Аннотация. Рассматриваются два способа решения профессиональных задач студентами направления подготовки «Промышленное рыболовство». Первый способ с использованием электронных таблиц, второй – с помощью языка программирования Python. Для примера используются две задачи, первая – это задача построения графика добычи промыслового объекта и выполнение простых расчетов. Вторая задача – это задача оптимизации промыслово-технологического режима работы судна.

Ключевые слова: электронные таблицы, язык программирования Python, оптимизация, поиск решения, библиотека SciPy

Nina S. Ivanko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: ivns@mail.ru

About the use of spreadsheets and cloud technologies for solving professional tasks in the field of industrial fishing

Abstract. The article discusses two ways of solving professional problems by students of the field of training "Industrial fishing". The first method is using spreadsheets, including using the Python programming language. For example, two tasks are used, the first is the task of plotting the production of a field object and performing simple calculations. The second task is the task of optimizing the fishing and technological mode of operation of the vessel.

Keywords: spreadsheets, Python programming language, optimization, search engine, SciPy libraries

Для решения профессиональных задач в области промышленного рыболовства необходимы знания обширного списка базовых дисциплин из области математики и информатики. Многие профессиональные задачи решаются с использованием методов математических исследований, например, методов динамического и линейного программирования, теории игр и теории вероятностей. Для применения методов решений задач из перечисленных разделов математики необходимы знания в области информатики, т.е. использование стандартных и специальных инструментов при решении задач. Самым простым инструментом являются электронные таблицы. Среди языков программирования внимание заслуживает язык Python, имеющий в своем арсенале большое количество библиотек для расчетов и представления данных.

Большинство задач, решаемых будущими специалистами в области промышленного рыболовства, можно отнести к одной из этих двух категорий:

1. Анализ.
2. Проектирование и оптимизация.

Независимо от типа задачи, которая должна быть решена, предварительно необходимо пройти определенный алгоритм решения задачи, в общем виде такой алгоритм можно представить так:

1. Построение модели.
2. Решение с использованием уравнений и формул.
3. Численные вычисления.

4. Проверка некоторых существенных критериев.
5. Поиск оптимального решения, в том числе и решение для других вероятных условий.
6. Интерпретация результатов.

Решение задачи по представленному выше алгоритму требует значительных усилий и времени. И чем сложнее проблема, тем более неизбежной становится необходимость в использовании автоматизированного средства решения. Простым инструментом для решения являются электронные таблицы, такие как Excel, которые содержат в себе большой набор инструментов для моделирования задач разного уровня сложности.

Электронные таблицы – это научный инструмент, который устраняет утомительные и повторяющиеся вычислительные задачи, которые могут выполняться вручную. Возможность использования ветвлений при построении модели решения задачи в Excel, т.е. проработка вероятных сценариев, а также простота использования различных вариантов значений дает возможность проведения экспериментов. Графические возможности Excel позволяют строить различные графики, которые можно рассматривать как полезный инструмент для интерпретации результатов.

Python – простой и легкий вычислительный язык, содержащий несколько научных библиотек, таких как NumPy, SciPy, Matplotlib и другие, которые позволяют пользователям выполнять моделирование.

В описанных ниже примерах используется бесплатный облачный сервис, предоставляемый Google. Для использования данного сервиса достаточно иметь учетную запись, все остальное (среда разработки, интерпретатор, библиотеки) предоставляются облачным сервисом.

Далее рассматривается применение Excel и Colab как мощных инструментов для решения профессиональных задач, которые предлагаются для студентов направления подготовки «Промышленное рыболовство».

Первая рассматриваемая задача – это анализ освоения водных биологических ресурсов. Для решения этой задачи используются официальные данные, представленные в свободном доступе на сайте Федерального агентства по рыболовству Российской Федерации.

Этапы решения задачи:

1. Составить таблицу динамики добычи водных биологических ресурсов по вариантам на основании данных, представленных в «Сведениях об улове рыбы, добыче других водных биоресурсов и изъятии объектов товарной аквакультуры (товарного рыбоводства)» за четыре квартала нарастающим итогом.

2. Вычислить объем добычи (вылова) в каждом квартале и построить график динамики добычи промыслового объекта.

3. На основании данных, представленных в приказе «Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов», установить объем общих допустимых уловов для данного промыслового объекта.

4. Вычислить процент освоения ОДУ.

Пример результата решения задачи представлен на рис. 1.

Второй вариант решения данной задачи – это использование языка программирования Python. Результат решения задачи представлен на рис. 2.

Созданный график можно экспортировать в любой удобный для дальнейшего использования формат.

Вторая задача – это задача оптимизации суточного вылова судна. Формулировка задачи представлена в [1, 2].

Этапы решения задачи:

1. Используя нормативную документацию, изучить производственные мощности заданного типа судна [3].

2. Для исследуемого промыслового объекта определить среднесуточный вылов.

3. По полученным данным распределить суточный вылов на производство продукции так, чтобы получить максимальную прибыль. Вычислить выпуск продукции.

Пример решения задачи оптимизации с использованием электронных таблиц представлен на рис. 3.

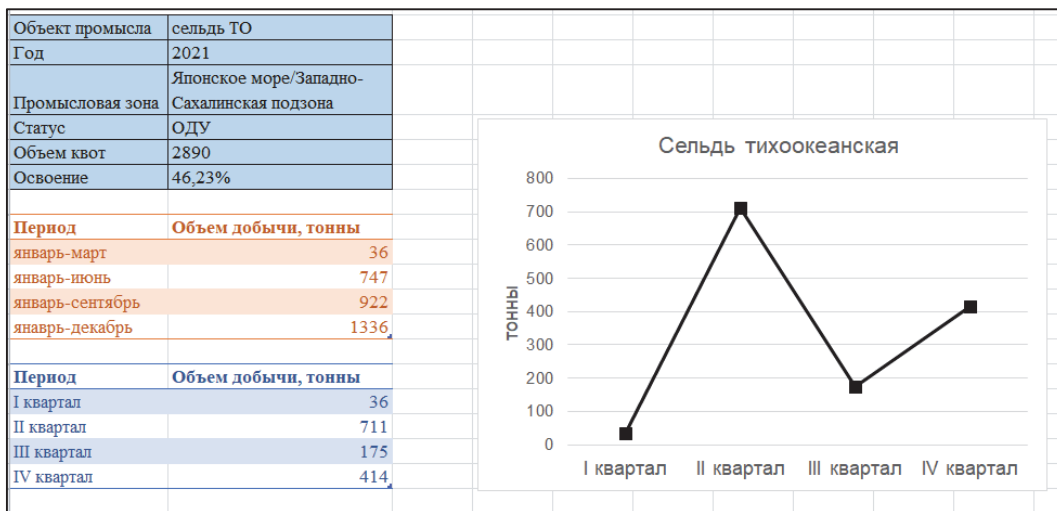


Рисунок 1 – Решение первой задачи с помощью электронных таблиц

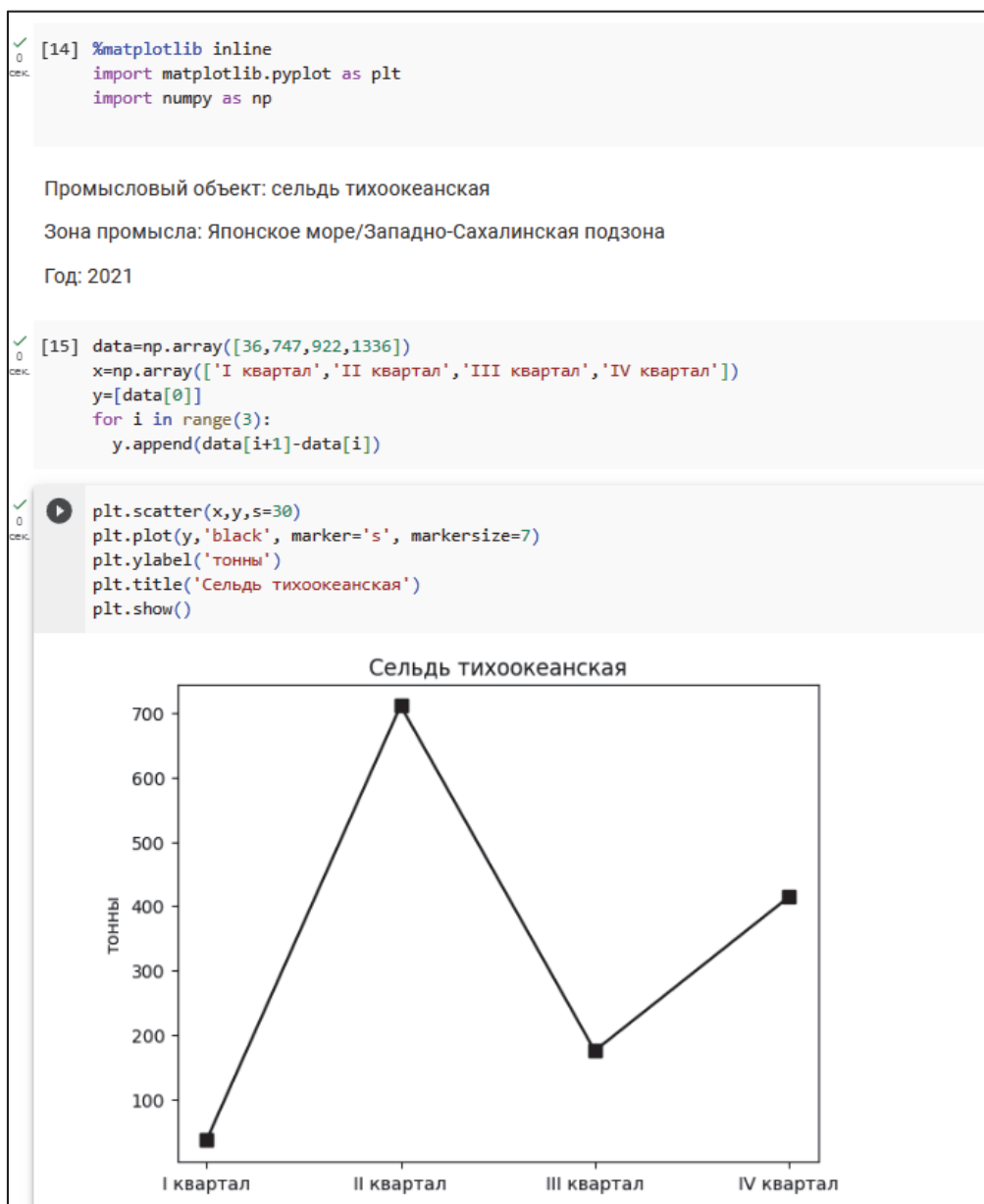


Рисунок 2 – Решение первой задачи на языке программирования Python

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | |
|---|-----------------|-----------------|-------|------|---------|---|----|-------------------------------|---|---|---|--|
| 1 | | Переменные | | | | | H | мороженная неразделанная рыба | | | | |
| 2 | | H | H1 | H2 | C | | H1 | мороженная рыба без головы | | | | |
| 3 | сырец | 0,00 | 73,33 | 6,67 | 30,00 | | H2 | филе | | | | |
| 4 | | Целевая функция | | | 3441,67 | | C | рыбная мука | | | | |
| 5 | выход продукции | 0 | 47,67 | 2,33 | 6,00 | | | | | | | |
| 6 | | Ограничения | | | | | | | | | | |
| 7 | | 80 | 90 | | | | | | | | | |
| 8 | | 50 | 50 | | | | | | | | | |
| 9 | | 30 | 30 | | | | | | | | | |

Параметры поиска решения

Оптимизировать целевую функцию:

До: Максимум Минимум Значения:

Изменяя ячейки переменных:

В соответствии с ограничениями:

\$B\$3:\$E\$3 >= 0

\$B\$7:\$B\$9 <= \$C\$7:\$C\$9

Сделать переменные без ограничений неотрицательными

Выберите метод решения:

Метод решения

Для гладких нелинейных задач используйте поиск решения нелинейных задач методом ОПГ, для линейных задач - поиск решения линейных задач симплекс-методом, а для негладких задач - эволюционный поиск решения.

Рисунок 3 – Решение второй задачи с помощью электронных таблиц

Особенностью решения данной задачи в электронных таблицах является использование инструмента «Поиск решений».

Для решения задачи оптимизации суточного вылова с помощью языка программирования Python можно использовать библиотеку SciPy и встроенную функцию linprog, при использовании данной функции необходимо учитывать, что она решает задачу минимизации, поэтому для поиска максимального значения необходимо коэффициенты целевой функции взять с обратным знаком.

Пример решения задачи оптимизации на языке программирования Python представлен на рис. 4.

Преимущества использования электронных таблиц для решения данной задачи:

1. Автоматизация вычислений.
2. Возможность повторного использования созданного шаблона задачи, для получения графиков и процентов освоения для другого промыслового объекта достаточно заменить исходные данные в верхней части таблицы.

Электронные таблицы являются простым инструментом для решения задач, но для их использования требуется лицензионное программное обеспечение и в некоторых случаях изучение дополнительных инструментов.

Язык программирования Python обладает большим количеством встроенных библиотек, является свободно распространяемым, при использовании сервиса Google Colab не требуется установка на компьютер пользователя каких-либо инструментов. Однако для его использования необходимы навыки программирования.

```

from scipy.optimize import linprog
import numpy as np
#стоимость реализации продукции
st = np.array([45,60,95,60])
#нормы выхода продукции и муки
h_n_c=np.array([1,0.65,0.35, 0.2])
#нормы выхода продукции
h_n=np.array([1,0.65,0.35])
#коэффициенты целевой функции
c=[]
for i in range(3):
    c.append((st[i]*h_n[i]+st[3]*(1-h_n[i])*0.2)*(-1))
#массив ограничений (левая часть)
A_ub = np.array([[1,1,1],[1,0.65+0.35*0.2,0.35+0.65*0.2], [0,0.65,0.35]])
# массив ограничений (правая часть)
b_ub = np.array([74,50,30])
x0=np.array([0,None])
opt=linprog(c=c, A_ub=A_ub, b_ub=b_ub, bounds=[x0, x0,x0])
print ("Прибыль: ", -opt.fun)
print("Распределение сырка: ", opt.x)
print("Выпуск продукции: ", opt.x*h_n)
print("Выпуск муки: ", (opt.x*(1-h_n)*0.2).sum())
xx=np.array([0,60.33,13.67,30])
print(xx*h_n_c)
print((st*h_n_c*xx).sum())

```

Прибыль: 3167.4166654775
 Распределение сырка: [0. 60.33333333 13.66666667 30.]
 Выпуск продукции: [0. 39.21666665 4.78333333]
 Выпуск муки: 5.999999981

Рисунок 4 – Решение второй задачи на языке программирования Python

Библиографический список

1. Иванко Н.С. Моделирование распределения сырка по видам обработки на добывающем судне с законченным производственным циклом // Научные труды Дальрыбвтуза. 2021. Т. 58, № 4. С. 16–24.
2. Лисиенко С.В., Иванко Н.С. Формирование и оптимизация издержек производственной рыбодобывающей деятельности судов // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 4-1(54). С. 227–231.
3. Нормативы по эксплуатации флота рыбной промышленности Ч. 1. Нормативы оптимального использования технических средств на базе эффективных методов организации работы флота рыбной промышленности. Л., 1980. 114 с.

Лилия Владимировна Кучеренко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, профессор, доктор технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: lvk-07@mail.ru

Повышение качества знаний студентов на основе междисциплинарных связей и компетентностного подхода

Аннотация. Приведены примеры межпредметных связей физики, позволяющих улучшить качество знаний будущих специалистов рыбной отрасли. В основу был положен компетентностный подход. Объектом выбраны два направления подготовки бакалавров, способных использовать знания законов физики для рациональной эксплуатации водных биологических ресурсов.

Ключевые слова: межпредметные связи, физика, качество знаний, компетентностный подход.

Liliya V. Kucherenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Professor, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: lvk-07@mail.ru

Increasing the quality of students' knowledge based on interdisciplinary relationships and competence-based approach

Abstract. The paper provides examples of interdisciplinary connections in physics that can improve the quality of knowledge of future specialists in the fishing industry. The basis was a competency-based approach. The object selected two areas of training bachelors who are able to use knowledge of the laws of physics for the rational exploitation of aquatic biological resources.

Keywords: interdisciplinary connections, physics, quality of knowledge, competency-based approach

Выпускающая кафедра Дальрыбвтуза «Электроэнергетика и автоматика» обеспечивает преподавание дисциплины «Физика» в Институте пищевых производств и «Общая физика» в Институте рыболовства и аквакультуры. На кафедре завершается работа по НИР «Управление качеством образовательного процесса в техническом вузе». Целью работы является повышение качества образования. В этом направлении ведется работа преподавателей кафедры. По мнению авторов работы [1], межпредметные связи являются средством повышения качества обучения в высшей школе. Междисциплинарные связи выполняют методологическую функцию обеспечения согласованности процессов и явлений, изучаемых различными учебными дисциплинами.

Междисциплинарный подход обеспечивает перенос знаний из одной дисциплины в другую. Авторы разработали кластер междисциплинарных связей физики, математики, химии, биологии и информатики в образовательном процессе [2].

Авторы работы [3] установили связи математики, информатики и электротехники, составив таблицу соответствия тем учебного плана по дисциплинам, что обеспечивает целостность обучения.

В работе [4] рассмотрены определения и функции межпредметных связей в процессе обучения естественнонаучным дисциплинам: физики, химии и экологии. Авторы считают выбранный принцип как важнейший фактор восприятия учебного материала.

В работе [5] авторы рассматривают междисциплинарную интеграцию как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов.

Таким образом, выбранная тема статьи является актуальной.

Цель настоящей работы – привести примеры различных технологических процессов выращивания, ловли и переработки рыбы на основе законов физики, иллюстрирующих необходимость внедрения междисциплинарных связей на основе компетентностного принципа.

Рассмотрим подготовку бакалавров по направлению 35.03.09 «Промышленное рыболовство». Согласно рабочей программе дисциплины «Общая физика» у студентов должна сформироваться компетенция ОПК 1.2. «Использует основы биологии и экологии, физические и химические законы в своей профессиональной деятельности».

Рассмотрим различные примеры использования знаний некоторых разделов физики для улучшения качества знаний будущих специалистов рыбной промышленности.

ОПТИКА. Волновая теория света. Характеристики света. Источники света.

Основной характеристикой света является длина волны или частота. Область видимого света 380–760 нм.

Отмечено, что искусственное освещение приводит к увеличению скорости роста рыб для большинства их видов. Исследования по изучению процесса роста мальков показали, что наилучший результат получают при освещении светом сине-зеленого спектра. Красный свет вызывает негативную реакцию рыб. Также результат роста и развития рыб зависит от интенсивности и времени освещения.

Освещение в аквариумах требует особого подхода, так как в них кроме рыбок находятся растения. Для процесса фотосинтеза в водных растениях требуется освещение определенного спектра и яркости. Очень важно и расположение светильников для равномерного освещения всего объема воды. Это является отличительной особенностью светильников, устанавливаемых в аквариумах. Для правильного выбора источника света нужно знать принцип их работы и особенности.

Лампы накаливания излучают свет за счет нагревания металлической спирали. Они имеют низкую эффективность и потребляют много электроэнергии, поэтому на сегодня они морально устарели.

Галогеновые лампы наполнены газом, пары которого при газовом разряде излучают свет. Достоинством таких ламп является яркий свет и возможность получать разнообразные цвета, меняя буферный газ.

Люминесцентные лампы являются газоразрядным источником света, излучающим ультрафиолетовые волны. Для преобразования излучения в видимый свет стенки баллона лампы покрывают люминофором. Лампы отличаются низким потреблением электроэнергии и близким к дневному спектром излучения.

Светодиодные лампы способны излучать свет в различных областях спектра и отличаются низким энергопотреблением, огромным сроком службы, большой светоотдачей и экологичностью.

В промышленном рыболовстве широко применяется свет для привлечения морских обитателей. Например, лов сайры ведется ночью с использованием светодиодных ламп, собранных в люстры. При ловле кальмаров применяются люминесцентные лампы.

На рис. 1 показан процесс лова сайры на свет.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ. Свойства звуковых волн.

Звуковая волна – это передающиеся в пространстве механические колебания молекул вещества в упругой среде (газ, жидкость, твердое тело). Область частот, воспринимаемых человеком, составляет 20–20000 Гц. Область частот меньше 20 Гц называется инфразвуком, а больше 20000 – ультразвуком. При распространении звуковой волны в упругой среде на ее пути встречается среда с различной плотностью. При падении на границу раздела двух сред звуковая волна согласно законам геометрической оптики отражается и преломляется. Эффект отражения волны от объекта с большей плотностью используется для обнаружения косяков рыбы с помощью эхолота.

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК. Источники тока.

На сегодня учеными обнаружено большое число видов рыб, обладающих электрическими свойствами. Электрические органы рыб представляют собой систему источников постоянного тока малой мощности. Общее электрическое напряжение может составлять 1200 вольт. Создаваемое собственное электрическое поле служит рыбам и морским животным для защиты, охоты и взаимодействия между собой, а также для ориентации в водной среде.

На рис. 2 представлены фотографии электрических рыб.



Рисунок 1 – Лов сайры на свет



Рисунок 2 – Электрические рыбы: рыба-слон и электрический сом

В качестве другого примера рассмотрим направление подготовки 19.03.03 «Продукты питания животного происхождения». Дисциплина «Физика» формирует следующую компетенцию: ОК-10 «Способность использовать основные законы естественнонаучных и математических дисциплин в профессиональной деятельности». Некоторые разделы физики помогают детально разобраться в процессах обработки морепродуктов.

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ. Сублимация.

При добыче морепродуктов в море важным фактором является их своевременная заморозка. Существует несколько способов сушки замороженного улова. Одним из самых эф-

фективных способов сушки является сублимация. Это пример фазового перехода воды из твердого состояния в газообразное, минуя стадию жидкости. Вес продукта после сублимации уменьшается в 5–10 раз. Оптимальная температура сублимации воды составляет 25 °С.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА. Электростатическое поле.

В основе электростатического копчения рыбы лежат знания характеристик электрического поля и действия электрического поля на заряженные частицы. Одним из направлений в технологии является использование электростатического поля при холодном и горячем копчении рыбы и морепродуктов.

Для получения копченого продукта используется коптильная жидкость, которая подается в камеру установки с помощью форсунки. Далее происходит явление диффузии, согласно которому поток коптильной жидкости направлен в сторону уменьшения ее концентрации. В электрическом поле происходит направленное движение отрицательных ионов коптильной жидкости к положительному электроду, которым является продукт, подвергаемый копчению.

Электрокопчение обладает преимуществом перед традиционными методами в том, что сокращается время копчения, а также дает возможность механизировать технологический процесс.

На рис. 3 представлена схема электростатической коптильной установки.

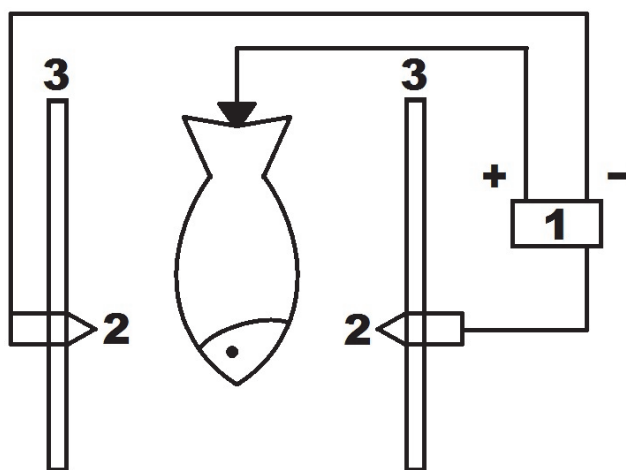


Рисунок 3 – Схема установки для бездымного копчения в электростатическом поле:

1 – источник высокого напряжения; 2 – форсунки; 3 – стенка установки

ОПТИКА. Взаимодействие света с веществом.

Дисперсия света.

При прохождении света через прозрачное вещество происходит разложение белого света в спектр от красного до фиолетового. Объяснение этого явления заключается в зависимости коэффициента преломления вещества от длины волны света. Нагретое до высокой температуры вещество излучает световую энергию, часть которой наблюдается в видимой области спектра. По спектру излучения или поглощения можно определить состав вещества и его концентрацию. Это лежит в основе качественного и количественного спектрального анализа, который имеет большие преимущества перед химическим. Спектральный анализ обладает высокой чувствительностью, точностью и оперативностью. В спектрографе диспергирующим устройством может быть призма или дифракционная решетка

Поляризация света.

При прохождении света через оптически активное вещество происходит изменение ориентации светового вектора. Таким свойством обладает раствор сахара в воде. Причем коэффициент поляризации раствора зависит от концентрации сахара. Этот эффект используется в приборе «Сахариметр» для определения концентрации сахара оптическим методом.

Поглощение света.

Согласно закону поглощения интенсивность света при прохождении через вещество уменьшается в зависимости от толщины и коэффициента поглощения вещества по экспоненте. Эту зависимость используют для определения концентрации соли в растворе.

Таким образом, в статье приведены примеры, когда знания законов физики позволяют лучше понять процессы, происходящие в природе и использовать их в разработке новых технологий. Знания основ естественнонаучных дисциплин позволит будущим специалистам в их профессиональной деятельности при выборе рациональных способов лова и переработки рыбы и морепродуктов.

Очень жаль, что в настоящих учебных планах подготовки по направлениям «Стандартизация и метрология», «Водные биоресурсы и аквакультура» и «Экология и природопользование» отсутствует дисциплина «Физика». Считается, что основы естественнонаучных дисциплин, в том числе физики, студенты осваивают в школе. Но как показала практика, уровень подготовки студентов первого курса слабый. Будем надеяться, что реформы в области высшей школы ликвидируют этот пробел.

Библиографический список

1. Куимова Е.И., Куимова К.А., Ячинова С. Н. Межпредметные связи как средство повышения качества обучения в высшей школе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1 [Электронный ресурс]. Режим доступа. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19151> (дата обращения: 03.10.2023).

2. Грибова Г.В., Штоббе И.А., Гусева А.В. Междисциплинарные связи в преподавании естественнонаучных дисциплин студентами фармацевтического факультета медицинского университета // Преподаватель XXI век. 2022. № 3. Ч. 1. С. 89–101.

3. Анисимова Г.Д., Евсеева С.И. Междисциплинарные связи математики, информатики и электротехники // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2020. № 1. С. 156–163.

4. Клейменова Т.Н., Снежина Л.П., Бугрова Л.А. Междисциплинарные связи в процессе преподавания естественнонаучных учебных дисциплин // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 68-1. С. 155–158.

5. Гедиева Е.Б., Гедыгушева Т.Х., Кипкеева Р.Х. Междисциплинарная интеграция как условие повышения качества профессиональной подготовки студентов // Образование. Наука. Научные кадры. 2020. № 3. С. 187–191.

Александр Андреевич Недбайлов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: teach_it@mail.ru

Создание и исследование моделей последовательных процессов в учебной деятельности

Аннотация. Работа посвящена подготовке компьютерных моделей последовательных процессов и их исследованию в электронных таблицах студентами технических и технологических направлений специальностей. Предложен вариант структуры компьютерной модели. Проведена проверка применения методов исследования к последовательным процессам, связанным с электротехникой и механическим движением. Сборник заданий по выполнению расчётов дополнен заданиями по моделированию последовательных процессов. Применение методов создания и исследования моделей последовательных процессов возможно в учебных заведениях разного уровня.

Ключевые слова: последовательные процессы, моделирование, процесс, компьютерная модель, исследование модели, методы исследования, электронные таблицы

Alexander A. Nedbaylov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: teach_it@mail.ru

Creating and researching models of sequential processes in educational activities

Abstract. The study looks into preparation and spreadsheet research of computer models for sequential processes by students of technical and technological specialities. A variant of a computer model structure is proposed. A test was run on the application of research methods to sequential processes related to electrical engineering and mechanical motion. The collection of calculation tasks is supplemented with tasks for modeling sequential processes. The methods for creating and researching models of sequential processes can be implemented in educational institutions of different levels.

Keywords: sequential processes, modeling, computer model, model research, research methods, spreadsheets

Моделирование процессов механического движения и протекания электрических токов рассматривается в достаточно большом количестве учебных пособий. При этом уделяется внимание математическим вопросам моделирования [4], электронным таблицам Excel как среде для математического моделирования [3], применению языка программирования [2], математическому описанию исследуемых цепей и применению программных средств Mathcad (математическое моделирование, вычисление параметров) и NI Multisim (виртуальный лабораторный практикум, может применяться для проверки результатов) [1]. Вместе с тем необходимо отметить тот факт, что практически не рассматриваются процессы, в которых завершение одного из них есть начало другого (т.е. последовательные процессы). Отсюда цель работы – предложить методы создания моделей последовательных процессов и их исследования.

Решаемые задачи:

- предложить последовательность действий по созданию компьютерной модели последовательного процесса;

- предложить структуру модели, которую можно было бы реализовать в среде электронных таблиц и с помощью языка программирования;
- проверить технологии подготовки моделей в разных средах;
- проверить применимость предложенных ранее методов исследования компьютерной модели [5] для последовательных процессов.

Предложенная студентам последовательность действий:

- выбрать процесс, который будет первым в последовательности;
- выделить исходные данные, общие для обоих процессов;
- выделить исходные данные, специфические для каждого процесса;
- определить результаты, достигаемые к завершению первого процесса, которые станут исходными для второго;
- подготовить математический аппарат для каждого из процессов;
- подготовить модель в предлагаемой среде (в данном случае предлагались электронные таблицы);
- провести исследование модели в соответствии с заданием.

Для примера предложен один из элементов системы автоматического полива.

Выбор последовательности процессов:

- заполнение ёмкости (рис. 1);

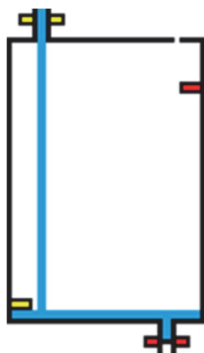


Рисунок 1 – Заполнение ёмкости

- полив (вытекание воды самотёком, рис. 2, начальное состояние).

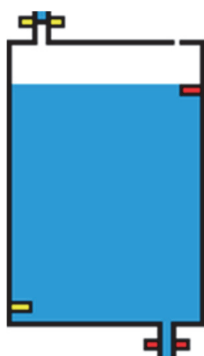


Рисунок 2 – Вытекание воды

Предложенная структура расчёта (рис. 3):

- исходные данные, общие для обоих процессов (блок 1);
- исходные данные для первого процесса;
- расчётные формулы для первого процесса (блок 2);
- исходные данные для второго процесса;
- расчётные формулы для второго процесса (блок 3).



Рисунок 3 – Структура модели

Результат создания модели в электронных таблицах Excel:

| | A | B | C |
|----|--|-------------------------|----------|
| 1 | Последовательная модель | | |
| 2 | Параметры | Значение | Ед. изм. |
| 3 | Диаметр ёмкости | 2 м | |
| 4 | Диаметр выпускного отверстия | 2 см | |
| 5 | Высота датчика верхнего уровня от дна ёмкости | 8 м | |
| 6 | Высота датчика нижнего уровня от дна ёмкости | 15 см | |
| 7 | Ускорение свободного падения | 9,81 м/сек ² | |
| 8 | Наполнение ёмкости | | |
| 9 | Скорость подачи воды | 10 л/сек | |
| 10 | Объём ёмкости до датчика верхнего уровня | 25,13274 м ³ | |
| 11 | Время наполнения ёмкости | 2513,274 сек | |
| 12 | Вытекание воды | | |
| 13 | Время вытекания воды до датчика нижнего уровня | 11022,27 сек | |

Рисунок 4 – Модель в Excel

Результат создания модели в электронных таблицах Calc, рис. 5.

| | A | B | C | D |
|----|--------------------------------|-------------|------------------------|----------|
| 1 | Последовательная модель | | | |
| 2 | Параметры | Обозначение | Величина | Ед. изм. |
| 3 | Диаметр ёмкости | d1 | 2 м | |
| 4 | Высота датчика верхнего уровня | h1 | 8 м | |
| 5 | Высота датчика нижнего уровня | h2 | 15 см | |
| 6 | Ускорение свободного падения | g | 9,81 м/с ² | |
| 7 | <i>Наполнение ёмкости</i> | | | |
| 8 | Скорость подачи воды | v1 | 10 л/с | |
| 9 | Объём ёмкости между датчиками | v | 24,6615 м ³ | |
| 10 | Время наполнения ёмкости | t1 | 2466,15 с | |
| 11 | <i>Вытекание воды</i> | | | |
| 12 | Диаметр выпускного отверстия | d2 | 2 см | |
| 13 | Время вытекания воды | t2 | 11022,27 с | |

Рисунок 5 – Модель в Calc

Дополнительно было предложено реализовать модель на языке C. Один из полученных результатов (среда Code::Blocks):

```

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <locale.h>
#include <math.h>
int main()
{

```

```

setlocale(LC_ALL, "Rus");
// Моделирование последовательного процесса
float d1 = 2; // Диаметр ёмкости, м
float d2 = 2; // Диаметр выпускного отверстия, см
float h1 = 8; // Высота датчика верхнего уровня, м
float h2 = 15; // Высота датчика нижнего уровня, см
float g = 9.81;
// Заполнение ёмкости
float vIn = 10; // Скорость подачи воды, л/с
float v = M_PI*pow(d1,2)/4*h1; // Объём ёмкости до датчика верхнего уровня
float tIn=v/(vIn/1000); // Время наполнения ёмкости
// Вытекание воды
// Время вытекания воды до датчика нижнего уровня
float tOut=(pow(d1,2)/pow((d2/100),2)*((sqrt(2*h1/g))-sqrt(2*h2/(100*g))));
printf("Время заполнения бака = %.4f сек.", tIn);
printf("\nВремя вытекания воды = %.4f сек.", tOut);
return 0;
}

```

Предложенные методы исследования модели:

- однократное изменение одного из исходных параметров;
- многократное изменение одного из исходных параметров;
- получение иного результата, отличного от уже имеющегося, и определение числового значения одной из исходных величин, которое его обеспечит.

Результаты

Создание моделей последовательных процессов выполнялось в электронных таблицах Excel и Calc (по выбору студентов).

В ходе работы студентами и курсантами:

- подготовлены модели последовательных процессов (по вариантам);
- проведены исследования моделей в соответствии с заданиями;
- по итогам исследований построены диаграммы;
- на основе диаграмм сделаны выводы о влиянии параметров на получаемые результаты.

По завершении самостоятельной работы проводился устный опрос студентов и курсантов по теме исследуемой модели. Как показала практика, они более уверенно объясняют влияние исходных данных на получаемые результаты.

Выводы

- Предложенные технологии (методы) создания моделей последовательных процессов оказались простыми для понимания и использования;
- модели практически одинаково реализуются в электронных таблицах и с помощью языка программирования;
- названия методов соответствует их содержанию и выполнению;
- методы исследования модели реализуемы как в электронных таблицах, так и на языке программирования (в данном случае C).

Библиографический список

1. Букреев В.Г., Краснов И.Ю., Старых А.А. Математическое моделирование элементов электротехники: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 179 с.
2. Гармашов С.И. Компьютерное моделирование физических и экологических систем: учеб. пособие [Электронный ресурс]. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2020.
3. Звонарев С.В. Основы математического моделирования: учеб. пособие / науч. ред. В.Г. Мазуренко; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2019. 115 с.: ил., табл. Режим доступа: по подписке. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=697655> (дата обращения: 12.02.2023). Библиогр. в кн. ISBN 978-5-7996-2576-4. Текст: электронный.
4. Макаров Э.П. Компьютерное моделирование линейных электрических цепей постоянного тока: учеб. пособие / М-во науки и высшего. обр. РФ. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2021. 242 с.
5. Недбайлов А.А. Методы исследования компьютерных моделей // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. Владивосток, 20–21 мая 2020 года. Ч. I. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. С. 230–232. EDN OXWTTG.

Елена Владимировна Ющик

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, зав. кафедрой «Прикладная математика и информатика», кандидат технических наук, Россия, Владивосток, e-mail: yushchik.ev@dgtru.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2664-2442>

**Модификация структуры дисциплины «Информатика»
для студентов нетехнических специальностей с учетом подготовки
к изучению искусственного интеллекта**

Аннотация. Проведено исследование возможных модификаций структуры дисциплины «Информатика» с целью адаптации её содержания, методов обучения и оценки для студентов нетехнических специальностей и обеспечения ими необходимой базы для успешного освоения программы «Искусственный интеллект», включая выбор содержания. Исследование основано на анализе существующих программ, литературном обзоре и опыте внедрения изменений в учебный процесс.

Ключевые слова: структуры дисциплины, информатика, искусственный интеллект

Elena V. Yushchik

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Applied Mathematics and Computer Science, Russia, Vladivostok, e-mail: yushchik.ev@dgtru.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2664-2442>

**Modification of the structure of the “Computer Science”
discipline for students of non-technical specialties, taking
into account preparation for the study of Artificial Intelligence**

Abstract. The purpose of this scientific article is to study possible modifications of the structure of the “Computer Science” discipline in order to adapt its content, teaching and assessment methods for students of non-technical specialties and provide them with the necessary basis for successful development of the “Artificial Intelligence” program, including the choice of content. The research will be based on an analysis of existing programs, a literature review and experience in implementing changes in the educational process.

Keywords: discipline structures, Computer Science, Artificial Intelligence

Современное образование в области информатики и технологий становится все более важным в условиях цифровой революции. Однако существует растущая потребность в интеграции изучения информатики в образовательные программы для студентов, выбравших нетехнические специальности. Это особенно актуально в контексте быстроразвивающейся области искусственного интеллекта (ИИ), которая стала главным элементом современных технологических инноваций. В современном мире искусственный интеллект (ИИ) становится неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, проникая в различные сферы, начиная от медицины и заканчивая технологическими инновациями. В связи с этим возрастает важность обучения студентов основам ИИ уже на ранних этапах их учебы.

Студентам направления подготовки «Технология транспортных процессов» важно осознавать, что изменения в мировой экономике, направленные на её активный рост, качественное улучшение интенсивности, активное изменение направлений и объема транспортных потоков, увеличение степени компьютеризации всех систем управления и систем наблюдения различных экономических процессов требуют разумного подхода к управле-

нию ими. Цифровая система в транспортной сфере включает в себя информационные и коммуникационные системы, автоматизацию и транспортную инфраструктуру. Её цель заключается в том, чтобы обеспечить безопасность транспортных процессов, а также качество и эффективность. Возникшее совсем недавно это направление в науке, технике, экономике и бизнесе теперь считается наиболее эффективным средством решения основных задач не только на транспорте, но и основой для возникновения новых отраслей промышленности. В цифровой системе происходит взаимодействие в рамках информационных технологий различных базовых компонентов, вовлеченных в транспортные процессы: люди, транспортные средства и транспортная инфраструктура. Предполагается, что она выполняет те творческие функции, которые традиционно были связаны с человеческими возможностями [1].

Развитие ИИ также открывает новые возможности и требует развития навыков, которые не могут быть полностью автоматизированы. Как отмечает профессор экономики и образования Лиза Харрис, "Искусственный интеллект повышает требования к работникам, акцентируя внимание на умениях, которые дополняют техническую автоматизацию, таких как творчество, эмпатия и решение сложных задач" (Harris, 2015). Это подразумевает, что образовательные программы должны видоизменяться для развития этих навыков и позволять готовить студентов к современным требованиям в промышленности. Очень важно, чтобы образование находилось на переднем крае технологических инноваций и подготавливало студентов к будущим вызовам трудового рынка [2].

Когда говорят об определении ИИ, то отмечают, что в современной науке нет единого его определения, и в первую очередь это связано с тем, что исследования проводятся в разных науках, например.

В.А. Шананин и А.И. Андрианова дают следующее определение: «ИИ – совокупность машинных методов решения задач в комплексной, гетерогенной многофакторной среде. Углубление интеграции технологий искусственного интеллекта во множество сфер жизнедеятельности требует изменений в педагогической парадигме. В данной связи университеты развивают и модифицируют свои научно-образовательные программы в сторону информатизации. Владение технологиями искусственного интеллекта важно и для будущих педагогов» [3].

В то же время Российское общество «Знание» приводит такое значение: «ИИ – свойство искусственных вычислительно-интеллектуальных систем выполнять задачи, традиционно считающиеся прерогативой человека, в первую очередь творческого характера, а также наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ. Не следует путать искусственный интеллект с искусственным сознанием. Искусственные интеллекты, существующие на настоящий момент – весьма узкоспециализированные и чаще всего некомпетентны за пределами своей основной задачи» [4].

На портале TAdviser, ссылаясь на специалистов в теории вычислений, таких как Файгенбаум и Барр, формулируют следующее определение ИИ: «Искусственный интеллект – это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, то есть систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, – понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т.д. ИИ – это область информатики, занимающаяся созданием систем и программ, способных анализировать данные, обучаться на основе опыта и принимать решения, схожие с человеческими. ИИ включает в себя такие технологии, как машинное обучение, нейронные сети, обработка естественного языка и многие другие» [5].

В Указе Президента РФ от 10 октября 2019 г. N 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации», согласно п. 5а ст. 1 «Под искусственным интеллектом следует понимать «комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека». Также отмечает-

ся, что «данный комплекс включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное обеспечение (в том числе, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений» [6].

Хотя подходы к определению и разнятся, ИИ имеет значительное применение в области будущей работы студентов рассматриваемого направления – водного транспорта, что способствует улучшению безопасности, эффективности и управления судоходством. Перечислим некоторые из областей, в которых ИИ активно используется на водном транспорте:

Автоматизированное управление судами: ИИ может быть встроен в системы автоматического управления судами, что позволяет судам самостоятельно реагировать на различные ситуации на море. Это включает в себя управление маршрутом, скоростью, навигацией и предотвращение столкновений.

Системы прогнозирования и мониторинга: ИИ используется для анализа метеорологических данных, морских условий и предсказания погоды. Это помогает судам избегать неблагоприятных условий и оптимизировать маршруты.

Поддержка принятия решений: ИИ может предоставлять капитанам и экипажам информацию для принятия решений. Например, системы могут предупреждать о возможных аварийных ситуациях или предлагать оптимальные маршруты для снижения расхода топлива.

Обнаружение и предотвращение столкновений: системы компьютерного зрения и радары, интегрированные с ИИ, позволяют обнаруживать другие суда и объекты на море, что снижает риск столкновений и аварий.

Управление энергопотреблением: ИИ может оптимизировать управление энергопотреблением на судах, что позволяет экономить топливо и снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Обучение и обучающие системы: ИИ используется для обучения будущих моряков и капитанов. Виртуальные симуляторы и тренажеры с поддержкой ИИ помогают развивать навыки навигации и управления судном.

Системы автоматической экстренной помощи: ИИ может срабатывать в случае различных аварий и осуществить вызов экстренной помощи или применить аварийные меры, которые помогут обеспечить безопасность экипажа и груза.

Поэтому можно говорить, что ИИ значительно повышает безопасность и эффективность транспорта, в том числе и водного, уменьшает риски и способствует экономии ресурсов. С развитием технологий ИИ ожидается еще большее интегрирование его в судоходство и морскую промышленность.

В упомянутом выше Указе была утверждена «Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 года». В ней «определяются цели и задачи развития ИИ в России, а также меры, направленные на поддержку исследований в этой области» [6]. Начало освоение всех вопросов, связанных с ИИ, ложится на преподаваемый и в школе и вузе курс «Информатика», который на протяжении десятилетий является важной частью образовательной программы. Исторически в вузах этот предмет был у студентов с начала 1980-х гг. С течением времени структура курса менялась в зависимости от развития вычислительной техники.

Однако до сих пор в рабочей программе предмета «Информатика» для студентов отсутствует раздел, посвященный основам создания ИИ, а есть только понятие «искусственный интеллект» и его роль в жизни человека.

В то же время тема ИИ очень обширна и может быть достаточно сложна для изучения. Преподаватели вузов должны внимательно следить за изменениями в программах обучения в школе для того, чтобы корректировать начальную ступень в преподавании, поддерживать преемственность курса. Сейчас преподаватели общего уровня образования, например, Н.В. Недомовная [7], предлагают уровневый подход к изучению этой темы.

Суть этого подхода заключается в разделении тем, которые должны изучаться до окончания школы, по следующим уровням:

- школы любого уровня;

- классы с IT-направлением;
- специальные кружки по программированию, спецшколы и т.д.

Таким образом, рассматривая обучение в вузе на нетехнических направлениях, мы должны понимать, что у студентов могут присутствовать только базовые знания, такие как «Понятие ИИ, его история, применение ИИ в различных научных областях, в социально-экономической сфере, в творчестве, цифровые приложения на основе ИИ, этика ИИ». В то время как процесс обучения ИИ должен развивать тот уровень, где в качестве основного требования выдвигается знание языка программирования Питон. Поскольку вопросы, связанные с созданием систем ИИ, можно осваивать с теми обучающимися, которые знают этот язык программирования.

Исторически в школах изучаются такие языки программирования, как Кумир (русский аналог Бейсика), Паскаль и Си. Но ввиду того, что сегодня именно Питон широко используется в различных областях, таких как наука, веб-разработка, анализ данных и ИИ, он стал одним из наиболее популярных языков программирования.

В связи с этим в раздел рабочей программы дисциплины «Информатика», имеющей название «Технология обработки числовой информации в процессе решения профессиональных задач», предлагается внести дополнения: программирование на языке Питон. В этом разделе должны изучаться основы программирования и методы эффективной обработки данных [8]. Для формирования оценочных материалов по этому разделу предлагаются разные способы проверки знаний и навыков.

Один из наиболее распространенных способов – это формирование базы заданий по программированию. Преподаватель в этом случае предлагает студентам решить задачи, которые требуют использования конкретных языковых конструкций Питон. В зависимости от проверяемого уровня это могут быть задачи на циклы, условия, функции, работу с данными и на другие возможности языка. Оценка написанного кода может быть автоматизированной (для этого существуют специальные инструменты). Этот способ относится к наиболее эффективному и объективному, но, как правило, все-таки проверку осуществляет лично преподаватель, поэтому и самый трудоемкий с точки зрения преподавателя.

Другой способ – менее достоверный, но более удобный для преподавателя и поэтому широко распространённый. Это проверка знаний с помощью компьютерного или бланкового тестирования. В этом случае студентам предоставляется список вопросов с несколькими вариантами ответов, где они должны выбрать один или несколько правильных. Тестовые вопросы могут охватывать различные направления языка Питон, включая синтаксис, структуры данных, библиотеки и т.д. Такой метод позволяет быстро оценить базовые знания студентов, но не может оценить творческие способности.

Для более глубокой оценки знаний и возможностей студентов преподаватели могут предлагать проекты и задачи, которые требуют создания различных приложений или решения реальных проблем с использованием Питон.

Наконец, преподаватель может задавать студентам вопросы на занятии, чтобы увидеть, насколько они хорошо понимают Питон. В этом случае можно обсуждать их ошибки и уточнять предлагаемые ими алгоритмы. И, конечно, обеспечить более всестороннюю оценку позволяет комбинирование различных методов. Выбор подходящего способа проверки знаний зависит от целей обучения и уровня знаний студентов.

Прежде, чем решать вопросы по объему информации, который надо давать студентам на занятиях, надо понимать, проблема разного уровня знаний и умений абитуриентов никуда не ушла, поэтому оценку уровня освоения основ ИИ и языка Питон будем определять в начале каждого учебного года, проводя предварительную корректировку в компьютерном опросе, описанном в [9]. Для достижения поставленной цели был разработан структурированный опрос, охватывающий основные направления искусственного интеллекта. Опрос включал в себя вопросы о базовых понятиях ИИ, алгоритмах машинного обучения, языках программирования, используемых в области ИИ, и применении ИИ в различных областях.

Библиографический список

1. Иванова Н.А. Цифровизация транспортного комплекса как важнейшее условие формирования современной транспортной инфраструктуры // Транспортное дело России. 2020. № 1. С. 71–75.
2. Салахунов А.А. Искусственный интеллект и будущее трудового рынка: Вызовы, Возможности и Перспективы // Вестник науки. 2023. Т. 2, № 7(64). С. 50–55.
3. Шананин, В.А. Методика преподавания основ искусственного интеллекта у студентов математических факультетов в педагогических вузах / В.А. Шананин, А.И. Андрианова // Современное педагогическое образование. 2022. № 5. С. 114–118.
4. Российское общество Знание. URL: <https://znanierussia.ru/articles/> Искусственный интеллект (дата обращения: 06.10.2023).
5. TAdviser. Государство. Бизнес. Технологии. URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Искусственный_интеллект_\(ИИ._Artificial_intelligence._AI\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Искусственный_интеллект_(ИИ._Artificial_intelligence._AI)) (дата обращения: 06.10.2023).
6. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» / Официальный сайт Президента России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 06.10.2023).
7. Недомовная Н.В. Целесообразность и методика изучения темы «Искусственный интеллект» в общеобразовательных школах // За вклад в развитие современного образования и педагогической деятельности: сборник статей III Междунар. профессионально-исследовательского конкурса, Пенза, 20 мая 2023 года. Пенза: Наука и Просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2023. С. 39–42.
8. Розов, К.В. Дистанционное обучение школьников технологиям искусственного интеллекта / К.В. Розов, Б.А. Шрайнер // Информатика в школе. 2022. № 6(179). С. 37–43. DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-6-37-43.
9. Ющик Е.В. Использование опросов для корректировки информационно-методического обеспечения дисциплины «Информатика» // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (20–21 мая 2021 г.). Владивосток, 2021. С. 187–191.

Елена Николаевна Ященко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, старший преподаватель, Россия, Владивосток, e-mail: iashchenko.en@dgtru.ru

Актуализация информационно-методического материала по разделу дисциплины «Информационные технологии на водном транспорте» для реализации освоения компетенций студентами направления подготовки 26.03.01

Аннотация. Актуализация информационно-методического материала для преподавания дисциплины является важным элементом образовательного процесса. Изложены примеры обновления учебно-методических материалов для аудиторных занятий по дисциплине «Информационные технологии на водном транспорте» направления подготовки бакалавриата 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства» с целью повышения качества преподавания дисциплины и реализации возможности полноценного освоения студентами установленных компетенций.

Ключевые слова: информационно-методический материал, актуализация, освоение компетенций, профессиональная информация

Elena N. Yashchenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, Senior Lecturer, Russia, Vladivostok, e-mail: iashchenko.en@dgtru.ru

Updating of information and methodological material in the section of the discipline «Information technologies in water transport» for the implementation of the development of competencies by students of the training direction 03.26.01

Abstract. Updating of information and methodological material for teaching the discipline is an important element of the educational process. The article outlines examples of updating educational and methodological materials for classroom lessons in the discipline «Information technologies in water transport» in the direction of undergraduate training 03/26/01 «Water transport management and hydrographic support of navigation», in order to improve the quality of teaching the discipline and realize the possibility of students fully mastering the established competencies.

Keywords: information and methodological material, updating, development of competencies, professional information

Одна из задач грамотного, добросовестного педагога – постоянно работать над совершенствованием методики преподавания своих дисциплин. Неотъемлемой частью этой работы является периодическое обновление методических материалов, предназначенных для проведения аудиторной работы и организации самостоятельной работы студента [1, 2].

Очередная актуализация информационно-методического материала продиктована необходимостью улучшить его качество с целью наиболее полной реализации освоения студентами компетенций, установленных для дисциплины в общеобразовательной программе направления подготовки [3].

Дисциплина «Информационные технологии на водном транспорте» завершает подготовку студента в группе инфокоммуникационных дисциплин, поэтому ее задачами должны быть развитие и совершенствование навыков студента по поиску, классификации, обработке и анализу профессиональной информации. На это указывают закрепленные за

дисциплиной компетенции и индикаторы их достижения – УК-1 (индикатор УК-1.1), ОПК-1 (индикатор ОПК-1.2), ОПК-4 (индикатор ОПК-4.1) [4].

Один из разделов дисциплины «Технология бизнес-анализа данных в электронных таблицах» [5] посвящен овладению работой различных «мастеров» анализа данных MS Excel. Актуализация задач, решаемых в этом разделе, описана ниже. Задачи дополнены заданиями повышенного уровня сложности для достижения более высокого уровня результатов обучения, а значит, и освоения установленных компетенций.

Реальные исходные данные, профессиональную информацию для решения задач анализа (по вариантам) студентам предлагается получать с официальных сайтов и из профессиональных баз данных [6–8]. Подобная информация обновляется постоянно.

При изучении инструментария «Промежуточные итоги» необходимо сгруппировать данные и построить одноуровневые и вложенные итоги по разным параметрам исходной таблицы. Задача была дополнена графической визуализацией полученного результата (рис. 1). Гистограмма строится на основе итогов сгруппированных данных. Сложности построения заключаются в необходимости редактирования диапазона исходных данных (выбор итоговых значений только по полю Факт, исключение из данных строки Общий итог).

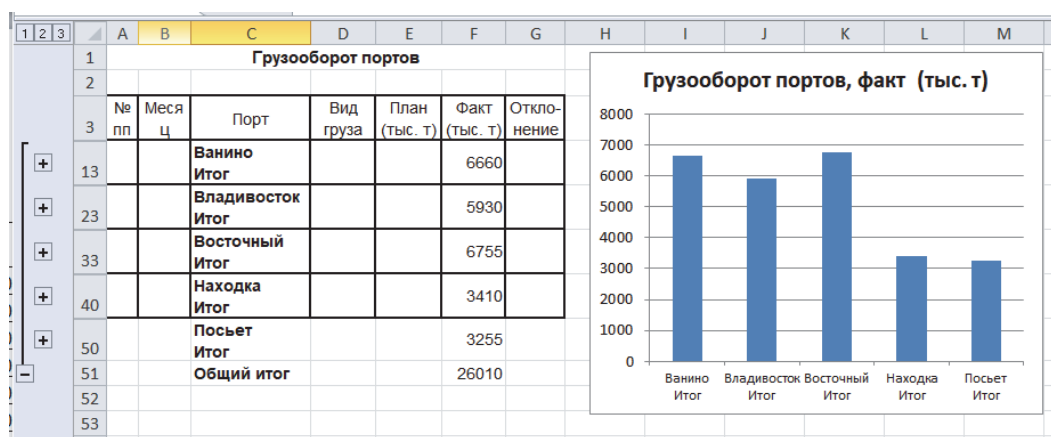


Рисунок 1 – Гистограмма (промежуточные итоги)

Следующий шаг работы – путем преобразования гистограммы в круговую диаграмму определить процент «долевого участия» каждого порта в общем объеме грузооборота. Для более наглядной визуализации диаграммы необходимо добавить подписи данных и отредактировать – отображение не абсолютных числовых значений (тыс. т), а доли (%). Для качественной печати диаграммы на принтере (при оформлении курсовых и выпускной классификационной работ) следует отредактировать заливку каждого сектора (выбрать тип зора в формате точки данных) (рис. 2).

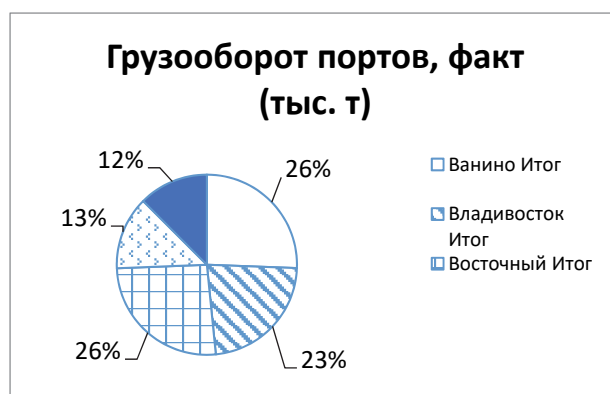


Рисунок 2 – Круговая диаграмма (промежуточные итоги)

При изучении инструментария «Расширенный фильтр» задачи дополнены построением более сложных условий фильтрации, с вычислениями. «Расширенный фильтр» выгодно отличается от инструмента «Автофильтр» по двум позициям: возможность применять к каждому параметру более двух условий фильтрации, построение условий фильтрации в виде вычисляемых формул, содержащих ссылки на ячейки данных. В качестве примера при анализе характеристик судов (предварительный этап перед расстановкой судов на линии) можно применить условия:

- суда, построенные более 30 лет назад (на текущую дату);
- суда, отремонтированные менее 5 лет назад (на текущую дату);
- суда с дедвейтом меньше среднего на 20 т;
- суда водоизмещением больше среднего на 10 %.

У многих студентов подобные вычисления, не очень сложные на первый взгляд, тем не менее вызывают затруднения при выполнении работы. А при построении и использовании вычисляемых условий студент должен узнать две отличительные особенности выполнения такого расширенного фильтра:

- заголовок вычисляемого условия должен быть пустым или содержать текст, отличный от любого заголовка исходной таблицы,
- все ссылки на ячейки в формуле, кроме одной, должны быть зафиксированы абсолютными ссылками.

При изучении инструментария «Сводная таблица» задача дополнена визуализацией полученного результата в виде сводной диаграммы для выполнения действий фильтрации по параметрам не только в таблице, но и на диаграмме (рис. 3).

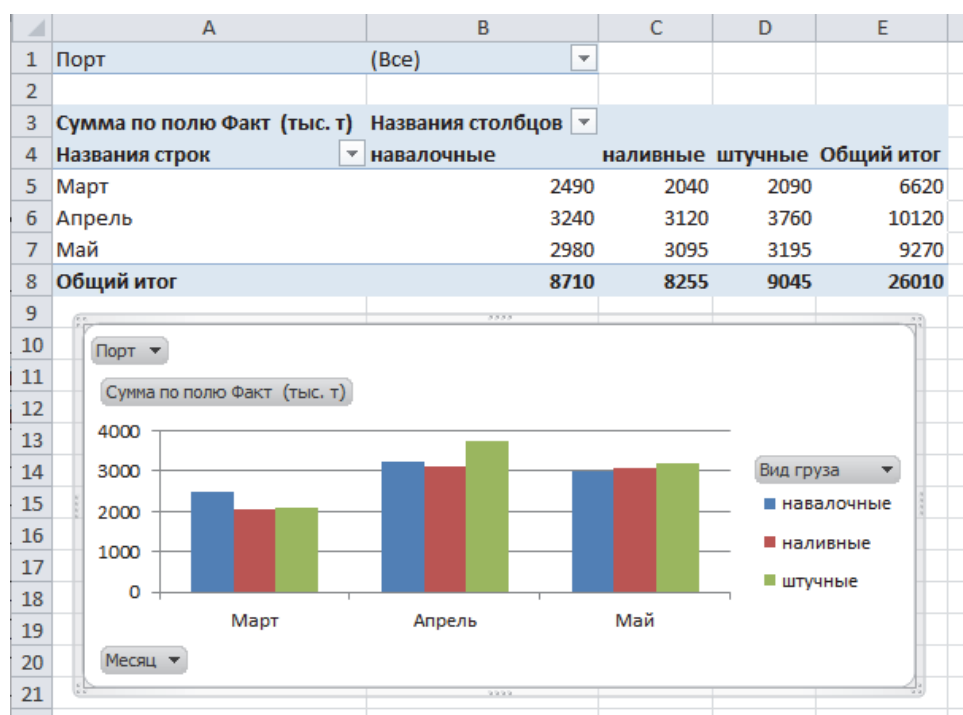


Рисунок 3 – Сводная таблица и сводная диаграмма

Первоначально построенную гистограмму необходимо преобразовать в линейный график, с помощью списка полей выполняется перегруппировка данных – получается график грузооборота портов (рис. 4), на котором предлагается познакомиться с несложным по исполнению графическим инструментом прогнозирования данных на основе известных данных – линия тренда. В данном случае построена линия тренда – линейная. Дополнительная возможность этого инструмента – отображение на графике уравнения функциональной зависимости, которое можно использовать для дальнейших возможных прогнозов.

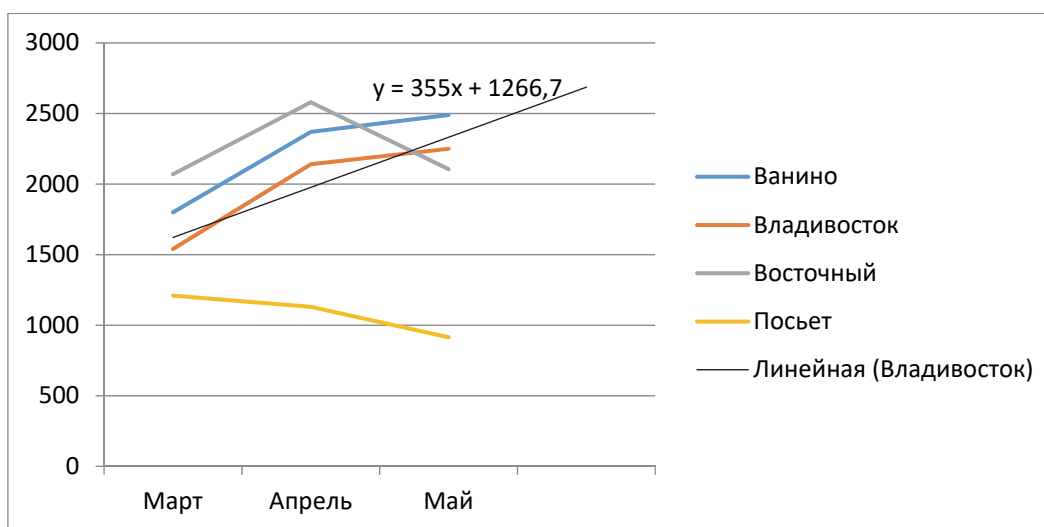


Рисунок 4 – Линейный график с линией тренда и уравнением зависимости

Проведенная актуализация информационного и методического обеспечения по разделу дисциплины предоставляет студенту возможность более глубокой проработки предложенного учебного материала, что способствует полноценному освоению установленных компетенций.

Библиографический список

1. Ишимова И.Н. Варианты оптимизации методического обеспечения образовательного процесса в вузе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2014. № 6/3. С. 41–47. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21959615> (дата обращения: 08.10.2023).

2. Саадуев М.С. О некоторых аспектах проблемы обновления учебно-методического обеспечения образовательного процесса в вузе // Проблемы и перспективы развития образования : материалы I Междунар. науч. конф. (г. Пермь, апрель 2011 г.). Пермь: Меркурий, 2011. Т. 2. С. 129–132. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/17/585/> (дата обращения: 08.10.2023).

3. Основная профессиональная образовательная программа высшего образования направления подготовки 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства (уровень бакалавриата)», утвержденная ученым советом ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» 24 декабря 2020 г., протокол № 4/34.

4. Учебный план подготовки 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства» уровня бакалавриата (профильная направленность «Управление транспортными системами и логистическим сервисом на водном транспорте»), одобренный учёным советом университета 27 февраля 2020 г. (год набора 2020), протокол № 6/26.

5. Рабочая программа дисциплины «Информатика», реализующей ОПОП ВО направления подготовки 26.03.01 «Управление водным транспортом и гидрографическое обеспечение судоходства» уровня бакалавриата, утвержденная ученым советом Института рыболовства и аквакультуры «Дальрыбвтуза», протокол № 4 от 21.12.2020.

6. База данных Федерального агентства морского и речного транспорта (<http://opendata.morflot.ru/>).

7. База статистических данных Минтранса РФ. <https://www.mintrans.ru/opendata/stat>.

8. Отраслевой информационный портал по логистике, транспорту и таможне. www.logistic.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Секция 1. РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ | 3 |
| <i>Асеева Н.Л.</i> Некоторые миксоспоридии – паразиты мускулатуры рыб северной части Тихого океана | 3 |
| <i>Бадаев О.З., Калчугин П.В.</i> Возможность оперативного использования научно-промысловой информации на примере подзоны Приморье..... | 8 |
| <i>Баринов В.В., Осипов Е.В.</i> Возможности освоения промысла японского анчоуса (<i>Engraulis japonicus</i>) в прибрежных водах подзоны Приморье | 15 |
| <i>Барковский Н.А., Вилкова О.Ю.</i> Межгодовая динамика уловов аборигенных кефалей в Азовском море..... | 19 |
| <i>Бойцова Т.М., Сычева И.С.</i> Восточно-Камчатская зона промысла минтая – пути повышения эффективности..... | 25 |
| <i>Власенко Р.В.</i> Запасы двустворчатого моллюска мерценарии Стивенса <i>Mercenaria stimpsoni</i> у берегов Приморского края (история, оценка, перспективы) | 30 |
| <i>Иванко Н.С., Лисиенко С.В.</i> Командорский кальмар: распределение между пользователями с 2015 по 2022 гг. в зоне Восточно-Камчатская | 39 |
| <i>Измятинский Д.В., Ким Л.Н., Асеева Н.Л., Измятинская В.Н., Кравченко Д.Г.</i> Оценки ресурсов камбал в подзоне Приморье в 2023 г. по данным промысловых уловов | 46 |
| <i>Кудакаев В.В.</i> Методика точного размещения деталей на цилиндрических поверхностях в 3D-сборках на примере проектирования дуги траловой доски в «Компас 3D»..... | 54 |
| <i>Кулепанов В.Н., Соколенко Д.А., Власенко Р.В.</i> Состояние зарослей массовых видов макрофитов в прибрежье Приморья (Японское море)..... | 59 |
| <i>Недоступ А.А., Насенков П.В.</i> Разработка гидродинамического устройства вертикального раскрытия разноглубинного трала 18/95 м..... | 66 |
| <i>Осипов Е.В., Бородин П.А., Карпелёв Т.П.</i> Разработка программы приемо-сдаточных испытаний на примере комплекса промыслового оборудования для вылова крабов ловушками | 73 |
| <i>Осипов Е.В.</i> Методика расчета и численная реализация движения волн для задач аквакультуры и прибрежных орудий промышленного рыболовства..... | 79 |
| <i>Покровский Б.И., Кайко А.М., Шабельский Д.Л.</i> К вопросу о повышении эффективности промысла и переработки дальневосточной сардины | 84 |
| <i>Ражев А.О., Недоступ А.А.</i> Расчет характеристик разноглубинного трала при заданном раскрытии | 89 |
| <i>Сергеев Е.И., Недоступ А.А.</i> Имитационное и экспериментальное исследования гидродинамики модели лодки WYATBOAT-430 | 97 |
| Секция 2. ВОДНЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ, АКВАКУЛЬТУРА И ЭКОЛОГИЯ | 103 |
| <i>Belyaev V.P., Vainutis K.S.</i> Generalization of data on biology of the parasitic nematode <i>Rhabdochona coronocauda</i> – the causative agent of rhabdochoniasis of fish genus <i>Chanodichthys</i> in Khanka Lake..... | 103 |
| <i>Vainutis K.S., Voronova A.N.</i> First sequencing data on spiny-headed worms of the species <i>Pseudorhadinorhynchus samegaiensis</i> (Acanthocephala: Leptorhynchoididae) isolated from the intestine of <i>Hemiculter lucidus</i> from Primorsky Krai..... | 109 |
| <i>Lysak D.S., Huang Zshiyuan.</i> Biological characteristics of black grenadier East Sakhalin subzone of the Sea of Okhotsk in 2019, 2020..... | 115 |

| | |
|---|-----|
| <i>Баитовой А.Н., Караулова Е.П., Слуцкая Т.Н., Тимчишина Г.Н., Павел К.Г.</i> Некоторые данные по фракционному пептидному составу белковых компонентов стартовых комбикормов для рыб | 121 |
| <i>Бирюков И.Ю., Вайнутис К.С.</i> Морфологическая и генетическая идентификация плероцеркоидов рода <i>Clistobothrium</i> (Eucestoda: <i>Phyllobothriidae</i>) в кете <i>Oncorhynchus keta</i> в реках южного Приморья | 129 |
| <i>Бровкина Е.П.</i> Гибкие гидробиотехнические сооружения, применяемые в марикультуре | 135 |
| <i>Бугаев Л.А., небесихина Н.А., Алимова А.Ш., Гайдамаченко В.Н.</i> Генетическое разнообразие производителей русского осетра из ремонтно-маточного стада Донского осетрового завода ФГБУ «Главрыбвод» в 2018–2023 гг. | 140 |
| <i>Волошин А.А., Недоступ А.А.</i> Анализ конструкции садков аквакультуры | 147 |
| <i>Габаев Д.Д.</i> Проблемы и их решение в области марикультуры | 155 |
| <i>Горбачева Е.А., Лаптева А.М.</i> Содержание металлов и мышьяка в северной креветке (<i>Pandalus borealis</i>) Баренцева моря..... | 160 |
| <i>Грушинец В.А., Шершенков С.Ю., Смирнов А.А.</i> Основные биологические показатели трески северного побережья Охотского моря в августе-сентябре 2023 г..... | 165 |
| <i>Елфимова Н.С., Бондарев С.В., Заикина П.М., Хренкин Д.В., Вехов Д.А., Живоглядова Л.А.</i> Новые данные о чужеродных моллюсках в бассейне Азовского моря..... | 169 |
| <i>Ельников А.Н., Зеленников О.В.</i> О сокращении фонда ооцитов у самок кеты <i>Oncorhynchus keta</i> при перемещении от устья рек к заводским пунктам сбора икры | 173 |
| <i>Жадько Е.А., Качановская С.А.</i> Размерно-массовая характеристика молоди амурского осетра на рыбозаводном заводе (Амурская область) в 2017 и 2021 гг. | 178 |
| <i>Жадько Е.А., Тюлебаева Д.А.</i> Некоторые черты биологии нерестовой кеты реки Пойма (Приморский край) в 2021 г..... | 184 |
| <i>Зеленников О.В., Семенов Р.А.</i> О состоянии ихтиоценоза озера Рейдовое (остров Итуруп). Видовой состав и распределение рыб разных видов вдоль береговой полосы | 189 |
| <i>Зеленников О.В.</i> Сравнительный анализ состояния яичников у молоди кеты <i>Oncorhynchus keta</i> и нерки <i>O. nerka</i> при воспроизводстве в озере Сопочное (остров Итуруп)..... | 194 |
| <i>Зенкова А.В., Матросова И.В.</i> Некоторые биологические характеристики осенней кеты реки Анюй (Хабаровский край) в 2020 г. | 200 |
| <i>Калинина М.В.</i> Первый опыт промежуточного подрачивания молоди тихоокеанской устрицы, полученной заводским способом, в условиях питомника в южном Приморье..... | 203 |
| <i>Караулова Е.П.</i> Антирадикальная и антиоксидантная активность тканей гидробионтов..... | 208 |
| <i>Кикеев И.В., Селиханова Д.К.</i> Гидрологический режим мест нереста <i>Oncorhynchus gorbyscha</i> Walb., река Кулькаты в марте 2023 г. (Тауйская губа Охотского моря)..... | 214 |
| <i>Корнеев Е.С., Живоглядова Л.А., Шарлай О.Б., Березова О.Н., Лабай В.С.</i> Материалы по дрейфу водных беспозвоночных в реках острова Сахалин..... | 219 |
| <i>Кротова Д.А.</i> Функционально-биологическое состояние и репродуктивные характеристики северной креветки северо-западной части Берингова моря | 225 |
| <i>Крупнова Т.Н., Поньрко О.А.</i> Культивирование макрофитов в Приморье с использованием различных технологий | 233 |
| <i>Кузнецова Н.А., Шебанова М.А.</i> Питание тихоокеанских лососей в северо- западной части Тихого океана в июне 2022 г. | 238 |
| <i>Лаптева А.М., Горбачева Е.А.</i> Загрязнение металлами и потенциальная токсичность донных отложений прибрежных районов Баренцева моря | 246 |

| | |
|---|------------|
| <i>Лысак Д.С., Измятинский Д.В.</i> Батиметрическое распределение малоротой камбалы <i>Glyptocephalus stelleri</i> в водах подзоны Приморье в 2019, 2022 гг. | 251 |
| <i>Майсс А.А., Голованец В.А.</i> Методика оценки массы биологических отходов, образующихся в результате деятельности рыбоперерабатывающего цеха, расположенного на рыболовном судне, в условиях промысла минтая в Охотском море..... | 257 |
| <i>Майсс А.А.</i> Методика оценки массы синтетических отходов, образующихся при эксплуатации разноглубинных тралов, применяемых на промысле минтая в Охотском море..... | 264 |
| <i>Маркина Ж.В., Подоба А.В., Орлова Т.Ю.</i> Использование меди для усиления роста <i>Thalassiosira nordenskioldii</i> в накопительной культуре..... | 271 |
| <i>Матвеева В.А., Шульгина Л.В.</i> Технология биокрипсов с использованием икры морских ежей..... | 277 |
| <i>Политаева А.А., Матросова И.В.</i> Ретроспективный анализ состояния запаса и промысла дальневосточного трепанга в районе о. Кунашир | 282 |
| <i>Ражев А.О., Недоступ А.А.</i> Моделирование биомеханики гидробионтов в технических средствах аквакультуры на гетерогенной вычислительной системе | 286 |
| <i>Рачек Е.И.</i> Выращивание товарных трехлеток китайского окуня-аухи в садках тепловодного хозяйства..... | 294 |
| <i>Смирнов А.А., Бурак Ф.А.</i> Размерно-весовой состав желтоперой и звездчатой камбал из уловов ставного невода в Тауйской губе Охотского моря в мае-июне 2023 г..... | 300 |
| <i>Смирнова Е.В., Колтун Е.В.</i> Структура скоплений минтая <i>Theragra chalcogramma</i> в Южно-Курильской зоне | 304 |
| <i>Тевс К.О.</i> Развитие фитопланктона Амурского залива в летний период 2020 г. (залив Петра Великого, Японское море)..... | 311 |
| <i>Харламов М.Н.</i> Тайфуны и наводнения в Приморском крае | 317 |
| <i>Чульчиков Д.Н., Зуенко Ю.И.</i> Влияние адвекции тихоокеанских вод через Берингов пролив на экосистему Чукотского моря | 322 |
| <i>Чусовитина С.В., Кобыща В.М.</i> Сезонные изменения состава уловов щуки <i>Esox reichertii</i> Вуbowski, 1869 в озере Ханка в 2021 и 2022 гг. | 329 |
| <i>Чусовитина С.В., Перерва А.А.</i> Динамика хода и некоторые биологические показатели кеты <i>Oncorhynchus keta</i> р. Гур (Хабаровский край) в 2018, 2020, 2022 гг..... | 335 |
| <i>Шебанова М.А., Кузнецова Н.А.</i> Состояние планктонного сообщества в северо-западной части Тихого океана в июне 2021–2022 гг..... | 340 |
| Секция 3. СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ..... | 348 |
| <i>Беспалова Т.В., Дергунова О.Ф.</i> Решение задачи статистического исследования как способ формирования общепрофессиональных компетенций для профильных направлений бакалавриата в рыбохозяйственном вузе | 348 |
| <i>Иванко Н.С.</i> Об использовании электронных таблиц и облачных технологий для решения профессиональных задач в области промышленного рыболовства..... | 356 |
| <i>Кучеренко Л.В.</i> Повышение качества знаний студентов на основе междисциплинарных связей и компетентностного подхода..... | 361 |
| <i>Недбайлов А.А.</i> Создание и исследование моделей последовательных процессов в учебной деятельности..... | 366 |
| <i>Ющик Е.В.</i> Модификация структуры дисциплины «Информатика» для студентов нетехнических специальностей с учетом подготовки к изучению искусственного интеллекта..... | 371 |
| <i>Яценко Е.Н.</i> Актуализация информационно-методического материала по разделу дисциплины «Информационные технологии на водном транспорте» для реализации освоения компетенций студентами направления подготовки 26.03.01 | 376 |

Электронное научное издание

**РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДНЫХ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ**

**Материалы Международной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 26–27 октября 2023 г.)

Электронное издание

Подписано в печать 27.11.2023. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 44,64. Уч.-изд. л. 42,50. Заказ 0908.
Тиражируется на машиночитаемых носителях

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б