

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



**Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет**

Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана

**Материалы VII Международной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 19–20 мая 2022 года)

Электронное издание

Проблемы и актуальные вопросы освоения водных биологических
ресурсов Мирового океана

Вопросы безопасности мореплавания и технического обслуживания судов

Инновации в технологических, проектных и инженерных решениях
для развития пищевых и холодильных производств и управления
качеством продуктов из водных биологических ресурсов

Владивосток
Дальрыбвтуз
2022

FEDERAL AGENCY FOR FISHERY



**Far Eastern State Technical
Fisheries University**

**URGENT PROBLEMS OF THE WORLD OCEAN
BIOLOGICAL RESOURCES DEVELOPMENT**

**Proceedings of the VII International
Scientific and Technical Conference**

(Vladivostok, 19–20 May, 2022)

Electronic edition

Problems and topical issues of the development of aquatic biological
resources of the World Ocean

Issues of navigation safety and ship maintenance

Innovations in technological, design and engineering solutions
for the development of food and refrigeration production and quality
management of products from aquatic biological resources

Vladivostok
Far Eastern State Technical Fisheries University
2022

УДК 639.2.053
ББК 47.2
А43

Организационный комитет:

Председатель – О.Л. Щека, доктор физ.-мат. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».
Зам. председателя – О.И. Шестак, канд. ист. наук, доцент, начальник научного управления.

А.Н. Бойцов, канд. техн. наук, доцент, директор Института рыболовства и аквакультуры;
С.Б. Бурханов, канд. экон. наук, доцент, директор Мореходного института;
Е.П. Лаптева, канд. техн. наук, доцент, директор Института пищевых производств;
С.Н. Максимова, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания»;
И.В. Матросова, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура»;
И.А. Круглик, канд. биол. наук, доцент, зав. кафедрой «Экология и природопользование»;
С.В. Лисиенко, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Промышленное рыболовство»;
Д.К. Глазюк, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Судовые энергетические установки»;
И.С. Карпушин, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Судовождение»;
Э.Н. Ким, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление техническими системами»;
Т.И. Ткаченко, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Технологические машины и оборудование»;
В.В. Кращенко, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Пищевая биотехнология»;
В.П. Шайдуллина, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Холодильная техника, кондиционирование и теплотехника»;
С.С. Валькова, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Эксплуатация и управление транспортом»;
Е.Н. Бауло, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика и автоматика»;
Д.В. Полещук, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», председатель совета молодых ученых;
Л.А. Харитоновна – директор центра публикационной деятельности «Издательство Дальрыбвтуза».

Ответственный секретарь – Е.В. Денисова, зам. начальника научного управления.

Технический секретарь – Е.Ю. Образцова, главный специалист научного управления.

А43 Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана : материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. (57 Mb). – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2022. – 423 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 978-5-88871-757-8

Представленные материалы охватывают международные научно-технические проблемы экологии, рационального использования, сохранения и восстановления ресурсно-сырьевой базы рыболовства, развития искусственного воспроизводства и аквакультуры, эксплуатации водного транспорта, обеспечения безопасности мореплавания, прогрессивных технологий в области судовых энергетических установок и судовой автоматике, развития пищевых и холодильных производств, технологии и управления качеством продуктов из водных биологических ресурсов.

Приводятся результаты научно-исследовательских разработок ученых Дальрыбвтуза, других вузов и научных организаций России и зарубежья.

УДК 639.2.053
ББК 47.2

ISBN 978-5-88871-757-8

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2022

Уважаемые участники конференции!

От имени Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета я рад приветствовать вас на очередной Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана».

Я уверен, что в ходе работы мы сможем обсудить множество актуальных тем: совершенствование существующих технологий, нахождение путей оптимизации эксплуатации биоресурсов, исчезновение некоторых видов рыб, – а также многие другие вопросы, волнующие мировое научное сообщество уже не первый год.

Главная цель конференции – развитие творческих связей между учеными, углубление и расширение интеграционных процессов между высшими учебными заведениями, научными организациями и предприятиями, работающими в направлении использования биологических ресурсов Мирового океана.

Хочу пожелать всем участникам конференции интересной и продуктивной работы, творческих успехов в дальнейших научных исследованиях!

Председатель оргкомитета,
ректор ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

О.Л. Щека
19 мая 2022 г.

Dear conference participants!

On behalf of Far Eastern State Technical Fisheries University I'm happy to welcome you at the permanent International Scientific and Technical Conference «Urgent problems of the world ocean biological resources development».

I'm confident that during the conference we'll be able to discuss many topical issues such as current technological development, the ways for biological resources development optimization, some species loss and many other issues being of the world scientific community's concern for some time now.

The main purpose of the conference is fruitful ties development between scientists as well as extension and enhancement of integration processes between higher educational institutions, scientific organizations and enterprises associated with ocean biological resources development.

I would like to wish all the conference participants interesting and successful work and best of luck in your further research activities!

Chairman of the Organizing Committee,
President of Far Eastern State Technical Fisheries University

O.L. Shcheka
19 May, 2022

Секция 1. ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА

УДК 639.2.053.7(26)

Надежда Леонидовна Асеева

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Вера Николаевна Измятинская

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

Дмитрий Геннадьевич Кравченко

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: gennadyevich85@yandex.ru

Денис Владимирович Измятинский

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro-center.ru

Пространственная изменчивость биомассы рыб в сублиторали северной части Татарского пролива

Аннотация. Плотность биомассы рыб в целом в северной части исследуемой акватории выше, чем на ее южных участках. С севера на юг данная величина в среднем изменяется от 10–35 т/км² до менее 3 т/км². Отдельно рассмотрена пространственная динамика плотности биомассы семи наиболее массовых видов: зубастой и морской малоротой корюшек, дальневосточной мойвы, тихоокеанской сельди, дальневосточной наваги, керчака-йока и звездчатой камбалы.

Ключевые слова: Татарский пролив, сублитораль, ихтиофауна, плотность биомассы, пространственное распределение вида.

Nadezhda L. Aseeva

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: nadezhda.aseeva@tinro-center.ru

Vera N. Izmyatinskaya

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

Dmitry G. Kravchenko

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Post-graduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: gennadyevich85@yandex.ru

Denis V. Izmyatinsky

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Scientist, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: denis.izmyatinskiy@tinro-center.ru

Spatial variability of fish biomass in the sublittoral of the northern part of the Tatar Strait

Abstract. The biomass density of fish in general in the northern part of the studied aquatory is higher than in its southern sections. From north to south, this value varies on average from 10–35 t/km² to less than 3 t/km². The spatial dynamics of the biomass density of the seven most widespread species is considered separately: Asian rainbow and Shishamo smelts, Far Eastern capelin, Pacific herring, Saffron cod, Plain sculpin and Starry flounder.

Keywords: Tatar Strait, sublittoral, ichthyofauna, biomass density, spatial distribution of the species.

Введение

Японское море обладает значительными и разнообразными ресурсами рыб [1 и др.]. Ихтиофауна отдельных районов моря рассмотрена подробно [2, 3, 4, 5 и др.]. Но эти районы преимущественно расположены в южной части экономической зоны России. Особенно много работ было проведено в заливе Петра Великого [6, 7, 8, 9 и др.]. В то же время ихтиофауна северных акваторий Японского моря в литературе освещена недостаточно, по крайней мере, сублиторальный ихтиоцен здесь отдельно не рассматривался. На берегах северной части моря также расположено большое количество рыбопромысловых пунктов, представленных небольшими городами и довольно большим количеством рыболовецких поселков и колхозов. Все они ведут промысел, в том числе недалеко от своих портов. Данная работа затрагивает сублитораль самого северного района Японского моря, обозначенного цифрой 1 в Атласе количественного распределения nekтона в северо-западной части Японского моря [10].

Известно, что состав морской биоты с глубиной обедняется [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Поэтому логично предположить, что в указанном районе самый богатый ихтиоцен находится именно в сублиторали, т.е. в зоне глубин от 0 до 50 м.

Целью работы является характеристика пространственного распределения ихтиофауны в целом и массовых видов в отдельности на акватории сублиторали северной части Татарского пролива.

Материал и методика

В биотопическом отношении исследования были ограничены придонными горизонтами воды в диапазоне глубин 5–50 м. Согласно литературным сведениям [12, 17, 18, 19 и др.] обычно эта зона называется сублиторалью. Под теплым временем года в настоящей работе подразумевается период с мая по октябрь, что соответствует периоду гидрологического лета в классификации гидрологических сезонов, предложенной Ю.И. Зуенко [20].

В работе использованы материалы 18 рейсов, проведенных с 1983 по 2020 гг. В большинстве случаев экспедиции организовывались и выполнялись тихоокеанским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). Но в 2006 и 2007 гг. экспедиции в Татарский пролив, в том числе в его северную часть, были осуществлены на судне Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» специалистами этого филиала совместно со специалистами ТИНРО, а в 2010–2014 гг. экспедиции в интересующий нас район были проведены специалистами Хабаровского филиала

ФГБНУ «ВНИРО» самостоятельно или совместно со специалистами двух соседних филиалов. Научно-исследовательские рейсы выполнялись на судах типа СТМ, РТМС, СРТМ, СТР, МРТК и РС.

В общей сложности сделано 483 траления различными донными тралами типа ДТ/ТВ с мягким грунтопом. Длина верхней подборы тралов варьировала от 20 до 32 м, горизонтальное раскрытие – от 12,0 до 19,2 м, а вертикальное – от 6 до 8 м. Для выполнения тралений в сублиторали использовались ваера длиной от 10 м (при глубине около 5 м) до 100 м (при глубине около 50 м). Скорость судов при тралениях в большинстве случаев менялась от 1,6 до 3,4 уз. Площадь сублиторали в северной части Татарского пролива составляет 7824,2 км².

Численность рыб (N) и их биомассу (W) оценивали площадным методом по формуле З.М. Аксютинной [21]:

$$N = \frac{C_n * Q}{q * k} \text{ и } W = \frac{C_w * Q}{q * k},$$

где C_n – улов вида в штучном выражении на час траления; C_w – улов вида в весовом выражении (кг) на час траления; Q – площадь района; q – площадь траления; k – коэффициент уловистости трала, являющийся специфичным для разных рыб.

Значения конкретных коэффициентов уловистости были приведены в более ранней публикации [22]. Расчеты удельных биомассы и численности рыб (в кг/км² или в т/км², а также в шт./км²) осуществлялись по этим же формулам, лишь с тем условием, что площадь района Q принималась равной 1.

При ранжировании рыб по биомассе выделяли доминантные (доминирующие или преобладающие) виды. К данной категории отнесены рыбы, чья доля в общей биомассе превышала 10 % [23]. При анализе размерного состава рыб использовали измерения их длины по Смитту (АС) [24].

Результаты и обсуждение

В количественном аспекте распределение рыб носит мозаичный характер (рис. 1). Повсюду участки более высокой биомассы рыб чередуются с участками менее высокой биомассы.

Тем не менее можно видеть, что плотность биомассы рыб в северной части исследуемых вод значительно выше, чем на южных участках исследуемой акватории. Кроме того, наблюдается эоклиальная изменчивость величины ихтиомассы в направлении с севера на юг. Севернее 51° с.ш. (вблизи лимана Амура) среднемноголетняя плотность биомассы весьма высока и в основном варьирует от 10 до 35 т/км². Между 50° и 51° с.ш. – у побережья Сахалина удельная биомасса рыб выше, чем у материка. В этих координатах со стороны Сахалина ихтиомасса в сублиторали в основном колеблется от 7 до 20 т/км², а со стороны материка – от 0,1 до 7 т/км². Зона самой низкой рыбопродуктивности наблюдается южнее 49°45' с.ш. Здесь плотность ихтиомассы составляет, как правило, менее 3 т/км².

Таким образом, наиболее репродуктивные участки отмечаются вблизи лимана Амура и у берегов Сахалина, а в южной части исследуемых вод регистрируемая ихтиомасса была существенно ниже.

Можно обратить внимание, что сублитораль в северной части Татарского пролива в целом выглядит как узкая полоса, примыкающая к берегу. Наиболее широка эта зона в самой северной части исследуемых вод. Остальная акватория северной части Татарского пролива (на некотором удалении от берегов) в основном занята элиторалью (по большей части, глубины 60–90 м). Но в центральной части исследуемой акватории, посреди элиторальных глубин, выделяются две банки с глубинами менее 50 м: одна – севернее 50° с.ш., а другая – севернее 49° с.ш. Однако плотность ихтиомассы на них не высока (менее 3 т/км²), а состав ихтиофауны на этих банках не сублиторальный, а элиторальный. Рыбы заходят сюда с соседних участков, а от берега здесь довольно далеко.

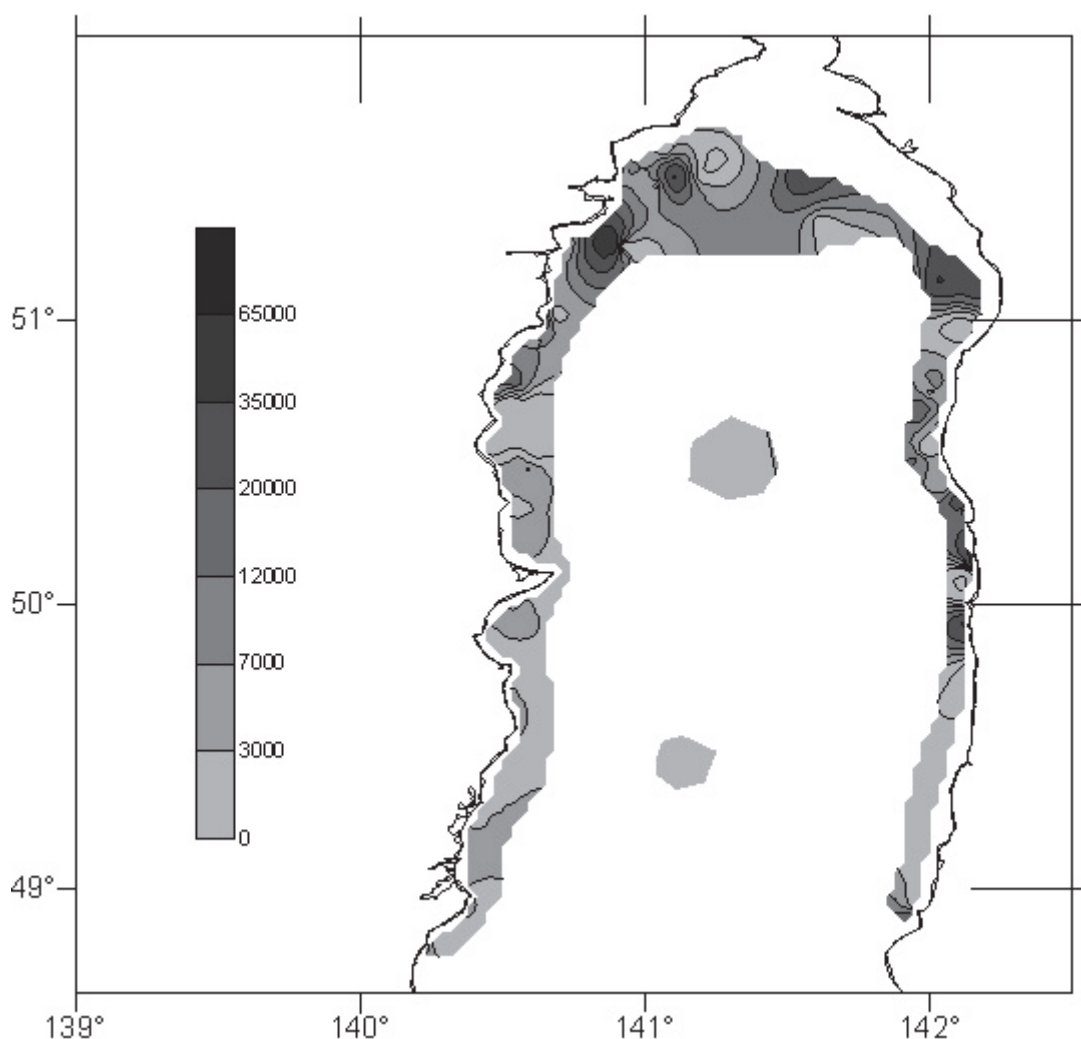


Рисунок 1 – Удельная биомасса (кг/км²) икhtiофауны на разных участках сублиторали в северной части Татарского пролива, по среднемноголетним данным 1983–2020 гг.

Самой массовой в сублиторали северной части Татарского пролива была азиатская зубастая корюшка *Osmerus mordax dentex*, наибольшие концентрации которой (в основном, 1–22 т/км²) приурочены к самому северу исследуемых вод. Вероятно, в этом районе концентрируется корюшка, нерестящаяся в Амуре.

Значительны запасы корюшки и у побережья Сахалина на протяжении от центральной части острова к северной. Здесь ее удельная биомасса обычно составляет от 0,1 до 2 т/км², но встречаются скопления и до 10 т/км² и более. Поскольку наибольшие скопления корюшки у побережья Сахалина наблюдаются не в самых северных водах исследуемой акватории, а ближе к центральной части, можно говорить, что здесь нагуливаются иные стада, нерестящиеся не в Амуре, а в многочисленных реках Сахалина.

У материкового побережья южнее 51°2' с.ш. зубастая корюшка тоже есть, но не в таких больших количествах, как в водах, примыкающих к лиману Амура или у побережья Сахалина. Здесь ее концентрации в основном не превышают 100 кг/км². В целом соотношение стад выглядит следующим образом: 82,2 % биомассы зубастой корюшки приходится на стада лимана Амура, 16,3% – на стада северо-западного побережья Сахалина, и 1,5% – на стада материкового побережья.

Вместе с долготной изменчивостью в распределении зубастой корюшки наблюдается широтная изменчивость в ее распределении. Было отмечено, что наибольшие ресурсы зубастой корюшки обнаружены в самых северных водах исследуемой акватории. В координатах между 51°2' и 51°7' с.ш. сосредоточено 82,8 % всего запаса этого вида. Между 50°3' и 51°2'

обнаружено 17 % запасов корюшки. И совсем мало корюшки зарегистрировано южнее 48°8' с.ш. – всего 0,2 % биомассы.

В плане вертикального распределения зубастой корюшки, как и следовало ожидать, наибольшие ее скопления отмечаются на мелководье. Так, в зоне глубин 10–20 м зарегистрировано 49,6 % биомассы корюшки (рис. 2). Далее, с увеличением глубины ее запасы понижаются: на глубинах 20–30 м – отмечено 34 % биомассы, а на глубинах 40–50 м – 14,9 %.

Однако интересно заметить, что наименьшие скопления зубастой корюшки в сублиторали зарегистрированы не на максимальных глубинах этого биотопа, а в диапазоне 30–40 м. Здесь сосредоточено всего 1,6 % запасов корюшки. Почему-то корюшка именно эту батиметрическую зону проходит транзитом, постоянно здесь не концентрируясь.

В целом морское распределение зубастой корюшки не ограничивается глубинами сублиторали. В архиве ТИНРО имеются данные о поимках этой корюшки донным тралом на глубинах более 200 м.

Ресурсы зубастой корюшки были относительно велики в первой пятилетке 1980-х гг. Но тогда биомасса корюшки, как правило, не превышала 800 кг/км².

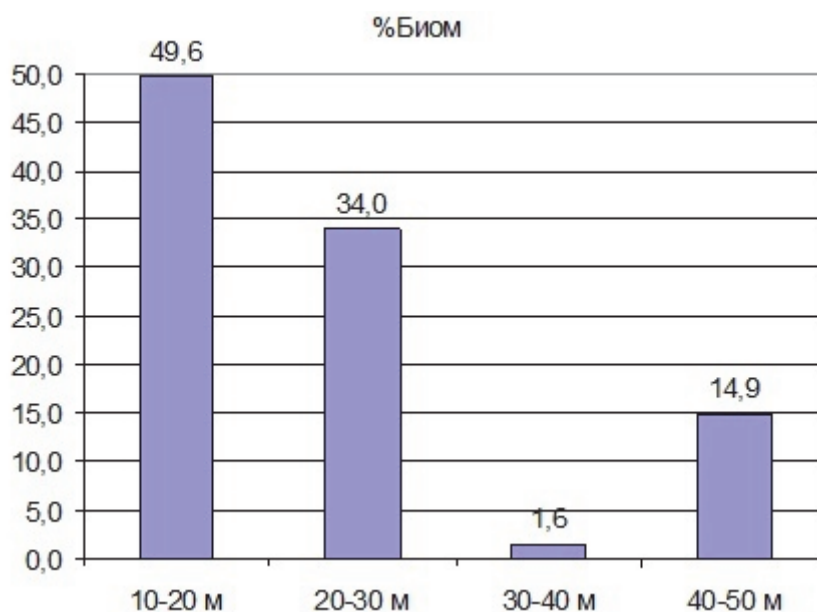


Рисунок 2 – Процентное соотношение биомассы зубастой корюшки (%Биом) на разной глубине

Со второй половины 1980-х гг. и до середины 2000-х гг., судя по всему, корюшка была представлена не большими по численности поколениями (в основном, менее 100 кг/км²). Биомасса этого вида возросла в конце 2000-х гг. (до величины более 300 кг/км²); и значительно возросла в 2011 г., составив более 1 т/км². Данное увеличение численности зубастой корюшки произошло благодаря появлению в 2008 г. высокоурожайного поколения, которое в 2011 г. в возрасте 2+–3 года в массе достигло длины 15 см (длина массового полового созревания), что сопровождалось вступлением в промысловое стадо большого количества производителей, а также их переходом от преимущественно пелагического к придонно-пелагическому образу жизни в морской период. Позднее удельная биомасса корюшки снизилась, и в течение большей части второго десятилетия XXI в. была примерно на уровне первой пятилетки 1980-х гг.

Морская малоротая корюшка *Hypomesus japonicus* также входила в состав доминирующих видов в северной части Татарского пролива. Однако, по данным съемок, малоротая корюшка распространена менее широко, чем зубастая. По сути, выделяются два участка плотных скоплений этой корюшки (более 300 кг/км²), оба у материкового побережья: один – в северной части исследуемой акватории (вблизи лимана Амура), другой – в центральной (примерно на 50°с.ш.).

Дальневосточная мойва *Mallotus villosus catervarius* в 1980-е гг. в целом занимала первое место по биомассе в ихтиоценозе рассматриваемых вод. По данным съемок, плотные скопления мойвы встречались вдоль побережья Сахалина. У берегов Сахалина, в центральной части исследуемой зоны и ближе к северу, плотность биомассы мойвы в 1980-е гг., как правило, превышала 2 т/км² и часто была значительно выше, в отдельных точках достигая около 120 т/км².

Однако на самом севере (вблизи лимана Амура) и у материкового побережья такие значительные концентрации мойвы не отмечались. В водах, примыкающих к лиману Амура (по центральной оси исследуемой зоны), наибольшие скопления мойвы достигали 800 кг/км². А у материкового побережья биомасса мойвы на единицу площади не превышала 100 кг/км².

Тихоокеанская сельдь *Clupea pallasii* в пространственном отношении распространена более широко, чем корюшковые. Ее плотные скопления наблюдались как у материка, так и у Сахалина.

В северной части Татарского пролива сельдь в основном представлена де-кастринским стадом. Хотя залив Де-Кастри – со стороны материка, уловы сельди в целом были выше у северных берегов Сахалина, где ее биомасса, по данным ряда уловов, превышала 2 т/км², достигая 31,1 т/км². Со стороны материка биомасса на единицу площади в отдельных точках составляла максимум 2 т/км². Известно, что основные нерестилища этой сельди находятся в заливе Де-Кастри, но воды, примыкающие к Сахалину, видимо, более перспективны для нагула.

Поскольку сельдь – элиторальный вид, то он отмечался и на банках в центральной части исследуемой акватории, т.е. на возвышенностях с глубинами менее 50 м посреди элиторальных глубин.

Еще более широко, чем тихоокеанская сельдь, в сублиторали северной части Татарского пролива распределена дальневосточная навага *Eleginus gracilis*.

Вдоль материкового побережья навага попадалась повсеместно, и ее уловы здесь были в целом выше (обычно более 500 кг/км²), чем у побережья Сахалина. А самая большая плотность биомассы наваги зарегистрирована на акватории, примыкающей к лиману Амура (23,8 т/км²).

Из всех рассмотренных ранее видов керчак-яок *Muohoccephalus jaok* имеет наиболее широкое и самое равномерное распределение в сублиторали северной части Татарского пролива (его везде много – на разных точках более 100 кг/км² и часто более 800 кг/км²). Только не было керчака на возвышенностях посреди элиторальных глубин. Последнее свидетельствует о том, что керчак-яок, как и многоиглый керчак, в северной части Татарского пролива ведет преимущественно сублиторальный образ жизни. Выделяется зона самой высокой плотности керчака: плотность биомассы этого вида более 2 т/км² наблюдалась только у материкового побережья в северной части (в районе 51° с.ш. – немного южнее и севернее).

Звездчатая камбала *Platichthys stellatus* в северной части Татарского пролива более широко распространена, чем в южном и северном Приморье. В двух последних районах она, придерживаясь мелководий и эстуарных зон, практически не попадает в донный трал, а если попадает, то только в отдельных районах, в частности, в Амурском заливе.

Звездчатая камбала была в уловах как со стороны материка, так и со стороны Сахалина. Однако в сублиторали у материка ее уловы были более значительными и во многих точках превышали 300 кг/км². Кроме того, в самой южной точке биомасса достигла 1506 кг/км². У Сахалина биомасса звездчатой камбалы, по данным уловов, меньше: только в одной точке она составила около 200 кг/км², а на большинстве траловых станций звездчатая камбала попадалась штучно.

Заключение

1. Плотность биомассы рыб в целом на разных участках сублиторали северной части Татарского пролива в среднем изменялась от менее 3 т/км² до 35 т/км². Наиболее высокая плотность ихтиомассы отмечалась вблизи лимана Амура; а у берегов Сахалина эта величина в целом была выше, чем у берегов материка.

2. Удельная биомасса зубастой корюшки на самом севере исследуемых вод (в водах, прилегающих к лиману Амура) в основном составляла 1–2 т/км². У побережья Сахалина от

центральной части острова к северной биомасса на единицу площади данного вида в большинстве случаев варьировала от 0,1 до 2 т/км². У материкового побережья южнее 51°2' с.ш. удельная биомасса зубастой корюшки, как правило, не превышала 100 кг/км².

3. В рассматриваемом районе 82,2 % биомассы зубастой корюшки приходится на стада лимана Амура, 16,3 % – на стада северо-западного побережья Сахалина и 1,5 % – на стада материкового побережья.

4. В первой пятилетке 1980-х гг. средняя удельная биомасса зубастой корюшки составляла 300–700 кг/км². Со второй половины 1980-х гг. и до середины 2000-х гг. зубастая корюшка была представлена относительно небольшими по численности поколениями, и ее общая удельная биомасса, как правило, была ниже 100 кг/км². Особенно урожайным оказалось поколение 2008 г., давшее в 2011 г. рост биомассы зубастой корюшки до величины более 1 т/км². В течение большей части второго десятилетия XXI в. удельная биомасса зубастой корюшки была примерно на уровне первой пятилетки 1980-х гг.

5. Существенные скопления морской малоротой корюшки наблюдались у материкового побережья. Отмечено два участка повышенной плотности этого вида (в среднем, более 300 кг/км²): один – вблизи лимана Амура, другой – примерно на 50° с.ш.

6. Дальневосточная мойва в 1980-е гг. в целом занимала первое место по биомассе за счет образования ею особо плотных скоплений у берегов Сахалина (как правило, более 2 т/км²).

7. Плотные скопления тихоокеанской сельди (до 1,5 т/км² и более) наблюдались как у материка, так и у Сахалина. Основные нерестилища сельди расположены в заливе Де-Кастри, а воды, прилегающие к Сахалину, более перспективны для нагула.

8. Удельная биомасса дальневосточной наваги была в целом выше (обычно более 500 кг/км²) у материкового побережья, достигая наибольшей величины (23,8 т/км²) на акватории, примыкающей к лиману Амура.

9. Керчак-яок в северной части Татарского пролива ведет преимущественно сублиторальный образ жизни. Его удельная биомасса в разных точках рассматриваемой сублиторали варьирует от 0,11 до 2 т/км².

10. Звездчатая камбала более обильно была представлена у материкового побережья, во многих точках превышая 300 кг/км². У Сахалина на большинстве станций звездчатая камбала попадалась штучно.

Библиографический список

1. Измятинский Д.В. Ихтиофауна верхней сублиторали залива Петра Великого (Японское море): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. 24 с.
2. Борец Л.А. Состав и биомасса донных рыб на шельфе северной части Японского моря // Биология шельфовых и проходных рыб. Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. С. 59–65.
3. Борец Л.А. Донные ихтиоцены российского шельфа дальневосточных морей: состав, структура, элементы функционирования и промысловое значение. Владивосток: ТИНРО-центр, 1997. 217 с.
4. Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф., Стрельцов М.С. Состав и биомасса донных и придонных рыб экономической зоны СССР Японского моря // Изменчивость состава ихтиофауны, урожайности поколений и методы прогнозирования запасов рыб в северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО, 1988. С. 37–55.
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. Вдовин А.Н. Состав и биомасса рыб Амурского залива // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 72–88.
7. Измятинский Д.В. Состав и биомасса рыб в сублиторали залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 138. С. 66–83.
8. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Климат, рыбный промысел и динамика разнообразия ихтиофауны залива Петра Великого на вековом срезе // Вестник ДВО РАН. 2005. № 1(119). С. 43–50.

9. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Многолетняя динамика ихтиофауны залива Петра Великого как отражение природных и антропогенных воздействий на морскую биоту // Реакция морской биоты на изменения природной среды и климата: материалы комплексного регионального проекта ДВО РАН по программе Президиума РАН. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–211.
10. Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Японского моря / под ред. В.П. Шунтова, Л.Н. Бочарова. М.: Национальные рыбные ресурсы, 2004. 988 с.
11. Зенкевич Л.А. Моря СССР, их фауна и флора. М.: Гос. учеб.-педаг. изд-во Мин. просвещ. РСФСР, 1956. 424 с.
12. Константинов А.С. Общая гидробиология. М.: Высш. шк., 1979. 480 с.
13. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. М.: МГУ, 1980. 463 с.
14. Пианка Э. Эволюционная экология. М.: Мир, 1981. 460 с.
15. Одум Ю. Экология. Т. 1. М.: Мир, 1986. 328 с.
16. Одум Ю. Экология. Т. 2. М.: Мир, 1986. 376 с.
17. Орлов А.М. Демерсальная ихтиофауна тихоокеанских вод северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 3. С. 146–160.
18. Шейко Б.А., Федоров В.В. Рыбообразные и рыбы // Каталог позвоночных Камчатки и сопредельных морских акваторий. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2000. С. 7–69.
19. Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В., Шестаков А.В., Волобуев В.В. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. Владивосток: Дальнаука, 2003. 204 с.
20. Зуенко Ю.И. Типы термической стратификации вод на шельфе Приморья // Комплексные исследования морских гидробионтов и условий их обитания. Владивосток: ТИНРО, 1994. С. 20–39.
21. Аксютина З.М. Элементы математической оценки результатов наблюдений в биологических и рыбохозяйственных исследованиях. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 289 с.
22. Измятинский Д.В. Характеристика ихтиофауны элиторали залива Петра Великого (Японское море) в период гидрологического лета // Вопр. ихтиол. 2005. Т. 145, № 3. С. 315–323.
23. Второв П.П., Дроздов Н.Н. Биогеография. М.: Просвещение, 1978. 270 с.
24. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 367 с.

Леонид Олегович Архипов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук, Россия, Москва, e-mail: arkipov@vniro.ru

Екатерина Дмитриевна Биндюкова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, старший специалист, Россия, Москва, e-mail: e_brovko@vniro.ru

**Определение криоскопической температуры
некоторых промысловых видов рыб**

Аннотация. Представлены данные, полученные в результате проведения экспериментальных работ по определению значений криоскопических температур некоторых промысловых видов рыб, которые будут использованы в дальнейшем для научного обоснования температурных режимов технологии подмораживания и хранения рыбы. В результате анализа данных значений криоскопических температур промысловых видов рыб подтверждена необходимость дифференциации и классификации сырья по их значениям. Так, максимальное (карась, $t_{кр} = \text{минус } 0,41 \text{ } ^\circ\text{C}$) и минимальное (голубая акула, $t_{кр} = \text{минус } 2,35 \text{ } ^\circ\text{C}$) значения криоскопической температуры исследуемых образцов различались более чем в 5,7 раза.

Ключевые слова: подмораживание рыбы, криоскопическая температура.

Leonid O. Arkhipov

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Candidate in Technical Sciences, Leading Researcher, Russia, Moscow, e-mail: arkipov@vniro.ru

Ekaterina D. Bindyukova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Senior Specialist, Russia, Moscow, e-mail: address: e_brovko@vniro.ru

Determination of the cryoscopic temperature of some commercial fish species

Abstract. The article presents data obtained as a result of experimental work to determine the values of cryoscopic temperatures of some commercial fish species, which will be used in the future for the scientific substantiation of the temperature regimes of the technology of freezing and storing fish. As a result of the analysis of these values of cryoscopic temperatures of commercial fish species, the need for differentiation and classification of raw materials according to their values was confirmed. Thus, the maximum (crucian carp, $t_{cr} = \text{minus } 0,41 \text{ } ^\circ\text{C}$) and minimum (blue shark, $t_{cr} = \text{minus } 2,35 \text{ } ^\circ\text{C}$) values of the cryoscopic temperature of the studied samples differed by more than 5,7 times.

Keywords: fish frostbiting, cryoscopic temperature.

Идея холодильной обработки рыбы до температуры несколько ниже криоскопической и последующего её хранения при этой температуре появилась впервые в двадцатых годах прошлого столетия в России. Такая обработка, сопровождаемая частичным льдообразованием, называется подмораживанием [1].

Подмораживание является одним из возможных способов сохранения высокого качества пищевой продукции в течение длительного времени. Значительный вклад в развитие и научное обоснование технологии подмораживания для увеличения продолжительности хранения пищевой продукции внесли отечественные ученые: Головкин Н.А., Семенов Б.Н., Рютов Д.Г., Чижов Г.Б., Быков В.П., Маслова Г.В. и др.

В настоящее время экспериментальные исследования, посвященные влиянию применения близ- и субкриоскопических температур с целью увеличения хранимоспособности и сохранения качества пищевой продукции продолжены (Гущин В.В., Маковеев И.И., Дибирасулаев М.А., Белозеров Г.А., Грикшас С.А., Харенко Е.Н.) на мясе птицы, свинины, говядины и некоторых видах рыб. Результаты опубликованных исследований показывают эффективность данного подхода, обеспечивающего увеличение продолжительности хранения в 1,5–2 раза и сохранение показателей качества продукции [2–6].

Понижение температуры пищевой продукции до уровня, обеспечивающего неблагоприятные условия для роста микроорганизмов, обуславливает повышение стабильности ее качества и способствует увеличению продолжительности хранения за счет снижения скорости развития ферментативных реакций и микробиологических процессов. Частичный переход воды в лед делает ее недоступной для микроорганизмов, что способствует появлению при хранении подмороженной пищевой продукции бактериостатического эффекта.

Производство подмороженной продукции имеет ряд преимуществ по сравнению с выпуском охлажденной и мороженой продукции. В частности, возрастает производство продукции, близкой по качеству к охлажденной и имеющей увеличенные сроки хранения. Подмораживание по сравнению с замораживанием менее энергоемко. Хранение и транспортирование подмороженной продукции исключают необходимость применения льда, что улучшает санитарно-гигиенические условия и снижает производственные расходы [7].

Однако подмороженное сырье по качеству несколько уступает охлажденному, так как вследствие кристаллизации воды частично нарушается микроструктура тканей, снижается ее водоудерживающая способность, поэтому при оттаивании теряется больше тканевого сока. Степень нарушения микроструктуры тканей, потери тканевого сока при размораживании зависит от многих факторов, в том числе от доли вымороженной воды в продукции, которая в свою очередь обусловлена температурными режимами хранения и криоскопической температурой самой продукции.

Криоскопическая температура – это переменная величина, являющаяся важным параметром в вопросе подмораживания пищевой рыбной продукции, так как при кристаллизации льда концентрация не вымороженной части возрастает, что обуславливает дальнейшее понижение температуры замерзания. Ввиду переменности криоскопической температуры правильнее говорить о начальной криоскопической температуре, под которой понимается температура, соответствующая началу льдообразования в продукте [8, 9].

Криоскопическая температура (температура фазового перехода воды в лёд) является крайне важной характеристикой (параметром) сырья при проведении исследований по разработке и научному обоснованию режимов холодильного хранения рыбы. От ее значения зависит выбор температурных режимов хранения и количество вымороженной воды в пищевой продукции (в случае подмораживания) и, как следствие, ее качество и продолжительность хранения [10].

Таким образом, информация о значениях криоскопических температур промысловых видов рыб имеет важное прикладное значение.

Целью работы было определение значений криоскопических температур некоторых промысловых видов рыб.

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являлись следующие (промысловые) виды рыб: голубая акула (*Prionace glauca*), минтай (*Theragra chalcogramma*), корюшка малоротая морская (*Hypomesus japonicus*), камбала белобрюхая (*Lepidopsetta bilineata*), синекорый палтус (*Reinhardtius*

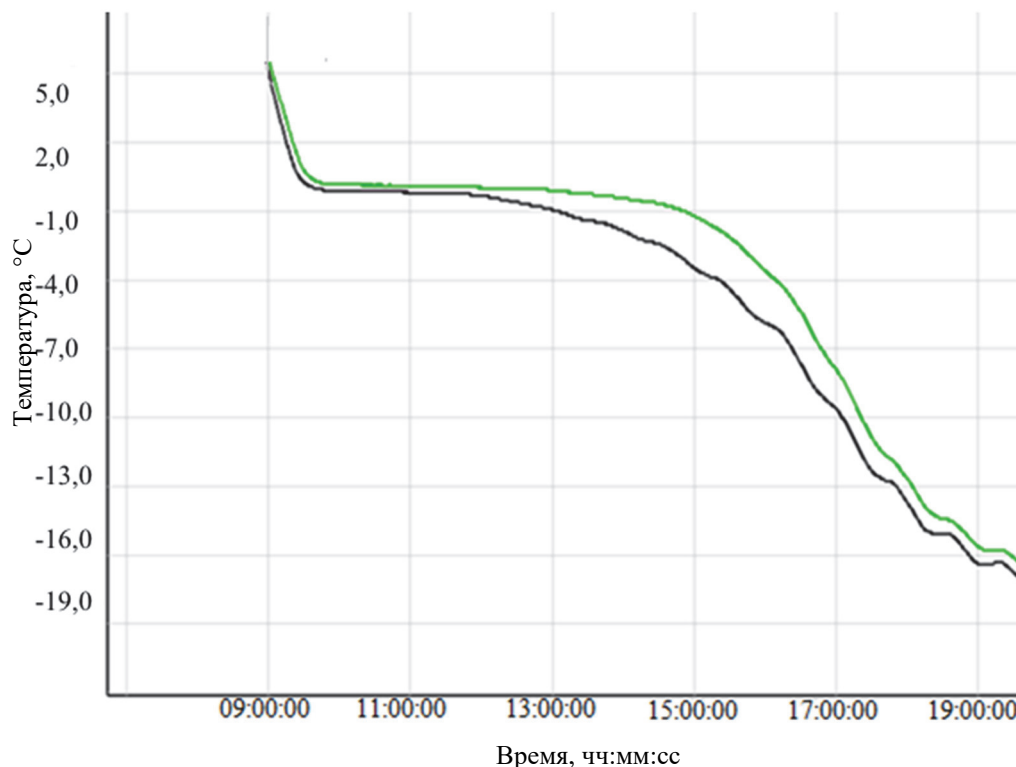
hippoglossoides), барабуля черноморская (*Mullus barbatus ponticus*), судак (*Sander lucioperca*), треска тихоокеанская (*Gadus macrocephalus*), северный макрурус (*Macrourus berglax*), скумбрия атлантическая (*Scomber scombrus*), хек (мерлуза) (*Merluccius bilinearis*), окунь морской (*Sebastes alutus*), ледяная рыба (*Champscephalus gunnari*), лакедра желтохвостая (*Seriola quinqueradiata*), сардина (сардинопс) (*Sardinops ocellatus*), пикша (*Melanogrammus aeglefinus*), щука (*Esox lucius*), карась (*Carassius gibelio*).

Для проведения экспериментальных работ рыбу разделяли на филе без кожи ($n = 5$). Подготовленные образцы охлаждались ($0 \div 5,0$ °С) и помещались в колбы с фиксаторами термопар. Образцы замораживались на технологическом стенде ФГБНУ «ВНИРО» (Freezer LLF-404, LabTech) при температуре минус $22,0 \pm 1,0$ °С.

Регистрацию и запись значений температур объектов исследования выполняли с помощью измерителя регистратора ИС-203.2 «ТехноАС», Россия, предназначенного для измерения температуры внешними датчиками с последующей передачей их на компьютер для визуализации в виде графиков.

Криоскопическую температуру ($T_{кр}$) определяли термографическим методом, описанным в методике James et al., 2011, основанным на построении кривых время–температура [2,11].

Принцип определения криоскопической температуры образцов промысловых видов рыб термографическим методом отражен на рисунке в виде термограммы на примере корюшки малоротой морской.



Изменение температуры исследуемого объекта (корюшка малоротая морская)

На рисунке представлена кривая замораживания исследуемого объекта (корюшка малоротая морская), состоящая из трех участков (этапов), отличающихся наклоном линий.

На первом этапе происходит охлаждение объекта с выраженным понижением температуры, что отражает резкий наклон линии термограммы. Далее, интенсивность процесса падает, что является следствием фазового перехода воды из жидкого агрегатного состояния в твердую фазу с выделением скрытой теплоты кристаллообразования, характерным для данного процесса. Отражением этого процесса является формирование достаточно продолжительной по времени термостатической площадки, ордината которой соответствует значению

криоскопической температуры (-0,95 °С) объекта исследования (второй этап). Далее, по завершении фазового перехода воды в лед температура в рыбе начинает понижаться, при этом темп понижения температуры увеличивается, что означает окончание фазы (третий этап).

Данные, полученные экспериментально, по определению криоскопической температуры некоторых промысловых видов рыб представлены в таблице.

Значения криоскопических температур промысловых видов рыб

№ образца	Промысловые виды рыб	$T_{кр}, °C \pm S$
1	Голубая акула (<i>Prionace glauca</i>)	-2,35±0,05
2	Минтай (<i>Gadus chalcogrammus</i>)	-0,95 ±0,05
3	Корюшка малоротая морская (<i>Hypomesus japonicus</i>)	-0,95 ±0,05
4	Камбала белобрюхая (<i>Lepidopsetta bilineata</i>)	-0,95 ±0,05
5	Синекорый палтус (<i>Reinhardtius hippoglossoides</i>)	-0,95 ±0,05
6	Барабуля черноморская (<i>Mullus barbatus ponticus</i>)	-0,95 ±0,05
7	Судак (<i>Sander lucioperca</i>)	-0,93 ±0,06
8	Треска атлантическая (<i>Gadus morhua</i>)	-0,91 ±0,04
9	Северный макрурус (<i>Macrourus berglax</i>)	-0,90 ±0,10
10	Скумбрия атлантическая (<i>Scomber scombrus</i>)	-0,90 ±0,05
11	Хек (мерлуза) (<i>Merluccius bilinearis</i>)	-0,85 ±0,05
12	Окунь морской (<i>Sebastes alutus</i>)	-0,80 ±0,03
13	Ледяная рыба (<i>Champsocephalus gunnari</i>)	-0,80 ±0,03
14	Лакедра желтохвостая (<i>Seriola quinqueradiata</i>)	-0,75 ±0,05
15	Сардина (сардинопс) (<i>Sardinops ocellatus</i>)	-0,61 ±0,03
16	Пикша (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>)	-0,60 ±0,03
17	Щука (<i>Esox lucius</i>)	-0,60 ±0,03
18	Карась (<i>Carassius gibelio</i>)	-0,41 ±0,04

Анализ значений криоскопических температур исследуемых образцов (таблица) показал, что максимальное значение ($t_{кр} = \text{минус } 0,41 \text{ } ^\circ\text{C}$) приходится на образцы филе карася серебряного, а минимальное ($t_{кр} = \text{минус } 2,35 \text{ } ^\circ\text{C}$) приходится на образцы филе голубой акулы, значения криоскопических температур которых отличались более чем в 5,7 раза.

При этом криоскопическая температура тринадцати из восемнадцати исследуемых образцов имела близкие значения в пределах от минус 0,80 °С до минус 0,95 °С (филе минтая, корюшки, камбалы, палтуса, барабули, судака, трески, макруруса, скумбрии, хека, окуня, ледяной рыбы).

Заключение

Полученные данные и их диапазон значений подтверждают важность дифференциации сырья по значениям криоскопических температур. В то же время, учитывая большое количество промысловых видов рыб, представляется нерациональным разработка индивидуальных температурных режимов конкретно для каждого вида сырья.

В связи с этим является актуальным разработка классификации промысловых видов рыб на основе их криоскопической температуры и последующая дифференциация на группы, близкие по значениям криоскопических температур, для унификации и упрощения подбора температурных режимов подмораживания и хранения продукции в подмороженном виде.

Библиографический список

1. Белозеров, Г.А. Перспективные холодильные технологии для холодильно-технологических цепей рыбохозяйственного комплекса России / Г.А. Белозеров, С.П. Андреев, Е.Г. Бычков, В.И. Яковлев // Морское оборудование и технологии. 2020. № 3, 4(24, 25). С. 42–51.

2. Дибирасулаев, М.А. К разработке научно обоснованных режимов холодильного хранения мяса различных качественных групп при субкриоскопических температурах / М.А. Дибирасулаев, Г.А. Белозеров, Л.О. Архипов, Д.М. Дибирасулаев, А.Г. Донецких // Птица и птицепродукты. 2017. № 1. С. 29–32.
3. Грикшас, С.А. Оценка качественных показателей мяса симментальской породы при хранении в охлажденном и переохлажденном состоянии / С.А. Грикшас, А.Г. Донецких, М.А. Дибирасулаев // Все о мясе. 2020. №. S5. С. 92–95.
4. Гуцин, В.В. Влияние близкриоскопической температуры хранения на увеличение сроков годности охлажденного мяса гусей / В.В. Гуцин, И.И. Маковеев, С.С. Козак, Ю.А. Козак, В.С. Брагин, А.Л. Маковеева, А.В. Исаенко // Птица и птицепродукты. 2019. № 4. С. 56–58.
5. Arkhipov L. Change of qualitative characteristics of deep-chilled rainbow trout fillet with a given amount of ice water (no more than 40%) during its long-term storage / L. Arkhipov, E. Kharenko, N. Yarichevskaya, A. Semushkina, A. Kupriy // International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM. 2020. Vol. 20, No. 6.1. P. 191–197.
6. Dibirasulaev, M.A. Experimental substantiation of the storage temperature regime ensuring the stable supercooled state of meat and meat products / M.A. Dibirasulaev, A.G. Belozеров, D.M. Dibirasulaev, A.G. Donetskikh // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing. 2021. Vol. 640, No. 3. P. 032050.
7. Порошин, А.Н. Установление сроков хранения подмороженного краба / А.Н. Порошин, А.Е. Круглова, Е.В. Глебова, Е.П. Лаптева // Научные труды Дальрыбвтуза. 2012. Т. 27. С. 138–143.
8. ГОСТ Р 55516-2013. Технологии пищевых продуктов холодильные [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный доступ <https://docs.cntd.ru/document/1200107590> (дата обращения: 29.04.2022).
9. Бубырь, И.В. Холодильная технология и технология теплового консервирования гидробионтов / И.В. Бубырь, Ю.А. Арбекова, В.В. Шумак. Пинск: ПолесГУ. 2013. 65 с.
10. Харенко, Е.Н. Установление функциональной зависимости количества вымороженной воды от индивидуальных криоскопических температур рыбы / Е.Н. Харенко, Л.О. Архипов, Н.Н. Яричевская // Труды ВНИРО. 2019. Т. 176. С. 81–94.
11. James, C. Super-cooling phenomena in fruits, vegetables and seafoods / C. James, P. Hanser, S.J. James // 11th International Congress on Engineering and Food Athens: Greece. 2011. Pp. 22–26.

УДК 574.589

Ольга Олеговна Бабич

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, доцент, директор Института живых систем, доктор техн. наук, ORCID: 0000-0002-4921-8997, Россия, Калининград, e-mail: olich.43@mail.ru

Юлия Владимировна Куликова

Балтийский федеральный университет им. И. Канта, старший научный сотрудник Института живых систем, канд. техн. наук, ORCID: 0000-0002-0896-4571, Россия, Калининград, e-mail: kulikova.pnpu@gmail.com

Данил Денисович Надцонов

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Институт экотехнологий и инжиниринга, студент, ORCID: 0000-0001-7434-0639, Россия, Москва, e-mail: m2104945@edu.misis.ru

Елена Викторовна Ульрих

Калининградский государственный технический университет, зам. директора Института агроинженерии и пищевых систем, доктор техн. наук, ORCID: 0000-0003-4107-7277, Россия, Калининград, e-mail: elen.ulrich@mail.ru

Исследование видов дрейфующих водорослей Балтийского моря

Аннотация. Водоросли являются важной частью экосистемы. Исследование видового разнообразия дрейфующих водорослей является актуальной задачей. Целью данного обзора было исследование видового разнообразия дрейфующих водорослей Балтийского моря. Дрейфующие водоросли, создающие среду обитания, часто называемые экосистемными инженерами или фундаментальными видами, могут играть ключевую роль в морских экосистемах, изменяя физические и биологические характеристики своего жизненного пространства и доступность ресурсов для других организмов.

Ключевые слова: дрейфующие водоросли, Балтийское море, фукус, эвтрофикация, экологический статус.

Olga O. Babich

Baltic Federal University named after I. Kant, Associate Professor, Director of the Institute of Living Systems, Dr. Sc. Sciences, ORCID: 0000-0002-4921-8997, Russia, Kaliningrad, e-mail: olich.43@mail.ru

Yulia V. Kulikova

Baltic Federal University named after I. Kant, Senior Researcher, Institute of Living Systems, PhD, ORCID: 0000-0002-0896-4571, Russia, Kaliningrad, e-mail: kulikova.pnpu@gmail.com

Danil D. Nadtsonov

National Research Technological University «MISiS», Institute of Ecotechnologies and Engineering, Student, ORCID: 0000-0001-7434-0639, Russia, Moscow, e-mail: m2104945@edu.misis.ru

Elena V. Ulrich

Kaliningrad State Technical University, Deputy Director of the Institute of Agroengineering and Food Systems, Dr. Sc. Sciences, ORCID: 0000-0003-4107-7277, Russia, Kaliningrad, e-mail: elen.ulrich@mail.ru

Study of drifting algae species in the Baltic Sea

Abstract. Algae are an important part of the ecosystem. The study of the species diversity of drifting algae is an urgent task. The purpose of this review was to study the species diversity of drifting algae in the Baltic Sea. Drifting habitat-creating algae, often referred to as ecosystem engineers or fundamental species, can play a key role in marine ecosystems by changing the physical and biological characteristics of their habitat and the availability of resources to other organisms.

Keywords: drifting algae, Baltic Sea, fucus, eutrophication, ecological status.

Макроводоросли являются важной частью экосистемы. Их численность, распределение и структурные характеристики демонстрируют значительные флуктуации, которые оказывают влияние на функционирование экосистемы и динамику ассоциированных видов [1]. Известно, что разнообразие видов тесно связано со сложностью среды обитания и неоднородностью ресурсов [2]. Организмы, создающие среду обитания, часто называемые экосистемными инженерами или фундаментальными видами, могут играть ключевую роль в морских экосистемах, изменяя физические и биологические характеристики своего жизненного пространства и доступность ресурсов для других организмов [2].

На сегодняшний день проблема изучения видового разнообразия дрейфующих водорослей решена лишь частично с помощью молекулярных подходов, которые позволяют проводить быструю, потенциально недорогую, однако, менее точную идентификацию всех видов водорослей, присутствующих в интересующей пробе [1].

В данном обзоре впервые обобщены опубликованные данные о видовом разнообразии дрейфующих водорослей, встречающихся в Балтийском море.

Целью данного обзора было исследование видового разнообразия дрейфующих водорослей Балтийского моря на основе обобщения информации, содержащейся в мировой литературе.

В большинстве регионов Балтийского моря дно представляет собой песчаный, илистый и каменистый, частично покрытый ракушками мягкий субстрат, наличие которого является одним из факторов накопления быстро растущих биомасс дрейфующих водорослей. Наиболее часто встречающимися видами в Балтийском море являются зеленые водоросли родов *Enteromorpha (Ulva)* и *Cladophora* [3]. К дрейфующим видам также относятся другие зеленые, красные (*Furcellaria*, *Ceramium*, *Porphyra*, *Spyridia*, *Gracilaria*, *Hypnea* и бурые макроводоросли (*Pilayella*, *Ectocarpus*).

На побережье открытого моря чаще всего встречается *Furcellaria* sp., в то время как в заливах в большем количестве встречаются бурые водоросли *Fucus vesiculosus*. Зеленые водоросли, образующие нити на скалах или других субстратах, также широко представлены на всей акватории Балтийского моря [4].

Fucus vesiculosus, также называемый пузырчаткой, является одной из наиболее распространенных морских водорослей в Балтийском море [5]. В последние десятилетия в некоторых регионах их количество значительно уменьшилось. Исчезновение этих водорослей может объясняться увеличением степени эвтрофикации, локальными утечками токсичных компонентов и количеством травоядных организмов, использующих водоросли в качестве корма [6]. *F. vesiculosus* представляют собой многолетние бурые водоросли, произрастающие на глубине 1,5–5,5 м. Они способны образовывать новые талломы из ризоидов. Талломы могут жить несколько лет, а их фрагментированные части переносятся течением на большие расстояния [7].

Furcellaria lumbricalis – представитель красных водорослей, адаптированных к солоноватой воде и в изобилии обитающих в Балтийском море [8]. Существуют прикрепленные и не-прикрепленные формы *F. lumbricalis*, которые представляют два отличительных экотипа [8]. Прикрепленные формы можно найти практически во всех регионах Балтийского моря, дно побережья которых представлено твердыми субстратами при солености до 3,6 ПЕС [9]. В

отличие от прикрепленной формы, неприкрепленная *F. lumbricalis* может размножаться только вегетативно, главным образом путем фрагментации слоевища [9].

До настоящего времени *F. lumbricalis* оставалась единственным видом морских водорослей в Балтийском море, добываемым в промышленных масштабах. Промышленная эксплуатация неприкрепленной формы началась в середине 1940-х гг. и продолжалась до середины 1960-х гг. в датских водах в центральной части Каттегата [10]. В настоящее время данная форма *F. lumbricalis* в Балтийском море обитает только в полуоткрытых местообитаниях с мягким грунтом в районе Западно-Эстонского архипелагового моря, но за пределами Балтийского моря он также встречается в озерах Шотландского и Ирландского морей. Сообщества неприкрепленных *F. lumbricalis*, ранее обнаруженные в водах Польши, исчезли из-за повышенной эвтрофикации в 1980-х гг. [10], в то время как интенсивный вылов уничтожил дрейфующие запасы *Furcellaria* в центральном Каттегате в 1950–70-х гг. [10].

В заливе Кассари, бассейне Западно-Эстонского архипелагового моря, находится местообитание сообщества красных водорослей, в котором преобладают неприкрепленные формы *F. lumbricalis* и *Coccotylus truncatus*. Сообщество населяет песчаные и песчано-глинистые субстраты, где образует маты толщиной до 30 см на морском дне на глубинах 5–9 м [11]. Смешанное сообщество рыхлых *F. lumbricalis* и *C. truncatus* в Эстонии было впервые описано в начале 1960-х гг., и в то время общая биомасса оценивалась в 150 000 т сырого веса. В течение 1980-х и 1990-х гг. наблюдалась значительно более низкая общая биомасса и меньшая площадь распространения сообщества красных водорослей, что было связано с чрезмерным ростом условно-патогенных нитчатых бурых водорослей *Pylaiella littoralis* [6].

Неприкрепленная форма *F. lumbricalis* характеризуется относительно медленным ростом. На скорость ее роста в первую очередь влияют факторы, которые изменяют доступность света для фотосинтеза, т.е. сезонность, прозрачность воды, глубину и плотность сообщества водорослей [12]. *F. lumbricalis* из Балтийского моря характеризуются уникальным химическим составом и свойствами. В настоящее время растет интерес к новому потенциальному биотехнологическому применению непривязанной биомассы *F. lumbricalis* в качестве сырья для экстракции красного пигмента R-фикоэритрина. Благодаря различным биоактивным свойствам R-фикоэритрин может использоваться не только в пищевой промышленности в качестве натурального пищевого красителя, но также в медицине и косметике [13].

Чтобы обеспечить экологически устойчивое и долгосрочное использование уникального свободно расположенного сообщества красных водорослей, его экологический статус регулярно контролировался, и с начала его коммерческой эксплуатации были введены официальные правила сбора урожая. В настоящее время вылов донным тралением ограничен 2000 т в год. Кроме того, собираются прибрежные отложения как рыхлых, так и прикрепленных сообществ *F. lumbricalis* для коммерческого использования каррагинанов. Ежегодные потери неприкрепленного сообщества *F. lumbricalis*-*C. truncatus* из-за паразитов оценивались примерно в 4800 т сухого веса в год, т.е. 4 % от всего древостоя сообщества [13–15].

Одной из причин сокращения численности данных сообществ является эвтрофикация, сопровождаемая быстрым ростом дрейфующих условно-патогенных зеленых и бурых нитчатых водорослей, таких как *Pylaiella littoralis*, *Ulva intestinalis* и *Cladophora glomerata* [16].

U. intestinalis представляет собой вид нитчатых зеленых водорослей. Нити, как правило, неразветвленные и могут достигать длины 10–30 см и более. Данный вид в изобилии встречается на разных уровнях солености и очень распространен в солоноватых акваториях, где наблюдается заметный сток пресной воды [14, 17]. *Ulva* sp. встречается в различных местообитаниях и принимает множество различных форм. Данная водоросль была зарегистрирована в пресных и соленых водах из канав, бассейнов, каменных бассейнов, каналов, вересковых пустошей и коренных пород. Она может расти эпифитически, эпилитически, в виде несвязанных плавающих моностроматических листов, отдельных плавающих нитей, прикрепленных матов из моностроматических трубок и в виде плодоносящих соцветий. Отделенные от субстрата талломы продолжают свой рост плавающими массами [18].

Ulva sp. обладает повышенной способностью образовывать соцветия в условиях эвтрофикации. Водоросль демонстрирует быстрое поглощение питательных веществ, рост и осмо-

регуляцию, особенно в условиях пониженной солености и света. Оптимальная соленость для роста может быть около 15–24 ‰, но сильно варьируется в зависимости от популяции. Популяции *Ulva* во всем мире состоят из различных экотипов, генетически отличающихся друг от друга. Хотя рост обычно положительно связан с соленостью, многие популяции могут выживать и расти в пресноводных условиях, а отрицательные эффекты низкой солености могут быть компенсированы повышенными концентрациями питательных веществ. Однако большинство экотипов *U. intestinalis* обладают очень широкой устойчивостью к засолению [15].

U. Intestinalis – летний однолетник, разлагающийся и образующий массы обесцвеченных белых листьев к концу сезона [16]. Водоросль имеет две стадии жизни: гаметофит, продуцирующий половые гаметы, и спорофит, продуцирующий бесполое зооспоры. Гаметы двустворчатые, а зооспоры, как правило, четырехжгутиковые. Спорофиты обычно встречаются в более широком диапазоне температур и солености, чем гаметофиты. Последние, как правило, плохо приспособлены к низким значениям солености и длительным периодам высыхания. Спорофиты часто также способны воспроизводиться в течение более длительных периодов времени, чем гаметофиты.

Дрейфующая нитчатая зеленая водоросль *C. glomerata* – одна из наиболее распространенных водорослей в северной части Балтийского моря. Это быстрорастущее растение, которое встречается на глубине 0–1 м на каменистых берегах. *C. glomerata* служит средой обитания для большого количества беспозвоночных и служит местом нагула и убежищем для нескольких видов мелких рыб и ракообразных. Усиление эвтрофикации в Балтийском море привело к чрезмерному росту *C. glomerata* и других нитчатых водорослей, например, бурой водоросли *P. littoralis*. Водоросли быстро растут весной и в начале лета, затем начинают отмирать и в конечном итоге отделяются от субстрата, образуя дрейфующие водорослевые маты. Когда дрейфующие водоросли присутствуют в небольших или умеренных количествах, они в основном оказывают положительные эффекты, являясь альтернативной средой обитания для фауны [19]. Однако в избытке данные водоросли могут вызывать дефицит кислорода и, таким образом, наносить вред сообществу донных отложений. В конце лета и осенью *C. glomerata* может находиться на трех различных стадиях: здоровый и прикрепленный к субстрату (далее обозначаемый как зеленый), разлагающийся, но все еще прикрепленный (деградированный), и дрейфующий. Стадии развития водорослей часто происходят одновременно, обеспечивая три альтернативные среды обитания для связанной с ними фауны [20].

Благодарности. Настоящее исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZWM-2021-0016.

Библиографический список

1. Kersen, P. Effect of abiotic environment on the distribution of the attached and drifting red algae *Furcellaria lumbricalis* in the Estonian coastal sea / P. Kersen, H. Orav-Kotta, J. Kotta, H. Kukk // Estonian Journal of Ecology. 2009. Vol. 58(4).
2. Godbold, J.A. Habitat structure mediates biodiversity effects on ecosystem properties. / J.A. Godbold, M.T. Bulling, M. Solan // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 2011. Vol. 278(1717). P. 2510–2518.
3. Leskinen, E. Phylogeographical structure, distribution and genetic variation of the green algae *Ulva intestinalis* and *U. compressa* (Chlorophyta) in the Baltic Sea area. / E. Leskinen, C. Alström Rapaport, P. Pamilo // Molecular ecology. 2004. Vol. 13(8). P. 2257–2265.
4. Olafsson, E. Fauna of the green alga *Cladophora glomerata* in the Baltic Sea: density, diversity, and algal decomposition stage / E. Olafsson, K. Aarnio, E. Bonsdorff, N.L. Arroyo // Marine Biology. 2013. Vol. 160(9). P. 2353–2362.
5. Berger, R. Effects of filamentous algae and deposited matter on the survival of *Fucus vesiculosus* L. germlings in the Baltic Sea / R. Berger, E. Henriksson, L. Kautsky, T. Malm // Aquatic Ecology. 2003. Vol. 37(1). P. 1–11.
6. Balina, K. Use of macroalgae for bioenergy production in Latvia: review on potential availability of marine coastline species / K. Balina, F. Romagnoli, L. Pastare, D. Blumberga // Energy Procedia. 2017. Vol. 113. P. 403–410.

7. Torn, K. Present and past depth distribution of bladderwrack (*Fucus vesiculosus*) in the Baltic Sea / K. Torn, D. Krause-Jensen, G. Martin // Aquatic Botany. 2006. Vol. 84(1). P. 53–62.
8. Bird, C.J. Biology of *Furcellaria lumbricalis* (Hudson) Lamouroux (*Rhodophyta: Gigartinales*), a commercial carrageenophyte / C.J. Bird, G.W. Saunders, J. McLachlan // Journal of Applied Phycology. 1991. Vol. 3(1). P. 61–82.
9. Bučas, M. Overgrowth patterns of the red algae *Furcellaria lumbricalis* at an exposed Baltic Sea coast: the results of a remote underwater video data analysis / M. Bučas, D. Daunys, S. Olenin // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2007. Vol. 75(3). P. 308–316.
10. Paalme, T. Does the growth rate of drifting *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* depend on their proportion and density? / T. Paalme, J. Kotta, P. Kersen // Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. 2013. Vol. 62(2). P. 141.
11. Truus, K. Gelling galactans from the algal community of *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* (the Baltic Sea, Estonia): a structure-property study / K. Truus, M. Vaher, A.I. Usov, T. Pehk, A. Kollist // International journal of biological macromolecules. 1997. Vol. 21(1–2). P. 89–96.
12. Kostamo, K. Comparative study on the population genetics of the red algae *Furcellaria lumbricalis* occupying different salinity conditions / K. Kostamo, H. Korpelainen, S. Olsson // Marine Biology. 2012. Vol. 159(3). P. 561–571.
13. Kotta, J. Density dependent growth of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in the West Estonian Archipelago Sea, Northern Baltic Sea / J. Kotta, T. Paalme, P. Kersen, G. Martin, K. Herkul, T. Moller // Oceanologia. 2008. Vol. 50(4). P. 577–585.
14. Kersen, P. Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbricalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea / P. Kersen, T. Paalme, L. Pajusalu, G. Martin // Botanica Marina. 2017. Vol. 60(2). P. 207–218.
15. Pedersen, M. Patterns of macroalgal diversity, community composition and long-term changes along the Swedish west coast / M. Pedersen, P. Snoeijis // Hydrobiologia. 2001. Vol. 459(1). P. 83–102.
16. Weinberger, F. Seaweed resources of the Baltic Sea, Kattegat and German and Danish North Sea coasts / F. Weinberger, T. Paalme, S.A. Wikström // Botanica Marina. 2020. Vol. 63(1). P. 61–72.
17. Messyasz, B. The distribution of green algae species from the *Ulva* genera (syn. Enteromorpha; Chlorophyta) in Polish inland waters / B. Messyasz, A. Rybak // Oceanological and Hydrobiological Studies. 2009. Vol. 38(1). P. 121–138.
18. Jonne, K. Seasonal changes in situ grazing of the mesoherbivores *Idotea baltica* and *Gammarus oceanicus* on the brown algae *Fucus vesiculosus* and *Pylaiella littoralis* in the central Gulf of Finland, Baltic Sea / K. Jonne, O.K. Helen, P. Tiina, K. Ilmar, K. Henn // Hydrobiologia. 2006. Vol. 554(1). P. 117–125.
19. Pirian, K. Molecular and morphological characterisation of *Ulva chaugulii*, *U. paschima* and *U. ohnoi* (*Ulvophyceae*) from the Persian Gulf, Iran / K. Pirian, K. Piri, J. Sohrabipour, S.T. Jahromi, J. Blomster // Botanica marina. 2016. Vol. 59(2–3). P. 147–158.
20. Green, L. The good, the bad and the *Ulva*: the density dependent role of macroalgal subsidies in influencing diversity and trophic structure of an estuarine community / L. Green, P. Fong // Oikos. 2016. Vol. 125(7). P. 988–1000.

Олег Зинурович Бадаев

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: badayev@yandex.ru

Владимир Анатольевич Шелехов

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: shelekhov@mail.ru

Игорь Сергеевич Черниенко

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: igor.chernienko@tinro-center.ru

Светлана Леонидовна Овсянникова

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, и.о. заведующего лабораторией исследования возраста и роста рыб, Россия, Владивосток, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru

Елена Николаевна Андреева

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: elena.andreeva@tinro-center.ru

Определение возраста черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*) по чешуе и отолитам: методика сбора, обработки, интерпретация

Аннотация. Обобщен мировой опыт по сбору, хранению и подготовки препаратов для определения возраста черного палтуса. Часть из них модифицирована с учетом накопленного в ТИНРО опыта. По срезам отоликов некоторых видов рыб сем. Pleuronectidae, в том числе черного палтуса, оценка возраста, как правило, выше, чем по чешуе и поверхности отоликов.

Ключевые слова: черный палтус, возраст, чешуя, отолики, методика.

Oleg Z. Badaev

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: badayev@yandex.ru

Vladimir A. Shelekhov

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: shelekhov@mail.ru

Igor S. Chernienko

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: igor.chernienko@tinro-center.ru

Svetlana L. Ovsyannikova

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Acting head of the laboratory for the study of age and growth of fish, Russia, Vladivostok, e-mail: svetlana.ovsyannikova@tinro-center.ru

Elena N. Andreeva

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: elena.andreeva@tinro-center.ru

Determination of the age of the black halibut (*Reinhardtius hippoglossoides matsuurae*) by scales and otoliths: methods of collection, processing, interpretation

Abstract. The world experience in the collection, storage and preparation of preparations for determining the age of the black halibut is summarized. Some of them have been modified taking into account the experience gained at TINRO. According to sections of otoliths of some species of fish of the fam. Pleuronectidae, including the black halibut, age estimates tend to be higher than those based on scales and otolith surfaces.

Keywords: black halibut, age, scales, otoliths, methods.

Глоссарий

Борозда – продольная канавка, идущая вниз по проксимальной (выпуклой) поверхности отолита. На левом отолите черного палтуса она находится впереди и частично поднимается по переднему склону центрального бугра.

Бугорок – куполообразная структура, расположенная в центре на проксимальной стороне левого отолита у черного палтуса.

Проксимальная поверхность – поверхность отолита, обращенная к мозгу/центру (в отличие от дистальной поверхности), содержащему борозду. У черного палтуса она имеет вогнутую форму с околосуставным бугром.

Ядро – происхождение роста в отолите. Для черного палтуса оно часто непрозрачно, расположено в центре слева и асимметрично справа.

Введение

Черный палтус является одним из важных промысловых объектов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне [1]. Вид имеет сложную размерно-возрастную структуру [2, 3]. Это выражается в половом диморфизме, характерном для вида в целом, и разным темпе роста особей из различных частей ареала.

Кжикавски [4] проводил сравнительный анализ методов определения возраста черного палтуса по чешуе и отолитам и пришел к выводу, что наиболее пригодной регистрирующей структурой является первая. Однако отмечались трудности с определением возраста крупных особей. В 1980-е гг. получил распространение метод по отшлифованному и прокаленному поперечному слому отолита [5].

Наибольшее затруднение вызывает интерпретация структуры отолитов, особенно для медленно растущих, долгоживущих рыб [6,7]. В целом ошибки в определении возраста могут привести к недооценке возраста рыбы и, как следствие, к завышенной оценке выживаемости поколений, которая может привести к завышению оценки допустимого вылова. В 2006 г. по рекомендации Научного совета НАФО¹ был проведен семинар, посвященный состоянию

¹ Организация по рыболовству в северо-западной части Атлантического океана является межправительственной организацией, уполномоченной предоставлять научные консультации и управлять рыболовством в северо-западной части Атлантического океана. Головной офис НАФО находится в Дартмуте, Новая Шотландия, Канада.

популяций и методикам определения возраста синекорого палтуса [6]. Спикер семинара, озвучивая резолюцию, подчеркнул, что определение возраста черного палтуса – особенно сложная задача. Отолиты этого вида очень трудно интерпретировать, более того, крайне сложна методика подготовки унифицированных, читаемых препаратов из этих возраст регистрирующих структур (ВРС).

Цель настоящей работы – отработка методики сбора и обработки возраст регистрирующих структур, а также сравнение результатов определения возраста черного палтуса различными методами по чешуе и отолитам.

Результаты и обсуждение

ВРС собирались во время научных траловых съемок, а также научными наблюдателями, работающими на промысловых судах в Охотском и Беринговом морях. Методика сбора, хранения и обработки принята на основе опыта ведущих профильных лабораторий мира с собственной модификацией, учитывающей особенности работы ТИНРО [5, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

Для расчетов и построения графиков использовали язык сценариев R [14, 15, 16].

Чешую сушат в чешуйных книжках в прохладном месте (ок. 20 °С). Желательно пропитать чешуйки гидроксидом аммония, чтобы удалить любую слизистую оболочку, которая может остаться на них. Кроме стандартного метода извлечения отолитов через разреза головы, некоторые наблюдатели ТИНРО овладели способом изъятия отолитов без вскрытия черепа черного палтуса, что особенно важно при сборе ВРС на промысловых судах, где голова также является продукцией. Отолиты берутся со стороны жабер, извлекая их из слуховых капсул. Важно, чтобы отолиты были очищены перед хранением, чтобы предотвратить деградацию, облегчить их дальнейшую обработку и просмотр. Для оперативной обработки отолитов после доставки в лабораторию их можно хранить в подходящего размера пробниках-пробирках, исключая физическое повреждение ВРС, поскольку отолиты у данного вида очень хрупкие.

В случае если предполагается более длительное хранение отолитов, их лучше поместить в консервирующий раствор. Не следует использовать в качестве консервантов денатурированный спирт и формалин, так как они могут нанести серьезный ущерб отолитам [17, 18]. Для длительного хранения отолитов можно использовать раствор глицерин-тимол [6]. Тимол добавляют в качестве консерванта для предотвращения роста плесени и бактерий на остатках соединительной ткани в образцах.

Просмотр ВРС осуществлялся на микроскопе с цифровой камерой и программным обеспечением Zeiss Discovery в Центре коллективного пользования при Дальневосточном центре электронной микроскопии (ДВЦЭМ) ННЦМБ ДВО РАН. Для ускорения процесса чтения возраста по чешуе вместо наклеивания на предметные стекла опытный оператор смотрит чешую в чашке Петри в воде, покрывающей дно чашки тонким слоем с использованием проходящего света микроскопа. В чашку помещается сразу несколько чешуек, из которых затем с помощью препаровальных игл отбираются нужные. Отбракованные чешуйки отодвигают в один сектор внутри чашки, а рабочие – в другой. Было отмечено большое количество чешуи с резорбированным центром, а также с разрушенным краем (особенно у старшевозрастных рыб). В ряде случаев в пробе не удавалось найти ни одной пригодной чешуи. В собранных многими наблюдателями пробах встречается чешуя других видов рыб и/или чешуя от разных особей палтуса.

Для определения возраста черного палтуса по поверхности отолитов их выдерживали в течение 1–2 сут в пресной воде или смеси глицерина и спирта в соотношении 1 : 9 [6].

Поскольку отолиты черного палтуса хрупкие, чтение возраста с использованием стандартной техники «слома и обжига» в дорсо-вентральном направлении, особенно для старшевозрастных рыб, очень затруднительно. Для подготовки срезов мы погружали отолиты в прозрачный эпоксидный компаунд. Сердцевина отолита была помечена, чтобы указать, где делать поперечное сечение, и для изготовления срезов отолита нами использована шлифовальная бумага и слайды с зернистостью от Р 600 до Р 2000. В процессе работы применялось

2 метода подготовки срезов отоликов, отличающихся направлением их поперечного рассечения. При первом способе сначала шлифовали на оригинальном приспособлении с одной стороны под углом 45°, не доходя до ядра, затем этой стороной приклеивали отолит к предметному стеклу и шлифовали с другой стороны до получения толщины среза 400 мкм. При втором – на отолите делалась разметка, в какой плоскости нужно шлифовать, и затем шлифовали с одной из сторон перпендикулярно (90°) к шлифовальной бумаге так, чтобы образовалась достаточная площадка для надежного приклеивания к предметному стеклу. Затем шлифованной стороной отолит приклеивался суперклеем Loctite 401 к предметному стеклу, после чего стачивался с другой стороны до разметки. На шлифовальную бумагу время от времени спринцовкой наносилась вода.

Для многих видов рыб рост отоликов у молодых особей происходит в дорсо-вентральном направлении, и по мере взросления рост ускоряется в проксимальном направлении, что затрудняет измерение приростов и определение возраста по цельным отолитам. Важно оценить, при каких максимальных размерах еще можно достоверно определять возраст рыб по цельным отолитам. Порог будет зависеть от точки, в которой рост отоликов замедляется в дорсо-вентральном направлении и продолжается в проксимальном. Выпуклая сторона предпочтительна для считывания возраста по цельному отолиту, хотя в некоторых случаях (например, при чтении наиболее крупных отоликов) исследуется край вогнутой поверхности, а также считывается правый отолит.

Оценка возраста по среднеразмерной чешуе, взятой из дорсальной области выше боковой линии в передней половине туловища, сходится с оценкой по выбранной крупной чешуе, взятой из каудальной области, и обе эти оценки близки с полученной по цельному отолиту в проходящем свете [19].

При чтении возраста по срезам левый отолит больше подходит, потому что он имеет менее изрезанный край, чем правый, и центральное расположение ядра, что облегчает выбор оси, пригодной для изготовления спила и шлифовки (рис. 1).

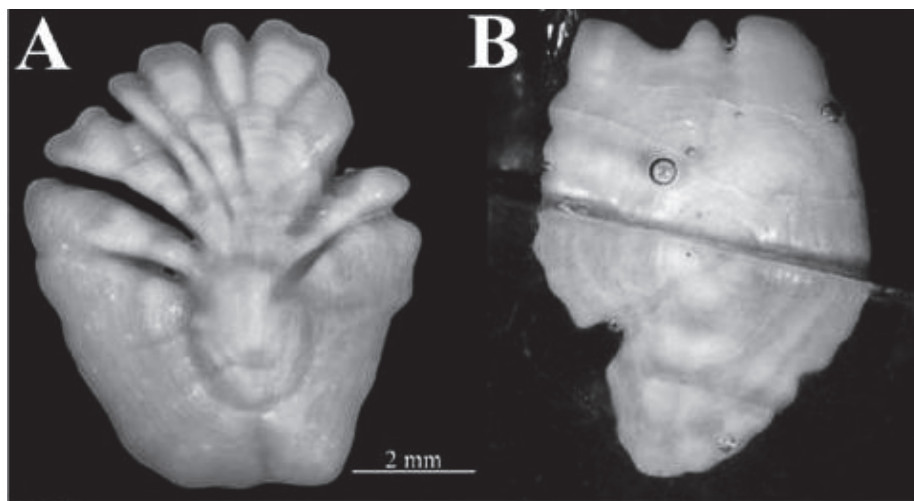


Рисунок 1 – Отолиты 46-сантиметрового черного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*). Сагитта (правая) (А) и разрезанная левая сагитта (В), срезанная немного наклонно к поперечной плоскости. Возрастная оценка 4 года. Рассмотрено с отраженным светом (источник) [6]

При первом способе рассечения по наибольшей поперечной длине отолита мы предполагали получить максимальную оценку возраста данной особи. Однако на таких срезах бугорок зачастую оказывался стертый, было видно большое количество меток, но так как все они не замкнуты, идентифицировать, какие из них годовые или добавочные не представляется возможным. Поэтому мы отказались от этого метода.

Большинством ведущих лабораторий, занимающихся определением возраста донных рыб по отолитам, в том числе у черного палтуса, было выбрано поперечное сечение через

ядро левого отолита, когда шлиф проходит через утолщенную часть – бугорок, присутствующую только на левом отолите и где особенно хорошо видны годовые приросты [9]. Это второй метод рассечения отолитов, который мы использовали (рис. 2).

Сравнение методов оценки возраста показывает, что при использовании препаратов по чешуе и цельным отолитам возраст черного палтуса значительно недооценивается по сравнению с методом по срезам отолитов через бугорок (рис. 3). Радиоуглеродный анализ, проведенный во время исследования в Северной Атлантике, оценил продолжительность жизни черного палтуса как минимум в 27 лет [12].

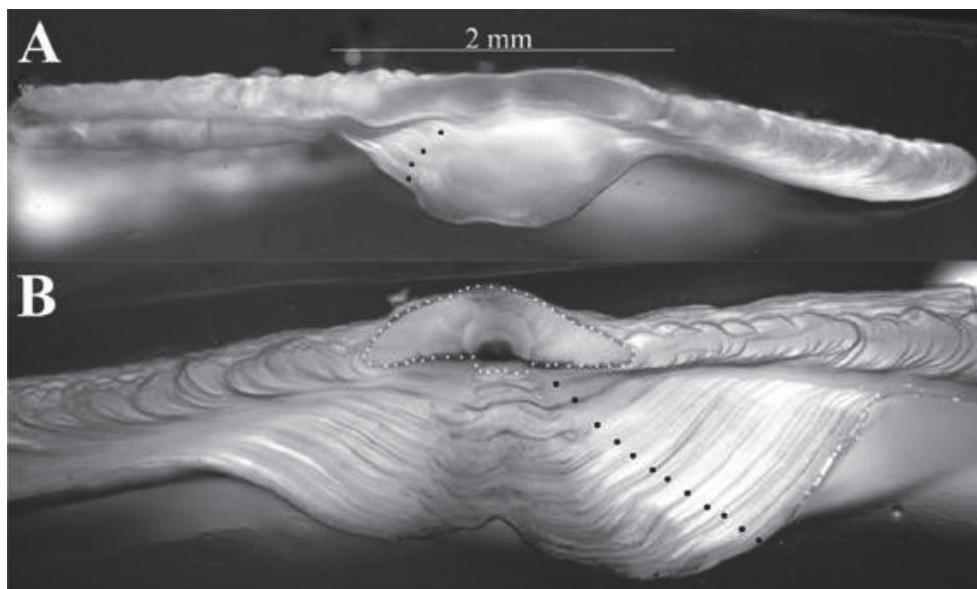


Рисунок 2 – Сечения отолитов двух разных черных палтусов: А – разрез не проходит напрямую через ядро, что приводит к проблемам с определением ранних годовых отметок. Возрастная оценка 4 года; В – разрез производится непосредственно через ядро, и ранние годовые отметки легче идентифицировать. Грибовидный чек внутри первой годовой отметки обведен белыми точками. Возрастная оценка 12 лет. Рассмотрено с отраженным светом [6]

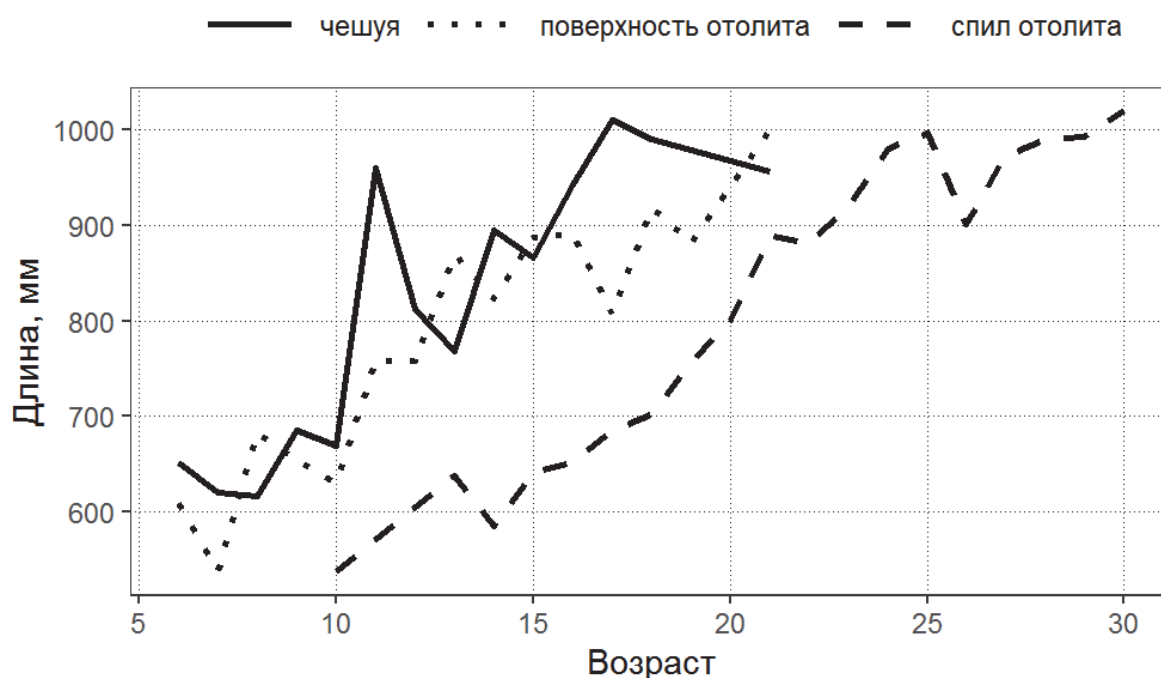


Рисунок 3 – Рост черного палтуса, рассчитанный разными методами

Максимальный возраст в наших пробах по срезам отолитов достигал 29 лет. За стандартный метод были приняты определения возраста по спилам отолита, так как он показывал более высокие значения возраста исследуемого вида. Работы по сравнению оценок возраста по разным возраст регистрирующим структурам проводились разными исследователями, и в большинстве случаев за основной метод было принято чтение по срезу отолита [5, 20, 21, 22, 23].

Проблема чтения возраста характерна для многих Pleuronectidae [6]. Причем метод расщепления отолита показывает, как правило, больший возраст, чем чтение по поверхности. Для разных видов камбаловых требуется свой метод расщепления. Если для черного палтуса это разрез через бугор, то у стрелозубых палтусов (р. *Atheresthes*) годовые кольца считываются от ядра до дорсального и вентрального кончиков. У желтоперой камбалы (*Limanda aspera*), возраст которой определяется сравнительно легко, обычно используется метод оценки возраста по цельному отолиту и метод слом-обжиг. У крупных рыб оценка возраста по поверхности может не учитывать несколько колец [6]. Возможно, следует обратить внимание и на другие виды камбал. Например, по сравнению с цельными отолитами, на спице бугорка отолита четырехбугорчатой камбалы (*Pleuronectes quadrituberculatus*) видно больше годовых колец. В наших сборах для особи не предельного размера 56 см был определен возраст максимальный, известный ранее для данного вида (25 лет).

К недостатку метода среза отолита через бугор можно отнести то, что зоны роста расположены близко на относительно равном расстоянии, что делает практически невозможным использование их для работы по определению темпов роста палтуса. В то же время недостатком оценки возраста черного палтуса по чешуе является то, что выбор пригодной для чтения чешуи – это процесс, который занимает много времени.

Разные методы требуют разных материальных, временных и других ресурсов. Подготовка препаратов для чтения возраста по чешуе занимала: замачивание в воде – 1 сут; выбор пригодной, очистка и приклеивание к предметному стеклу чешуи – не менее 30 мин. Подготовка к оценке возраста препаратов по целому отолиту включала замачивание в осветляющем растворе от 1 сут. Подготовка препаратов по срезам отолитов вручную включала заливку в эпоксидном компаунде 1–2 сут; шлифовку и приклеивание к предметному стеклу – от 3 ч. Оценка возраста одной особи палтуса по чешуе в наших исследованиях занимала в среднем 7 мин, по поверхности отолита – 11 мин, срезу отолита – 4 мин. При использовании метода по чешуе необходимы следующие расходные материалы: предметные стекла (2 шт. на одну особь), изолента (небольшое количество), маркер. При использовании метода по поверхности отолита расходные материалы практически не используются. При использовании метода среза отолитов используется эпоксидный компаунд, предметные стекла (1 шт. на одну особь), шлифовальная бумага разной зернистости (3 шт. на 2–3 особи).

Ручной метод весьма трудоемкий и затратный по времени и сопутствующим материалам. При подготовке препаратов, необходимых для построения размерно-возрастных ключей нескольких единиц запасов, эти расходы становятся достаточно внушительными. При ручном способе в день получается сделать 2–3 препарата. При попытке сделать больше внимание притупляется и увеличивается вероятность ошибки, т.е. стачивания максимального количества годовых колец. Из около полутора сотен отолитов с целыми буграми у нас получилось качественных препаратов со срезом бугра 50 шт. Даже с приобретением большего опыта, вряд ли ручной способ приемлем для обработки нескольких единиц запасов черного палтуса. Мы согласны с коллегами из ведущих лабораторий мира, что эта работа должна производиться с помощью специального оборудования – низкоскоростной пилы и шлифовальной машинки [9], так как значительно сократятся расходы компаунда, шлифовальной бумаги и времени. Также при хороших навыках работы с этим оборудованием препараты получаются более четкими.

Заключение

На основании литературных данных и собственного опыта отработана методика по сбору, хранению, подготовке препаратов и определению возраста черного палтуса различными методами.

Несмотря на то, что оценки возраста черного палтуса по чешуе и поверхности отолитов наиболее близки, эти методы не могут быть приняты для определения возраста, особенно для промысловой части популяции, так как уже при длине особей более 50 см они дают сильно заниженный возраст, в сравнении со срезами через бугорок. Кроме того, метод определения возраста по чешуе значительно подвержен человеческому фактору в части качества сбора материала. Собственный опыт и опыт ведущих лабораторий мира показывает, что для обеспечения просмотра и точного определения возраста черного палтуса по срезам отолитов в достаточном количестве для формирования размерно-возрастных ключей и матриц вылова необходимо соответствующее оборудование (прежде всего высокоточная низкоскоростная пила).

Библиографический список

1. Состояние промысловых ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (краткая версия): Прогноз общего вылова гидробионтов по Дальневосточному рыбохозяйственному бассейну. Владивосток: ТИПРО, 2010–2020.
2. Дьяков Ю.П. Популяционная структура черного палтуса северной части Тихого океана: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1985. 22 с.
3. Николенко Л.П. Биология и промысел черного палтуса Охотского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1998. 23 с.
4. Krzykawski, S. A characteristic of growth of Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum), from North Atlantic // Acta ichthyologica et piscatoria. 1976. Vol. 22, fasc. 1. P. 97–111.
5. Chilton, D.E. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station / D.E. Chilton, R.J. Beamish // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1982. Vol. 60. P. 1–102.
6. Age determination manual of the Alaska Fisheries Science Center Age and Growth Program / ed. M.E. Matta, D.K. Kimura. Washington, 2012. 97 p. (NOAA Professional Paper NMFS; 13).
7. Буслов А.В. Определение возраста тресковых (Gadidae) дальневосточных морей: теоретические положения и методические подходы (обзор) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2009. Вып. 14. С. 32–46.
8. Мина М.В. Отолит как регистрирующая структура: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1967. 13 с.
9. Gregg, J. L. Improving the precision of otolith-based age estimates for Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) with preparation methods adapted for fragile sagittae / J.L. Gregg, D.M. Anderl, D.K. Kimura // Fishery Bulletin. 2006. Vol. 104(4). P. 643–648.
10. Чугунова Н.И. Руководство по изучению возраста и роста рыб. М., 1959. 164 с.
11. Правдин, И. Ф. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / под ред. П.А. Дрягина, В.В. Покровского. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
12. Treble, M.A. Report of the Greenland Halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) Age Determination Workshop / M.A. Treble, K.S. Dwyer // NAFO Sci. Coun. Studies. 2008. № 41. P. 1–90.
13. Alber, O.T. Growth and formation of annual zones in whole otoliths of Greenland halibut, a slow-growing deep-water fish // Marine and Freshwater Research. 2016. Vol. 67. P. 937–942.
14. R Core Team (2021) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
15. Campana S.E., Annand M.C., McMillan J.I. Graphical and Statistical Methods for Determining the Consistency of Age Determinations // Transactions of the American Fisheries Society. 1995. Vol. 24. P. 131–138.
16. McNemar, Q. (1947) Note on the sampling error of the difference between correlated proportions or percentages. Psychometrika 12:153–157. <https://doi.org/10.1007/BF02295996>. (дата обращения: декабрь 2021).
17. Butler, J. L. Collection and preservation of material for otolith analysis. In Otolith microstructure examination and analysis / ed. D.K. Stevenson and S.E. Campana // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 1992. Vol. 117. P. 13–17.

18. Morales-Nin B. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure // FAO Fish. Tech. Paper. Rome: Food Agr. Organ., 1992. Vol. 322. 52 p.
19. Igashov T.M. Results of comparative age reading of Greenland halibut *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) by scales and otoliths // NAFO SCR Doc. 04/7. Ser. No. 4952. 3 p.
20. Золотов, О.Г. К методике определения возраста северного одноперого терпуга *Pleurogrammus monopterygius* (Pallas) по различным регистрирующим структурам / О.Г. Золотов, А.В. Буслов, И.Ю. Спирин // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2006. Вып. 8. С. 188–197.
21. Беседнов, Л.Н. Результаты определения возраста и роста японской скумбрии (*Scomber japonicus* Houttuyn), расчисленных по чешуе, костям и отолитам / Л.Н. Беседнов, В.И. Карпенко // Изв. ТИНРО. 1976. Т. 100. С. 75–84.
22. Ровнина О.А. К методике определения возраста тихоокеанской трески (*Gadus macrocephalus*) // Тр. ВНИРО. 2006. Т. 146. С. 206–211.
23. Кузнецова, Е.Н. Возрастной состав и темп роста черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* норвежско-баренцевоморского стада / Е.Н. Кузнецова, М.В. Бондаренко, А.Д. Морозов // Вопр. ихтиологии. 2001. Т. 41, № 2. С. 192–198.

Роман Сергеевич Бессонов^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: roma25brs@mail.ru

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, старший инженер лаборатории гидрологических процессов и климата, Россия, Владивосток

Вячеслав Анатольевич Дубина^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. геогр. наук, доцент, ORCID: 0000-0003-3273-8977, Россия, Владивосток, e-mail: vdubina@mail.ru

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, заведующий лабораторией гидрологических процессов и климата, Россия, Владивосток

Ирина Алексеевна Круглик

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, заместитель директора Института рыболовства и аквакультуры по учебной работе, Россия, Владивосток

**Результаты спутникового мониторинга нефтяных разливов с судов
в исключительной экономической зоне Японии**

Аннотация. Представлены результаты спутникового мониторинга в исключительной экономической зоне Японии за 2021 г. Рассчитаны основные характеристики разливов нефтепродуктов. Представлена карта, показывающая расположение зарегистрированных нефтяных загрязнений.

Ключевые слова: Японское море, нефтяное загрязнение с судов, спутниковый мониторинг, Sentinel-1, РСА.

Roman S. Bessonov^{1,2}

¹Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: roma25brs@mail.ru

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Senior Engineer, Russia, Vladivostok

Vyacheslav A. Dubina^{1,2}

¹Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0003-3273-8977, Russia, Vladivostok, e-mail: vdubina@mail.ru

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Head of laboratory, Russia, Vladivostok

Irina A. Kruglik

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Deputy Director, Russia, Vladivostok

Results of satellite monitoring of oil spills from ships in the exclusive economic zone of Japan

Abstract. The results of satellite monitoring in the exclusive economic zone of the Sea of Japan for 2021 are presented. The main characteristics of oil spills are calculated. A map showing the location of registered oil spills is presented.

Keywords: Sea of Japan, oil pollution from ships, satellite monitoring, Sentinel-1, SAR.

Введение

Нефть и нефтепродукты являются одним из самых распространенных загрязнителей в Мировом океане. В настоящее время в связи с ростом спроса на нефть увеличивается объем транспортных перевозок нефтепродуктов. Как правило, большинство нефтяных разливов располагаются в местах прохождения основных судоходных трасс. Трафик судов вдоль юго-восточного побережья Японского моря показан на рис. 1, слева. Большое количество незаконных сбросов нефтесодержащих вод создает серьезную угрозу для морских экосистем. Для борьбы с нефтяным загрязнением с судов существует целый ряд мер на международном и национальном уровнях. Вопросы, связанные с загрязнением с судов, регулируются международной конвенцией МАРПОЛ 73/78, правила которой не всегда и не везде соблюдаются. Защита морских акваторий от загрязнений регулируется международными организациями. Японское море входит в регион влияния структуры NOWRAP, представляющей собой план действий для поиска решений в отношении ухудшения прибрежной и морской среды входит в программу ЮНЕП ООН. Но функционирование данной организации носит, скорее, научно-просветительский характер [1]. С целью реагирования на разливы нефти в Японии был создан центр предотвращения морских катастроф (MDPC). Получив уведомление о потенциальном или фактическом разливе, береговая охрана Японии направляет морские и воздушные суда для оценки ситуации.

На современном этапе наиболее эффективным инструментом для обнаружения нефтяных разливов является спутниковое дистанционное зондирование (ДЗ). Существуют различные приборы ДЗ для регистрации нефтяных загрязнений в Мировом океане. Спутниковая радиолокационная съемка позволяет вне зависимости от облачности и времени суток получать данные о нефтяных загрязнениях морских акваторий [1, 2]. В работе представлены результаты спутникового мониторинга разливов нефти в исключительной экономической зоне Японии.

Материалы и методы исследования

Основным средством оперативного мониторинга послужили радиолокационные изображения, полученные со спутников Sentinel-1A/B. Данные космические аппараты работают в нескольких режимах. Спутники Sentinel-1A/B производят съемку акваторий вдоль юго-восточного побережья Японского моря в микроволновом С-диапазоне в режиме Interferometric Wide (IW). Ширина полосы съемки в данном режиме превышает 250 км. Пространственное разрешение составляет 10 x 10 м. Спутник Sentinel-1B по техническим причинам прекратил свое функционирование в конце декабря 2021 г. Идентификация нефтяных разливов зависит от множества факторов, таких как приводной ветер, геометрия съемки, поверхностные течения и др. Множество процессов в океане может создавать сходные радиолокационные сигнатуры. В работе использовалось 13 треков, покрывающих юго-восточную часть Японского моря (рис. 1, справа). Всего было загружено и обработано 900 радиолокационных изображений со спутников Sentinel-1A/B за 2021 г.

Результаты и обсуждение

Радиолокационная съемка является эффективным средством мониторинга нефтяных загрязнений. Яркость радиолокационного изображения определяется главным образом шероховатостью морской поверхности, которая зависит от скорости и направления ветра. Попадая

в морскую среду нефтепродукты, меняют поверхностное натяжение воды, подавляя гравитационно-капиллярные волны. Нефтяной slick приводит к выглаживанию морской поверхности и, как правило, проявляется на радиолокационном изображении в виде темной структуры, контрастирующей с общим фоном изображения.

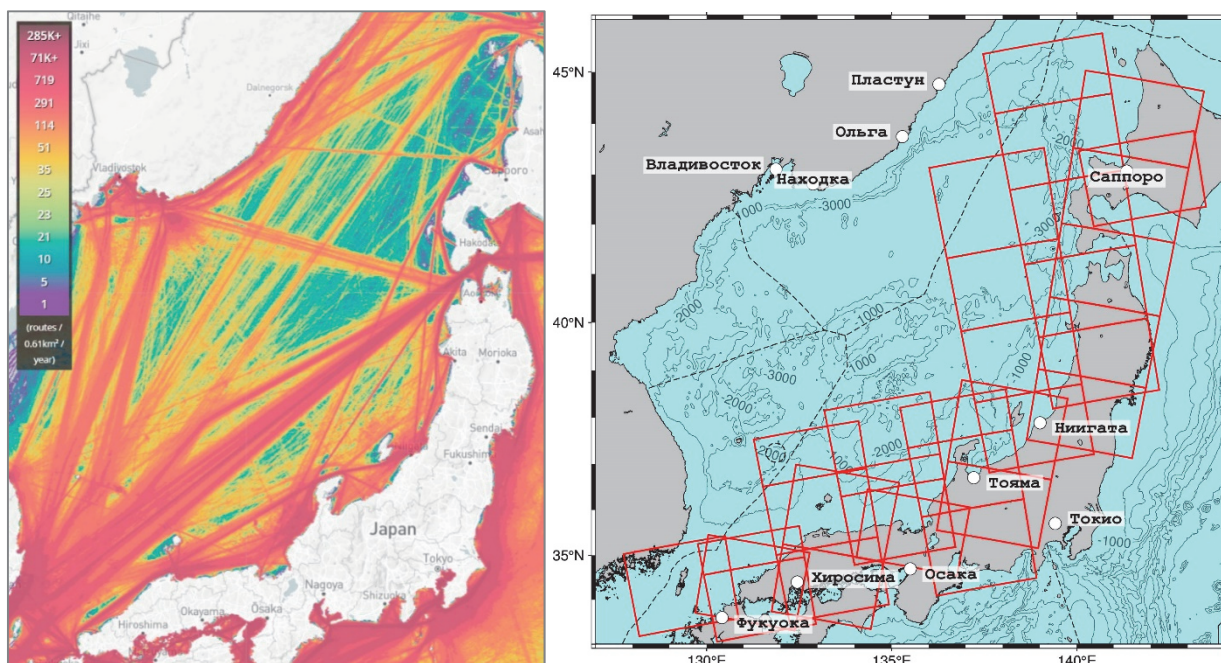


Рисунок 1 – Трафик судов в Японском море в 2021 г. (маршрутов/0,61 км²/год) по данным Marine Traffic за 2020 г. (www.marinetraffic.com) (слева). Расположение фреймов, использованных в исследовании, пунктирной линией показаны границы исключительных экономических зон (справа)

Пример нефтяного загрязнения показан на рис. 2. На радиолокационном изображении, полученном со спутника Sentinel-1B 30 марта 2021 г., зафиксировано пятно нефтепродуктов около берегов Японии. Протяженность разлива равна 15 км, площадь 2,5 км². Расстояние до берега составляет 3,4 морских мили.

В качестве количественного показателя результатов мониторинга необходимо учитывать площадь покрытия съемкой водных акваторий и соотносить с количеством обнаруженных нефтяных загрязнений. Пример подобной количественной оценки представлен в работе [3], где для определения доли участка, относящейся к нефтяному загрязнению, используется следующая формула:

$$d_{пзCC} = \frac{\sum_i (S_{пзCC})_i}{\sum_i (S_{дCC})_i},$$

где $d_{пз}$ – доля наблюдаемой площади акватории участка, характеризующаяся плёночным загрязнением; $S_{пз}$ – площадь, отмеченная дешифровщиками как «плёночное загрязнение»; $S_{д}$ – площадь водной поверхности, подвергшейся дешифрированию.

Общая площадь изображений, использованных в исследовании, составляет 38,6 млн км², а суммарная площадь областей этих снимков над морской поверхностью – 20,4 млн км². Доля наблюдаемой акватории участка, характеризующая нефтяные загрязнения, равна ~0,0000048.

На рис. 3 показан фрагмент изображения, полученного со спутника Sentinel-1A 29 марта 2021 г., на котором, вероятно, зафиксировано нефтяное загрязнение. Площадь загрязнения составляет 19,3 км². Это наибольшее пятно нефтепродуктов, зарегистрированное за весь период мониторинга.

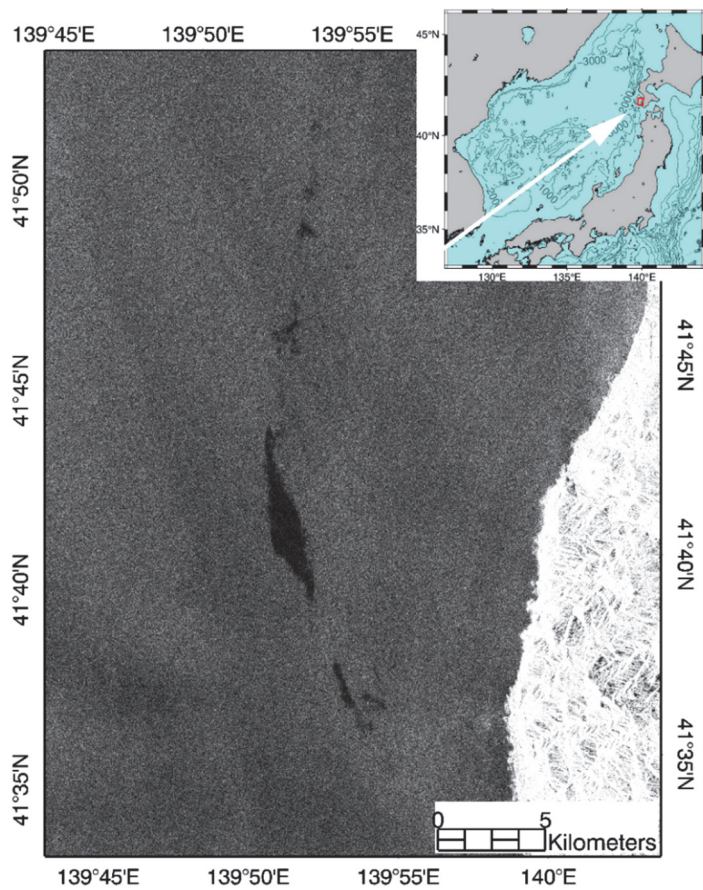


Рисунок 2 – Нефтяное загрязнение на фрагменте радиолокационного изображения, полученного со спутника Sentinel-1B 30 марта 2021 г. в 8:35 Гр.

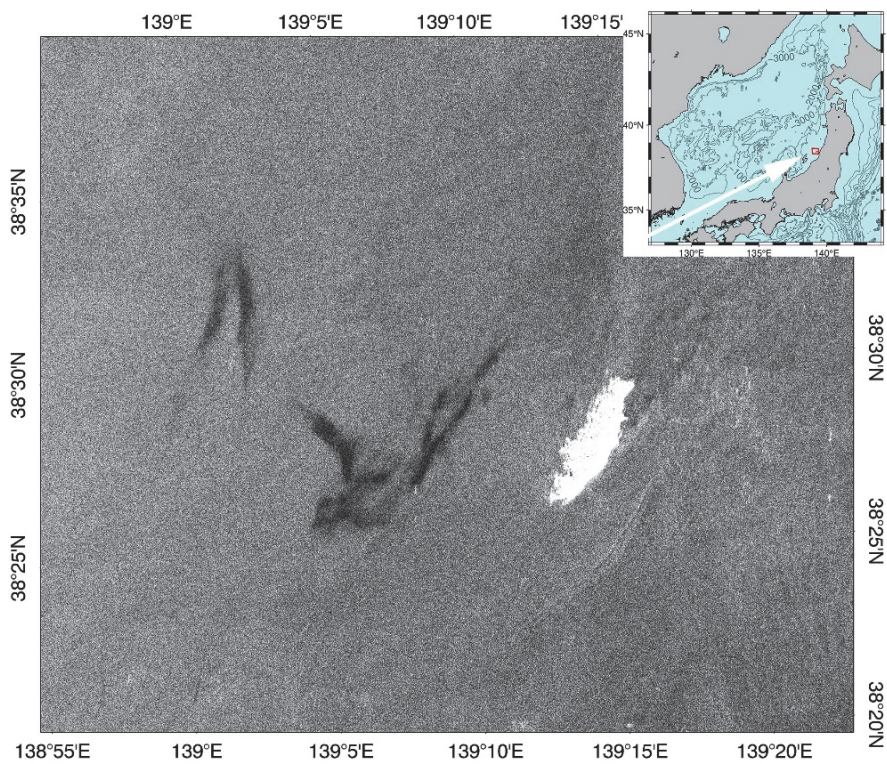


Рисунок 3 – Фрагмент радиолокационного изображения, полученного со спутника Sentinel-1 29 марта 2021 г. в 20:42 UTC

Общая площадь загрязнения за весь период мониторинга составила 98,6 км². Площадь варьировала в пределах 0,4–19,3 км² (рис. 4–5). Большинство зарегистрированных пятен нефтепродуктов имеют площадь менее 1 км² (рис. 5). Исключение составили два изображения, полученных 2 и 7 апреля 2021 г. В этих двух случаях большие площади пленочных загрязнений, масштабы и их конфигурации таковы, что трудно сказать, что они являются загрязнениями с судов.

Значительная часть нефтяных загрязнений регистрировалась на расстоянии 10–20 морских миль от берега, что является нарушением конвенции МАРПОЛ (рис. 6).

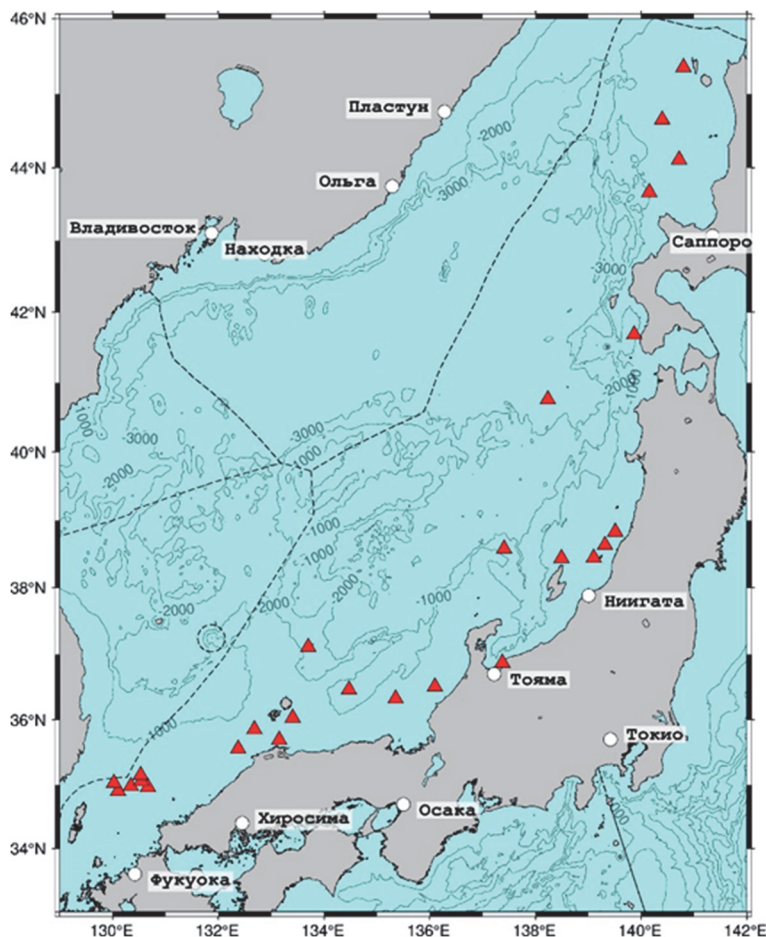


Рисунок 4 – Карта нефтяных загрязнений, зарегистрированных в период мониторинга. Красными треугольниками отмечено положение нефтяных загрязнений

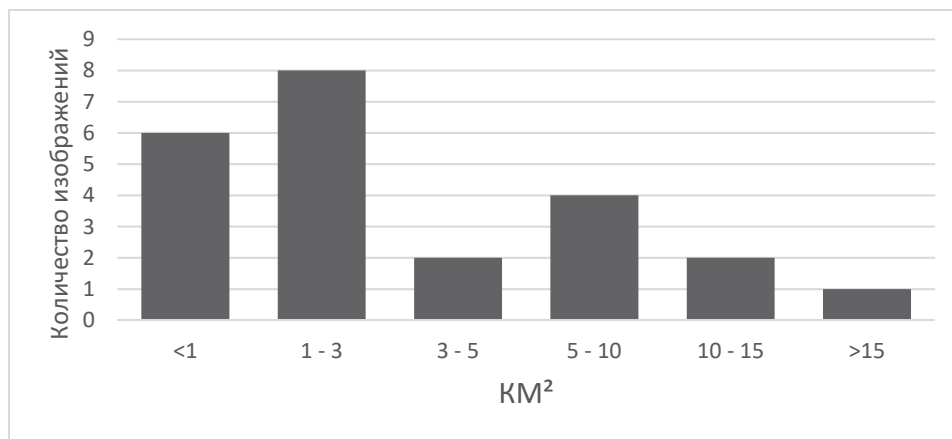


Рисунок 5 – Общая площадь нефтяного загрязнения на снимке

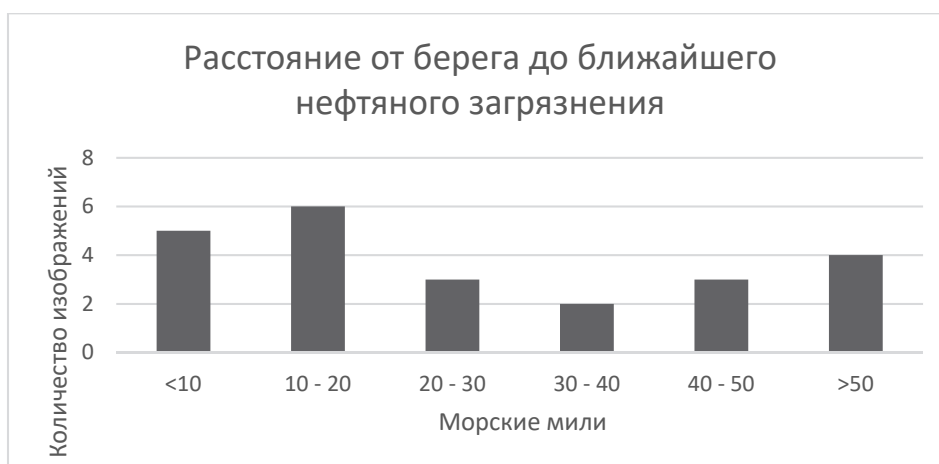


Рисунок 6 – Расстояние от берега до ближайшего разлива нефти

Заключение

Анализ радиолокационных изображений показал наличие нефтяных пленок в исключительной экономической зоне Японии. Большинство зарегистрированных нефтяных загрязнений находится в прибрежной 50-мильной зоне, что является нарушением конвенции МАР-ПОЛ. Общая площадь загрязнения составила 98,6 км², при том наибольшее число пленок нефтепродуктов имеет площадь менее 1 км². Известно, что количество нефтяных разливов, регистрируемых в ИЭЗ Японии, значительно ниже, чем на остальной акватории Японского моря, несмотря на то, что здесь самый высокий судовый трафик. Связано это в первую очередь с тем, что в Японии разработана и функционирует очень эффективная система по предупреждению и регистрации нефтяных разливов в море [1].

Библиографический список

1. Дубина В.А., Чернеева, И.А., Бессонов Р.С., Круглик И.А., Азмухаметова Л.М. Спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения с судов в Японском море // Морские технологии: проблемы и решения – 2021: материалы Нац. науч.-практ. конф., Керчь, 19–30 апреля. 2021. С. 234–237.
2. Дубина В.А., Катин И.О. Нефтяное загрязнение Дальневосточного морского заповедника: спутниковые данные и натурные наблюдения // Вестн. ДВО РАН. 2012. № 6. С. 94–100.
3. Замшин В.В., Матросова Е.Р., Ходаева В.Н., Четверкова О.И. Количественный подход к исследованию пленочных загрязнений морской поверхности по космическим изображениям // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 5. С. 610–622.

Елена Александровна Богатыренко

Дальневосточный федеральный университет, канд. биол. наук, доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов, зав. лабораторией морской микробиологии ИМО, Россия, Владивосток, e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Александра Вячеславовна Ким^{1,2}

¹Дальневосточный федеральный университет, канд. биол. наук, старший преподаватель кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО, Россия, Владивосток, e-mail: kim-sandra@mail.ru

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, научный сотрудник, Россия, Владивосток

Ангелина Дмитриевна Медведева

Дальневосточный федеральный университет, студент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО, Россия, Владивосток, e-mail: medvedeva.ad@students.dvfu.ru

Данил Витальевич Дашков

Дальневосточный федеральный университет, аспирант кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО, Россия, Владивосток, e-mail: dashkov.dv@dvfu.ru

Татьяна Игоревна Дункай

Дальневосточный федеральный университет, аспирант кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ИМО, Россия, Владивосток, e-mail: emelianova_ti@dvfu.ru

Особенности метаболизма психрофильных углеводородокисляющих бактерий из донных осадков залива Петра Великого

Аннотация. Методом хромато-масс-спектрометрии исследована способность 10 штаммов бактерий, выделенных из донных осадков залива Петра Великого Японского моря, окислять углеводороды модельной смеси при температуре 5 °С в течение 90 сут. Все исследуемые штаммы в первую очередь утилизировали коротко- (C9-C13) и длинноцепочечные (C21-27) алканы, а также полициклические ароматические углеводороды. Наибольший углеводородокисляющий эффект продемонстрировал штамм AP_291, который за первую неделю эксперимента утилизировал более 50 % всех углеводородов модельной смеси при 5 °С.

Ключевые слова: углеводородокисляющие бактерии, Японское море, хромато-масс-спектрометрия, алканы, полициклические ароматические углеводороды, психрофилы.

Elena A. Bogatyrenko

Far Eastern Federal University, PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of biodiversity and marine bioresources, Head of the laboratory of marine microbiology, IWO FEFU, Russia, Vladivostok, e-mail: bogatyrenko.ea@dvfu.ru

Aleksandra V. Kim^{1,2}

¹Far Eastern Federal University, PhD in Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of biodiversity and marine bioresources, IWO FEFU, Russia, Vladivostok, e-mail: kim-sandra@mail.ru

²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Research, Russia, Vladivostok

Angelina D. Medvedeva

Far Eastern Federal University, Student of the Department of biodiversity and marine biore-sources, IWO FEFU, Russia, Vladivostok, e-mail: medvedeva.ad@students.dvfu.ru

Danil V. Dashkov

Far Eastern Federal University, Postgraduate Student of the Department of biodiversity and ma-rine bioresources, IWO FEFU, Russia, Vladivostok, e-mail: dashkov.dv@dvfu.ru

Tatiana I. Dunkai

Far Eastern Federal University, Postgraduate Student of the Department of biodiversity and ma-rine bioresources, IWO FEFU, Russia, Vladivostok, e-mail: emelianova_ti@dvfu.ru

**Features of the metabolism of psychrophilic hydrocarbon-oxidizing bacteria
from the bottom sediments of Peter the Great Bay**

Abstract. The ability of 10 bacterial strains isolated from the bottom sediments of the Peter the Great Bay of the Sea of Japan to oxidize hydrocarbons of a model mixture at a temperature of 5°C for 90 days was studied by chromato-mass spectrometry. All the studied strains primarily utilized short- (C9-C13) and long-chain (C21-27) alkanes, as well as polycyclic aromatic hy-drocarbons. The greatest hydrocarbon-oxidizing effect was demonstrated by strain AP_291, which utilized more than 50% of all hydrocarbons of the model mixture at 5°C during the first week of the experiment.

Keywords: hydrocarbon-oxidizing bacteria, Sea of Japan, chromato-mass spectrometry, al-kanes, polycyclic aromatic hydrocarbons, psychrophiles

Введение

Растущая во всем мире антропогенная нагрузка делает поиск микроорганизмов-деструкторов углеводородов и создание на их основе препаратов для ликвидации нефтяного загрязнения морской среды актуальной научной задачей [1, 2]. Подобные биопрепараты зарекомендовали себя как эффективные и наиболее экологичные средства очистки и восстано-вления морских экосистем [3]. Особый интерес представляет поиск психрофильных и пси-хротолерантных углеводородокисляющих микроорганизмов (УВОМ), способных эффектив-но осуществлять деструкцию компонентов нефти в условиях низких температур. Исследова-ния последних лет свидетельствуют о целесообразности использования для биоремедиации в каждом конкретном регионе аборигенных микроорганизмов, приспособленных к деградации углеводородов (УВ) в определенных экологических условиях. При этом они не являются ге-нетически модифицированными и не оказывают токсичного действия на местную флору и фауну [4].

Для экосистемы Японского моря отмечается высокая степень антропогенного воздей-ствия, связанная с увеличением численности населения, урбанизацией побережий, активным судоходством, индустриализацией и развитием туризма. На берегах залива Петра Великого, самого крупного залива Японского моря у российского побережья, расположены порты г. Владивосток, г. Находка, г. Большой Камень, пгт Посьет, а также специализированный мор-ской нефтеналивной порт Козьмино. В большинстве прибрежных акваторий залива Петра Великого отмечается высокое содержание нефтяных УВ [5]. Проблема нефтяного загрязне-ния усугубляется действием низких температур в водах Японского моря большую часть года,

что замедляет процессы окисления УВ. Так, среднегодовая температура поверхностных вод Японского моря составляет 12 °С, а температура донных шельфовых вод редко поднимается выше 0 °С.

Несмотря на хроническое загрязнение Японского моря нефтепродуктами, УВО микробиота этого региона и ее участие в самоочищении экосистемы недостаточно изучены. Известно, что некоторые бактерии из поверхностных прибрежных вод Японии способны к окислению УВ: *Alcanivorax* [6–9], *Pseudomonas aeruginosa* [10], *Sphingomonas subarctica* [7] и *Cycloclasticus pugetii* [11]. Однако в современной научной литературе практически отсутствуют какие-либо сведения о биоразнообразии и метаболическом потенциале психрофильных и психротрофных УВОМ Японского моря. В связи с этим целью настоящей работы являлось получение из донных осадков залива Петра Великого Японского моря культур психрофильных углеводородокисляющих бактерий и оценка их способности к окислению нефтяных углеводородов.

Материалы и методы

Материалом для работы послужили пробы верхнего окисленного слоя донных осадков залива Петра Великого Японского моря, полученные в 2018–2019 гг. в ходе береговых экспедиций. Для получения культур углеводородокисляющих бактерий (УВОБ) в качестве источника УВ использовали флотский мазут как один из наиболее характерных для антропогенного загрязнения морской среды нефтепродуктов. Для создания накопительных культур УВОБ донные осадки помещали в модифицированную минеральную среду Ворошиловой–Диановой со стерильным флотским мазутом (2,5 %) в качестве единственного источника углерода и энергии. Состав минеральной среды (г/л дистиллированной воды): NaCl – 10,0, NH₄NO₃ – 1,0, K₂HPO₄ – 1,0, KH₂PO₄ – 1,0, MgSO₄ – 0,2, CaCl₂ – 0,02, FeCl₂ – 2 капли насыщенного раствора [12]. Инкубацию проводили в течение 30 сут при температуре 5 °С. Для получения чистых культур УВОБ проводили высеив на аналогичную агаризованную среду и выращивали их в тех же условиях.

Оценка способности бактериальных штаммов к окислению углеводородов нефти проводилась с помощью модельной смеси УВ, которая была приготовлена на основе коммерчески доступного летнего дизельного топлива сорта С, вид III (ДТ-Л-К5), ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009). В стерильном дизельном топливе объемом 1 л растворяли дополнительно 8 ммоль химически чистого нафталина, антрацена и фенантрена. Перед экспериментом модельная смесь УВ была повторно автоклавирована.

В стерильные пенициллиновые флаконы, содержащие 4650 мкл жидкой модифицированной среды Ворошиловой–Диановой и 300 мкл модельной смеси УВ, вносили по 50 мкл физиологического раствора с суточной культурой исследуемых бактерий (10⁵ кл/мл). Экстракцию проводили с помощью трихлорметана (ХЧ, перегнаный) на 7, 14, 28, 70 и 90 сут.

Хромато-масс-спектрометрический анализ проводили на хромато-масс-спектрометре Shimadzu GCMS 2010 Ultra. Разделение компонентов осуществлялось на капиллярной колонке Ultra ALLOY-5 MS/HT (Frontier Lab., Япония; длина – 30 м, толщина фазы – 0,25 мкм, диаметр – 0,25 мм, фаза – 5 % дифенил, 95 % диметилполисилоксан). В качестве газ-носителя использовался гелий марки 6,0. Растворенный в хлороформе образец (1 мкл) с помощью автосэмплера вводился в инжектор, нагретый до температуры 230 °С (режим – split, деление потока 1 : 40). Линейная скорость газа-носителя составляла 40 см/с, начальное давление газа – 66 кПа. Образцы хроматографировали в следующем режиме: изотермически в течение 7 мин при 40 °С, при градиенте температуры от 40 до 270 °С со скоростью нагрева 4 °С/мин, затем изотермически в течение 20 мин при 270 °С. Температура ионного источника составляла 200 °С, температура интерфейса масс-спектрометра – 270 °С. Диапазон сканирования масс-спектрометра – от 35 до 600 а.е.м. с ионизацией электронным ударом при 70 эВ. Масс-фрагментограммы регистрировались по полному ионному току и в режиме регистрации выбранных ионов для ПАУ ($m/z = 128$ для нафталина и $m/z = 178$ для антрацена и фенантрена соответственно). Интерпретацию органических соединений проводили на основе

сопоставления полученных масс-спектров с масс-спектрами соединений из библиотеки NIST 08. Содержание УВ выражено в процентах и рассчитано методом внутренней нормализации масс-фрагментограмм по полному ионному току (TIC) для алифатических алканов и в режиме регистрации выбранных ионов (SIM) для ПАУ (нафталин, антрацен, фенантрен). Степень утилизации бактериями УВ выражали в процентах и оценивали по изменению концентрации компонентов модельной смеси УВ в процессе инкубации по отношению к исходным значениям.

Результаты и обсуждение

В ходе исследований из донных осадков залива Петра Великого Японского моря были выделены 10 штаммов УВОБ, способных расти при температуре 5 °С на среде с мазутом в качестве единственного источника углерода.

Анализ полученных данных показал, что уже к 7 сут эксперимента наблюдалось заметное уменьшение концентрации УВ во всех пробах. Наибольшие значения УВО активности были зафиксированы для штамма AP_291. За неделю клетки бактерий этого штамма разложили более 50 % всех УВ смеси. Лучше всего подверглись окислению алканы C9-C14 и C18-C27, а также все ПАУ. Несколько хуже бактерии утилизировали УВ с длиной углеродной цепи 15–17 атомов и пристан.

Также высокую ферментативную активность продемонстрировал штамм AP_27. Клетки бактерий более эффективно окисляли коротко- и длинноцепочечные алканы, а также нафталин и антрацен. Гораздо хуже подверглись утилизации алканы C15-C19 (25 % и менее), пристан (21 %), фитан (23 %) и фенантрен (10 %). Интересно отметить, что оба обсуждаемых штамма были выделены с соседних станций, расположенных вблизи нефтеналивного порта Козьмино.

Что касается остальных штаммов, то, несмотря на более низкие значения утилизации УВ в первую неделю эксперимента, для всех них отмечались схожие тенденции по предпочтению окисляемых субстратов. Из алканов в первую очередь разложению подверглись УВ с длиной углеродной цепи 9–13 и 21–27 атомов. Из ПАУ лучше всего все штаммы разлагали нафталин (до 82 %) и антрацен (до 67 %). Фенантрен оказался менее предпочтительным УВ. Алканы C14-C20, включая фитан и пристан, практически не использовались бактериями в первую неделю опыта (степень утилизации составила 0–25 %).

Хромато-масс-спектрометрический анализ проб на 14 сут эксперимента для штаммов AP_244 и AP_54 показал резкое увеличение потребления всех компонентов модельной смеси, включая C14-C20 и фенантрен. Для остальных штаммов степень утилизации всех УВ увеличивалась более плавно по сравнению с предыдущей неделей. Необходимо отметить, что почти все штаммы окислили большую часть исследуемых УВ к 28 сут наблюдения. На 72 и 90 сут эксперимента не было зафиксировано существенной разницы в степени утилизации УВ по сравнению с данными, полученными на 28 сут. Таким образом, для всех исследуемых микробных штаммов к окончанию эксперимента убыль отдельных алканов составила 43–100 %, а убыль ПАУ – 67–91 %.

У всех бактерий исследуемого нами района окисление алканов с разной длиной углеродной цепи происходило по одинаковым сценариям. Вероятно, соответствующие гены катаболизма УВ передаются от одних микроорганизмов другим путем горизонтального переноса за счет конъюгации. Плазмидная локализация генов, ответственных за окисление УВ, обеспечивает их распространение как внутри собственной популяции, так и среди представителей других видов бактерий, повышая тем самым метаболический потенциал микроорганизмов в изменяющихся условиях окружающей среды. Возможно, благодаря этому в отдельных морских акваториях могут формироваться микробные сообщества с определенными катаболическими свойствами.

Интенсивное потребление ПАУ полученными нами микроорганизмами может быть связано с их адаптацией к высоким концентрациям ПАУ в составе загрязняющих веществ исследуемого района. Аналогичные результаты были зафиксированы и для бактериальных штаммов, выделенных из прибрежных вод юга о. Сахалин, подверженных значительному

влиянию антропогенного загрязнения [13]. В указанной работе бактерии родов *Cobetia*, *Pseudoalteromonas*, *Oceanisphaera*, *Shewanella*, *Pseudomonas*, *Marinomonas* и *Thalassospira* в первую очередь разлагали соединения ароматического ряда, а затем алифатические УВ.

Таким образом, в ходе проведенных исследований из Японского моря нами впервые получена коллекция психротрофных УВОБ, способных к эффективному окислению широкого спектра УВ. Для точного понимания механизмов деградации бактериями УВ в разных условиях, несомненно, требуется проведение дополнительных исследований свойств УВО ферментов и генов, ответственных за их синтез. Данные штаммы бактерий в дальнейшем могут быть использованы для создания биопрепаратов для очистки морских акваторий Дальневосточного региона от аварийных разливов нефти и нефтепродуктов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-74-00028).

Библиографический список

1. Das N., Chandran P. Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants: an overview // *Biotechnol. Res. Int.* 2011. Art. ID 941810. <https://doi.org/10.4061/2011/941810>.
2. Xue J., Yu Y., Bai Y. et al. Marine oil-degrading microorganisms and biodegradation process of petroleum hydrocarbon in marine environments: a review // *Curr. Microbiol.* 2015. Vol. 71, № 2. P. 220–228.
3. Naeem U., Qazi M.A. Leading edges in bioremediation technologies for removal of petroleum hydrocarbons // *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2020. Vol. 27, № 22. P. 27370–27382.
4. Swannell R.P., Lee K., McDonagh M. Field evaluations of marine oil spill bioremediation // *Microbiol. Rev.* 1996. Vol. 60, № 2. P. 342–365.
5. Доклад об экологической ситуации в Приморском крае в 2017 году // *Приморская газета*. 2018. № 75(1569).
6. Hara A., Syutsubo K., Harayama S. *Alcanivorax* which prevails in oil-contaminated seawater exhibits broad substrate specificity for alkane degradation // *Environ. Microbiol.* 2003. Vol. 5, № 9. P. 746–753.
7. Kasai Y., Kishira H., Syutsubo K., Harayama S. Molecular detection of marine bacterial populations on beaches contaminated by the Nakhodka tanker oil-spill accident // *Environ. Microbiol.* 2001. Vol. 3, № 4. P. 246–255.
8. Maruyama A., Ishiwata H., Kitamura K. et al. Dynamics of microbial populations and strong selection for *Cycloclasticus pugetii* following the Nakhodka oil spill // *Microb. Ecol.* 2003. Vol. 46, № 4. P. 442–453.
9. Tanaka D., Tanaka S., Yamashiro Y., Nakamura S. Distribution of oil-degrading bacteria in coastal seawater, Toyama Bay, Japan // *Environ. Toxicol.* 2008. Vol. 23. P. 563–569.
10. Chaerun S.K., Tazaki K., Asada R., Kogure K. Bioremediation of coastal areas 5 years after the Nakhodka oil spill in the Sea of Japan: isolation and characterization of hydrocarbon-degrading bacteria // *Environ. Int.* 2004. Vol. 30, № 7. P. 911–922.
11. Maruyama A., Ishiwata H., Kitamura K. et al. Dynamics of microbial populations and strong selection for *Cycloclasticus pugetii* following the Nakhodka oil spill // *Microb. Ecol.* 2003. Vol. 46, № 4. P. 442–453.
12. Пат. РФ № 2520084. 2014. Бузолева Л.С. Способ учета нефтеокисляющих бактерий в морской воде.
13. Buzoleva L.S., Bogatyrenko E.A., Repina M.A., Belkova N.L. Oil-oxidizing activity of bacteria isolated from south Sakhalin coastal waters // *Microbiology.* 2017. Vol. 86, № 3. P. 338–345.

Валерия Михайловна Бойко

Находкинская база активного морского рыболовства, ведущий специалист отдела управления биоресурсами, магистр, Россия, Владивосток, e-mail: valeriya.latyshova@bk.ru

Александр Николаевич Вдовин

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник лаборатории ресурсов дальневосточных и арктических морей, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: vdovinan1955@mail.ru

Александр Наумович Четырбоцкий

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии гипергенных процессов, доктор физ.-мат. наук, Россия, Владивосток, e-mail: chetyrbosky@yandex.ru

Закономерности роста отолита желтополосой камбалы
Pseudopleuronectes herzensteini

Аннотация. Показано, что на рельефной структуре отолита зоны по форме близки к волне. Кольца второго порядка (колечки) образуют слоистую структуру отолита. Динамика роста отолита желтополосой камбалы для самцов и самок аналогична. От максимальных размерных значений отолит дорастает до 2/3 у обоих полов за первую треть жизни. В период роста отолита наблюдаются этапы – линейный и нелинейный.

Ключевые слова: желтополосая камбала, *Pseudopleuronectes herzensteini*, отолиты, динамика роста отолита.

Valeria M. Boyko

Nakhodka Active Marine Fishery Base, Leading Specialist of the Department of Bioresources Management, Master, Russia, Vladivostok, e-mail: valeriya.latyshova@bk.ru

Alexander N. Vdovin

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher Scientist, Laboratory of Resources of the Far Eastern and Arctic Seas, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: vdovinan1955@mail.ru

Alexander N. Chetyrbotsky

Far Eastern Geological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Leading Researcher Scientist, Laboratory of Geochemistry of Hypergene Processes, Dr. Sci. in Physics and Mathematics, Russia, Vladivostok, e-mail: chetyrbosky@yandex.ru

Patterns of growth of the otolith of the yellow-striped flounder
Pseudopleuronectes herzensteini

Abstract. It is shown that on the relief structure of the otolith, the zones are close in shape to a wave. Rings of the second order (ringlets) form a layered structure of the otolith. The growth dynamics of the otolith of the yellow-striped flounder for males and females is similar. From

the maximum dimensional values, the otolith grows to 2/3 in both sexes during the first third of life. During the period of otolith growth, stages are observed - linear and non-linear.

Keywords: yellow-striped flounder, *Pseudopleuronectes herzensteini*, otoliths, otolith growth dynamics.

Желтополосая камбала – прибрежная донная рыба средних размеров, является низкобореальным субтропическим субэлиторальным видом. Широко распространена в Японском (повсеместно), Охотском (южная часть), Восточно-Китайском и Желтом морях, а также встречается от юга острова Хонсю до середины Курильской гряды [1, 2, 3]. На Дальнем Востоке по значимости в промысле Pleuronectidae стоят на 4-м месте после тресковых, сельдевых и лососвых. Характеризуется хорошими вкусовыми качествами мяса.

При изучении роста отолитов рыб наиболее приоритетные остаются связи роста отолита с возрастом и линейным ростом. Помимо этого, информация по росту отолита может использоваться для исследования полового деморфизма и стадийности онтогенеза [4, 5]. Сведения о динамике роста отолита немногочисленны и носят фрагментарный характер.

Цель работы – изучить некоторые закономерности роста отолита желтополосой камбалы в течение жизни, исключая периоды – личиночный и мальковый.

Материал собран в 2013–2016 гг., в прилегающих к Приморью водах. Всего было исследовано 638 отолитов: 233 отолита у самцов, 351 отолит у самок и 54 отолита у ювенильных рыб. Объем выборки промеров отолитов составил 18109 значений. Все метки на обоих отолитах были одинаковыми.

Отолиты увеличиваются в течение всего жизненного цикла рыб, имея постоянную форму и рельеф поверхности, благодаря чему в ихтиологии отолиты используются для изучения возраста, динамики роста рыб, видовой идентификации. При изучении вопроса роста отолита рыб как регистрирующей структуры в процессе онтогенеза мы ориентировались, прежде всего, на два типа отметок: годовые зоны и кольца, также колечки (кольца второго порядка) (рис. 1). Стоит отметить, что при просмотре отолитов под биноклем и дополнительном освещении светодиодного фонарика наибольшее внимание уделяли ширине и границам колец как годовых, так и дополнительных. При дальнейшей обработке фотографий отолитов определение колец по цвету в большинстве случаев не представлялось возможным (опак-овые приобретали темный оттенок, а гиалиновые напротив – становились светлыми), таким образом, мы сделали акцент на резкости изображений. При такой обработке фотографий годовые зоны отолита хорошо были видны на изображениях при пониженной глубинной резкости (рис. 1, а), вследствие чего хорошо просматривалась рельефная поверхность. При высокой резкости четко просматривалась слоистая (двухмерная) структура отолита, выделялись мелкие структурные элементы (рис. 1, б). В результате разных настроек резкости при просмотре изображений исследуемых отолитов двухмерная и скульптурная структуры проявлялись на отолите крайне редко.

Как утверждает Кампана [6], по мере увеличения возраста уменьшается и скорость роста, что отражается и на регистрирующих структурах – с каждым годом уменьшается и количество меток в годовой зоне [7, 8]. Под соответствием годовой зоны нами принимается одна волна. К примеру, в первой годовой зоне можно посчитать 16–18 колец второго порядка, во второй – 11–12, третьей – 6, в четвертой-шестой – 4 колечка, для каждой последующей годовой зоны характерны 3 метки.

Отолиты желтополосой камбалы, как и остальных рыб, увеличиваются всю жизнь. Необходимо учитывать то, что до закладки первого годового кольца ростовые характеристики регистрирующих структур довольно сильно отличаются от ростовых характеристик рыб старше одного года. Этот период является самым информативным в исследованиях возраста рыб [6]. Визуально половых различий в динамике роста отолитов не выявлено.

Колечки чередуются по ширине, однако могут следовать два-три подряд широких или узких колечка. Крайнее колечко всегда уже двух соседних (рис. 2).

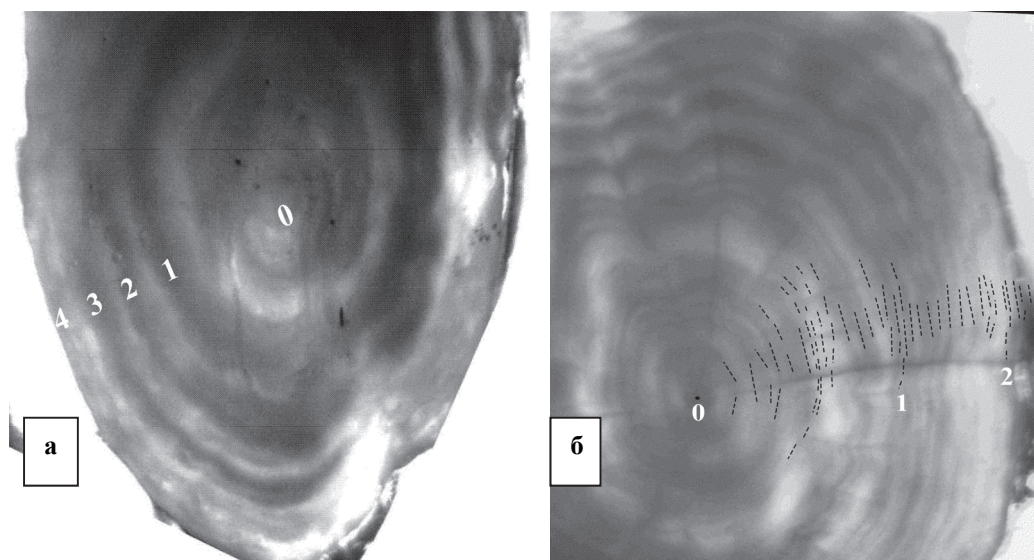


Рисунок 1 – Изображения отолитов при разных настройках резкости: а – фотография отолита самца возраста 4+ (длиной 31,3 см) при пониженной глубинной резкости; б – фотография отолита у самца возраста 2+ (длиной 25,7 см). При повышенной резкости на фотографии четко проявляются 32 колечка второго порядка. Центр отолита отмечен точкой и цифрой 0, границы между колечками – штрихами и дальнейшими цифрами

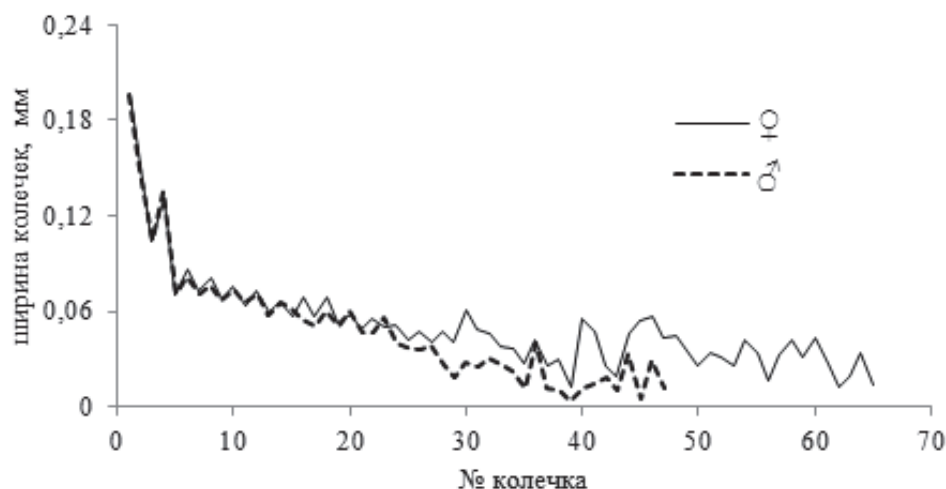


Рисунок 2 – Зависимость ширины колечек и возраста желтополосой камбалы. По оси ординат – ширина в мм. По оси абсцисс – номер колечка

Замедление темпов роста касается не только размеров тела, но и отолитов. На рис. 3 мы наблюдаем практически одинаковый темп прироста колечек в период первых 8–9 месяцев. Разница в росте отолита с течением времени у обоих полов даёт основание для дальнейшего изучения самок и самцов по отдельности, так как рост отолита самцов в значительной степени замедляется.

Продолжительность жизни самок больше в 2,4 раза, чем у самцов – 141 месяц (11,8 года) и 57,6 месяцев (4,8 года). Из-за разницы в продолжительности жизни длительность этапов роста отолита у самцов и самок различается. Начальный этап нелинейного роста у самок – 48 месяцев (4 года), а у самцов длится 33 месяца (2,8 года) (рис. 3, а).

На данном этапе половые различия в росте отолита проявляются наиболее явно, чем на предыдущем. Эти различия выражаются и на логарифмических трендах зависимости отолита возраст–радиус.

Дальнейший, линейный этап роста у самок продолжается с 48 до 141 месяца (7,8 года), у самцов длится с 33 до 57,6 месяцев (2,1 года) (рис. 3, б). Вероятно, длительность жизни самцов и самок несколько больше, чем в исследуемой выборке. Представляется, что эти различия могут быть незначительными.

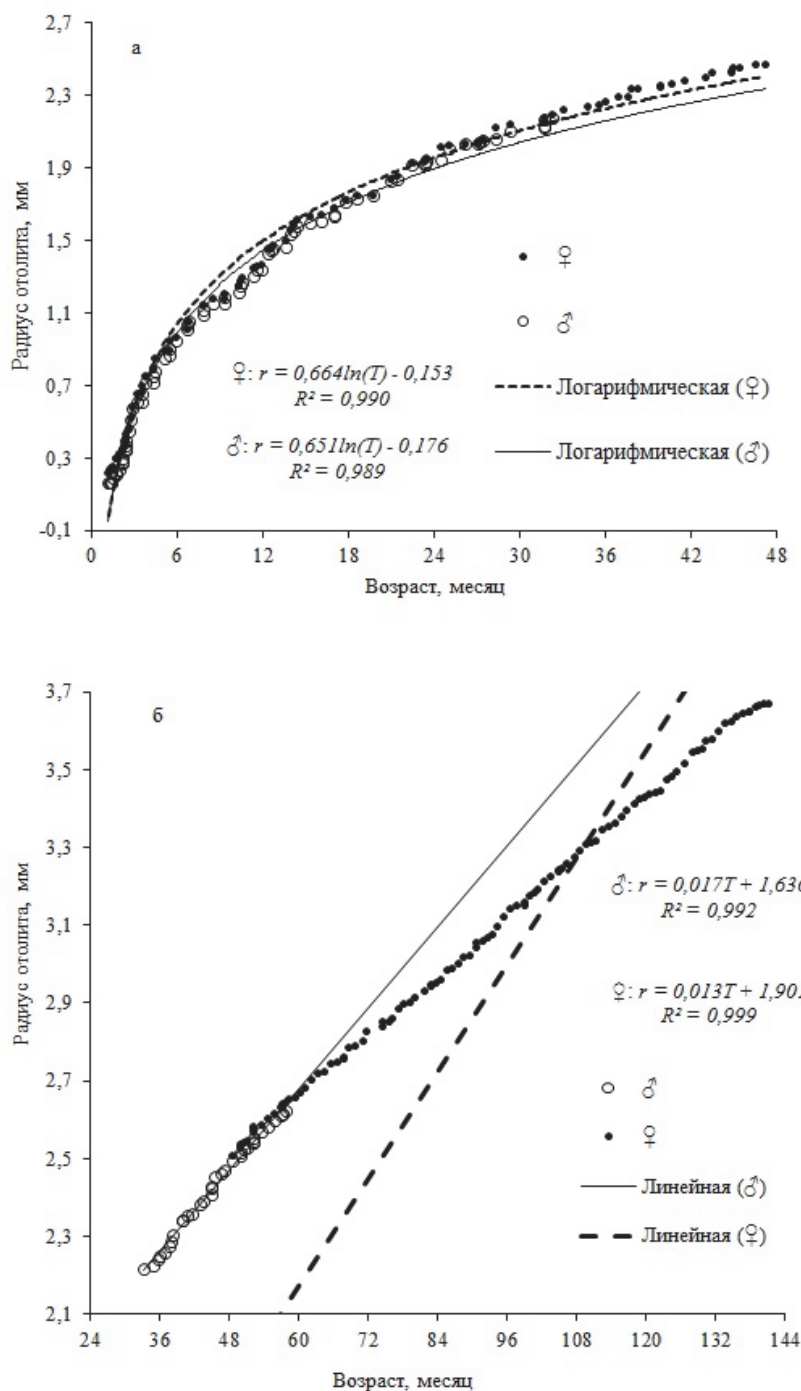


Рисунок 3 – Нелинейный (а), линейный (б) этапы роста желтополосой камбалы *Pseudopleuronectes herzensteini*

По нашим предположениям максимальная длительность жизни самцов составляет 5 лет, а самок – 12–14 лет. Периодом половозрелости как у самцов, так и у самок является период линейного роста.

К концу третьего года у самцов встречаются только половозрелые особи. У самок с пятого года – как впервые созревающие, так и половозрелые. По нашим данным, с возраста 6+

самки выходят на своеобразное плато, выражается это на регистрирующих структурах – с каждым годом прирастает всего 3 колечка, тогда как самцы не достигают этого возраста.

Если брать во внимание длительность промежутков времени, то расхождение в половых различиях чрезвычайно. Выражая в процентном соотношении, у самцов продолжительность жизни нелинейного этапа роста – 56 %, линейного – 44 %. У самок продолжительность соответствующих этапов составляет 33,5 % и 66,5 %, очевидно, вследствие большей продолжительности жизненного цикла.

Вместе с тем рост самок более устойчив и равномерен, в то время как рост самцов в большей степени подвержен спорадическим колебаниям. Удельная скорость роста самок от скорости самцов составляет 98,8 %. Параллельные изменения удельной скорости у самцов и самок позволяют раскрыть общие закономерности в сезонной динамике роста отолигов – при переходе от осени к зиме, или от весны к лету мы наблюдаем скачки в скорости роста отолига (рис. 4).

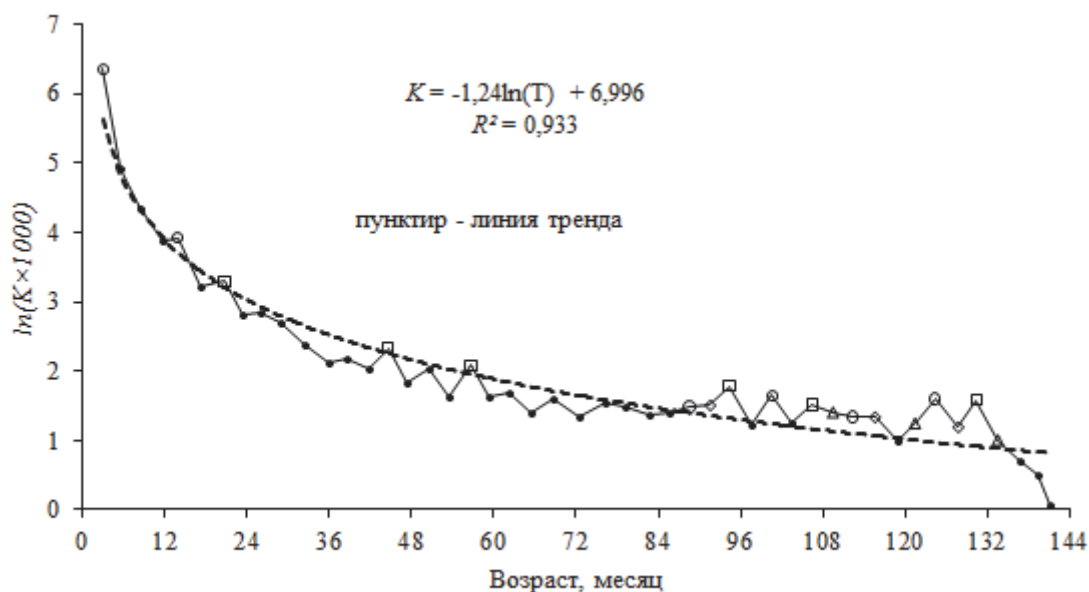


Рисунок 4 – Динамика темпов роста отолигов *Pseudopleuronectes herzensteini* по сезонам года: круги – лето, ромб – осень, квадрат – зима, треугольник – весна

В целом с возрастом удельная скорость понижается, достигая своего минимума к концу онтогенеза. Как регистрирующая структура рост отолига отражает рост рыбы. Скорость роста, в свой черед, отражает интенсивность обмена веществ [9, 10].

Как правило, повышение температуры у холоднокровных животных ускоряет биохимические реакции, иначе говоря, повышает интенсивность физиологических процессов [11]. Таким образом, эксперименты показывают, что на обмен веществ рыб большее стимулирующее действие оказывают смена температурного режима и ее значительные колебания [9, 12, 13].

Библиографический список

1. Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 551 с.
2. Линдберг Г.У., Федоров В.В. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. СПб.: Наука, 1993. Ч. 6. 271 с.
3. Фадеев Н.С. Северотихоокеанские камбалы: распространение и биология. М.: Агропромиздат, 1987. 173 с.

4. Фукс Г.В. Отолитометрия полярной камбалы (*Liopsetta glacialis*) прибрежных районов морей северного рыбохозяйственного бассейна: автореферат. М.: ВНИРО, 2020. 23 с.
5. Шелехов В.А. Особенности роста отолитов у двух видов рыб отряда Clupeiformes (японский анчоус и коносир) на личиночной стадии развития // Изв. ТИНРО. 2000. Т. 127. С. 182–186.
6. Campana S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods // Fish Biol. Vol. 59, I. 2. 2001. P. 197–242.
7. Panella G. Fish otoliths: daily growth layers and periodic patterns // Science. 1971. No. 173. P. 1123–1127.
8. Panella G. Growth patterns in fish sagittae. In: Rhoads, D. C., Lutz, R. A. (Eds.), Skeletal Growth of Aquatic Organisms. Plenum Press. New York. 1980. P. 520–560.
9. Бретт Д.Р., Гроувс Д.Д. Физиологическая энергетика // Биоэнергетика и рост рыб // М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. С. 203–274.
10. Дгебуадзе Ю.Ю. Оценки возраста и роста в популяционных исследованиях рыб // Актуальные проблемы современной ихтиологии. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. С. 93–123.
11. Шмидт-Ниельсен К. Физиология животных. Приспособление и среда. М.: Мир, 1982. Кн. 1. 415 с.
12. Константинов А.С., Зданович В.В., Тихомиров Д.Г. Влияние осцилляции температуры на энергетiku роста рыб // Вопр. ихтиологии. 1989. Т. 29. Вып. 6. С. 1018–1027.
13. Константинов А.С., Зданович В.В., Костюк Ю.А., Соловьева Е.А. Скорость изменения метаболизма рыб при смене гомотермальной среды на гетеротермальную // Вопр. ихтиологии. 1996. Т. 36, № 6. С. 833–837.

Людмила Анатольевна Боцун

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, аспирант, ORCID ID: 0000-0002-2098-3951, SPIN: 2283-7592, Россия, Владивосток, e-mail: 3615-x@mail.ru

Жанна Васильевна Маркина

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, научный сотрудник, ORCID ID: 0000-0001-7135-1375, SPIN: 7056-0032, Россия, Владивосток, e-mail: zhannav@mail.ru

Сергей Иванович Масленников

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, старший научный сотрудник, канд. биол. наук, доцент, ORCID ID: 0000-0003-4776-0624, SPIN: 9151-6468, Россия, Владивосток, e-mail: 721606@mail.ru

**Методика быстрого определения численности культур
микроводорослей в аквакультуре**

Аннотация. В настоящее время интенсивное культивирование микроводорослей применяется для производства биологически активных добавок, повышения продуктивности водоемов и удобрения почвы. Водоросль рода *Tetraselmis* (Chlorophyta) широко используется в кормовых целях в аквакультуре. Применение методики «зеленой воды» с этим родом показывают отличные результаты по выживаемости культивируемых гидробионтов. Однако неизвестна численность и оптическая плотность клеток микроводорослей, при которой проявляется пробиотический эффект. В нашем исследовании мы построили калибровочную кривую и получили уравнение регрессии для вычисления численности клеток по оптической плотности культуры одноклеточной микроводоросли *Tetraselmis* sp.

Ключевые слова: микроводоросли, культивирование, численность, оптическая плотность, *Tetraselmis*.

Liudmila A. Botsun

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Postgraduate Student, ORCID ID: 0000-0002-2098-3951, SPIN: 2283-7592, Russia, Vladivostok, e-mail: 3615-x@mail.ru

Zhanna V. Markina

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Researcher, ORCID ID: 0000-0001-7135-1375, SPIN: 7056-0032, Russia, Vladivostok, e-mail: zhannav@mail.ru

Sergei I. Maslennikov

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Senior Research Officer, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, ORCID ID: 0000-0003-4776-0624, SPIN: 9151-6468, Russia, Vladivostok, e-mail: 721606@mail.ru

A method for rapid determination of the abundance of microalgae cultures in aquaculture

Abstract. Currently, intensive cultivation of microalgae is used for the production of dietary supplements, increasing the productivity of water bodies and fertilizing the soil. The algae of the genus *Tetraselmis* (Chlorophyta) is widely used as feed in aquaculture. The use of the "green water" technique with this genus shows excellent results in terms of the survival of cultivated aquatic organisms. However, the number and optical density of microalgae cells, at which the probiotic effect is manifested, is unknown. In our study, we built a calibration curve and obtained a regression equation for calculating the number of cells from the optical density of a culture of unicellular microalgae *Tetraselmis* sp.

Keyword: microalgae, cultivation, number, optical density, *Tetraselmis*.

Морская зеленая микроводоросль рода *Tetraselmis* (Chlorophyta) широко используется в биотехнологии и марикультуре. Ее ценность определяется содержанием биологически активных веществ, необходимых для полноценного развития и жизни гидробионтов [1]. В аквакультуре используется с целью кормления личиночных стадий креветок, мидий, устриц, рыбы и др. [2]. В микроводоросли содержится высокий уровень полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3, α -линоленовая кислота, пальмитиновая кислота, полисахариды, стерины, витамины, каротиноиды и др. Водоросль обладает антимикробной и противовоспалительной активностью [3, 4]. В условиях экспериментальных и промышленных технологических циклов необходим метод для быстрого подсчета численности клеток микроводорослей. Классическим методом является подсчет клеток в счетных камерах (Нажотта, Горяева, Седвика-Рафтера и др.) под микроскопом. Однако он занимает много времени [5, 6]. В последнее десятилетие появились портативные спектрофотометры, особенностью которых является возможность проводить измерения мощности в любом направлении от источника излучения. Использование такого класса приборов позволяет проводить измерения как в лабораторных, так и в полевых условиях [7].

Цель нашей работы заключалась в построении уравнения для подсчета клеток микроводорослей рода *Tetraselmis* sp. в условиях массового производства биомассы микроводорослей.

Работа проводилась в аквариальной ННЦМБ ДВО РАН. Маточная культура микроводоросли *Tetraselmis* sp. была взята со станции МБС «Запад». Культура в эксперименте росла на питательной среде *f*, приготовленной на фильтрованной, стерилизованной морской воде соленостью 32 ‰. Свето-темновой режим 12/12 под диодной лампой 2500 Лк. Температура составляла в среднем 21 °С. При постановке эксперимента использовали 250 мллитровые колбы Эрленмейера с объемом культуральной среды 200 мл (рис. 1). В качестве инокулята использовали культуру на экспоненциальной стадии роста. Продолжительность эксперимента составляла 28 сут. Пробы для подсчета клеток и определения оптической плотности отбирали на 0, 2, 4, 7, 9, 11, 14, 16, 18, 21, 23, 25 и 28 сут опыта.

Подсчет численности клеток производили на проточном цитометре CytoFLEX (Beckman Coulter, США). Для анализа в течение каждого измерения записали 20000 событий (регистрируемых в пробе частиц). Выбор клеток водорослей из общего числа событий, регистрируемых цитометром, проводили по флуоресценции хлорофилла *a*. Интенсивность флуоресценции хлорофилла *a* регистрировали на длине волны 690 нм, длина волны возбуждения составляла 488 нм (для проточного цитометра CytoFLEX канал регистрации данных – PC 5.5).

Определение оптической плотности на длине волны 750 нм (OD_{750}) проведено с помощью спектрофотометра ПЭ-5400ВИ (Экрос, Россия) в стеклянных кюветах с оптическим путем 10 мм (рис. 2). Эксперименты проведены в трех биологических повторностях. В таблице и на графике представлены средние значения (таблица, рис. 2). Статистическую обработку выполняли с помощью программы Excel.

Численность клеток определяли на лаг-фазе, экспоненциальной и стационарной фазах роста культуры. Минимальная численность *Tetraselmis* sp. составляла $25,3 \times 10^3$ кл/мл, максимальная – $3750,9 \times 10^3$ кл/мл, средняя – 2139×10^3 кл/мл (таблица).



Рисунок 1 – Колбы с культурой *Tetraselmis* sp.



Рисунок 2 – Измерение на оптической плотности на спектрофотометре Экрос

Средняя численность и плотность клеток по дням эксперимента

День	Численность, кл/мл	Оптическая плотность, ед.
0	25,386	0,0158
2	32,249	0,0277
4	104,412	0,0668
7	460,466	0,2407
9	1150,969	0,4447
11	2976,833	0,6248
14	2710,666	0,7708
16	2976,833	0,8018
18	2660,814	0,8731
21	3698,108	0,9971
23	3261,486	0,9277
25	3998,411	1,0209
28	3750,998	1,2547

Зависимость лучше всего аппроксимируется линейным уравнением с коэффициентом достоверности 93 % (R^2), что говорит о достоверности использования спектрофотометрического метода для определения численности клеток *Tetraselmis* sp. На рис. 3 представлена калибровочная кривая для определения численности клеток по данным спектрофотометрии.

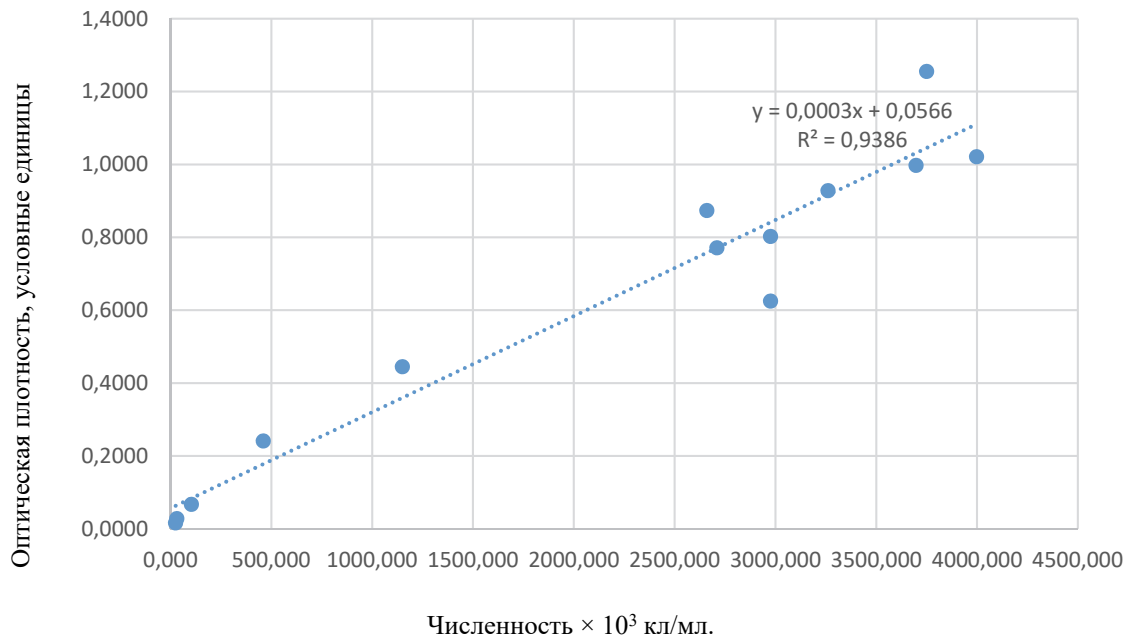


Рисунок 3 – Калибровочная кривая для *Tetraselmis* sp.

Нами получено уравнение $y=ax+b$, где y представляет численность клеток $\times 10^3$ в мл, a и b – коэффициенты, указанные в таблице, x – оптическая плотность, измеренная на длине волны 750 нм.

Таким образом, нами адаптирован спектрофотометрический метод для определения численности клеток *Tetraselmis* sp. Высокий коэффициент корреляции подтверждает точность данного метода.

Финансирование работы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-74-30004).

Библиографический список

1. Железнова С.Н., Малахов А.С., Геворгиз Р.Г. Измерение спектра поглощения плотных культур бентосных микроводорослей // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2019. Т. 4, №. 4. С. 463–466.
2. Жондарева Я.Д., Тренкеншу Р.П. Рост *Tetraselmis viridis* (Rouchijajnen) в тепличном бассейне при естественном освещении и аэрации воздухом // Вопр. современной альгологии. 2019. № 3(21). С. 76–87.
3. Лукьянов В. Микроводоросли. <https://microalgae.ru/microalgae> (дата обращения: 04.05.2022).
4. Cardoso C., Pereira H., Franca J., Matos J., Monteiro I., Pousão-Ferreir, P., Bandarra N. M. Lipid composition and some bioactivities of 3 newly isolated microalgae (*Tetraselmis* sp. IMP3, *Tetraselmis* sp. СТР4, and *Skeletonema* sp.) // Aquaculture International, 2020. Vol. 28(2). P. 711–727.
5. Franklin N.M., Stauber J.L., Lim R.P. Development of flow cytometry-based algal bioassays for assessing toxicity of copper in natural waters // Envir. Toxicol. Chem. 2001. Vol. 20. P. 160–170.
6. Günerken E., Hondt E.D., Eppink M. et al. Flow cytometry to estimate the cell disruption yield and biomass release of *Chlorella* sp. during bead milling // Algal Research. 2017. Vol. 25. P. 25–31.
7. Plaza M., Herrero M., Cifuentes A. Innovative natural functional ingredients from microalgae // Journal of agricultural and food chemistry. 2009. Vol. 57(16). P. 7159–7170.

Александра Дмитриевна Бусыгина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭПб-412, Россия, Владивосток, e-mail: busygina.alex@mail.ru

Вячеслав Анатольевич Дубина^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, канд. геогр. наук, ORCID: 0000-0003-3273-8977, Россия, Владивосток, e-mail: vdubina@mail.ru,

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, зав. лабораторией, Россия, Владивосток

Елена Александровна Дмитриева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, канд. пед. наук, Россия, Владивосток

Анастасия Павловна Карташова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, Россия, Владивосток

Субмезомасштабные абиотические факторы в районе Средних Курил

Аннотация. Приводятся результаты исследования субмезомасштабных явлений в системе суша–океан–атмосфера в районе Средних Курил, выполненных на основе анализа радиолокационных изображений, полученных со спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B в 2021 г.

Ключевые слова: Охотское море, Курильские острова, РСА, Sentinel-1, внутренние волны, сулои, атмосферные субмезомасштабные явления.

Aleksandra D. Busygina

Far Eastern State Technical Fisheries University, EPb-412, Russia, Vladivostok, e-mail: busygina.alex@mail.ru

Vyacheslav A. Dubina^{1,2}

¹Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, ORCID: 0000-0003-3273-8977, Russia, Vladivostok, e-mail: vdubina@mail.ru

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Head of laboratory, Russia, Vladivostok

Elena A. Dmitrieva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, PhD, Russia, Vladivostok

Anastasia P. Kartashova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, Russia, Vladivostok

Submesoscale abiotic factors in the area Middle Kuril

Abstract. The paper presents the results of a study of submesoscale phenomena in the land-ocean-atmosphere system in the region of the Middle Kuriles, based on the analysis of radar images obtained from the Sentinel-1A and Sentinel-1B satellites in 2021.

Keywords: Sea of Okhotsk, Kurile Islands, SAR, Sentinel-1, internal waves, rips, atmospheric submesoscale phenomena.

К Средним Курильским относят острова, находящиеся между проливами Уруп и Крузенштерна (рис. 1): о-ва Чёрные братья, о. Броутона, о. Симушир, о. Кетой, о-ва Ушишир, о-ва Среднего, о. Расшуа, о. Матуа и о. Райкоке. Самый большой из них – Симушир – имеет площадь 340 км². Высочайшая точка Средних Курил – вершина горы Мильна (о. Симушир, 1539 м). Далее по убыванию высоты следуют: влк. Сарычева (о. Матуа, 1497 м), влк. Превос (о. Симушир, 1360 м), гора Кетой (о. Кетой, 1166 м), гора Хороцяцнопори (о. Расшуа, 956 м). Острова разделяют проливы (с севера на юг) Головнина, Надежды, Среднего, Рикорда, Дианы и Буссоль. Последний является крупнейшим проливом Курильской гряды – площадь его сечения составляет 43,3 % от суммарного сечения всех проливов [1, 2].

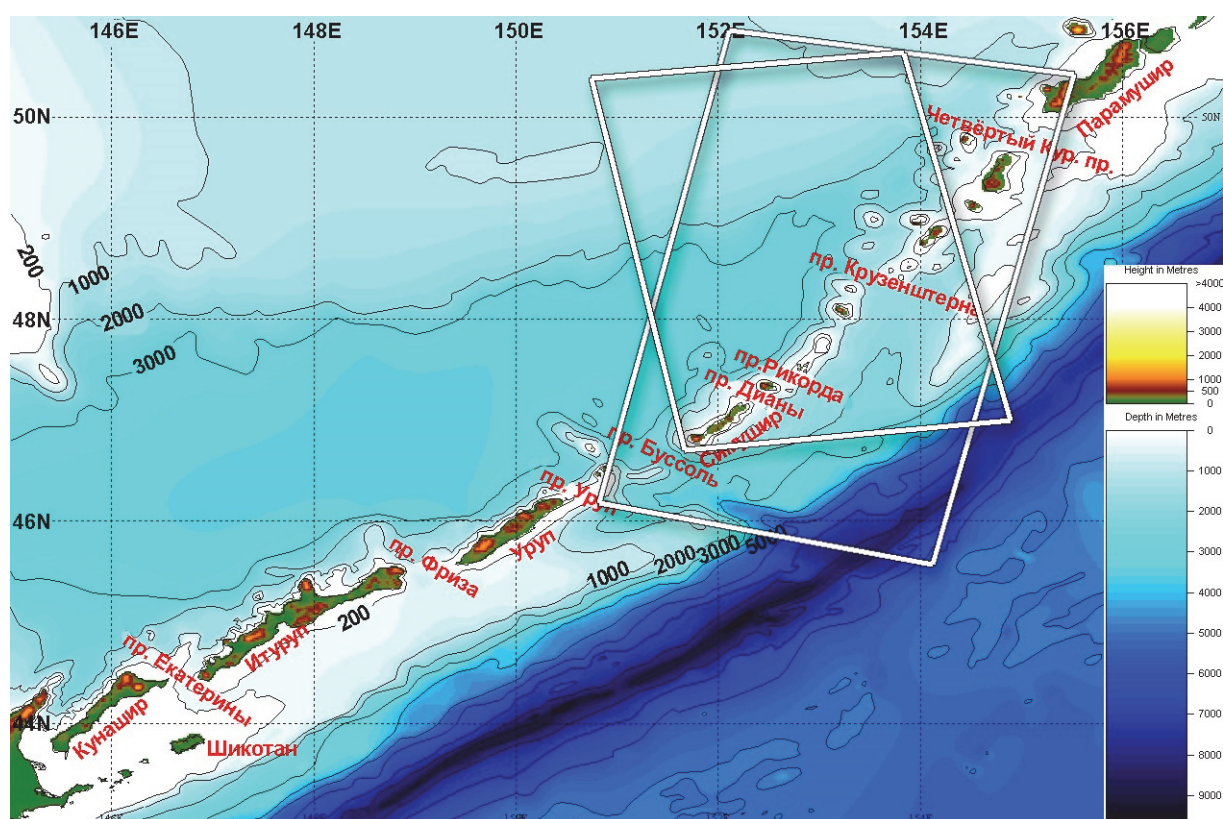


Рисунок 1 – Батиметрическая карта Курильских островов. Показаны границы изображений спутников Sentinel-1, использованных в исследовании

Атмосферные условия в исследуемом районе определяются муссонным характером климата с преобладанием северных и северо-западных ветров зимой и южных и юго-восточных летом. Неотъемлемой частью механизма муссонной циркуляции является процесс циклогенеза, который сопровождается штормовыми ветрами и сильными осадками [3]. Воды, окружающие Средние Курилы, имеют субарктическую структуру с холодным и тёплым промежуточными слоями [1, 2]. Эти слои хорошо выражены на охотоморской и тихоокеанской сторонах, а в проливах температурные экстремумы сглаживаются в результате горизонталь-

ного и вертикального перемешивания. Исследователи отмечают, что ключевыми факторами динамики вод в районе Курильских островов являются приливное перемешивание и вихреобразование. Максимальные скорости приливных течений в глубоководных проливах достигают 1 м/с, а в мелководных увеличиваются до 2,5 м/с [1, 2, 4, 5]. В результате диссипации приливной энергии в шельфовой зоне островов наблюдается интенсивное перемешивание, которое приводит образованию областей с однородными гидрологическими характеристиками. Температура поверхностной воды вокруг Курильской гряды летом ниже, а зимой выше, чем у прилегающих к ним водных масс Охотского моря и Тихого океана. В результате этого в тёплое время года район Курильских островов закрыт туманом, что осложняет спутниковый мониторинг в видимом и инфракрасном диапазонах (ИК) электромагнитного спектра. Несмотря на большую повторяемость облачности и туманов, синоптическая динамика окружающих архипелаг вод довольно хорошо изучена с привлечением данных судовых измерений и метеорологических спутников [6, 7]. Более мелкая (субмезомасштабная) структура полей течений и ветра в районе Курильских островов исследуется, в основном, с применением измерений спутниковых радаров с синтезированной апертурой (РСА). На РСА-изображениях акватории островной дуги регистрируются поверхностные проявления океанических и атмосферных гравитационных внутренних волн, вихрей разного знака вращения с диаметрами 1–20 км как одиночных, так и в цепочках, нефтяное загрязнение с судов и др. [4, 5, 8–12].

Целью настоящей работы было получение новых сведений о пространственно-временной изменчивости субмезомасштабных явлений в системе суша–океан–атмосфера в районе Средних Курил. Исследование проводилось на основе РСА-изображений, принятых в 2021 г. со спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B. К анализу спутниковых данных дополнительно привлекалась сопутствующая гидрометеорологическая информация и измерения со спутников в видимом и ИК-диапазонах, результаты моделирования параметров окружающей среда, в том числе полей ветра, восстановленных по анализируемым РСА-измерениям (www.star.nesdis.noaa.gov), данные о глубинах в исследуемом районе (GEBCO и морские навигационные карты), а также карты погоды Японского метеоагентства. Всего в работе было использовано 146 архивов РСА-съёмки общим объёмом 120 Гб в четырёх стандартных фреймах спутников Sentinel-1, границы которых показаны на рис. 1. Анализируются изображения, полученные в режиме излучения и приёма на вертикальной поляризации в полосе съёмки 250 км с размером пикселя 10 на 10 м. Исходные растры трансформировались в географическую проекцию UTM-54, соседние фреймы соединялись в мозаику, проводилась эквализация изображений, затем накладывались береговая черта и изобаты 200 и 2000 м.

Со времени получения первых снимков со спутника SeaSat в 1978 г. накоплен значительный опыт интерпретации РСА-изображений Мирового океана, позволяющий при наличии известных признаков уверенно распознавать в полях удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) поверхностные проявления атмосферных и океанических явлений [13–18]. Результаты спутниковой радиолокационной съёмки, использованные в настоящей работе, свидетельствуют о большом разнообразии процессов, протекающих в исследуемом районе.

На рис. 2 показаны изображения, принятые во время прохождения над Средними Курилами внетропических циклонов с хорошо развитыми фронтальными системами. Снимок на рис. 2, а зарегистрировал ветер направления ВЮВ в северной части района и З в южной. Две воздушные массы разделяет чётко выраженный фронт извилистой формы со средними радиусами кривизны неоднородностей 4–5 км. Севернее фронта скорости ветра составляют 5–10 м/с, а южнее – 16–17 м/с. За всеми островами наблюдаются ветровые тени. Самая длинная протянулась от островов Экарма и Шиашкотан более чем на 130 км. Скорость ветра в ней ниже скорости набегающего потока на 3–4 м/с. Все тени начинаются сразу за островами, только за о. Кетой область ветрового затишья наблюдается на расстоянии 10 км от берега. Сила ветра в этом месте составляет 5–6 м/с, в то время как в фоновом потоке она превышает 17 м/с.

На рис. 2, б приведено РСА-изображение, полученное во время прохождения циклона, находящегося в стадии окклюдирования. В поле УЭПР хорошо прослеживаются два атмосферных фронта. В первом, который пересекает Симушир, направление ветра по обе сторо-

ны фронта восточное, скорость к юго-западу от раздела составляет 7–10 м/с, а к северо-востоку – 2,5 м/с. Второй фронт, вероятно, окклюзии, ориентирован от пр. Экарма на запад. В поле яркости РСА-изображения он выглядит как тёмная волнистая линия шириной 1–2 км с длиной волны ~70 км. Скорость ветра на фронте падает до 2 м/с. Волновые структуры на обоих снимках к северу от фронтальных разделов, вероятнее всего, не имеют орографической природы, а связаны с динамическими процессами в циклоне. За островами Матуа и Расшуа наблюдаются вихревые следы длиной около 56 км.

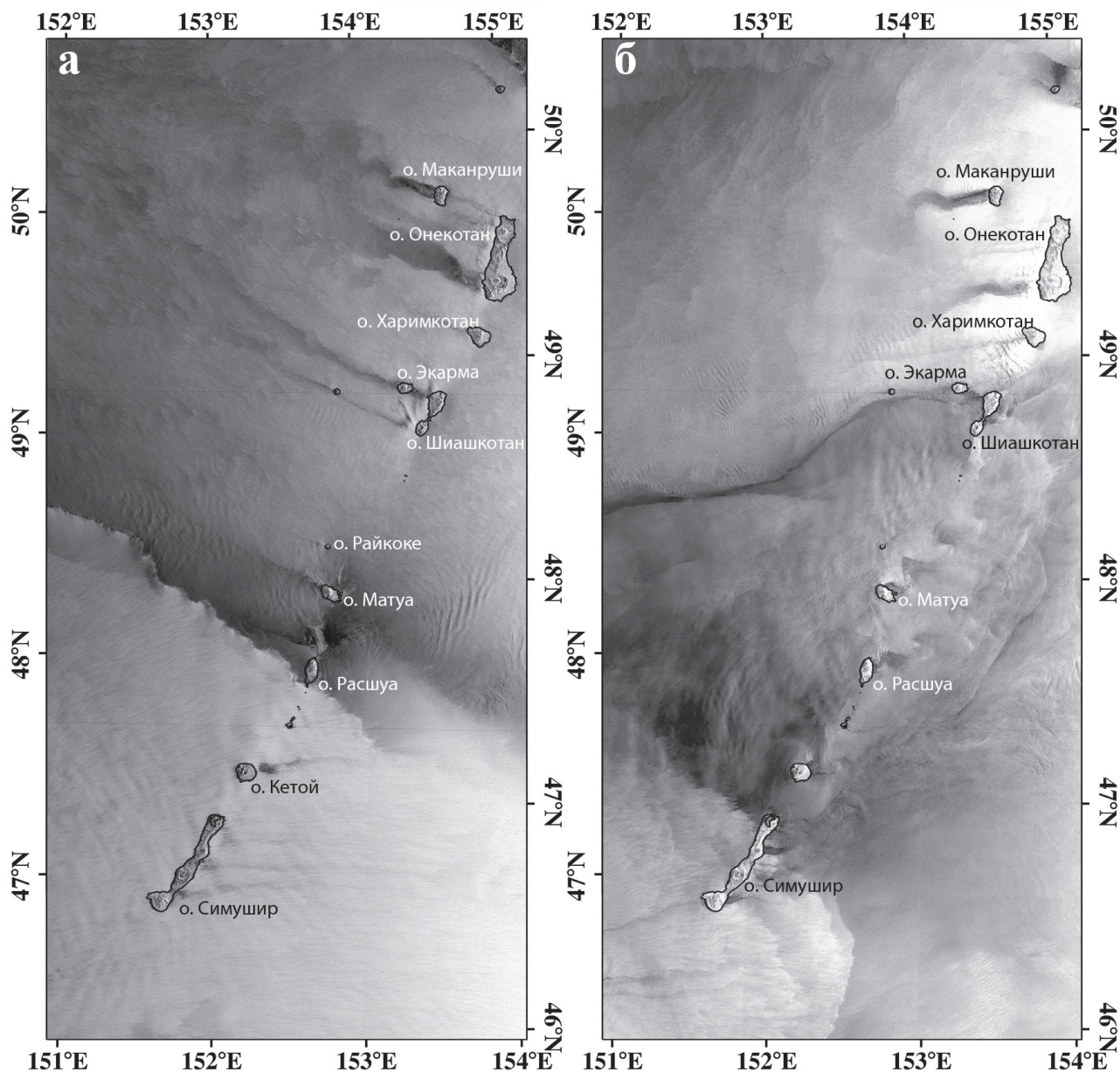


Рисунок 2 – Неоднородность поля приводного ветра на радиолокационных снимках со спутника Sentinel-1A, полученных 27 января (а) и 20 февраля (б) 2021 г. в 19:59 Гр.

Ранее в полях облачности на спутниковых изображениях, полученных в видимом диапазоне спектра [19], и на РСА-изображениях [4] регистрировались вихревые дорожки Кармана, генерируемые вулканами Курильских островов, и анализировались их характеристики. Вихревые цепочки в атмосфере возникают в слоях инверсии в результате инерционных колебаний при обтекании изолированных препятствий устойчивыми воздушными потоками. Высота препятствия при этом должна быть больше высоты инверсии [20]. В 2021 г. дорожки Кармана были зарегистрированы 20 февраля, 16 марта, 15, 18, 27 мая при скоростях набега-

ющего потока от 4 до 10 м/с и при разных направлениях ветра за островами Экарма, Чиринкотан, Матуа и Расшуа. При устойчивой температурной стратификации в тропосфере за островами образуются гравитационные волны, которые регистрируются в полях облачности и шероховатости морской поверхности. В районе Средних Курил волновые структуры возникают только при ветрах с направлениями от ЮЗ до СВ (по часовой стрелке) во все месяцы года кроме августа. Во время ветров западных румбов средняя длина линейных волн за островами варьирует от 8 до 14 км. Чаще всего перепад скоростей ветра в волновых пакетах составляет 2–5 м/с, но зарегистрированы случаи, когда приводный ветер в подошве волн был на 10 м/с сильнее, чем в набегающем на острова потоке и под гребнями.

Большинство неоднородностей поля УЭПР на обоих снимках рис. 2 обусловлены вариациями поля ветра, за исключением небольшого участка на рис. 2, б к востоку от островов Матуа и Расшуа, где динамические процессы в поверхностном слое Тихого океана изменяют характеристики ветровых волн. Здесь наиболее заметна темная полоса в 60 км на ЮВ от островов длиной 100 км и шириной в несколько километров. Она ориентирована примерно вдоль архипелага и показывает западный фронт Курило-Камчатского течения. Изменение параметров ветрового волнения в областях сильных градиентов скоростей поверхностных течений называют «кинематическим механизмом» модуляции. Взаимодействие приливной волны с рельефом островов приводит к формированию сильно неоднородного поля течений с образованием зон конвергенций, интенсивных вихрей и сулоев. Согласно лоции сулои отмечены почти во всех проливах Курильского архипелага [21]. Для некоторых районов отмечается связь между появлением сулоя и направлением и силой ветра. На РСА-изображениях, принятых в 2021 г., сулои отмечены во всех проливах во все месяцы, кроме октября, при скоростях приводного ветра от 0 до 10 м/с включительно. Реже всего они встречаются в центральной части пр. Крузенштерна. Сулои принимают самые разнообразные формы – линейные и криволинейные структуры, вихревые, площадные, в виде потоков и струй. Яркие сигнатуры в поле УЭПР наблюдаются и поперёк и вдоль проливов, отходя на расстояния до 25 км от их узостей. Из повторяющихся морских динамических явлений следует отметить выявленную ранее [4] генерацию субмезомасштабных циклонических вихрей (диаметром 10–15 км) с охотоморской стороны пр. Буссоль возле южной оконечности о. Симушир. И в Охотском море и в Тихом океане возле островов с мая по октябрь регистрируются поверхностные проявления гравитационных внутренних волн (ВВ). В августе они встречаются в проливах Буссоль и Крузенштерна. Верхний предел длин ВВ составляет 1–2 км.

Отмеченные в работе пространственно-временные особенности распределения субмезомасштабных явлений имеют большое значение в изменчивости таких абиотических факторов, как приводный ветер и течения, играющих ключевую роль в состоянии и устойчивости прибрежных экосистем. Полученные результаты могут быть использованы при организации и проведении морских промыслов, при эксплуатации воздушного транспорта и обязательно должны учитываться при моделировании аварийных ситуаций, связанных с разливами нефтепродуктов.

Библиографический список

1. Богданов К.Т., Мороз В.В. Структура, динамика и гидролого-акустические характеристики вод проливов Курильской гряды. Владивосток: Дальнаука, 2000. 152 с.
2. Богданов К.Т., Мороз В.В. Воды Курило-Камчатского течения и течения Ойясио. Владивосток: Дальнаука, 2004. 141 с.
3. Плотников В.В., Мезенцева Л.И., Дубина В.А. Циркуляция атмосферы над Дальним Востоком и ее отражение в ледовых процессах. Владивосток: Дальнаука, 2015. 160 с.
4. Mitnik L., Dubina V. Satellite SAR sensing of oceanic dynamics in the Kuril straits area // Proc. International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2012). Munich, Germany, 22-27 July 2012. ISSN :2153-6996. Print ISBN: 978-1-4673-1160-1. P. 7632–7635. DOI 10.1109/IGARSS.2012.6351860.

5. Mitnik L.M., Dubina V.A., Lobanov V.B., Supranovich T.I. Water dynamics in the Kuril straits area: study with ERS SAR // ERS-Envisat Symposium "Looking down to Earth in the New Millennium", 16-20 October 2000. Gothenburg, Sweden. ESA CD SP-461 (ESA Publications Division). 10 p.
6. Булатов Н.В., Лобанов В.Б. Исследование мезомасштабных вихрей восточнее Курильских островов по данным метеорологических спутников Земли // Исследование Земли из космоса. 1983. № 3. С. 40–47.
7. Булатов Н.В., Куренная Л.А., Муктепавел Л.С., Гербек Э.Э. Вихревая структура вод южной части Охотского моря и ее сезонная изменчивость (результаты спутникового мониторинга) // Океанология. 1999. Т. 39, № 1. С. 36–45.
8. Дубина В.А., Плотников В.В., Круглик И.А., Булка Н.И. Мезомасштабная неоднородность приводного ветра в районе Северных Курил // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019. С. 62–65.
9. Дубина В.А., Плотников В.В., Нечаева В.Р., Дячук Т.А. Оценка масштабов «плёночного» загрязнения в районе Южных Курильских островов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 37–41.
10. Дубина В.А., Плотников В.В., Нечаева В.Р., Круглик И.А., Кислова С.И. Поверхностные проявления гравитационных внутренних волн в районе Южных Курильских островов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 31–36.
11. Mitnik L., Dubina V. Spatial-temporal distribution and characteristics of internal waves in the Okhotsk and Japan Seas studied by ERS-1/2 SAR and Envisat ASAR // Proceedings of ENVISAT Symposium 2007, 23-27 April 2007, Montreux, Switzerland. ESA, 2006. SP-636. ISBN 92-9291-200-1. ISSN 1609-042X.
12. Свергун Е.И., Зимин А.В., Лазуткина Е.С. Характеристики проявлений короткопериодных внутренних волн Курило-Камчатского региона по данным спутниковых наблюдений в летний период // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2021. Т. 14, № 1. С. 106–115.
13. Радиолокация поверхности Земли из космоса / под ред. Л.М. Митника, С.В. Викторова. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 200 с.
14. Дикинис А.В., Иванов А.Ю., Карлин Л.Н. и др. Атлас аннотированных радиолокационных изображений морской поверхности, полученных космическим аппаратом «АЛМАЗ-1» / под ред. Л.Н. Карлина. М: ГЕОС, 1999. 118 с.
15. Булатов М.Г., Кравцов Ю.А., Лаврова О.Ю. и др. Физические механизмы формирования аэрокосмических радиолокационных изображений океана // Успехи физ. наук. 2003. Т. 173, № 1. С. 69–87.
16. Johannessen J. A., Digranes G., Espedal H. et al. SAR ocean feature catalogue / NERSC/ESA/ESTEC, 1994. ESA SP-1174. 106 p.
17. Fu L.L., Holt B. Seasat views oceans and sea ice with synthetic aperture radar / Publ. 81-120, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, 1982. 200 p.
18. Synthetic Aperture Radar User's Manuale / Christopher R. Jackson, John R. Apel Editors. Washington, DC NOAA. 464 p. <http://www.sarusersmanual.com/>.
19. Aleksanina M.G., Eremenko A.S., Dyakov S.E., Kazansky A.V., Levin V.A. The study of atmospheric vortex streets over the North-West Pacific from meteorological satellite imagery // Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2020. Т. 17, № 6. С. 63–69.
20. Амбрози П., Вельтищев Н.Ф., Гетц Г., Ноймайстер Х., Рункану Т. Шабров В.Г. Использование данных о мезомасштабных особенностях облачности в анализе погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 150 с.
21. Лоция Охотского моря. Вып. 1. Л.: ГУНиО МО СССР, 1984. 336 с.

Анна Владимировна Войкина

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, зав. сектором физиологии и биохимии, канд. биол. наук, ORCID ID: 0000-0001-8953-8154, SPIN-код: 9098-7552, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: voykina_a_v@azniirkh.ru

Леонид Анатольевич Бугаев

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, зав. лабораторией молекулярной генетики и физиологии рыб, канд. биол. наук, ORCID ID: 0000-0002-4440-0845, SPIN-код: 3710-9407, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: bugaev_l_a@azniirkh.ru

Марина Анатольевна Цыбульская

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, главный специалист сектора физиологии и биохимии, ORCID ID: 0000-0001-5957-9430, SPIN-код: 1847-5651, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: tsybulskaya_m_a@azniirkh.ru

Виктория Васильевна Зыкина

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист сектора физиологии и биохимии, ORCID ID: 0000-0001-6196-4223, SPIN-код: 1313-4550, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: lisovskaya_v_v@azniirkh.ru

Ольга Викторовна Кириченко

Азово-Черноморский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист сектора физиологии и биохимии, ORCID ID: 0000-0002-0282-7111, SPIN-код: 7024-2739, Россия, Ростов-на-Дону, e-mail: kirichenko_o_v@azniirkh.ru

**Сезонные особенности содержания липидов в теле азовской тюльки
(*Clupeonella cultriventris*, Nordmann, 1840) в период 2017–2020 гг.**

Аннотация. Проведен анализ содержания липидов в теле тюльки (*Clupeonella cultriventris*) на всех этапах ее жизненного цикла в период с 2017 г. по 2020 г. включительно. Дается сравнение полученных данных с референсным диапазоном содержания липидов, который был рассчитан по результатам многолетних исследований. Выявлено, что различия в содержании липидов в теле тюльки обусловлены возрастными особенностями рыб и сезонными изменениями, происходящими в организме. У сеголеток количество липидов ниже, чем у старшевозрастных особей. На основе изучения межсезонной динамики содержания липидов в теле тюльки установлено, что минимум содержания липидов характерен для рыб в апреле-мае, а максимум наблюдается в августе-октябре.

Ключевые слова: тюлька, *Clupeonella cultriventris*, липиды, Азовское море, размерные группы, сезонная динамика.

Anna V. Voykina

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Head of the Physiology and Biochemistry Sector, PhD, ORCID ID: 0000-0001-8953-8154, SPIN-код: 9098-7552, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: voykina_a_v@azniirkh.ru

Leonid A. Bugaev

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology of Fish, PhD, ORCID ID: 0000-0002-4440-0845, SPIN-код: 3710-9407, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: bugaev_l_a@azniirkh.ru

Marina A. Tsybulskaya

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Chief Specialist of the Physiology and Biochemistry Sector, ORCID ID: 0000-0001-5957-9430, SPIN-код: 1847-5651, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: tsybulskaya_m_a@azniirkh.ru

Victoriya V. Zykina

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist of the Physiology and Biochemistry Sector, ORCID ID: 0000-0001-6196-4223, SPIN-код: 1313-4550, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: lisovskaya_v_v@azniirkh.ru

Olga V. Kirichenko

Azov-Black Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist of the Physiology and Biochemistry Sector, ORCID ID: 0000-0002-0282-7111, SPIN-код: 7024-2739, Russia, Rostov-on-Don, e-mail: kirichenko_o_v@azniirkh.ru

Dynamics of lipid content in the body of *Clupeonella cultriventris* (Nordmann, 1840) in the period 2017–2020

Abstract. The analysis of the lipid content in the body of the black sea sprat (*Clupeonella cultriventris*) at all stages of its life cycle in the period from 2017 to 2020 inclusive was carried out. The article compares the data obtained with the reference range of lipid content, which was calculated based on the results of many years of research. It was revealed that the differences in the lipid content in the body of the black sea sprat are due to the age characteristics of the fish and seasonal changes occurring in the body. In fingerlings, the amount of lipids is lower than in older individuals. Based on the study of the inter-seasonal dynamics of the lipid content in the body of the black sea sprat, it was found that the minimum lipid content is typical for fish in April-May, and the maximum is observed in August-October.

Keywords: black sea sprat, *Clupeonella cultriventris*, lipids, Sea of Azov, size groups, seasonal dynamics.

Введение

Азовская тюлька – важный промысловый объект в Азовском море. В отдельные годы добыча ее достигала 100–120 тыс. т, однако, несмотря на активный специализированный лов, запасы этого вида используются далеко не полностью: средний коэффициент изъятия составляет 13 %, а в 2001–2005 гг. он был менее 3 % (при допустимом 50 %). Значительная часть уловов (до 85 %) идет на пищевые цели [1].

Биология азовской тюльки изучена сравнительно хорошо. Это – эвригалинная и эвритермная форма, нерестится в основной массе в возрасте два года и старше в мае-июне в Таганрогском заливе; нагуливается во вторую половину лета и осенью в собственно море; зимует, образовав плотные косяки, в центральной его части. Продолжительность жизни – четыре года [2].

Основу питания тюльки составляет зоопланктон. С проникновением в Азовское море гребневика, уничтожающего практически полностью весеннюю продукцию зоопланктона, запасы тюльки резко уменьшились [3–5].

Хищничество гребневика внесло существенные коррективы в традиционное функционирование сообщества животного планктона, которое обеспечивало эффективное питание планктоноядных рыб, их хорошее физиологическое состояние и достаточно высокий запас и урожайность поколений. После вселения гребневика появились два разных по продуктивности периода, длительность которых стала определяться сроками появления вселенца в Азовском море.

При раннем заходе гребневика высокий уровень развития зоопланктона наблюдается в мае. Позднее появление мнемииопсиса создает предпосылки для сохранения высокой продуктивности зоопланктона и в июне, что дает возможность рыбе интенсивно питаться в первой половине нагула. Второй период – от июля к августу, независимо от сроков захода гребневика, является низкопродуктивным. Такие условия питания отрицательно сказываются на основных физиологических показателях – жирности и линейно-массовом росте тюльки [1].

Прогнозирование структуры и численности популяции азовской тюльки невозможно без использования данных по физиолого-биохимическим показателям, которые отражают состояние здоровья рыб и позволяют оценить динамику условий обитания разновозрастных особей (в первую очередь обеспеченность кормовыми ресурсами).

Использование такого показателя, как липиды для оценки степени благополучия рыб с разной экологией и адаптации в изменяющихся условиях среды обитания широко освещено во многих работах [1, 6–9].

В конечном счете от степени соответствия уровня жировых запасов в теле особи, величины затрат энергии на обеспечение жизненно важных функций в разные периоды годового и жизненного циклов во многом зависит динамика популяции и судьба вида в целом [9].

Целью работы являлось выявление особенностей физиолого-биохимического состояния тюльки в Азовском море на основании анализа содержания липидов в теле разновозрастных особей в 2017–2020 гг.

Материалы и методы

Материалом для исследования послужили особи азовской тюльки, выловленные во время учетно-траловых съемок и в ходе мониторинга промысла в Азовском море. Отбор проб производился круглогодично с 2017 по 2020 гг. Исследуемая выборка формировалась методом случайного отбора рыб из траловых уловов в разные периоды жизненного цикла рыб в количестве 100–200 экземпляров. После отлова рыб производился их внешний осмотр на наличие различных наружных повреждений, признаков заболеваний и паразитарных инвазий. С помощью штангенциркуля с точностью до 0,1 мм проводили измерение длины рыбы и разделяли особей на следующие размерные группы, соответствующие вкладу в репродукцию популяции: <50 мм (сеголетки), 51–70 мм (особи репродуктивного возраста), >70 мм (страшевозрастные особи). Рыб в каждой размерной группе измельчали целиком без удаления внутренностей с использованием специального устройства. Полученные пробы фарша использовали для количественного определения воды и суммарных липидов согласно утвержденным методикам [10].

Математическую обработку данных осуществляли с использованием специализированного программного обеспечения MS Excel V 13 и Statsoft Statistica V. 12. Значения полученных результатов в работе представлены в виде средней величины и стандартной ошибки ($M \pm m$).

Анализ различий в анализируемых выборках рыб проводился с использованием непараметрического U критерия Манна-Уитни для независимых выборок. Результаты считали достоверными в случае, если $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

У тюльки, как и у других сельдевых рыб, характеризующихся в целом высокой плавательной способностью, белые туловищные мышцы служат основным жировым депо. Общие запасы и фракционный состав липидов в них у подвижных видов, как правило, чрезвычайно лабильны. Они подвержены существенным сезонным колебаниям, модифицируются даже после непродолжительной (2–4 ч) плавательной нагрузки и довольно быстро реагируют на изменение пищевого фактора [11].

Согласно литературным данным содержание жира в теле тюльки подвержено сильным сезонным колебаниям: плавно снижается зимой, затем происходит резкое падение жирности в апреле и мае, связанное с созреванием половых продуктов и нерестом. В нагульный период в теле тюльки происходит интенсивное накопление жировых запасов [12–14].

Исследования показали, что для основной части популяции тюльки репродуктивного возраста (рыбы от 51 до 70 мм) содержание липидов в теле в течение года имело характерные сезонные колебания (рис. 1): минимальное количество липидов в теле рыб в 2017 и 2018 гг. было отмечено в мае, в 2019 и 2020 гг. – в апреле; в летние месяцы отмечалось увеличение содержания липидов в теле тюльки, которое достигало максимальных значений в различные годы исследования в зависимости от продолжительности и сроков нереста, а также наличия кормовых ресурсов в местах нагула в августе-октябре; в осенне-зимний период наблюдалось характерное уменьшение количества липидов в теле рыб во все исследуемые года.

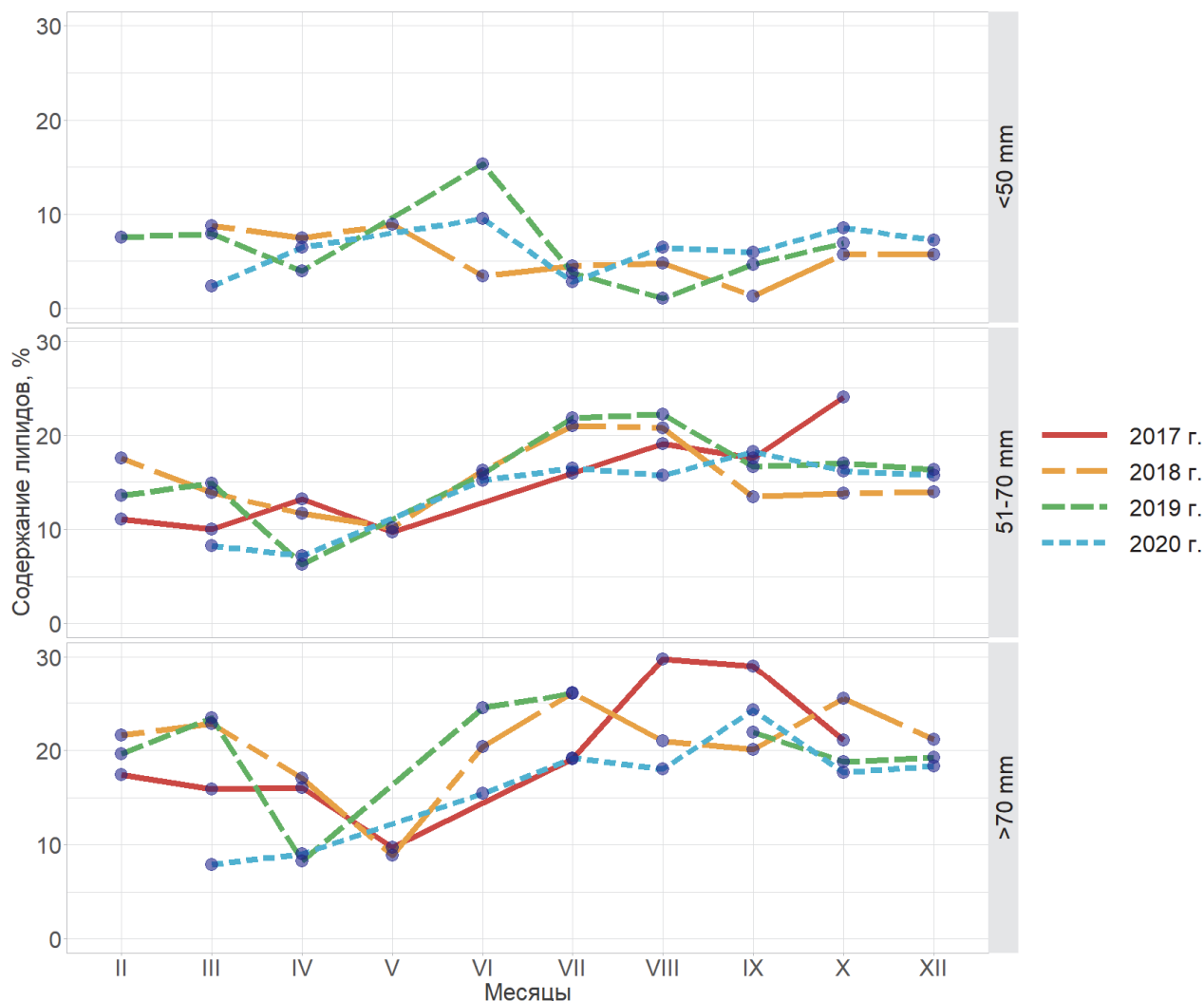


Рисунок 1 – Динамика сезонных изменений накопления общих липидов в теле тюльки по размерным группам, % (на сырое вещество)

Подобная динамика накопления липидов в теле тюльки прослеживается и для рыб более 70 мм, однако количественно содержание липидов у данной возрастной группы рыб выше, чем у особей других возрастов. Младшевозрастные особи тюльки характеризовались отсутствием четко выраженной динамики накопления липидов в теле, в отличие от особей старшего возраста. В летне-осенний нагульный период 2019 и 2020 гг. максимальное количество липидов в теле сеголеток было отмечено в июне (10–15 %), затем в июле-августе наблюдалось падение уровня липидов до 5 %, но к концу нагульного периода содержание липидов в теле тюльки младшей возрастной группы вновь возрастало до 10 %. В 2018 г. максимальное количество липидов в теле сеголеток тюльки составляло около 5 %. Согласно исследованиям Г.Е. Шульмана [2] жирность молоди и неполовозрелых особей тюльки ниже, чем жирность старших возрастных групп, которое объясняется преобладанием у младших возрастных групп рыб процессов белкового роста над жиронакоплением.

Репродуктивный потенциал производителей различных видов рыб, как правило, определяется степенью накопления энергопластических ресурсов (липидов и белков) в тканях. При недостаточном уровне накопления запасных веществ в мышцах (общие липиды) рыба может отказаться от нереста, что, как следствие, уменьшит величину пополнения будущих поколений [15].

Так как тюлька относится к рыбам с порционным икрометанием, то во время гаметогенеза у производителей происходит значительная и постоянная мобилизация общих липидов в теле рыб: порционное выметывание икры происходит с одновременным созреванием очередных порций, что связано с большими энергетическими затратами.

Основу нерестового стада тюльки составляют рыбы годовалого и двухгодовалого возраста. Структура сообщества рыб на нерестилищах в период размножения не остается постоянной. В апреле среди нерестящихся рыб обычно преобладают двухгодовики. В мае за счет массового подхода созреваемых рыб средний возраст нерестовой популяции снижается, а годовики становятся в ней доминирующей группой [1].

Для оценки состояния рыб в нерестовый период по показателю содержания общих липидов были обследованы особи размером от 51 до 70 мм (соответствует возрасту 1–2 года), выловленные в Таганрогском заливе в апреле-мае 2017–2020 гг.

Исследования показали, что в 2017 и 2018 гг. содержание липидов в теле производителей тюльки в нерестовый период было на уровне среднемноголетних величин: в апреле содержание липидов составляло в среднем 12–13 %, к маю количество липидов уменьшалось на 2 %. В апреле 2019 и 2020 гг. содержание общих липидов в теле тюльки, мигрирующей на нерест в Таганрогский залив, было в 1,6–1,8 раза ниже среднемноголетних величин и находилось на уровне 6–7 %.

Можно предположить, что разница в количестве липидов в теле тюльки в нерестовый период 2017–2020 гг. обусловлена различными сроками подхода особей к нерестилищам. Условия зимовки рыб в 2019 и 2020 гг. характеризовались достаточно высокими температурами воды в Азовском море и, как следствие, тратами жировых запасов на движение и созревание половых продуктов. Теплая зима обусловила более ранний распад зимовальных скоплений тюльки в центральной части Азовского моря и более ранний подход к местам нереста в Таганрогском заливе.

После массового нереста тюлька покидает Таганрогский залив и во второй половине лета и осенью (при раннем нересте с июня по август, при позднем – с июля по сентябрь) нагуливается в собственно море.

Конечным итогом нагула азовской тюльки является жирность или общее содержание липидов в теле рыб, которая отражает условия жизни популяции.

Интенсивность накопления липидов в теле тюльки в нагульный период зависит от сроков ее нереста и биомассы мнемнопсиса в Азовском море. Чем раньше происходит нерест у тюльки, тем менее выражена конкуренция за кормовую базу с гребневиком и, соответственно, выше уровень липидов в теле рыб.

Согласно данным Луц [1] при неблагоприятных кормовых условиях в нагульный период тюлька накапливает очень мало липидов (от 8,0 до 17,7 %). В период зимовки ослабленная

малоупитанная часть стада с содержанием липидов менее 13 % не созревает и весной пропускает нерестовый сезон. При благоприятных условиях нагула тюлька накапливает больше жира (до 17–20 %), эти рыбы за зиму созревают и весной заходят на места размножения.

Исследования показали, что уровень содержания липидов в теле репродуктивной части популяции тюльки в конце нагульного периода во все годы исследований не опускался ниже отметки 13 % (рис. 2). Максимум жирности для рыб в 2017 г. приходился на октябрь, в 2018–2019 г. – на август, в 2020 г. – на сентябрь. Можно предположить, что различия в сроках наступления пика накопления липидов связаны со сроками нереста тюльки и, соответственно, продолжительностью нагульного периода.

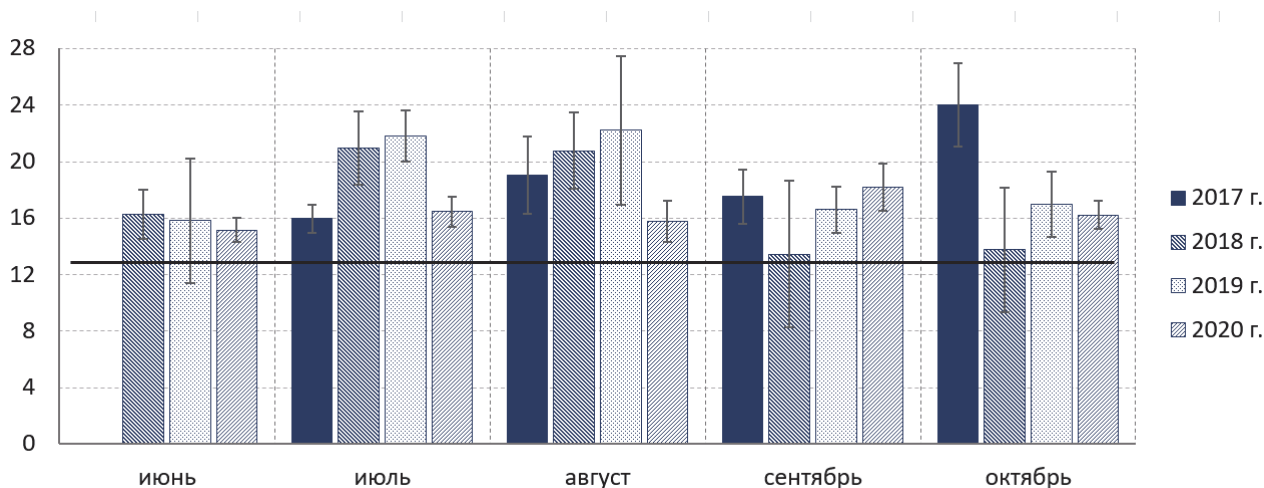


Рисунок 2 – Содержание липидов в теле тюльки в нагульный период 2017–2020 гг. (для рыб размером от 51 до 70 мм), % (на сырое вещество)

В целом можно отметить, что уровень накопления липидов в теле тюльки в конце нагульного периода в годы исследований был ниже среднееголетних величин, рассчитанных на основе данных, полученных до вселения гребневика в Азовское море. В период с 1983 по 1987 гг. содержание липидов в теле тюльки осенью варьировало от 20,1 до 25,7 %.

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод, что степень накопления липидов в теле тюльки имеет четко выраженную сезонную динамику, а также прослеживаются изменения содержания липидов в теле рыб по размерно-возрастным группам.

Высокая вариабельность значений содержания липидов в теле тюльке в исследуемые годы обусловлена следующими факторами: различным ареалом поиска пищи, неоднородностью запасов и состава кормовых ресурсов, продолжительностью и сроками нереста тюльки, сроками захода гребневика мнемииопсиса в Азовское море и др.

Библиографический список

1. Луц Г.И. Условия существования, особенности формирования запасов и промысел азовской тюльки. Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2009. 118 с.
2. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1972. 365 с.
3. Костюченко В.А. Питание тюльки и использование ею кормовой базы Азовского моря // Тр. ВНИРО. 1955. Т. 031. Вып. 1. С. 378–391.
4. Луц Г.И., Рогов С.Ф., Пряхин Ю.В. Некоторые закономерности колебаний численности основных пелагических рыб Азовского моря – тюльки, сельди и хамсы // Вопр. ихтиологии. 1987. Т. 17, № 4. С. 26–31.

5. Луц Г.И., Мирзоян З.А. Условия формирования запасов тюльки в современный период // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбных водоемов Азовского бассейна: сб. науч. тр. ФГУП «АзНИИРХ». Ростов-на-Дону, 1996. С. 166–174.
6. Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 238 с.
7. Сидоров В.С., Лизенко Е.И., Рипатти П.О., Болгова О.М. Липиды рыб (литературный обзор) // Сравнительная биохимия рыб и их гельминтов. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1977. С. 5–56 .
8. Гершанович А.Д., Лапин В.И., Шатуновский М.И. Особенности обмена липидов у рыб // Успехи современной биологии. 1991. Т. 3. Вып. 2. С. 207–219.
9. Халько В.В. К вопросу о физиолого-биохимическом состоянии тюльки *Clupeonella cultriventris* (Clupeidae, Clupeiformes) в Рыбинском водохранилище // Вопр. ихтиологии. 2007. Т. 47, № 3. С. 406–417.
10. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа.
11. Халько В.В., Кияшко В.И., Халько Н.А. Циркадноритмические изменения липидного состава мышц у тюльки *Clupeonella Cultriventris* (Clupeidae, Clupeiformes) при естественной периодичности питания в нагульный и нерестовый периоды в Рыбинском водохранилище // Вопр. ихтиологии. 2009. Т. 49, № 4. С. 541–553.
12. Шульман Г.Е. Исследование жирности и йодных чисел жира азовской тюльки // Зоологический журнал. 1968. Т. 67. Вып. 10.
13. Войкина А.В., Бугаев Л.А., Бортников Е.С., Ружинская Л.П., Цыбульская М.А., Сергеева С.Г., Стрижакова Т.В. Физиологическое и паразитологическое состояние тюльки (*Clupeonella cultriventris*) Азовского моря в 2018 году. Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. № 4. С. 202–207.
14. Лисовская В.В. Содержание общих липидов в теле тюльки *Clupeonella cultriventris* Азовского моря в нагульный период 2020 г. // Наука и технологии Юга России: тез. докл. 2021. С. 17.
15. Мухамедова Р. М., Базелюк Н. Н., Аксёнов В. П. Содержание общих липидов в мышцах разноразмерных групп самок сельди-черноспинки во время нерестовой миграции 2015 года // Вестн. АГТУ. Сер.: Рыб. хоз-во. 2016. № 3. С. 122–127.

Мария Геннадьевна Волнухина

Севастопольский центр эколого-натуралистического творчества учащейся молодежи, учащаяся творческого объединения «Гидроэкология», Россия, Севастополь

Наталья Станиславовна Кузьминова^{1,2}

¹Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Российской академии наук, старший научный сотрудник, канд. биол. наук, ORCID: 0000-0001-5453-0136, Россия, Севастополь, e-mail: kunast@rambler.ru

²Севастопольский центр эколого-натуралистического творчества учащейся молодежи, руководитель творческого объединения «Гидроэкология», педагог дополнительного образования, Россия, Севастополь

Экспериментальное воздействие настоек черноморской цистозеры на два вида зелени

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования влияния настоек цистозеры на укроп сорта «Грибовский», а также салат сорта «Лифли». Установлено, что разные концентрации настойки цистозеры не оказывали положительного эффекта на рост укропа и салата. Только всход растений после полива раствором с минимальным содержанием макрофита был выше контрольных показателей.

Ключевые слова: цистозера, Черное море, салат, укроп.

Maria G. Volnukhina

Sevastopol Center for Ecological and Naturalistic creativity of students, Student of the creative association «Hydroecology», Russia, Sevastopol

Natalya S. Kuzminova^{1,2}

¹A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the South Seas of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher, PhD, ORCID: 0000-0001-5453-0136, Russia, Sevastopol, e-mail: kunast@rambler.ru

²Sevastopol Center for Ecological and Naturalistic creativity of students, Head of the creative association «Hydroecology», Teacher of additional education, Russia, Sevastopol

Experimental exposure of the black sea cystosyra tincture for two types of greens

Abstract. Experimental studies of the effect of Cystoseira tinctures on dill (sort Gribovsky), as well as lettuce (sort Leafly), were carried out. It was found that different concentrations of algae tincture did not have a positive effect on the growth of dill and lettuce. Only the seedling of plants after watering with a solution with a minimum content of macrophyte was higher than the control values.

Keywords: Cystoseira, Black Sea, lettuce, dill.

Помимо прижизненных функций (фотосинтез, очистка воды, убежище и место нереста для гидробионтов), водоросли являются полезным сырьём (и выброшенные на берег, и специально добытые).

Цистозера как массовый представитель морской флоры Азовского, Средиземного и Чёрного морей уже широко используется в различных сферах жизнедеятельности человека [1]. В

настоящее время значительные штормовые выбросы морских трав и макрофитов скапливаются на берегах Крыма и на побережье Черного и Азовского морей, однако сведений об их использовании для сельского хозяйства мало [2].

Эксперимент был поставлен на двух крымских растениях: укроп (сорт «Грибовский») и салат (сорт «Лифли»). Выбранные виды сельскохозяйственных культур ранее не были изучены с позиций оценки влияния добавок удобрений, содержащих морские водоросли. В качестве биологических добавок использовали мелкую сухую измельченную цистозиру. Несмотря на высокую регенеративную способность цистозеры [3], данная водоросль внесена в Красную книгу Севастополя и Крыма, в связи с чем макрофит отбирали в зоне выброса в бухте Круглой после весеннего сезона роста биомассы.

Каждый эксперимент (продолжительностью 30 дней) проведён в трёх повторностях для концентраций макрофита: 0 г на 100 г воды (контроль), 0,5 г/100 г (С), 0,25 г/100 г (В), 0,125 г /100 г (А). Сначала готовили настойку из водорослей, затем производили посадку семян двух сортов растений в грунт. Увлажнение почвы настойкой осуществляли по мере высыхания почвы.

Через месяц при минимальной концентрации цистозеры всход укропа был наибольший (рис. 1). При всех опытных концентрациях всход салата был выше контрольного значения, но близок во всех вариантах.

Установлено, что в контроле количество веток укропа больше, чем в опытных вариантах (рис. 2). В эксперименте по исследованию влияния добавок водоросли на вторую культуру число ответвлений достоверно не различалось как в контроле, так и в других случаях.

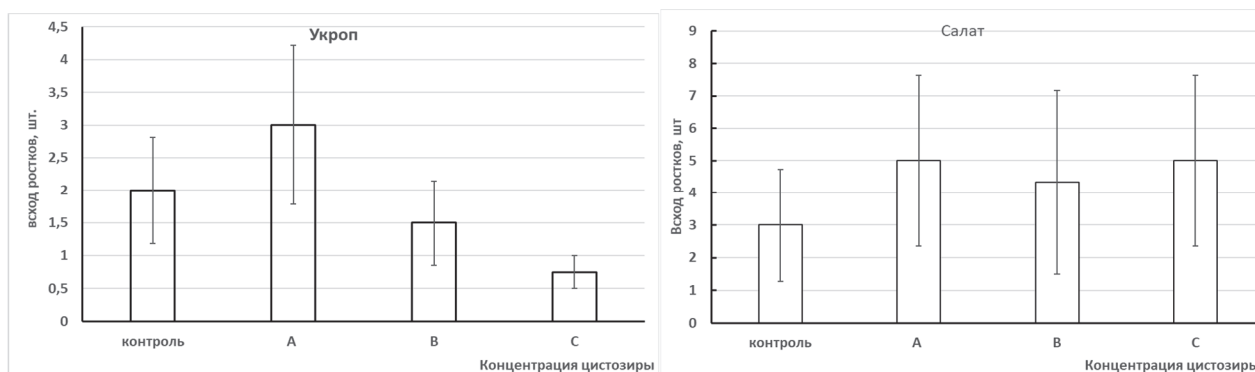


Рисунок 1 – Всход растений под влиянием разных концентраций настойки цистозеры

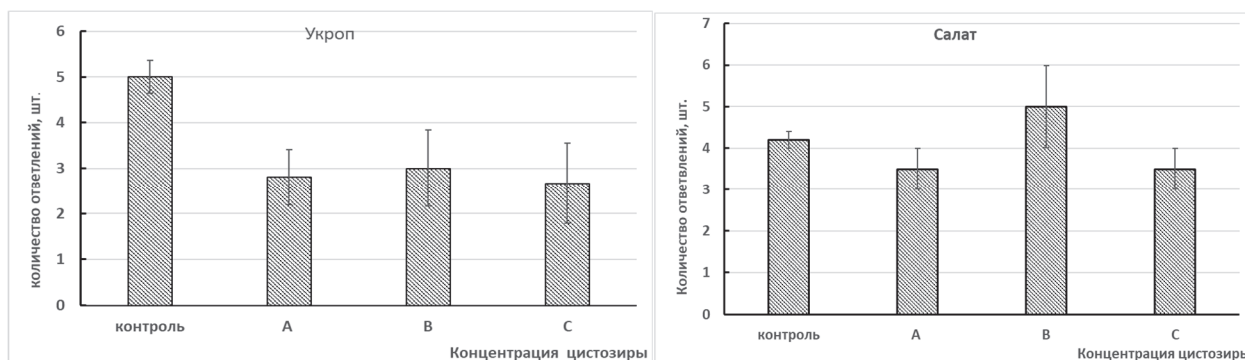


Рисунок 2 – Количество ответвлений у зелени под влиянием разных концентраций настойки цистозеры

Отмечено, что через месяц в контроле длина укропа оказалась больше, чем во всех опытных вариантах, в то время как в эксперименте с салатом тенденция роста растения обратная (рис. 3). Следует отметить, что в случае с добавлением настойки минимальной концентрации цистозеры длина салата была на 5 см выше контрольного значения ($27 \pm 1,82$ см). Ширина листьев салата через месяц выращивания была очень низкой во всех случаях: в контроле –

0,63±0,04, при минимальной концентрации – 0,68±0,03, при средней и максимальной дозе цистозеры – 0,72±0,04 и 0,53±0,05 см соответственно.

На основании вышесказанного можно заключить, что настойка цистозеры не оказывала положительного эффекта на рост укропа и салата. Аналогичные исследования были получены ранее нашими коллегами: при добавлении сухой цистозеры в грунт всхожесть семян укропа увеличилась, а смертность ростков уменьшилась, однако дальнейший рост стеблей укропа в эксперименте с цистозерой не установлен. При внесении макрофита, несмотря на начальный прирост ответвлений, в конце экспозиции этот параметр был ниже контроля [4].

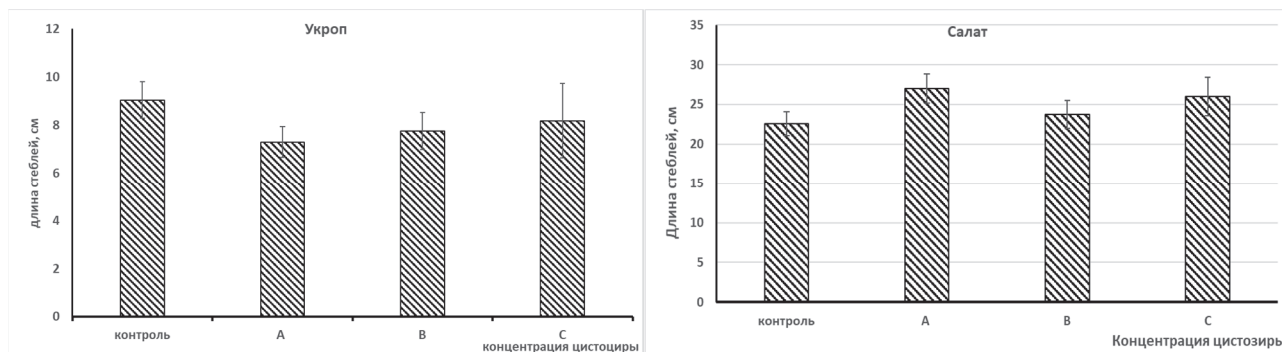


Рисунок 3 – Длина стеблей укропа и салата под влиянием разных концентраций настойки цистозеры

В то же время некий положительный эффект от добавок водорослей имеет место быть. Ранее в нашем творческом объединении были проведены эксперименты, посвященные изучению воздействия добавок сухой цистозеры на некоторые параметры лука-сечки сорта «Кубанский». Длина корней и количество перьев лука сорта «Кубанский», выращенного методом гидропоники при различных добавках цистозеры, было максимальным в концентрации 0,06 мг/л. Значения итоговой массы растений были близки в контроле и опытах, однако при низких концентрациях добавок цистозеры урожайность лука была наибольшей, что составило прибавку в массе на 13,3 % [5].

Работа выполнена по теме № 121031500515-8 «Молисмологические и биогеохимические основы гомеостаза морских экосистем».

Библиографический список

1. Рябушко В.И., Мусатенко Л.И., Войтенко Л.В., Попова Е.В., Нехорошев М.В. Функциональная роль фукоксантина и фитогормонов из морских бурых водорослей // Альгология. 2014. № 24(1). С. 20–33.
2. Ерохин В.Е. О возможности использования морских растений Азово-Черноморского бассейна для органического земледелия // Вопросы современной альгологии. 2020. № 1(22). С. 1–7. DOI: 10.33624/2311-0147-2020-1(22)-1-7.
3. Сабурин Ю.М. Фитоценозы черноморской цистозеры: структура, восстановление и перспективы использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук по специальности «Гидробиология» - 03.00.18. М., 2004. 24 с.
4. Смирнова Я.П. Влияние добавок цистозеры на крымский сорт укропа // Первые шаги в науке: сб. тез. работ участников XXV Всероссийского детского конкурса научно-исследовательских и творческих работ / под ред. А.А. Румянцева, Е.А. Румянцевой. М.: НС «ИНТЕГРАЦИЯ», Минпросвещения России, Минкультуры России, Минздрав России, Минтранс России, Минсельхоз России, Московский Патриархат, офицеры России, Роскосмос, Росвоенцентр, РИА, РАО, 2020. С. 549–550.
5. Таранова Е.А., Короткова А.В., Кузьмина Н.С. Влияние добавок цистозеры на ростовые параметры лука кубанского // Современное состояние водных биоресурсов: материалы VI Междунар. конф., г. Новосибирск, 11–13 ноября 2021 г. Новосибирск: НГАУ, 2021. С. 264–268.

Делик Доккович Габаев

Национальный научный центр морской биологии имени А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: gabaevdd@mail.ru

**Рост приморского гребешка *Patinopecten (=Mizuhopecten) yessoensis*
на морских плантациях Приморского края**

Аннотация. Представлены результаты 35-летних наблюдений за ростом молоди приморского гребешка *Patinopecten (= Mizuhopecten) yessoensis* на искусственных субстратах в бухте Миносок Приморского края Хасанского района и его культивирования до товарного размера. Было обнаружено, что размер молоди этого моллюска, приведенный к одной дате – 23 сентября – положительно и достоверно коррелирует с соленостью на поверхности воды в течение летних месяцев, что позволяет предположить его зависимость не от температуры, а от обилия пищи на акватории бухты. Оказалось, что коллектор – садки могут заменить не только коллекторы японской конструкции, но и садки, и без пересадки получать товарную продукцию.

Ключевые слова: приморский гребешок *Patinopecten yessoensis*, рост моллюска на коллекторах и коллекторах-садках.

Delik D. Gabaev

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: gabaevdd@mail.ru

**Growth of sea scallop *Patinopecten (=Mizuhopecten) yessoensis*
on the sea plantations of Primorye Territory**

Abstract. In the report are presented results of 35-year-old researches of growth juveniles a sea scallop *Patinopecten yessoensis* on artificial collectors in bay Minonosok of Primorye Territory of Hasansky area and its cultivation till marketable size. It was revealed, that the size juveniles of this molluscs led to one date - September, 23 are positively and authentically correlates with salinity on a surface of water within summer months that allows to assumed its dependence not from temperature, but from a food abundance on the bay water area. It emerged that a collector - cages can replace not only collectors of the Japanese design, but also cages, and without transplantation attain a marketable size.

Keywords: Sea scallop *Patinopecten yessoensis*, growth of molluscs on collectors, and collector – cages.

Приморский гребешок *Patinopecten (=Mizuhopecten) yessoensis* – главный объект марикультуры Приморского края, однако технология культивирования этого моллюска часто убыточна [1]. В бухте Миносок зал. Посыета его разведением занимались 50 лет, но не определяли факторы, влияющие на его рост в коллекторах, что не способствовало совершенствованию технологии. В теоретических публикациях океанолога Григорьевой Н.И. основным фактором, управляющим нерестом и ростом этого моллюска, является температура воды [2, 3, 4], поскольку цвет моря и биогены, принесенные от реки Туманной юго-восточными ветрами к острову Фуругельма, дующими с апреля по сентябрь [5], представляются ей наличием апвеллинга у этого острова [6]. Однако биологи хорошо знают, что нерест

у водных животных может задерживаться до тех пор, пока в воде не появится достаточное количество пищи для личинок [7, 8, 9] и его можно стимулировать искусственным апвеллингом [10], повышающим также выживаемость молоди [11]. В случае безветренной осени наблюдается высокая гибель молоди в коллекторах [10]. У голодающих моллюсков наблюдается лишь частичный выброс гамет в море [12], что наблюдается и у приморского гребешка [13, 14, 10]. Аномалии развития велигеров могут быть связаны нарушением питания [15], и при 3-суточном голодании личинки теряют запас липидов почти полностью, что исключает наступление метаморфоза [16]. Знание условий питания и пищевых отношений морских организмов имеет решающее значение при организации их искусственного воспроизводства [17]. Естественный же апвеллинг наблюдается не каждый год, а если и случается в открытой части зал. Посъета, то во второй половине октября [18], когда пересадка гребешка из коллекторов в садки уже завершена.

Целью представленной публикации является сопоставление продукционных показателей двух конструкций искусственных субстратов, используемых в нескольких технологических режимах, а также их сравнение с результатами донного культивирования в зал. Посъета.

При поиске оптимального времени выставления гребешковых коллекторов, в зал. Посъета и бухте Кит (среднее Приморье), по методу [19] определяли начало нереста производителей путем исследования динамики гонадного индекса. Время наступления нереста моллюсков устанавливали по резкому снижению на 9–12 % гонадного индекса у самок. Через неделю после нереста в бухте Миноносков один раз в 2–3 дня в течение 14 лет в горизонте 0–10 м на 1–3 станциях с помощью сети Апштейна брали пробы планктона. Размер ячеи мельничного сита составлял 100 мкм. Скорость подъема сети не превышала 0,5 м/с. Планктонные пробы фиксировали 3 % формальдегидом.

Просчет и измерение личинок гребешка проводили под микроскопом МБС с помощью камеры Богорова, а обнаруженную численность переводили на 1 м³. Аналогичные наблюдения проводили в течение трех лет в бухте Кит. Гирлянды коллекторов погружали в море после достижения личинками гребешка длины раковины 250 мкм (перед оседанием) и через 3–4 месяца их поднимали на поверхность. Для сопоставления пяти технологических схем в двух бухтах (Миноносков и Кит, среднее Приморье) у одной трети коллекторов-садков с 15 мм отверстиями в оболочке осевших личинок содержали без пересадок в течение 3 лет. У второй части коллекторов-садков годовалую молодь пересаживали в садки для дорастивания, а оставшуюся часть высевали на дно.

Наши 35-летние наблюдения за размером спата гребешка в японских коллекторах бухты Миноносков, приведенные к одной дате – 23 сентября – показали, что высота их раковины недостоверно коррелирует с температурой воды в июне и июле ($r = 0,172$; $p = 0,324$ и $r = 0,21$; $p = 0,38$ соответственно), а в августе она даже отрицательная ($r = -0,11$; $p = 0,64$). Это говорит о том, что глубины 6–9 м не подходят для подращивания моллюска. Высокая же положительная и достоверная взаимосвязь высоты раковины с соленостью воды в июне ($r = 0,454$; $p = 0,006$) [20] и со среднегодовой соленостью ($r = 0,635$; $p = 0,000$) позволяет сделать предположение о положительном воздействии на рост молоди гребешка подтока полносоленых, богатых пищей вод.

Коллекторы японской конструкции имеют площадь поверхности 1,44 м², но не имеют внутренних перегородок и штормовые волны стряхивают молодь на дно мешка, что приводит к гибели гребешков и замедлению среди уцелевших темпов роста из-за конкуренции [10]. Конусы коллекторов-садков площадью 0,1 м² герметично разделяют внутреннюю часть, препятствуя осыпанию молоди и переползанию хищников, что повышает выживаемость молоди в коллекторах. Меньшее оседание в них мидии и отсутствие скученности благоприятствуют росту молоди. По наблюдению автора, в коллекторах японской конструкции и коллекторах-садках средняя высота раковины 28 сентября 1988 г. в бухте Миноносков была $12,5 \pm 1,3$ и $13,8 \pm 1,0$ мм соответственно. При этом обилие молоди в коллекторах японской конструкции составляло 16,0 экз./м², а в коллекторах-садках – 1909,0 экз./м². Сравнение этих двух конструкций в 1989 г. показало, что в японских коллекторах обилие молоди приморско-

го гребешка было 102,1 экз./м², а в коллекторах-садках – 263,5 экз./м². В средней и северной части Приморья даже в коллекторах-садках гребешки не достигают к моменту пересадки оптимальных 10–20 мм. Например, в бухте Кит высота раковины гребешка 24 октября 1985 г. была только 12,24 ± 0,19 мм, а в заливе Владимира 3 ноября 1999 г. – 11,59 ± 0,55 мм, что препятствует их пересадке в садки, поскольку нежные створки повреждаются во время пересадки и сортировки моллюсков. В этом плане более оптимальны коллекторы-садки, в которых можно без пересадки содержать моллюсков до весны следующего года [21]. В случае у оболочки коллекторов-садков 15–20 мм отверстий появляется возможность культивирования гребешков без пересадок до товарного размера (таблица).

Результаты культивирования *P. yessoensis* в Приморье в течение трех лет по трем технологическим схемам [22]

Вариант*	Высота раковины, мм	Выживаемость, %	Общая масса со створкой, г	Масса мягких тканей, г	Масса мускула, гр	Продукция, г/м ²
1	82,3 ± 1,8	75,0	58,1 ± 4,2	21,7 ± 1,8	9,5 ± 0,8	14728
2	75,1 ± 6,5	55,2	48,6 ± 4,3	18,2 ± 1,7	7,6 ± 1,8	4050
3	88,9 ± 1,5	30,0	79,3 ± 4,1	39,8 ± 1,8	15,1 ± 0,7	397
4	84,4 ± 8,6	56,0	79,5 ± 8,1	31,8 ± 9,5	13,5 ± 1,5	7950
5	84,1 ± 1,7	30,3	76,7 ± 3,9	23,7 ± 3,2	6,0 ± 0,8	11045

*Примечание. 1 – в коллекторах-садках бухты Кит без пересадок; 2 – в садках бухты Кит после пересадки из коллекторов; 3 – на дне в зал. Посъета после посева годовиков; 4 – в садках зал. Посъета после пересадки из коллекторов; 5 – в коллекторах-садках в зал. Посъета без пересадок.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что давно назрела необходимость замены коллекторов японской конструкции на российские коллекторы-садки, в которых выше выживаемость и темпы роста молоди. Если бы температура воды действительно определяла рост спата, то эти знания не привели бы к улучшению технологии, поскольку в верхнем горизонте наблюдается массовое оседание личинок тихоокеанской мидии – конкурента гребешка, иногда приводящее к его полной гибели [23].

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. Григорьева Н.И. Исследование фенодат начала нереста и оседания приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis* Jay, 1857) в бухте Миноносков (залив Посъета, залив Петра Великого, Японское море // Вестн. ДВО РАН. 2020а. № 5. С. 138–141.
3. Григорьева Н.И. Скорости роста моллюсков подвешного выращивания в заливе Посъета (Японское море) // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2020. Вып. 24, № 1, 2. С. 67–81.
4. Григорьева Н.И. Анализ размерно-весовых характеристик моллюсков подвешного выращивания в зал. Посъета (Японское море) за 1970–2011 гг. // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2021. Вып. 25, № 1, 2. С. 17–31.
5. Вышкварцев Д.И. Трансграничный поток загрязнений с водами реки Туманной // Вестн. ДВО РАН. № 2. С. 88–91.
6. Григорьева Н. И. Изменчивость температуры воды в бухте Миноносков залива Посъета (залив Петра Великого); результаты многолетних наблюдений // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. С. 83–89.
7. Книпович Н.М. Гидрография морей и озер (в применении к рыболовству). М.; Л.: Пищепромиздат, 1938. 513 с.

8. Кушинг Д.Х. Морская экология и рыболовство. М.: Пищ. пром-сть, 1979. 288 с.
9. Касьянов, В.Л. Размножение иглокожих и двустворчатых моллюсков / В.Л. Касьянов, Л.А. Медведева, Ю.М. Яковлев, С.Н. Яковлев. М.: Наука, 1980. 204 с.
10. Габаев, Д.Д. Антропогенное эвтрофирование залива Посъета Японского моря установками марикультуры / Д.Д. Габаев, А.В. Кучерявенко, Н.А. Шепель // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 1. С. 53–62.
11. Габаев Д.Д. Уровень воспроизводства двустворчатых моллюсков как показатель экологического состояния акватории // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. 2010. Т. 14. С. 41–60.
12. Lubet, P. Action de la tempère sur le cycle de reproduction des Lamellibranches / P. Lubet // Bul. Soc. Zool. France. 1981. Vol. 106, № 3. P. 283–292.
13. Maru K. Studies on the reproduction of a scallop, *Patinopecten yessoensis* (Jay) – 1. Reproductive cycle of the cultured scallop // Sci. Reps. Hokkaido Fish. Exp. St. 1976. № 18. P. 9–26.
14. Белогрудов Е.А. Биологические основы культивирования приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* (Jay) (Mollusca, Bivalvia) в заливе Посъета (Японское море): автореф. дис. ... канд. биол. наук / Белогрудов Евгений Андреевич; Ин-т биологии моря ДВНЦ АН СССР. Владивосток, 1981. 23 с.
15. Edouard, H. Observations complémentaires sur les cause possibles des anomalies de la reproduction de *Crassostrea gigas* (Thunberg) dans le bassin d' Arcachon / H. Edouard, M. Danielle, R. Riné // Rev. Trav. Inst. Pêches mar. 1984/1986. Vol. 48, № 1–2. P. 45–54.
16. Lucas A. La nutrition des larves de bivalves // Océanis. 1982. Vol. 8, № 5. P. 363–388.
17. Левин В.С. О работе секции марикультуры на IV Всесоюзной конференции «Шельфы: проблемы природопользования и охраны окружающей среды» // Биол. моря. 1982. № 5. С. 3–6.
18. Кошелева, А. В. Апвеллинг на узком шельфе Японского моря в 2011 г. / А.В. Кошелева, И.О. Ярошук, Ф.Ф. Храпченков, А.А. Пивоваров, А.Н. Швырев, Р.А. Коротченко // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2021. Т. 14, № 1. С. 31–42.
19. Ito, S. Some proplems on culture of the scallop in Mutsu Bay / S. Ito, H. Kanno, K. Takahashi // Bull. of Mar. Biol. St. of Ass. 1975. Vol. 15, № 2. P. 89–100.
20. Габаев Д.Д. О прогнозировании численности молоди Приморского гребешка *Patinopecten yessoensis* на плантациях морских хозяйств Приморского края // Вопр. рыболовства. 2020. Т. 21, № 3. С. 313–330.
21. Гаврилова, Г.С. Продуктивность плантаций двустворчатых моллюсков в Приморье: монография / Г. С. Гаврилова, А. В. Кучерявенко; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2011. 112 с.
22. Габаев Д.Д. Беспересадочное культивирование промысловых двустворчатых моллюсков // Вопр. рыболовства. 2008. Т. 9, № 1(33). С. 218–243.
23. Габаев, Д.Д. Специфика условий существования промысловых беспозвоночных на искусственных субстратах в эвтрофированном Амурском заливе (Японское море) / Д.Д. Габаев, Н.Ю. Таупек, Н.К. Колотухина // Экология. 2005. № 5. С. 370–377.

УДК 574.64

Матвей Константинович Гамов

Дальневосточный федеральный университет, магистрант, ORCID: 0000-0001-8133-4392, SPIN-code: 8401-6960, Россия, Владивосток, e-mail: gamovmota123456@gmail.com

Вячеслав Олегович Бизбородов

Дальневосточный федеральный университет, магистрант, ORCID: 0000-0002-0411-4983, Россия, Владивосток, e-mail: bizborodov.vo@mail.ru

Вадим Евгеньевич Метревели

Дальневосточный федеральный университет, магистрант, ORCID: 0000-0003-0050-843X, SPIN-code: 2525-8704, Россия, Владивосток, e-mail: metrevelevadim@mail.ru

Василий Юрьевич Цыганков

Дальневосточный федеральный университет, канд. биол. наук, доцент Международной кафедры ЮНЕСКО «Морская экология», Институт Мирового океана, ORCID: 0000-0002-5095-7260, Россия, Владивосток, e-mail: tsig_90@mail.ru

**Содержание эссенциальных элементов (Fe, Zn, Cu, Mn)
в органах малоглазого макруруса (*Albatrossia pectoralis*) из Берингова моря**

Аннотация. Определены уровни содержания эссенциальных элементов (Fe, Zn, Cu, Mn) в органах ценного промыслового вида рыб – макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*) из Берингова моря. Максимальные значения микроэлементов отмечались в печени и гонадах, минимальные – в мышцах. Концентрации элементов изменялись в следующем порядке: Fe>Zn>Cu>Mn.

Ключевые слова: эссенциальные элементы, малоглазый макрурус, микроэлементы, аккумуляция, Берингово море.

Matvey K. Gamov

Far Eastern Federal University, Masters Degree Student, ORCID: 0000-0001-8133-4392, SPIN-code: 8401-6960, Russia, Vladivostok, e-mail: gamovmota123456@gmail.com

Vyacheslav O. Bizborodov

Far Eastern Federal University, Masters Degree Student, ORCID: 0000-0002-0411-4983, Russia, Vladivostok, e-mail: bizborodov.vo@mail.ru

Vadim E. Metreveli

Far Eastern Federal University, Masters Degree Student, ORCID: 0000-0003-0050-843X, SPIN-code: 2525-8704, Russia, Vladivostok, e-mail: metrevelevadim@mail.ru

Vasiliy Y. Tsygankov

Far Eastern Federal University, PhD, Associate Professor of the UNESCO International Chair «Marine Ecology», Institute of the World Ocean, ORCID: 0000-0002-5095-7260, Russia, Vladivostok, e-mail: tsig_90@mail.ru

Content of essential elements (Fe, Zn, Cu, Mn) in the organs of the small-eyed grench (*Albatrossia pectoralis*) from the Bering sea

Abstract. The levels of the content of essential elements (Fe, Zn, Cu, Mn) in the organs of a valuable commercial fish species, the small-eyed grenadier (*Albatrossia pectoralis*) from the Bering Sea, were determined. The maximum values of microelements were noted in the liver and gonads, the minimum - in the muscles. The element concentrations were changed in the following order: Fe>Zn>Cu>Mn.

Keywords: essential elements, small-eyed grenadier, trace elements, accumulation, Bering Sea.

Введение

Макрурус малоглазый (*Albatrossia pectoralis*) – глубоководный вид, широко распространенный в северо-западной части Тихого океана. Встречается на глубинах от 140 до 3500 м, формирует основу биоресурсов материкового и островных склонов дальневосточных морей и представляет большой интерес для рыбного хозяйства Дальнего Востока и всей России [1]. Гигантские гренадеры, *Albatrossia pectoralis*, встречаются в водах континентального склона от Нижней Калифорнии, Мексики через северную часть Тихого океана (включая Аляскинский залив, Берингово море и Охотское море) до Японии [2]. В водах Аляски *Albatrossia pectoralis* особенно многочисленны на глубинах более 400 м [2]. Обычно самцы гигантских гренадеров встречаются глубже 800 м, что превышает максимальную глубину большинства траловых съемок, что может объяснить, почему самцы не захватываются так часто, как самки в стандартных траловых съемках. На Аляске *Albatrossia pectoralis* составляют большую часть прилова при промысле саблезуба (*Anoplopoma fimbria*) и гренландского тюрбо (*Reinhardtius hippoglossoides*) [2]. Мясо макрурусов характеризуется высоким содержанием белков и низким содержанием липидов, что делает их крайне привлекательным объектом для употребления в пищу [3]. Однако в результате таких процессов, как биоаккумуляция и биомагнификация происходит постепенное накопление микроэлементов в рыбе.

Железо (Fe), цинк (Zn), медь (Cu), марганец (Mn) являются эссенциальными (истинными) биоэлементами, физиологически необходимыми живым организмам [4]. В допустимых концентрациях они выполняют многие функции в клетках живых организмов, принимая участие в процессах жизнедеятельности, в частности, в процессах дыхания, образования белков, углеводном, жировом обменах и др. [5]. Однако потребность рыб во многих элементах невелика, а их поступление из окружающей среды часто избыточно, что может привести к нарушению жизнедеятельности рыб и сделать их непригодными для использования в пищевых целях [6].

Берингово море – самое большое из дальневосточных морей, омывающих берега России. Его площадь равна 2315 тыс. км², объем – 3796 тыс. км³, средняя глубина – 1640 м, наибольшая глубина – 5500 м. Расположено на севере Тихого океана, отделяемое от него Алеутскими и Командорскими островами; Берингов пролив соединяет его с Чукотским морем и Северным Ледовитым океаном [7]. Антропогенное влияние на его воды оказывает активное судоходство, в связи с чем наблюдаются локальные нефтяные загрязнения. Наиболее интенсивной нагрузке подвергаются прибрежные части моря: Анадырский лиман, бухта Угольная, а также шельф полуострова Камчатка (Камчатский залив). Особенно загрязнены воды у берегов Аляски [8]. Также влияние на микроэлементный состав вод может оказывать подводный вулканизм, в частности, один из крупнейших вулканов Пийпа [9]. Нельзя не отметить шахты «Угольные Копи» вблизи Анадыря, где основными источниками загрязнения являются промышленные и бытовые стоки. Столь активная антропогенная нагрузка может крайне негативно отражаться на микроэлементном составе морских организмов. Также нельзя не отметить, что в районе Алеутских островов, а именно вблизи островов Адак, Кыске и Амчитка. Во время Второй мировой войны происходили испытания военной техники и вооружения. Это послужило причиной поступления в воду таких элементов, как свинец, ртуть,

кадмий и мышьяк, а также нефтехимических веществ, полиароматических углеводородов, пестицидов и радиоактивных материалов [10].

Интерес к изучению микроэлементного состава морских рыб связан как с отсутствием данных об уровнях содержания отдельных элементов, так и с ростом антропогенной нагрузки на водные экосистемы дальневосточных морей [6]. На сегодняшний день работ, посвященных оценке накопления микроэлементов в ценной промысловой рыбе макрурусе малоглазом (*Albatrossia pectoralis*), крайне невелико.

Цель работы – определить содержание эссенциальных элементов (Fe, Zn, Cu, Mn) в макрурусе малоглазом (*Albatrossia pectoralis*) из Берингова моря.

Материалы и методы

Образцы для анализа были выловлены летом 2020 г. в акватории Берингова моря. Для исследования было отобрано 26 особей макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*). Анализировали мышцы, печень, гонады. Рыбу препарировали, отбирали мышечную ткань, гонады и печень. Образцы замораживали при -20°C и транспортировали в лабораторию. Подготовку проб осуществляли в соответствии с ГОСТ 26929-94 [11]. В лаборатории ткани разрезались керамическим ножом, чтобы избежать загрязнения режущим инструментом. Образцы гомогенизировали и отбирали по 0,5 г. В дальнейшем был применен метод микроволнового разложения (CEM, Inc. MARS Express®, Matthews, NC, USA) в соответствии с методом USEPA 3051. Гомогенат каждого образца помещался в тефлоновый сосуд для разложения с 10 мл концентрированной HNO_3 . Минерализованная смесь переносилась в кварцевые стаканы и упаривалась. Далее, пробы разбавлялись 0,1 М раствором HNO_3 до 10 мл и переносились в пробирки для дальнейшего анализа. Точность определения содержания элементов, а также возможное загрязнение образцов во время анализа контролировали путем сравнения с калибровочными растворами, в том числе с холостым (нулевым) раствором. Точность и прецизионность используемого метода были подтверждены регулярным анализом стандартного образца SRM-1566B (National Institute of Standards and Technology (NIST)).

Дальнейший анализ проводили при помощи атомно-абсорбционного спектрофотометра Shimadzu AA-7000. Статистический анализ осуществляли с помощью программного обеспечения IBM SPSS Statistics 21 для Windows 10.

Результаты и обсуждение

В таблице представлены результаты определения элементов в органах малоглазого макруруса (*Albatrossia pectoralis*).

Средние концентрации элементов в органах малоглазого макруруса (*Albatrossia pectoralis*) (среднее \pm стандартное отклонение), мг/кг сырой массы

Орган	Элемент			
	Cu	Mn	Zn	Fe
Мышцы	0,05 \pm 0,11	0,18 \pm 0,11	1,33 \pm 0,26	1,77 \pm 0,29
Печень	4,54 \pm 1,68	0,56 \pm 0,35	1,75 \pm 0,37	9,03 \pm 0,98
Гонады	2,17 \pm 1,19	1,04 \pm 0,29	3,26 \pm 0,63	5,79 \pm 0,82

Железо. Концентрации железа в мышцах, печени и гонадах варьировали в диапазонах 1,10–2,57, 6,99–10,67 и 4,57–7,43 мг/кг сырой массы соответственно. Максимальные средние значения отмечались в печени – 9,03 \pm 0,98 мг/кг, минимальные в мышцах – 1,77 \pm 0,29 мг/кг.

Медь. Концентрации меди в мышцах, печени и гонадах изменялись в диапазонах 0,02–0,39, 2,14–8,12 и 0,55–4,71 мг/кг сырой массы соответственно. Максимальные средние значения отмечались в печени – 4,54 \pm 1,68 мг/кг, минимальные в мышцах – 0,05 \pm 0,11 мг/кг.

Цинк. Концентрации железа в мышцах, печени и гонадах варьировали в диапазонах 1,10–2,57, 6,99–10,67 и 4,57–7,43 мг/кг сырой массы соответственно. Максимальные средние значения отмечались в гонадах – 3,26±0,63 мг/кг, минимальные в мышцах – 1,33±0,26 мг/кг.

Марганец. Концентрации меди в мышцах, печени и гонадах изменялись в диапазонах 0,02–0,39, 2,14–8,12 и 0,55–4,71 мг/кг сырой массы соответственно. Максимальные средние значения отмечались в гонадах – 1,04±0,29 мг/кг, минимальные в мышцах – 0,18±0,11 мг/кг.

Во всех случаях минимальные концентрации всех микроэлементов наблюдаются в мышцах, максимальные – в печени и гонадах. Относительно других элементов железо отличалось наибольшими концентрациями в организме малоглазого макруруса. Являясь биогенным элементом, железо принимает участие в важных биохимических процессах. Высокое содержание железа в органах макруруса коррелирует с его относительно высоким содержанием в компонентах морской среды и определяется его биологической ролью [6]. Цинк присутствует во всех организмах, входит в состав многих ферментов, влияет на рост клеток, участвует в синтезе белка [12]. Содержание цинка в рыбах близко к уровню содержания железа. Среди тяжелых металлов в органах организмов эти два элемента занимают лидирующие места [6]. Максимальные значения отмечались в гонадах и печени – органах, отвечающих за процессы репродукции и депонирования веществ. Медь – истинный биоэлемент, необходимый для протекания многих жизненных функций организмов. Являясь одновременно биофилом и биоцидом, большая часть меди выводится из организма, оставшаяся – аккумулируется в печени и почках. Марганец присутствует во всех живых организмах, принимает участие в регуляции активности ферментов [6]. Наибольшие концентрации обнаружены в гонадах и печени – 1,04±0,29 и 0,56±0,35 мг/кг сырой массы соответственно. Низкие уровни содержания марганца в мышцах обуславливаются его высоким окислительным потенциалом [6].

Заключение

Таким образом, исследовано содержание эссенциальных элементов (Fe, Zn, Cu, Mn) в органах малоглазого макруруса (*Albatrossia pectoralis*) из Берингова моря. Наименьшие концентрации всех элементов обнаружены в мышечной ткани. Железо и цинк – биологически активные металлы, в органах макруруса содержались в наибольших количествах. Полученные результаты соответствуют ранее выявленным тенденциям и обуславливаются биологической ролью элементов и геохимическими условиями среды.

Библиографический список

1. Tuponogov V.N., Novikov N.P. Grenadier as an Important Reserve of the Far Eastern Deep-Sea Fisheries // Fisheries. 2016. № 6. P. 54–60.
2. Clausen D. M., Rodgveller C. J. Assessment of grenadier stocks in the Gulf of Alaska, eastern Bering Sea, and Aleutian Islands // Stock assessment and fishery evaluation report for the groundfish resources of the Gulf of Alaska, Appendix. 2010. Vol. 1. P. 797–846.
3. Орлов А.М., Абрамов А.А., Токранов А.М. Некоторые черты биологии малоглазого *Albatrossia pectoralis* и пепельного *Coryphaenoides cinereus* макрурусов в тихоокеанских водах Северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: докл. VII Междунар. науч. конф. 2007. С. 120–148.
4. Христофорова Н.К., Цыганков В.Ю., Боярова М.Д., Лукьянова О.Н. Отражение биогеохимических условий морской среды на содержании микроэлементов в тихоокеанских лососях // Успехи наук о жизни. 2014. № 8. С. 91–100.
5. Ширяева О.Ю., Ширяева М.М. Изменение содержания эссенциальных элементов в растениях разных сортов // Изв. ОГАУ. 2021. № 4 (90). С. 93–99.
6. Ковековдова Л.Т., Симоконов М.В. Содержание химических элементов в органах трех видов морских рыб // Национальная ассоциация ученых. 2020. Т. 3, № 58. С. 4–8.
7. Шлямин Б.А. Берингово море. М.: Географгиз, 1958. 96 с.
8. Балыкин П.А. Состояние и ресурсы рыболовства в западной части Берингова моря. М.: ВНИРО, 2006. 142 с.

9. Astakhov A.S., Ivanov M.V., Li B.Y. Hydrochemical and atmochemical mercury dispersion zones over hydrothermal vents of the submarine Piip volcano in the Bering sea // *Oceanology*. 2011. Vol. 51, № 5. P. 826–835.

10. Официальный сайт Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). URL: https://www.atsdr.cdc.gov/hac/pha/adak/ada_toc.html (дата обращения: 01.04.2022).

11. ГОСТ 26929-94. Межгосударственный стандарт «Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов». М.: Изд-во стандартов, 1994.

12. Христофорова Н.К., Шулькин В.М., Кавун В.Я., Чернова Е.Н. Тяжелые металлы в промысловых и культивируемых моллюсках залива Петра Великого. Владивосток: Дальнаука, 1993. 296 с.

Наталья Николаевна Головатых

Волжско-Каспийский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, старший специалист, Россия, Астрахань, e-mail: marusy-y-y@rambler.ru

Сезонная динамика кислородного режима р. Волги в 2011–2021 гг.

Аннотация. Проведен анализ внутригодовой динамики формирования кислородного режима р. Волги в 2011–2021 гг. Установлено, что максимальные концентрации кислорода характерны для зимнего периода (в среднем 14,1 мг/дм³), минимальные – для летнего периода (в среднем 10,1 мг/дм³). Определены причины, оказывающие влияние на сезонные изменения газового режима р. Волги.

Ключевые слова: кислородный режим, р. Волга, насыщение воды кислородом, сезонная динамика.

Natalia N. Golovatykh

Volga-Caspian Sea Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Senior Specialist, Russia, Astrakhan e-mail: marusy-y-y@rambler.ru

Seasonal dynamics of the oxygen regime of the Volga River in 2011–2021

Abstract. The analysis of the intra-annual dynamics of the formation of the oxygen regime of the Volga River in 2011–2021 was carried out. It was found that the maximum oxygen concentrations are typical for the winter period (on average 14,1 mg/dm³), the minimum – for the summer period (on average 10,1 mg/dm³). The reasons influencing seasonal changes in the gas regime of the Volga River are determined.

Keywords: oxygen regime, the Volga river, oxygen saturation of water, seasonal dynamics.

Концентрация растворенного в воде кислорода – один из важнейших показателей гидрохимического режима водоема. Величины абсолютного и относительного содержания кислорода в водной среде служат индикаторными показателями развития первичных автотрофных процессов, степени развития и сбалансированности продукционно-деструкционных процессов в водоеме.

Содержание растворенного кислорода имеет важное значение для оценки экологического состояния водного объекта: его концентрации должны обеспечивать оптимальные условия для жизнедеятельности гидробионтов и не лимитировать их развитие. Дефицит кислорода в воде отрицательно сказывается на всех представителях ихтиофауны, зачастую снижая их активность, питание и общий уровень обмена веществ. При низком содержании кислорода у многих рыб понижается сопротивляемость к заболеваниям, к воздействию ряда веществ, находящихся в растворенном и взвешенном состоянии в воде [1].

Цель работы – исследование внутригодовой динамики абсолютного (мг/дм³) и относительного (%) содержания растворенного кислорода в волжской воде.

Материалом для изучения кислородного режима послужили данные, полученные Волжско-Каспийским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ») в р. Волге у г. Астрахани в 2011–2021 гг. Отбор проб проводился в поверхностном слое воды ежемесячно в период с января по март и с июля по декабрь. В период половодья (апрель-июнь) исследования выпол-

нялись ежедекадно. Определение содержания кислорода в воде осуществлялось йодометрическим методом Винклера [2].

В современных условиях в р. Волге в целом сохраняется благоприятный кислородный режим, не лимитирующий жизнедеятельность гидробионтов. Абсолютное содержание кислорода в воде в различные сезоны года варьировало от 8,8 до 14,8 мг/дм³, относительное – от 91 до 134 %, составляя в среднем 12,2 мг/дм³ и 106 % соответственно (табл. 1), что существенно выше ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения водоемов – 6,0 мг/дм³ [3].

Таблица 1 – Многолетние изменения концентрации растворенного кислорода в р. Волге у г. Астрахани

Период исследований	Зима (XII–III)	Весна (IV–VI)	Лето (VII–VIII)	Осень (IX–XI)	Год
2011	<u>14,8</u> 106	<u>11,8</u> 109	<u>10,6</u> 124	<u>11,0</u> 103	<u>12,3</u> 107
2012	<u>13,8</u> 95	<u>11,5</u> 108	<u>9,7</u> 114	<u>10,9</u> 103	<u>11,8</u> 104
2013	<u>13,8</u> 99	<u>10,3</u> 96	<u>10,1</u> 116	<u>12,0</u> 109	<u>11,5</u> 100
2014	<u>12,8</u> 91	<u>11,9</u> 115	<u>10,5</u> 124	<u>12,1</u> 113	<u>12,4</u> 110
2015	<u>14,1</u> 99	<u>12,9</u> 124	<u>10,8</u> 126	<u>13,2</u> 121	<u>13,1</u> 116
2016	<u>14,2</u> 101	<u>12,2</u> 115	<u>10,6</u> 128	<u>12,5</u> 114	<u>12,7</u> 111
2017	<u>14,3</u> 97	<u>11,9</u> 110	<u>10,5</u> 121	<u>12,4</u> 116	<u>12,6</u> 110
2018	<u>14,1</u> 98	<u>11,9</u> 109	<u>8,8</u> 101	<u>10,9</u> 102	<u>11,9</u> 102
2019	<u>14,4</u> 100	<u>12,0</u> 118	<u>9,4</u> 108	<u>10,9</u> 103	<u>12,1</u> 106
2020	<u>14,3</u> 102	<u>10,5</u> 97	<u>9,4</u> 105	<u>10,8</u> 102	<u>11,7</u> 101
2021	<u>14,6</u> 100	<u>10,5</u> 101	<u>10,7</u> 134	<u>10,8</u> 99	<u>12,0</u> 103
2011–2021	<u>14,1</u> 99	<u>11,6</u> 109	<u>10,1</u> 118	<u>11,6</u> 108	<u>12,2</u> 106

Примечание. Числитель – мг/дм³, знаменатель – % насыщения.

На фоне высокой степени растворимости кислорода и незначительной интенсивности окислительных процессов, обусловленных низкой температурой воды, содержание растворенного кислорода в зимний период (декабрь–март) находилось на максимальном уровне (в среднем за 2011–2021 гг. – 14,1 мг/дм³), табл. 1. Поддержанию стабильно высоких концентраций кислорода в воде в значительной степени способствовал и неполный ледостав, наблюдавшийся в волжской дельте в последнее десятилетие. Вследствие незначительной продолжительности периодов с переходом среднесуточной температуры воздуха ниже отметки 0 °С образование льда в волжской дельте носит, как правило, кратковременный характер, и поступление атмосферного кислорода происходит практически постоянно. Полученные данные характеризуют газовый режим как благоприятный, обеспечивающий оптимальные условия для зимовки ихтиофауны.

Весной, в период прохождения волны половодья (апрель–июнь), кислородный режим формировался на фоне повышения температуры воды и характеризовался постепенным снижением концентраций растворенного кислорода в воде. Так, в исследуемый период

2011–2021 гг. абсолютное содержание кислорода в воде снизилось по сравнению с зимним периодом в среднем на 18 %, в отдельные годы – на 26–28 % (см. табл. 1).

В апреле, в период весенней вспышки развития фитопланктона, кислородный режим р. Волги формировался в основном под воздействием продукционных процессов фотосинтеза, поддерживая его высокие концентрации (11,7–14,2 мг/дм³, при средней величине 2011–2021 гг. 13,2 мг/дм³), табл. 2. Сравнительно невысокая температура воды в начале половодья (3,6–7,4 °С – 2011–2021 гг.) способствовала высокой растворимости кислорода в воде, что также положительно сказалось на его концентрационных характеристиках. Высокие величины относительного содержания кислорода в воде (97–119 %, при средней величине 2011–2021 гг. 109 %) указывают на пересыщение волжской воды кислородом, что свидетельствует о сдвиге продукционно-деструкционных процессов в сторону усиления фотосинтеза.

Таблица 2 – Многолетние изменения концентрации растворенного кислорода в р. Волге у г. Астрахани в весенний период

Период исследований	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Апрель	$\frac{13,6}{108}$	$\frac{13,5}{111}$	$\frac{13,1}{107}$	$\frac{13,8}{112}$	$\frac{13,9}{119}$	$\frac{14,2}{119}$	$\frac{13,3}{107}$	$\frac{13,5}{106}$	$\frac{12,4}{103}$	$\frac{11,7}{97}$	$\frac{12,5}{108}$
Май	$\frac{12,2}{111}$	$\frac{10,4}{96}$	$\frac{9,8}{94}$	$\frac{10,6}{103}$	$\frac{13,6}{126}$	$\frac{13,1}{124}$	$\frac{11,8}{110}$	$\frac{11,1}{105}$	$\frac{12,6}{123}$	$\frac{10,8}{102}$	$\frac{10,6}{100}$
Июнь	$\frac{9,7}{108}$	$\frac{10,7}{118}$	$\frac{7,9}{86}$	$\frac{11,1}{128}$	$\frac{11,2}{127}$	$\frac{9,5}{104}$	$\frac{10,7}{113}$	$\frac{11,1}{117}$	$\frac{11,1}{127}$	$\frac{8,9}{93}$	$\frac{8,4}{96}$

Примечание. Числитель – мг/дм³, знаменатель – % насыщения.

Развитие интенсивного прогрева воды в мае-июне (до 11,2–13,8 °С в мае, до 18,0–22,8 °С в июне) способствует усилению активности гетеротрофных организмов. Фотосинтез растительных организмов недостаточно компенсирует потребление кислорода на окисление органических веществ, что приводит к существенному снижению содержания кислорода – в среднем на 3,2 мг/дм³ (24 %) по сравнению с апрелем (разница между концентрацией кислорода в зимний период и апрельской величиной составила 0,9 мг/дм³, 6 %). Однако сохраняется высокое насыщение волжских вод кислородом: 109 и 111 % в мае и июне соответственно. В отдельные годы относительное содержание кислорода в воде в этот период достигает 120–125 % (табл. 2).

Таким образом, несмотря на снижение концентрации растворенного кислорода в воде в весенний период, кислородный режим оставался благоприятным (2011–2021 гг. – 11,6 мг/дм³, 109 %) для жизнедеятельности гидробионтов и не мог лимитировать нагульные миграции промысловых рыб в волжской дельте. Пересыщение воды кислородом свидетельствует о развитии эвтрофикационных процессов [4].

В период летней межени (июль-август), несмотря на высокий прогрев воды (23–26 °С), в целом характерный для р. Волги в это время года, кислородный режим при активно протекающем процессе фотосинтеза оставался на высоком уровне, что характеризует газовый режим как благоприятный, обеспечивающий оптимальные условия для всех представителей волжской ихтиофауны. Абсолютное содержание кислорода в р. Волге у г. Астрахани изменялось в диапазоне 7,9–11,5 мг/дм³ при насыщении 104–138 %, составляя в среднем 10,1 мг/дм³ и 118 % соответственно (см. табл. 1).

Формирование кислородного режима в осенний период (сентябрь-ноябрь) проходит при сохранении активного фотосинтеза в начале сезона, когда происходит интенсификация продукционных процессов в р. Волге во время осенней вспышки развития фитопланктона. То есть фитопланктон на фоне сохранения высоких температур (сентябрь – 19,4–20,7 °С) интенсивно продуцирует кислород, стабильно поддерживая его высокие концентрации в воде (в среднем 10,08 мг/дм³ при насыщении 107 %). С понижением температуры воды (в среднем до 13,4 °С в октябре и до 6,3 °С в ноябре) и, как следствие, с увеличением растворимости

кислорода в воде, отчетливо прослеживается тенденция к возрастанию содержания растворенного кислорода, в среднем до 11,9 мг/дм³ в октябре и 12,8 мг/дм³ в ноябре, что превышает сентябрьские величины на 18 и 27 % соответственно (табл. 3).

Таблица 3 – Многолетние изменения концентрации растворенного кислорода в р. Волге у г. Астрахани в осенний период

Период исследований	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Сентябрь	$\frac{9,1}{96}$	$\frac{10,4}{109}$	$\frac{10,2}{101}$	$\frac{10,8}{114}$	$\frac{11,8}{128}$	$\frac{11,9}{126}$	$\frac{9,8}{108}$	$\frac{8,4}{90}$	$\frac{9,4}{99}$	$\frac{9,3}{103}$	$\frac{9,9}{109}$
Октябрь	$\frac{11,9}{112}$	$\frac{10,6}{102}$	$\frac{13,1}{120}$	$\frac{12,5}{115}$	$\frac{13,3}{121}$	$\frac{12,4}{110}$	$\frac{13,4}{125}$	$\frac{11,4}{111}$	$\frac{11,0}{104}$	$\frac{11,1}{109}$	$\frac{10,6}{99}$
Ноябрь	$\frac{12,1}{101}$	$\frac{11,9}{98}$	$\frac{12,8}{106}$	$\frac{13,1}{109}$	$\frac{14,3}{114}$	$\frac{13,3}{107}$	$\frac{13,9}{116}$	$\frac{12,9}{105}$	$\frac{12,3}{106}$	$\frac{12,1}{94}$	$\frac{11,9}{89}$

Примечание. Числитель – мг/дм³, знаменатель – % насыщения.

Заклучение

1. В современных условиях (2011–2021 гг.) сохраняется благоприятный кислородный режим, не лимитирующий жизнедеятельность гидробионтов. Содержание растворенного кислорода в волжской воде было выше величины ПДК для водных объектов рыбохозяйственного значения (6,0 мг/дм³) на протяжении всего периода исследований.

2. Зимний период характеризуется максимальным содержанием кислорода, что связано с непродолжительным периодом ледостава, и, как следствие, практически не прекращающимся поступлением кислорода из атмосферы, а также его минимальным расходом на окисление органического вещества, содержащегося в воде и донных отложениях.

3. В весенне-летний период на фоне повышения температуры воды, которое привело к интенсификации процессов разложения органического вещества, происходит постепенное снижение содержание кислорода в нижнем течении р. Волги с минимумом в июле-августе (10,1 мг/дм³) при наибольшем прогреве воды (23–26 °С).

4. Наблюдаемое пересыщение волжской воды кислородом свидетельствует об общем сдвиге продукционно-деструкционных процессов в сторону усиления фотосинтеза. По данным Катунина Д.Н. [5], причиной этого процесса служит накопление взвешенных органических веществ в водохранилищах, определяющее увеличение прозрачности волжской воды, а также ослабление развития окислительных процессов. Тем самым создаются предпосылки для усиления фотосинтеза фитопланктона, что способствует обогащению волжской воды кислородом.

Библиографический список

1. Волкова И.В., Ершова Т.С., Шипулин С.В. Оценка качества воды водоемов рыбохозяйственного назначения: учеб. пособие для вузов. М.: Юрайт, 2019. 294 с.
2. РД 52.24.419-2005. Массовая концентрация растворенного кислорода в водах. Методика выполнения измерений йодометрическим методом. Ростов-на-Дону, 2004. 26 с.
3. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г. № 552. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года).
4. Гончаров А.В., Исаев В.А., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П. Особенности кислородного режима рек в бассейнах Волги, Оби и Лены // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 5. С. 564–570.
5. Катунин Д.Н. Гидроэкологические основы формирования экосистемных процессов в Каспийском море и дельте реки Волги. Астрахань: КаспНИРХ, 2014. 478 с.

УДК 595.384.044.6:628.3(268.45)

Елена Анатольевна Горбачева

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, научный сотрудник, канд. биол. наук, ORCID: 0000-0001-6926-3587, Россия, Мурманск, e-mail: gorbach@pinro.ru

Михаил Аркадьевич Новиков

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, ORCID: 0000-0002-2503-734X, Scopus ID: 7006245254, Россия, Мурманск, e-mail: mnovik@pinro.ru

Содержание стойких органических загрязнителей в северной креветке северо-восточных районов Баренцева моря

Аннотация. Исследовано содержания хлорорганических пестицидов (ХОП) и полихлорированных бифенилов (ПХБ) в северной креветке (*Pandalus borealis*), выловленной в северо-восточных районах Баренцева моря. В мышцах креветки идентифицированы следующие ХОП: ГХЦГ, ДДТ, ГХБ и хлорданы. Среди конгенов ПХБ доминировали гексахлорбифенилы (ПХБ-118, 138, 153). Содержание ХОП и ПХБ в мышцах креветки снижалось при уменьшении жирности.

Ключевые слова: промысловые беспозвоночные, хлорорганические пестициды, ПХБ, стойкие органические загрязнители, северная креветка.

Elena A. Gorbacheva

Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography named after N.M. Knipovich, Researcher, PhD, ORCID: 0000-0001-6926-3587, Russia, Murmansk, e-mail: gorbach@pinro.ru

Mikhail A. Novikov

Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography named after N.M. Knipovich, Leading Researcher, ORCID: 0000-0002-2503-734X, Scopus ID: 7006245254, PhD, Russia, Murmansk, e-mail: mnovik@pinro.ru

The content of persistent organic pollutants in northern shrimp of the northeastern Barents Sea

Abstract. The study presents findings on the content of organochlorine pesticides (OCPs) and polychlorinated biphenyls (PCBs) in northern shrimp (*Pandalus borealis*) caught in the northeastern Barents Sea. The following OCPs have been identified in shrimp muscles: HCHs, DDT, HCB and chlordanes. Hexachlorobiphenyls (HCBs-118, 138, 153) dominated among the PCB congeners. The content of OCPs and PCBs in shrimp muscles decreased with a decrease in fat content.

Keywords: commercial invertebrates, OC pesticides, PCBs, POPs, northern shrimp.

При изучении загрязнения морских экосистем особое внимание уделяется стойким органическим загрязнителям (СОЗ), к которым в том числе относятся хлорорганические

пестициды (ХОП) и полихлорированные бифенилы (ПХБ). Эти соединения отличаются высокой устойчивостью к разложению, распространяются на дальние расстояния, хорошо растворяются в жирах, плохо выводятся из организма и способны к биоаккумуляции в пищевых цепях [1]. СОЗ обладают высокой токсичностью для живых организмов, вызывают гормональные нарушения, подавляют иммунную систему, негативно воздействуют на репродуктивную функцию, рост, эмбриональное развитие и т.д. [1, 2]. Стокгольмской конвенцией 2001 г. целый ряд СОЗ запрещен, или их применение и выбросы требовалось ограничить [1].

Северная креветка (*Pandalus borealis*) является важным промысловым объектом. Она широко распространена в Баренцевом море. У архипелагов Шпицберген и Земля Франца-Иосифа в районе 81° с. ш. находится северная граница распространения вида в европейских водах [3]. Промысел северной креветки в Баренцевом море и в районе архипелага Шпицберген проводится с середины прошлого столетия. В 2019 и 2020 гг. основной вылов северной креветки в Баренцевом море осуществлялся в районе Возвышенности Персея и северо-восточных районах [4].

В РФ содержание ХОП и ПХБ в нерыбных объектах промысла не нормируется.

Цель наших исследований – изучить содержание ХОП и ПХБ в мышцах северной креветки, выловленной на северо-востоке Баренцева моря, вблизи северной границы ее ареала.

Материалом для исследований служили северные креветки, выловленные в рейсах № 115 и 118 НИС МК-0102 «Вильнюс» Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» в октябре 2020 г. и сентябре 2021 г. соответственно. Креветок отлавливали донным тралом «Campelen-1800». Схема расположения станций отбора проб представлена на рис. 1.

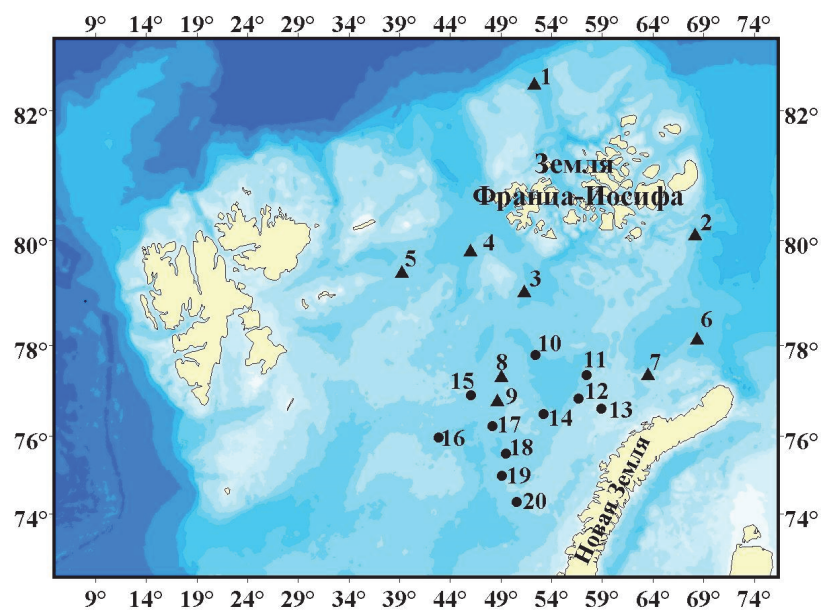


Рисунок 1 – Карта-схема расположения станций вылова северной креветки:

▲ – 2020 г., ● – 2021 г.

Определение содержания СОЗ проводили на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus «Shimadzu». При подготовке и анализе проб руководствовались нормативными документами [5, 6]. Определяли содержание в северной креветки следующих ХОП: гексахлорбензола (ГХБ), α -, β -, γ -изомеров гексахлорциклогексана (α -, β -, γ -ГХЦГ), *цис*-, *транс*-хлордана, *транс*-нонахлора, дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ) и его метаболитов. При исследовании ПХБ анализировались конгенеры с номерами по номенклатуре IUPAC 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180.

В 2020 и 2021 гг. изучен уровень загрязнения СОЗ северной креветки, обитающей в двух смежных и частично перекрывающихся районах на северо-востоке Баренцева моря, в осенний период. Креветка, выловленная в 2020 г., отличалась упитанностью и высоким накопле-

нием жира в мягких тканях – в среднем 1,1 %. В 2021 г. содержание жира в мышцах исследованной креветки оказалось заметно ниже – в среднем 0,71 %.

В мышцах северной креветки, выловленной в 2020 г., среднее содержание хлорорганических соединений уменьшалось в следующем порядке: ПХБ > ГХЦГ > ДДТ > хлорданы > ГХБ. В 2021 г. этот ряд выглядел несколько иначе: ПХБ > ГХЦГ > ДДТ > ГХБ > хлорданы. Более высокое по сравнению с ГХБ содержание Σ хлорданов – $0,28 \pm 0,04$ нг/г сырой массы (среднее \pm стандартное отклонение), в мышцах креветки, выловленной в 2020 г., обусловлено накоплением *цис*- и *транс*-хлорданов. Содержание *транс*-нонахлора в мышцах креветки в период исследований не превышало предела обнаружения применяемого метода анализа (<0,05 нг/г сырой массы). Загрязнение мышц креветки ГХБ в 2020 и 2021 гг. оставалось низким – 0,05 нг/г сырой массы. Известно, что хлордан использовался в качестве инсектицида в Западной Европе и США, а ГХБ применялся для протравливания семян зерновых культур и в пиротехнических смесях, но их применение было запрещено Стокгольмской конвенцией [1, 7]. Эти СОЗ поступали в Арктику, главным образом, в результате дальнего атмосферного переноса из Азии и Северной Америки или вместе с Северо-Атлантическим течением [1].

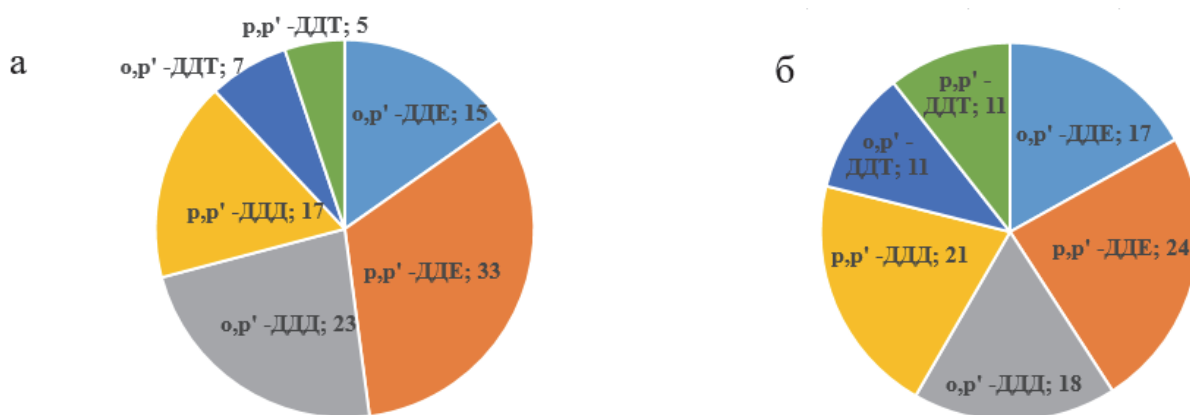


Рисунок 2 – Соотношение содержания изомеров и метаболитов в сумме ДДТ в мышцах северной креветки: а – 2020 г., б – 2021 г.

Северная креветка, выловленная в 2020 г. и характеризующаяся высокой жирностью, больше загрязнена ДДТ по сравнению с креветкой с низким содержанием жира, выловленной в 2021 г. Так, в 2020 г. среднее содержание суммы ДДТ (Σ ДДТ) и его метаболитов в мышцах креветки составляло $1,41 \pm 0,33$ нг/г сырой массы, а в 2021 г. в 3 раза ниже – $0,48 \pm 0,04$ нг/г сырой массы. Хлорорганические соединения поступают в живые организмы либо непосредственно из объектов окружающей среды, либо с пищей [1]. Значительное место в рационе северной креветки занимают эвфаузииды, полихеты и детрит донных отложений [3, 8]. Среднее содержание Σ ДДТ в верхнем слое донных отложений изучаемого района моря по нашим данным составляет 1,51 нг/г сухой массы осадка [9]. Накопление метаболита p,p'-DDE в мышцах северной креветки превышало содержание изомера p,p'-DDT, что указывает на давнее поступления ДДТ в окружающую среду [10]. При метаболизме ДДТ в организме животных происходит образование DDE и выведение его из организма, а также образование DDD, который затем превращается в нетоксичную дихлофенилуксусную кислоту и тоже выводится из организма [11, 12]. В 2021 г. в мышцах северной креветки доля o,p'-DDT и p,p'-DDT в суммарном содержании ДДТ и его метаболитов оказалась почти в 2 раза выше, чем в 2020 г. (рис. 2). Вместе с тем в 2021 г. по сравнению с 2020 г. заметно снизились доли p,p'-DDE и o,p'-DDD – на 9 и 5 % соответственно.

Среднее содержание суммы α -, β -, γ -изомеров ГХЦГ (Σ ГХЦГ) в мышцах северной креветки в 2020 г. достигало $1,2 \pm 0,2$ нг/г сырой массы, в 2021 г. – $0,67 \pm 0,12$ нг/г сырой массы. Следует отметить, что по сравнению с Σ ДДТ содержание Σ ГХЦГ в мышцах креветки в меньшей степени снижалось при потере жира. В 2021 г. в северной креветке, характеризую-

щейся низкой жирностью, содержание Σ ГХЦГ оказалось только в 1,8 раза ниже, чем в более жирной креветке, выловленной в 2020 г. Доминирование в составе ГХЦГ из мышц креветки α -изомера ГХЦГ указывает на старое загрязнение морской среды этим пестицидом [10]. Содержание в мягких тканях креветки β - и γ -изомеров ГХЦГ в 2020 и 2021 гг. на всех станциях оказалось одинаково низким и составляло для каждого из изомеров 0,05 нг/г сырой массы.

Полихлорированные бифенилы, используемые в промышленности, представлены смесью конгенов, различающихся по физико-химическим свойствам, поведению в окружающей среде и токсичности [2, 7]. В Арктику ПХБ попадают в результате дальнего атмосферного переноса и из местных источников (порты, разведка минерального сырья, добыча угля) [1]. В 2020 г. суммарное содержание ПХБ (Σ ПХБ) в мышцах северной креветки Баренцева моря достигало $1,70 \pm 0,33$ нг/г сырой массы, в 2021 г. – $1,17 \pm 0,19$ нг/г сырой массы. Снижение жирности мяса креветок в 2021 г. по сравнению с 2020 г. на 35 % сопровождалось уменьшением содержания Σ ПХБ только на 29 %, что значительно ниже, чем для Σ ДДТ и Σ ГХЦГ.

Из индивидуальных конгенов в мышцах северной креветки, выловленной в северо-восточных районах Баренцева моря, преобладали гексахлорбифенилы (ПХБ-118, 138 и 153) (рис. 3). Содержание конгенов ПХБ-99, 156 и 180 было ниже предела обнаружения применяемого метода анализа ($<0,05$ нг/г сырой массы). Наиболее токсичными для живых организмов являются планарные и моно-*орто*-замещенные ПХБ. Среди идентифицированных в мышцах северной креветки присутствовали моно-*орто*-замещенные ПХБ, к которым относятся ПХБ-105, 118 и 156. В 2020 г. доля ПХБ-118 от Σ ПХБ в мышцах северной креветки составляла 11 %, а в 2021 г. она увеличилась до 19 %. Кроме того, в 2021 г. в мышцах креветки относительное содержание пентахлорбифенила ПХБ-105 было ниже в 1,7 раза. Вместе с тем доля гексахлорбифенилов от Σ ПХБ в мышцах северной креветки в 2020 и 2021 гг. была почти одинаковой 78 и 79 % соответственно. Известно, что высокохлорированные конгенеры ПХБ (гекса-, гепта-, окта-, нона- и дека-) хуже метаболизируются и выводятся из организма, чем три- и тетраполихлорбифенилы [13]. По мере продвижения вверх по пищевой цепи уменьшается вклад в Σ ПХБ тетра- и пентахлорированных конгенов, а высокохлорированных – возрастает [14].

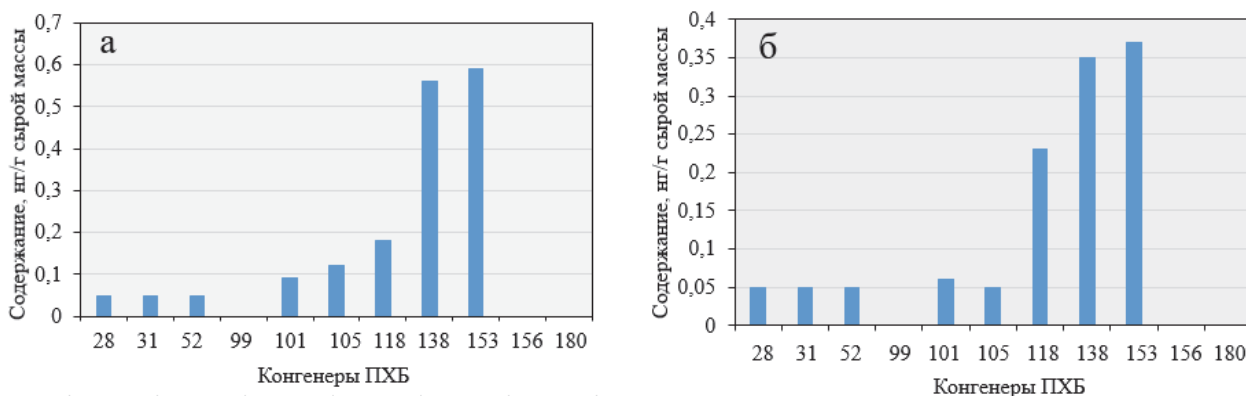


Рисунок 3 – Спектр конгенов ПХБ идентифицированных в мягких тканях северной креветки: а – 2020 г., б – 2021 г.

По данным исследований, в 2021 г. уровни накопления Σ ГХЦГ, Σ ДДТ, Σ ПХБ, *цис*- и *транс*-хлорданов в мышцах северной креветки оказались ниже, чем 2020 г. Содержание ГХБ в 2020 и 2021 гг. в мышцах креветки было одинаковым. Особенностью креветок, выловленных в 2021 г., являлось более низкое по сравнению с 2020 г. содержание жира в мышцах. Известно, что СОЗ липофильны и активно накапливаются в жире животных [1]. Кроме того, на накопление СОЗ в организме животных влияют пищевые предпочтения, особенности метаболизма, трофический и репродуктивный статус [14].

Сравнение полученных данных с результатами других исследований [15] показало, что среднее содержание Σ ГХЦГ и ГХБ в мышцах креветок, выловленных на северо-востоке Ба-

ренцева моря в 2020 и 2021 гг. заметно ниже, чем в южных, центральных и восточных районах Баренцева моря. По уровню загрязнения ПХБ креветки, обитающие на северо-востоке и в других районах Баренцева моря, отличались незначительно. Хлорданы в мышцах креветок из южных, центральных и восточных районов Баренцева моря были представлены преимущественно *транс*-нонахлором [15], а на северо-востоке в 2020 г. в креветке преобладали *цис*- и *транс*-хлорданы.

Таким образом, в северной креветке, выловленной в высокоширотных районах Баренцева моря, идентифицирован широкий спектр СОЗ. Более загрязнены СОЗ мышцы креветок с высоким содержанием жира. При уменьшении жирности мышц креветки наиболее значительно снижалось содержание в них Σ ДДТ и хлорданов (*цис*- и *транс*-хлорданов) и в наименьшей степени – Σ ПХБ. Накопление ГХБ в мышцах креветок не изменялось при снижении содержания жира.

Библиографический список

1. Загрязнение Арктики 2002. Осло: АМАП, 2003. 112 с.
2. Батоев В.Б., Цыденова О.В., Нимацыренова Г.Г., Палицына С.С. Стойкие органические загрязнители в бассейне озера Байкал. Новосибирск, 2004. 110 с.
3. Беренбойм Б.И. Северная креветка (*Pandalus borealis*) Баренцева моря (биология и промысел). Мурманск: ПИНРО, 1992. 136 с.
4. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2021 г. / Д.И. Александров, А.В. Амелькин, А.С. Амелькина и др. Мурманск: ПИНРО, 2021. 146 с.
5. МУ 2482-81. Временные методические указания по определению хлорорганических пестицидов (ДДТ, ДДЭ, ДДД, альфа-, гамма-ГХЦГ) в рыбе и рыбной продукции методом газожидкостной хроматографии. М.: Минздрав СССР, 1982. 11 с.
6. МУК 4.1.1023-01. Изомерспецифическое определение полихлорированных бифенилов (ПХБ) в пищевых продуктах. М.: Минздрав России, 2001. 20 с.
7. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 329 с.
8. Буруковский Р.Н. Питание и пищевые взаимоотношения креветок: монография. Калининград: КГТУ, 2009. 409 с.
9. Новиков М.А. Стойкие органические загрязнители в донных отложениях Баренцева моря // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 3. С. 334–343.
10. Ровинский Ф.Я., Воронова Л.Д., Афанасьев М.И., Денисова А.В., Пушкарь А.Г. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями. Л.: Гидрометеоиздат, 1990. 270 с.
11. Павлов Д.Ф., Бакин А.Н. Хлорорганические пестициды во внутренних водоемах России: обзор литературы и собственные данные // Актуальные вопросы водной токсикологии. Борок: Ин-т биологии внутр. вод РАН, 2004. С. 150-175.
12. Addison R.F. Organochlorine compounds in aquatic organisms: their distribution, transport and physiological significance // Effects of pollutants on aquatic organisms. L.; N.Y.; Melbourne: Cambridge Univ. Press, 1976. С. 127-143.
13. Oliver B.G, Niimi A.J. Trophodynamic analysis of polychlorinated biphenyl congeners and other chlorinated hydrocarbons in the Lake Ontario ecosystem // Environmental Science and Technology. 1988. Vol. 22. P. 388–397.
14. Borga K., Gabrielsen G.W., Skaarec J.Ud. Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain // Environ. Pollut. 2001. Vol. 113, Iss. 2. P. 187-198.
15. Жилин А.Ю. Хлорированные углеводороды в северной креветке (*Pandalus borealis*) Баренцева моря // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование: материалы XI Нац. (Всероссийской) науч.-практ. конф. Петропавловск-Камчатский, 2020. С. 31–35.

Владимир Анатольевич Грушинец

Магаданский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Магадан, e-mail: Grushinec82@mail.ru

Андрей Анатольевич Смирнов^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, Россия, Москва, e-mail: andrsmir@mail.ru

²Северо-Восточный государственный университет, доцент, главный научный сотрудник, профессор, доктор биол. наук, Россия, Магадан

**Основные биологические показатели сельди из траловых уловов
в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря в январе-марте 2020 г.**

Аннотация. Рассматриваются основные биологические показатели сельди из траловых уловов в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря в январе-марте 2020 г. В марте, по сравнению с январем, доля молоди значительно увеличилась, количество рыб среднего размера несколько выросло, доля крупноразмерных рыб уменьшилась.

Доля мелкой непромысловой сельди с длиной тела AD менее 24 см в марте увеличилась. Увеличение в марте в уловах доли молоди сельди, возможно, вызвано смещением части крупных рыб, в ходе преднерестовой миграции, из района промысла ближе к берегу.

Ключевые слова: сельдь, длина тела, масса, доля самок.

Vladimir A. Grushinets

Magadan Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Magadan, e-mail: Grushinec82@mail.ru

Andrey A. Smirnov^{1,2}

¹Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Russia, Moscow, e-mail: andrsmir@mail.ru

²Northeastern State University, Associate Professor, Chief Research Officer, Professor, Doctor of Biology, Russia, Magadan

**The main biological indicators of herring from trawl catches
in the North Okhotsk Sea subzone of the Sea of Okhotsk in January-March 2020**

Abstract. The main biological indicators of herring from trawl catches in the North Okhotsk Sea subzone of the Sea of Okhotsk in January-March 2020 are considered. In March, compared to January, the proportion of juveniles increased significantly, the number of medium-sized fish increased slightly, the proportion of large-sized fish decreased. The proportion of small non-commercial herring with a body length of at least 24 cm increased in March. The increase in the share of juvenile herring in catches in March may be caused by the displacement of some large fish, during pre-spawning migration, from the fishing area closer to the shore.

Keywords: herring, body length, weight, proportion of females.

Введение

Ареал охотской популяции тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* (Val.) занимает северо-западную часть Охотского моря [1, 2]. Ее прибрежные нерестилища имеют значительную протяженность и расположены от м. Борисова на западе до Тауйской губы на востоке [3]. Нагул происходит в северной части моря, обычно на акватории между п. Охотск, о. Ионы и полуостровом Кони [4].

Эта сельдь по численности и биомассе в настоящее время занимает первое место среди дальневосточных сельдей и является значимым промысловым объектом [5, 6].

В последние годы запас охотской сельди находится на высоком уровне, продолжается очередной цикл роста численности ввиду появления ряда урожайных поколений [7].

Промысел охотской популяции сельди ведется судами, оснащенными тралами (зимовальный, нагульный и преднерестовый периоды), в весенне-летнее время – ставными и закидными неводами в прибрежье (нерестовая сельдь) [5, 8].

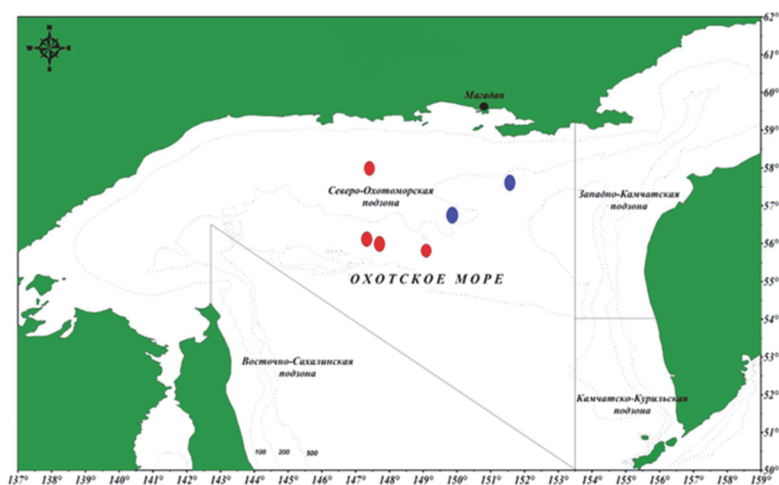
С целью рационального использования запасов сельди на всех этапах промысла необходимо выполнять регулярный мониторинг ее биологических показателей.

Цель работы – на основе собранных материалов определить основные биологические характеристики сельди в январе-марте 2020 г. в Северо-Охотморской промысловой подзоне Охотского моря (далее – СОМ).

Для достижения поставленной цели были выполнены массовые промеры и биологические анализы сельди из уловов крупнотоннажного судна в январе-марте 2020 г. в СОМ, с определением основных биологических показателей рыб (размер и масса тела, соотношение полов, состояние половых желез и др.), собраны пробы для определения их возраста.

Материал и методика

В январе-марте 2020 г. сбор биологических данных в СОМ был выполнен Грушинцом В.А. с борта крупнотоннажного судна (рисунок).



Район сбора материалов по сельди из уловов крупнотоннажного судна в январе (красные круги) и марте (синие круги) 2020 г. в Северо-Охотморской промысловой подзоне Охотского моря

Было проанализировано 1600 экз. сельди. Траления проводились на глубинах от 200 до 430 м, при средней скорости 3,7 уз, продолжительностью от 2 ч 10 мин до 10 ч. При выполнении биологических анализов и статистической обработки данных применялись общепринятые методики [9, 10].

Результаты и обсуждение

В январе 2020 г. судно выполняло траления по промысловым зимовальным скоплениям сельди в СОМ. Затем судно перешло на специализированный лов минтая, и в марте сельдь вылавливалась уже в качестве прилова в небольших количествах, исчисляемых не тоннами, а десятками или сотнями килограммов.

В январе в уловах сельди была представлена особями, имевшими длину тела по АС от 21,5 до 37,2 см, при среднем значении 30,1 см. В марте размах колебаний длины тела был иным: от 19,0 до 37,3 см, при среднем – 28,3 см.

Соотношение размерных групп рыб изменилось: по сравнению с январем, в марте доля особей с длиной тела менее 25,5 см по АС существенно увеличилась, с 1,9 до 25,8 %, количество рыб среднего размера выросло, но незначительно, с 31,6 до 32,2 %, а доля крупноразмерных рыб (более 29,5 см по АС) снизилась с 66,2 до 42 % (табл. 1). Однако модальный размерный класс не изменился и составлял 30,6–31,5 см.

Таблица 1 – Вариационные ряды длины тела сельди по АС в январе и марте 2020 г., %

Месяцы	Длина тела АС, см																			Среднее значение, см
	18,6–19,5	19,6–20,5	20,6–21,5	21,6–22,5	22,6–23,5	23,6–24,5	24,6–25,5	25,6–26,5	26,6–27,5	27,6–28,5	28,6–29,5	29,6–30,5	30,6–31,5	31,6–32,5	32,6–33,5	33,6–34,5	34,6–35,5	35,6–36,5	36,6–37,5	
Январь			0,1	0,1	-	0,3	1,4	7,9	9	6,6	8,1	16,3	23,8	17,9	7	1,2	0,1	-	0,2	30,1
Март	0,1	0,3	0,7	0,7	3,3	8,3	12,4	11,6	8,8	6,2	5,6	9,6	14	12	5,6	0,6	-	0,1	0,1	28,3

Масса тела сельди в январе в уловах колебалась от 95 до 460 г, среднее значение составило 274 г. В марте размах колебаний массы тела был несколько иным: от 65 до 465 г, при среднем – 266 г.

Показатели массы тела при сравнении по рассматриваемым периодам изменялись следующим образом: в марте, по сравнению с январем, доля особей с массой тела менее 160 г значительно увеличилась, с 9,2 до 16,7 %, количество особей со средней массой тела от 161 до 280 г снизилось с 42,1 до 35,2 %, доля крупных рыб (более 280 г) незначительно снизилась, с 48,7 до 48,1 % (табл. 2). Модальный класс по массе тела не изменился и составлял 321–360 г.

Таблица 2 – Вариационные ряды массы тела сельди в январе и марте 2020 г., %

Месяцы	Масса тела, г											Среднее значение, г
	41–80	81–120	121–160	161–200	201–240	241–280	281–320	321–360	361–400	401–440	441–480	
Январь		0,4	8,8	11,8	16,5	13,8	16,6	18,2	10,9	2,7	0,3	274
Март	0,5	2	14,2	14,2	11,2	9,8	14,5	17	11,5	4,3	0,8	266

Доля самок в январе составляла 48 %, в марте была равной 67 %.

В настоящее время промысловая мера на охотскую сельдь, обитающую в СОМ, по длине АД, т.е. от вершины рыла при закрытом рте до основания средних лучей хвостового плавника, равна 24 см [11]. Доля таких особей в среднем в январе составила 2 %, в марте – 26 %.

Наблюдаемое в уловах в марте, по сравнению с январем, увеличение доли молоди, возможно, вызвано тем, что часть крупных половозрелых рыб в марте уже начала смещаться ближе к берегу, совершая преднерестовую миграцию, и не облавливалась промысловыми судами.

Заключение

В период проведения исследований по сельди на крупнотоннажном судне в январе-марте 2020 г., при траловом промысле в Северо-Охотморской промысловой подзоне Охотского моря, отмечена разница в длине и массе тела в январе и марте.

В январе длина тела по АС изменялась от 21,5 до 37,2 см, при среднем значении 30,1 см, в марте размах колебаний составлял от 19,0 до 37,3 см, среднее – 28,3 см.

В марте, по сравнению с январем, доля малоразмерных особей значительно увеличилась, с 1,9 до 25,8 %, количество рыб среднего размера выросло, с 31,6 до 32,2 %, а доля крупноразмерных рыб уменьшилась с 66,2 до 42 %. Модальный размерный класс составлял 30,6–31,5 см.

Масса тела сельди в январе в уловах колебалась от 95 до 460 г, среднее значение – 274 г. В марте размах колебаний составил от 65 до 465 г, при среднем – 266 г.

В марте, по сравнению с январем, доля мелких особей существенно увеличилась, с 9,2 до 16,7 %, количество рыб со средней массой тела несколько снизилось, с 42,1 до 35,2 %, доля крупных рыб незначительно снизилась, с 48,7 до 48,1 %. Модальный класс по массе тела составлял 321–360 г.

Доля самок в январе составляла 48 %, в марте – 67 %.

Доля мелкой непромысловой сельди с длиной тела АД менее 24 см в среднем в январе составила 2 %, в марте – 26 %.

Увеличение в марте в уловах доли молоди сельди, возможно, вызвано тем, что часть крупных половозрелых рыб уже начала смещаться ближе к берегу, совершая преднерестовую миграцию, и не облавливалась промысловыми судами.

Библиографический список

1. Тюрнин Б.В. Структура нерестовой популяции сельди северо-западной части Охотского моря, ее динамика и биологические основы прогнозирования улова: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр, 1975. 221 с.
2. Науменко Н.И. Биология и промысел морских сельдей Дальнего Востока. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор, 2001. 330 с.
3. Смирнов А.А., Панфилов А.М. Многолетняя динамика основных биологических показателей охотской сельди // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2012. № 2. С. 63–68.
4. Фадеев Н.С. Справочник по биологии и промыслу рыб северной части Тихого океана. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2005. 366 с.
5. Панфилов А.М. К вопросу об освоении общего допустимого улова охотской сельди *Clupea pallasii* Cuvier et Valenciennes, 1847 в 2001–2016 гг. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2017. Вып. 45. С. 54–67.
6. Антонов Н.П., Датский А.В., Мазникова О.А., Митенкова Л.В. Современное состояние промысла тихоокеанской сельди в дальневосточных морях // Рыб. хоз-во. 2016. № 1. С. 54–58.
7. Нагульная сельдь – 2021 (путинный прогноз). Владивосток: Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО»). 2021. 108 с.
8. Смирнов А.А., Омельченко Ю.В., Семенов Ю.К., Елатинцева Ю.А. Особенности промысла тихоокеанской сельди (*Clupea pallasii*) в январе-апреле 2021 г. в северной части Охотского моря // Рыб. хоз-во. 2021. № 4. С. 38–43.
9. Плохинский В.А. Биометрия. Новосибирск, 1961. 364 с.
10. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
11. Панфилов А.М. К вопросу о минимальной промысловой мере на охотскую сельдь // Тр. ВНИРО. 2006. Т. 146. С. 247–252.

Egor D. Dorofeev

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: egor.dorofeev@tinro-center.ru

Oleg Z. Badaev

Pacific Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Researcher, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: badayev@yandex.ru

Resources and fishery of fish of the Pleuronectidae family in the South Kuril zone

Abstract. Data on the state of resources and fishery of fish of the Pleuronectidae family in the South Kuril zone are presented. It is noted that in the last two decades, the situation with the development of the resources of these fish has improved. The share of the stock and catch of flounders of the low-boreal zoogeographic complex increased during this period, while the share of fish of the high-boreal and broad-boreal complex remained at the same level or decreased.

Keywords: South Kuril Island zone, Pleuronectidae, resource status, catch, high-boreal complex, low-boreal complex, broad-boreal complex.

Егор Дмитриевич Дорофеев

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: egor.dorofeev@tinro-center.ru

Олег Зинурович Бадаев

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, Россия, Владивосток, e-mail: badayev@yandex.ru

Ресурсы и промысел рыб семейства Pleuronectidae в Южно-Курильской зоне

Аннотация. Приведены данные о состоянии ресурсов и промысла рыб семейства Pleuronectidae в Южно-Курильской зоне. Отмечается, что в последние два десятилетия ситуация с освоением запасов этих рыб улучшилась. Доля запасов и вылова камбал низкобореального зоогеографического комплекса в этот период увеличивалась, а доля рыб высокобореального и широкобореального комплекса оставалась на прежнем уровне или уменьшилась.

Ключевые слова: Южно-Курильская зона, Pleuronectidae, состояние ресурсов, улов, высокобореальный комплекс, низкобореальный комплекс, широкобореальный комплекс.

1. Introduction

The South Kuril zone is one of the important fishing areas [1; 2; 3; 4]. A group of types of family Pleuronectidae is included in the fifteen main objects of fishing by the volume of commercial seizure (Badaev et.al., 2021). The aim of the work is to show the state of resources and fishing of Pleuronectidae in the South Kuril zone in the period 2001-2020.

Data on the total allowable catch (TAC) are taken from TINRO materials [5]. The fishing seizure was assessed according to the data of the industry monitoring system of the fishing fleet, as

well as according to TINRO materials [5]. Some data on the state of stocks and catch, especially for the early period, are provided by experts.

2. Result

26 species of fish of the Pleuronectidae family are found in the South Kuril zone [6,7]. Fishing, and consequently fishing forecasting, is based on 10 of them. These are two species of halibut - *Atheresthes evermanni* and *Hippoglossus stenolepis*, and eight species of flatfish - *Cleisthenes herzensteini*, *Clidoderma asperrimum*, *Glyptocephalus stelleri*, *Lepidopsetta mochigarei*, *L. polyxystra*, *Limanda proboscidea*, *Pseudopleuronectes herzensteini* and *P. schrenki*.

The value of the TAC of Pleuronectidae species during this period varied from 1.1 to 2.9 (on average 2.11) thousand tons per year (Figure 1) [5]. Of these, the average annual TAC (thousand tons) of *H. stenolepis* was 0.28, *A. evermanni* – 0.58, *G. stelleri* – 0.4, *L. mochigarei* – 0.26, *P. schrenki* – 0.2.

The catch of Pleuronectidae in the study period varied from 0.1 to 1.9 (average 0.83) thousand tons (Figure 1) [5]. Of these, halibut was extracted on average 0.21 thousand tons per year, and in 2020 – 1.13 thousand tons.

The development of the scientifically recommended value of commercial seizure in the period 2001-2020 ranged from 0.81 to 82.7% (Figure 1). There is a tendency towards more complete development of Pleuronectidae resources.

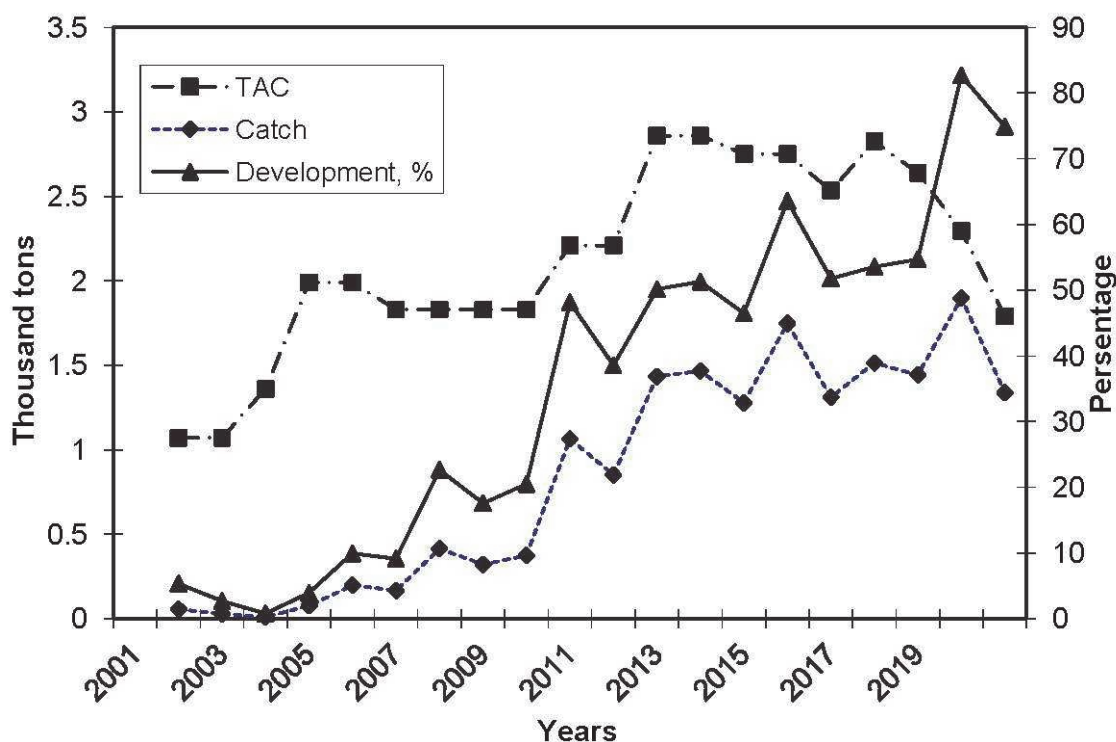


Figure 1 – Total allowable catch, catch (thousand / tonne) and developing (%) of Pleuronectidae in the South Kuril zone in 2001–2020

Pleuronectidae in the South Kuril zone are mainly mined on Russian vessels with bottom trawls and bottom trawls, and on Japanese vessels with bottom trawls and bottom tiers. Specialized fishing of halibut is not conducted, they are caught in the form of by-catch. The main area of flounder fishing is located on the Pacific shelf of the Little Kuril Ridge. The share of Russian vessels accounts for 63% of the total catch of flounders, Japanese - 37% [5].

During the year, the fishing load is distributed relatively evenly. The exceptions are September, October and December (Figure 2). In September and October, part of the fleet was reoriented to mackerel (*Scomber japonicus*) and sardine (*Sardinops melanostictus*) fishing. In November-December, the fleet is released and switches to fishing for coastal fish.

During the study period, it is noted that in the general structure of the predicted flounders, the share is growing due to low-boreal species. Stocks of high-boreal and broad-boreal flounders either decrease or remain at the same level.

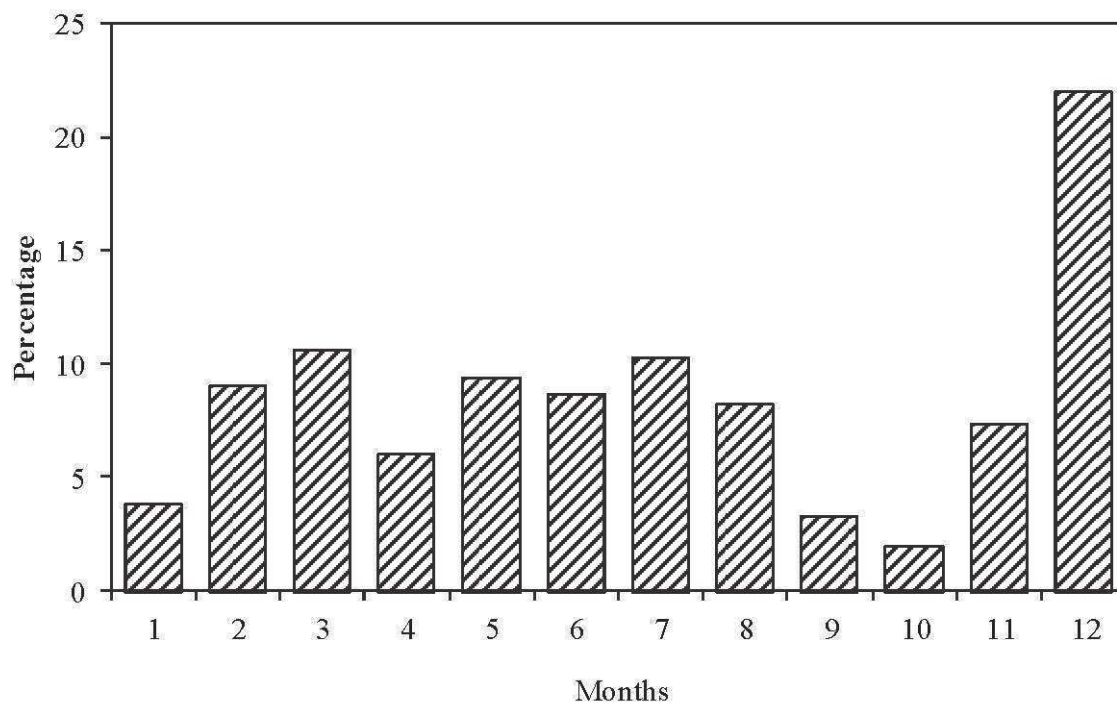


Figure 2 – Intensity of fishing for Pleuronectidae in the South Kuril zone by months in 2001–2020

Conclusion

The state of the resources of the Pleuronectidae is in a steady state. However, the high level of developing, as well as changes in the structure of flounder stocks of different zoogeographic complexes (probably related to climatic changes), suggest careful monitoring of their condition.

References

1. Vedensky A.P. Notes on the fishing industry of the South Kuril Islands // Rybnoe khoz-vo. 1949. No. 7. P. 32–33 (In Russian).
2. Safronov S.N., Nikiforov S.N. Fishery use of the shelf of the South Kuril Islands // Distribution and rational use water zooresources Sakh. and Kuril islands. Vladivostok: Far East Scientific Center of the Academy of Sciences of the USSR, 1980. P. 82–87 (In Russian).
3. Buslov A.V., Biryukov I.A., Vasilets P.M., Velikanov A.Ya., Galanin D.A., Kaev.M., Kim Sen Tok, Nizyaev S.A., Romasenko L.V. , Smirnov I.P., Filatov V.N. and Shepelev Yu.N. Fisheries of bioresources in the waters of the Kuril ridge: modern structure, dynamics and basic elements. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhNIRO, 2013. – 264 p. (In Russian).
4. Badaev O.Z., Boldyrev V.Z., Shabelsky D.L., Solodovnikov S.A. South Kuril zone: the state of resources and fisheries in 2000–2020 // Fisheries. 2021. No. 5. P. 48–57 (In Russian).
5. The state of the fishery resources of the Far Eastern fishery basin. Forecast of the total catch of aquatic organisms (short version). Vladivostok: TINRO, 2001–2020 (In Russian).
6. Ueno T. List of marine fishes from the waters of Hokkaido and its adjacent regions, Sci. Rep. Hokkaido Fish. Exp. Stn. 1971. № 13. P. 61–102 (In Japanese).
7. Lindberg G.U., Fedorov V.V. Fish of the Sea of Japan and adjacent parts of the Okhotsk and Yellow seas. Part 6. Teleostomi. 31. Pleuronectiformes. SPb: Nauka, 1993. 272 p. (In Russian).

УДК 639.2.05

Василь Петрович Загрийчук

Астраханский государственный технический университет, доцент, канд. биол. наук, Россия, Астрахань, e-mail: zvp-808@rambler.ru

Константин Анатольевич Бутков

Астраханский государственный технический университет, аспирант, Россия, Астрахань

Возможности контроля рыболовства в запретных районах с использованием отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов

Аннотация. Осуществление государственного мониторинга за рыболовством и сохранением водных биоресурсов с использованием данных о маневрировании рыбопромыслового судна, имеющихся в отраслевой системе мониторинга водных биологических ресурсов.

Ключевые слова: государственный мониторинг, рыболовство, маневрирование, судно, снюрревод, запрещенный район.

Vasil P. Zagriyчук

Astrakhan State Technical University, Associate Professor, PhD, Russia, Astrakhan, e-mail: zvp-808@rambler.ru

Konstantin A. Butkov

Astrakhan State Technical University, Postgraduate Student, Russia, Astrakhan

Possibilities for controlling fisheries in restricted areas using an industry-specific system for monitoring aquatic biological resources

Abstract. The annotation: Implementation of state monitoring of fisheries and conservation aquatic biological resources with using information about the maneuvering of a fishing vessel available in the industry monitoring system of aquatic biological resources.

Keywords: the state monitoring, fishery, the maneuvering, the vessel, the snurevod, a restricted area.

При осуществлении рыболовства используется огромное многообразие орудий и способов рыболовства [1, 2]. Одним из широко используемых орудий лова для осуществления промышленного и прибрежного рыболовства в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне является снюрревод (донный невод). По устройству и технике лова донные невода занимают промежуточное положение между закидными неводами и тралами, благодаря чему разрешены правилами рыболовства к использованию в районах, где применение тралящих орудий лова запрещено [3]. Принцип лова донными неводами (рис. 1) состоит в том, что при замете урезами охватывается большой участок водоема. Затем при тяге или буксировке невода урезы идут по грунту, образуя полосы мути (мутьевые шлейфы), которые сгоняют рыбу к центру обметанного пространства на пути движения сетной части невода. Ловят донными неводами в прибрежных районах моря преимущественно донную и придонную рыбу на глубинах до 120–150 м.

Техника лова донными неводами состоит из следующих операций: наборка невода, поиск рыбы, замет, выборка урезом и невода, выливка улова. Замет начинают с отдачи буймаяка. Пятной урез травят на среднем или полном ходу. Когда вытравлен почти весь пятной урез, ход судна сбавляют, и в воду сходит сам невод. После этого судну снова дают средний

или полный ход и вытравливают бежной урез. Подходят к бую на малом ходу. После погружения самого невода и урезов на дно выбирают урезы. Процесс добычи (вылова) снюрреводом представлен на рис. 2 [4].

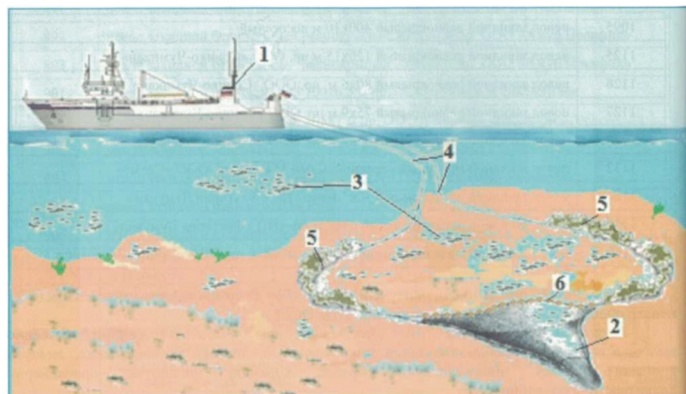


Рисунок 1 – Лов снюрреводом: 1 – промысловое судно (сейнер); 2 – снюрревод; 3 – объект лова; 4 – урезы; 5 – мутьевые шлейфы от перемещения урезков; 6 – верхняя подбора снюрревода

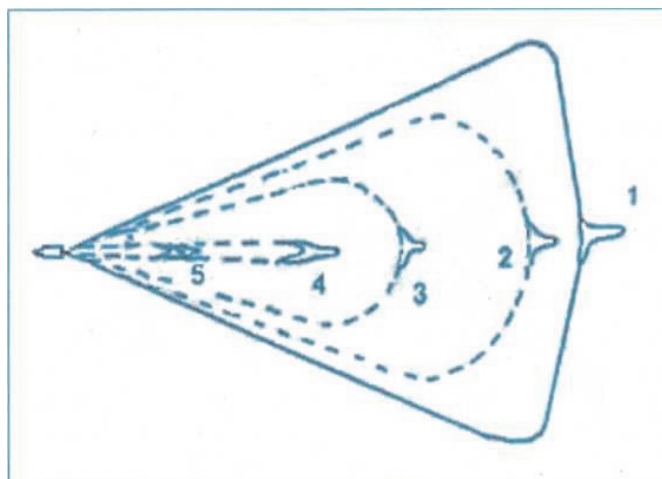


Рисунок 2 – Расположение сетной части невода и урезков на разных этапах промысловой операции:
1 – урезы и невод вытравлены; 2 – начало выборки невода; 3 – выборка урезков медленно;
4 – выборка урезков с увеличением скорости выборки и невод начинает закрываться;
5 – невод полностью закрыт и готов к выборке на борт

В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне (подзона Приморье) существует множество закрытых морских районов, в которых полностью или частично запрещена добыча (вылов) водных биологических ресурсов по причине затопления взрывчатых веществ или проведения учений ВМФ России. К таким районам отнесен район № 313 [5, 6], где запрещена добыча водных биологических ресурсов (рис. 3).

В соответствии с требованиями действующего законодательства рыбопромысловое судно оснащается техническими средствами контроля, обеспечивающими постоянную автоматическую, некорректируемую передачу информации о местоположении судна, и другими техническими средствами контроля (далее – ТСК) [7]. Некорректируемая информация включает в себя данные о текущих географических координатах судна, его курсе, скорости (в узлах), дате и универсальном координированном времени (UTC) их определения (далее – рапорт о позиции судна), идентификационные данные ТСК [8]. Сбор, обработку, хранение и представление передаваемых данных о местоположении судов, осуществляющих рыболовство, осуществляет Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центр системы мониторинга рыболовства и связи», обеспечивающее функционирование отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов [9].

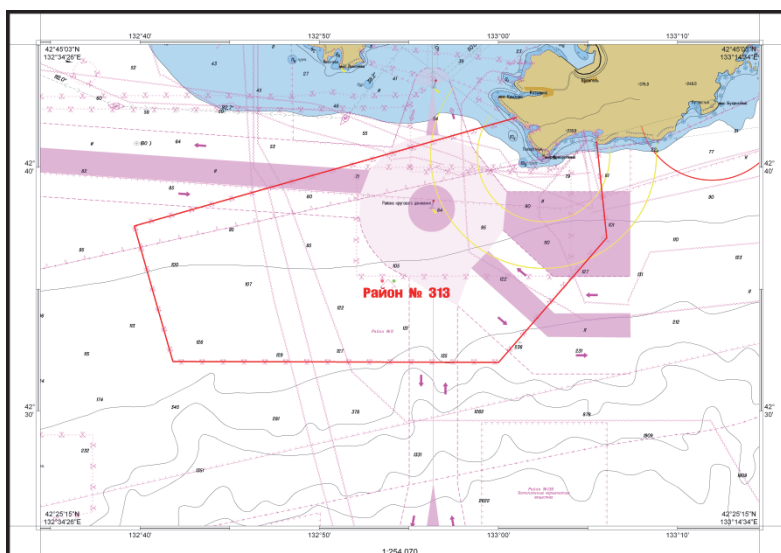


Рисунок 3 – Запрещенный для рыболовства район № 313

На основании фактических данных, имеющих в отраслевой системе мониторинга водных биологических ресурсов, рассмотрим добычу рыбы снюрреводом в данном запрещенном районе. Сейнер-траулер рефрижераторный по своим тактико-техническим характеристикам попадает в категорию самоходных судов с главным двигателем мощностью более пятидесяти пяти киловатт и валовой вместимостью более восьмидесяти тонн и используется для осуществления прибрежного и/или промышленного рыболовства. Анализируя информацию о местоположении (таблица) среднетоннажного судна при его нахождении в закрытом для рыболовства районе № 313, передаваемую ТСК за один день, можно установить операции, связанные с добычей (выловом) водных биологических ресурсов, выполненные рыбопромысловым судном при лове снюрреводом.

Данные о местоположении среднетоннажного судна при его нахождении в закрытом для рыболовства районе № 313

№ позиций	Время	Широта	Долгота	Курс	Скорость, уз
1	08:08	42°32'42" с.ш.	132°40'59" в.д.	23	10
2	08:10	42°33'19" с.ш.	132°41'16" в.д.	11	10,6
3	08:11	42°33'18" с.ш.	132°41'16" в.д.	10	10
4	08:22	42°35'09" с.ш.	132°41'44" в.д.	11	10
5	08:33	42°36'59" с.ш.	132°42'08" в.д.	12	10
6	08:38	42°37'36" с.ш.	132°42'29" в.д.	124	8
7	08:44	42°37'36" с.ш.	132°42'11" в.д.	302	9
8	08:48	42°38'04" с.ш.	132°42'13" в.д.	69	8
9	08:54	42°37'31" с.ш.	132°42'31" в.д.	222	9
10	09:02	42°37'48" с.ш.	132°41'42" в.д.	55	6
11	09:07	42°37'56" с.ш.	132°41'56" в.д.	169	0
12	09:11	42°37'59" с.ш.	132°41'42" в.д.	313	2
13	09:17	42°38'15" с.ш.	132°41'35" в.д.	323	1

По данным о местоположении данного судна установлено, что судно выполнило три промысловых усилия с использованием снюрревода. В качестве примера рассмотрим одно промысловое усилие. Так, с 8 ч 08 мин до 8 ч 38 мин судно находилось в районе № 313, где выполняло поиск промысловых скоплений рыб, что подтверждается его маневрированием: курсы переменные, скорость 10 уз, номера позиций 1–5. В период с 8 ч 38 мин до 8 ч 44 мин –

начало замета орудия лова. Он начался с отдачи буя-маяка и травления пятного уреза на ходу, близком к полному, что соответствует местоположению судна в позициях 6–7. Пройдя порядка 2400 м, меняя курс по часовой стрелке, с 8 ч 44 мин до 8 ч 54 мин был вытравлен остаток пятного уреза, сам невод и травился бежной урез, что соответствует позициям 7–9. В период с 8 ч 54 мин до 9 ч 02 мин судно подошло к бую на малом ходу для его подъема на палубу и закрепления пятного уреза на промысловых механизмах, что соответствует позициям 9–10. После погружения самого невода и урезов на дно началась сбивка (стягивание) и выборка урезом до позиции 13 (рис. 4). В данном случае выполненные маневры и затраченное время на замет урезом длиной 1500 м и донного невода составило от 10–24 мин, стягивание и начало выборки урезом 15–23 мин с последующим подъемом невода и выливкой улова, что соответствует технике лова снюрреводами с выметом орудия лова по многоугольнику [10].

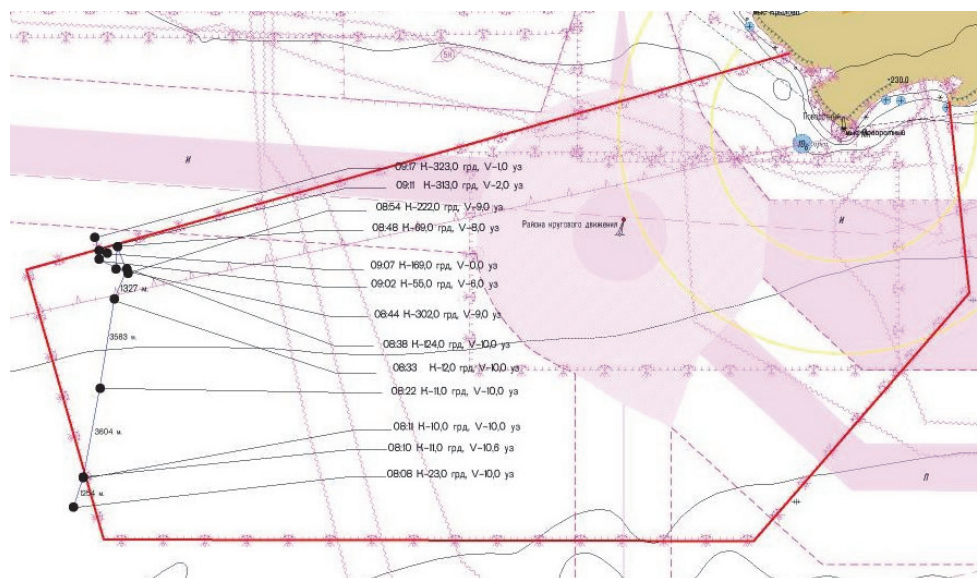


Рисунок 4 – Маневрирование рыбопромыслового судна при осуществлении рыболовства снюрреводом

Таким образом, вылов водных биологических ресурсов среднетоннажным судном, оснащенным ТСК, с использованием снюрревода (донного невода), в запрещенном для рыболовства районе можно считать установленным на основании следующего:

- период осуществления рыболовства соответствует наличию промысловых скоплений водных биологических ресурсов в данное время и осуществлению промыслового усилия в светлое время суток;
 - место осуществления рыболовства соответствует наличию промысловых скоплений водных биологических ресурсов в данном районе. Замет снюрревода осуществлялся на глубинах 90–100 м;
 - характер маневрирования судна: скорость, курс, затраты времени соответствуют маневрам судна, осуществляющего замет снюрревода с урезами по 1500 м по многоугольнику.
- Вышесказанное соответствует тактике ведения промысла снюрреводом на Дальнем Востоке.

Библиографический список

1. Загрийчук В.П., Бутков К.А. Производство записей в промысловом журнале – требование к сохранению водных биологических ресурсов // Рыб. хоз-во. 2020. № 4. С. 33–35.
2. Загрийчук В.П., Фоменко В.И., Сайткулов В.Р. Установление размера (шага) ячеи в сетных орудиях лова как мера обеспечения рационального ведения рыбного промысла и охраны рыбных ресурсов // Рыб. хоз-во. 2017. № 1. С. 83–85.

3. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 23 мая 2019 г. № 267 «Об утверждении правил рыболовства для Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна» [Электронный ресурс]: по состоянию на 1 января 2020 г. Доступ из справочно-правовой системы «Гарант» (дата обновления: 04.12.2021).
4. Татарников В.А., Акишин В.В., Истомин И.Г., Астафьев С.Э., Рой И.В., Оруженко С.С. Перечень способов и орудий промышленного и прибрежного рыболовства Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна (за исключением внутренних вод): справ. пособие. М.: Изд-во ВНИРО, 2019. 208 с.
5. Режим плавания судов в водах, омывающих Тихоокеанское побережье России (сводное описание) // Гидрографическая служба Тихоокеанского флота. УНИО МО. 2010. № 4440.
6. Лоция Северо-Западного берега Японского моря от реки Туманная до мыса Белкина № 1401 // Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны Российской Федерации. 2005. С. 236–237.
7. Федеральный закон от 20 декабря 2004 г. № 166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» [Электронный ресурс]: по состоянию на 02 июля 2021 г. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обновления: 04.12.2021);
8. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 15 ноября 2018 г. № 525 «Об утверждении Порядка оснащения судов техническими средствами контроля, их видов, требований к их использованию и Порядка контроля функционирования технических средств контроля» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]: доступ из справочно-правовой системы «Гарант» (дата обновления: 04.12.2021).
9. Постановление Правительства РФ от 24 декабря 2008 г. № 994 «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных биологических ресурсов и применении его данных» (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]: доступ из справочно-правовой системы «Гарант» (дата обновления: 04.12.2021).
10. Войниканис-Мирский В.Н. Техника промышленного рыболовства. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 488 с.

Олег Владимирович Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, доктор биол. наук, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Елена Алексеевна Косач

Санкт-Петербургский государственный университет, студент, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: helena.spbu@gmail.com

Анна Сергеевна Мартынова

Санкт-Петербургский государственный ветеринарный университет, студент, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: ann-mart@mail.ru

Результаты выращивания молоди кеты *Oncorhynchus keta* на рыбоводных заводах Сахалинской области с применением стартовых кормов НПК «Акватех»

Аннотация. Проанализировали эффективность кормления молоди кеты *Oncorhynchus keta* на рыбоводных заводах Сахалинской области стартовыми кормами производства НПК «Акватех» (Россия) и Aller Aqua (Дания). Кормовые коэффициенты в большинстве случаев варьировали от 0,6 до 0,8 и на всех заводах были ниже при использовании корма российского производства, обеспеченного при производстве двумя вариантами флотации – медленно тонущие и плавающие. На разных заводах в зависимости от условий выращивания рыбоводы выявили преимущество одной или другой флотации.

Ключевые слова: кета, Сахалинская область, рыбоводные заводы, «Акватех».

Oleg V. Zelennikov

St. Peterburg State University, Associate Professor, Doctor of Biology, Russia, St. Petersburg, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Elena A. Kosach

St. Peterburg State University, Student, Russia, St. Petersburg, e-mail: helena.spbu@gmail.com

Anna S. Martynova

St. Petersburg State Veterinary University, Student, Russia, St. Petersburg, e-mail: ann-mart@mail.ru

The results of rearing juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* at fish hatcheries in the Sakhalin Region using starter feeds by «Aquatech»

Abstract. We analyzed the effectiveness of feeding juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* at fish hatcheries in the Sakhalin Region with starter feeds produced by «Aquatech» (Russia) and «Aller Aqua» (Denmark). Feed ratios in most cases ranged from 0.6 to 0.8 and were lower at all plants when using Russian-made feed provided during production with two flotation options - slowly sinking and floating. At different plants, depending on the growing conditions, fish farmers have identified the advantage of one or the other flotation.

Keywords: Sakhalin region, fish hatcheries, chum salmon, «Aquatech».

Хорошо известно, что в XXI в. в России было фактически утрачено производство кормов для лососевых рыб, и в первую очередь стартовых кормов для кормления личинок и молоди. Этому способствовал целый комплекс причин. Среди главных можно отметить многокомпонентность и низкую маржинальность лососевых кормов, повышенные требования к качеству компонентов и в среднем сравнительно низкую культуру производства, доступность и широкий выбор зарубежных кормов, главным образом, европейских производителей и др. Вместе с тем попытки организовать производство кормов на российских предприятиях не прекращались, ведь повсеместное использование кормов импортного производства являлось одним из факторов, замедляющих развитие аквакультуры в России [1].

Фактически единственным предприятием до настоящего времени, которое в России добилося производства качественных стартовых кормов для лососевых, является научно-производственная компания «Акватех». В течение трех последних лет компания выигрывала аукцион на поставку кормов для федеральных рыбоводных заводов Сахалинской области.

Цель нашей работы – сравнить количественные показатели выращивания молоди кеты в течение этих трех лет по сравнению с предшествующим трехлетним периодом, когда рыбоводы использовали корм импортного производства. В 2016–2018 гг. молодь кеты кормили кормами компании «Aller Aqua» (Дания), а в 2019–2021 гг. – стартовыми кормами производства «Акватех» (Россия, Новосибирская обл.).

Для кормления молоди использовали два вида корма российского производства: ЭСКТЛ 60/11 (где 60 и 11 указывают на содержание соответственно протеина и жира) и СКТЛи 62/10, в котором буква «и» указывает на наличие иммуностимулятора.

В состав иммуностимулятора введены: культуры бактерий *Bacillus subtilis* и *Bacillus licheniformis*, ферменты ксиланаза, протеаза, целлюлаза, В-глюканоаза, и маннанолигосахариды из клеточных стенок дрожжей. Особо следует отметить, что иммуностимулятор был разработан и производится компанией «Сибэф» (Россия, Новосибирская обл.). Оба вида корма имеют разную флотацию. Один из них условно определяем как медленно-тонущий, другой – плавающий.

Перед тем как представить полученные данные, отметим, что в настоящее время в Северной Пацифике в целом и в Сахалинской области, в частности, наблюдается тенденция сокращения численности горбуши на рыбоводных заводах и увеличения численности молоди кеты [2], которая, обладая стабильным хомингом, является наиболее рентабельной для воспроизводства.

Заводы, на которых выращивают молодь кеты, существенно различаются термическими условиями [3]. Анивский ЛРЗ является самым холодноводным из тех заводов, на которых выращивают молодь кеты; к началу кормления в начале – середине мая молодь здесь набирает сумму тепла меньше, чем на любом другом предприятии – 618,5–629,7 градусодней (таблица). Урожайный ЛРЗ также является холодноводным. Впрочем наличный объем грунтовой воды позволяет не опускать температуру воды в зимние месяцы ниже 0,5 °С. Сумма тепла, которую молодь набрала до начала кормления в 737,4–772,6 градусодней, была заметно выше, чем на предыдущем заводе, но ниже, чем на всех остальных предприятиях. Здесь следует отметить, что хотя на Анивском и Урожайном ЛРЗ и выращивают молодь кеты, все-таки изначально это горбушевые заводы. В отличие от них Ясноморский ЛРЗ является самым холодноводным предприятием из тех, на которых воспроизводят только молодь кеты. В зимние месяцы температура воды здесь также опускается до 0,3–0,5 °С, однако в период кормления в мае-июне за счет естественного прогрева речной воды повышается до 12–14 °С. Отметим, что это единственный из федеральных заводов на острове Сахалин, на котором всю молодь кормят в пруду (рисунок, а). Кормовой коэффициент при выращивании молоди кеты на всех наиболее холодноводных заводах в разные годы был разным, но в среднем эффективность кормления в течение последних трех рыбоводных циклов в сумме оказалась выше, чем в течение трех предшествующих (таблица). Аномально низкие кормовые коэффициенты на Анивском ЛРЗ являются субъективным эффектом работы с малыми группами.

Соколовский, Сокольниковский и Таранайский заводы можно назвать обычными для воспроизводства молоди кеты (рисунок, б). Температура воды на них практически не опус-

кается ниже 1 °С. Перед кормлением молодь здесь набирает около 800 градусодней, и при этом температурный режим позволяет начать кормление раньше, чем на холодных заводах – в середине – конце апреля. Несколько особое положение занимает Буюкловский ЛРЗ. Он расположен на притоке крупнейшей на Сахалине реки – Поронай – и находится от устьевой зоны дальше, чем остальные предприятия – около 130 км. В соответствии с динамикой нерестовой миграции производителей и ската молоди кормить рыб на этом заводе начинают при значительной сумме накопленного тепла – 829,5–886,2 градусодня в середине – конце мая, а выпускают в конце июня – начале июля. Кормовой коэффициент на заводах с обычным температурным режимом из года варьировал в диапазоне от 0,63 до 0,87. При этом на всех четырех предприятиях кормовой коэффициент при использовании корма российского производства в среднем был ниже, чем при использовании датского корма (таблица).

Остальные заводы, в частности Побединский и Березняковский ЛРЗ, являются тепловодными. Казалось бы, кормление молоди на них начинается в апреле при сумме набранного тепла более 850 градусодней, т.е. практически при той же сумме, как, например, на Таранайском ЛРЗ. И сумма градусодней, которую молодь набирает перед выпуском, также оказывается несущественно выше. Однако на этих предприятиях особенно большое влияние оказывают грунтовые воды. В результате температура воды на них в зимние месяцы не опускается ниже 4 °С, но и весной прогревается несущественно.



а



б

Внешний вид прудов на Ясноморском ЛРЗ (а) бетонных каналов на Сокольниковском ЛРЗ (б) и при кормлении молоди кеты

Характеристика молоди кеты, выращенной на федеральных заводах Сахалинской области. *КК – кормовой коэффициент

Завод	Годы	НАЧАЛО КОРМЛЕНИЯ				ВЫПУСК МОЛОДИ				Выпуск молоди млн шт.	Трата корма, кг	КК*
		Дата	Возраст		Дата	Возраст		Масса рыб, мг				
			Сут	Градусодни		Сут	Градусодни					
Анивский	2015–18	19.05	241,5	618,5	325,0	23.06	277,5	954,3	885,8	0,8202	245	0,60
	2018–21	02.05	235,7	629,7	314,6	11.06	273,9	936,5	833,6	0,7831	163	0,42
Урожайный	2015–18	13.05	242,3	737,4	350,7	29.06	289,4	1226,1	1060,0	10,1031	5648	0,81
	2018–21	01.05	230,1	772,6	305,0	15.06	274,8	1130,6	835,0	7,4808	2746	0,70
Ясноморский	2015–18	11.05	233,0	767,8	368,6	16.06	268,9	1042,4	757,0	9,1743	2817	0,82
	2018–21	01.05	219,9	835,7	316,7	14.06	273,1	1212,3	773,5	9,1774	2913	0,70
Соколовский	2015–18	02.05	214,4	799,8	335,4	01.07	272,4	1162,3	861,3	13,3323	4940	0,74
	2018–21	26.04	214,6	811,8	305,4	21.06	270,7	1112,2	834,3	7,5905	2740	0,68
Сокольниковский	2015–18	24.04	219,5	831,6	349,1	04.06	260,2	1084,5	851,6	20,1873	7867	0,77
	2018–21	14.04	207,9	817,2	318,8	05.06	259,2	1081,5	843,6	13,9564	5427	0,74
Таранайский	2015–18	25.04	217,8	855,6	363,4	14.06	264,2	1163,1	825,0	10,4067	4310	0,91
	2018–21	18.04	206,7	852,8	309,2	03.06	252,3	1134,0	816,1	10,3142	3853	0,77
Буюкловский	2015–18	21.05	236,7	849,4	313,5	30.06	276,1	1135,7	848,2	19,7340	7460	0,73
	2018–21	16.05	233,5	873,8	298,9	29.06	277,3	1151,2	827,6	20,6500	7603	0,70
Березняковский	2015–18	21.04	200,5	842,2	328,8	28.06	268,6	1274,0	1056,9	11,9167	6206	0,73
	2018–21	20.04	210,3	844,4	309,4	23.06	274,3	1231,5	1078,3	9,2277	4789	0,68
Побединский	2015–18	04.05	221,0	876,2	318,4	29.06	277,8	1181,0	850,2	10,4233	4009	0,73
	2018–21	24.04	210,5	866,0	298,6	24.06	265,0	1176,1	845,8	11,3143	4040	0,65
Адо-Тымовский	2015–18	18.04	205,0	994,0	318,1	22.06	269,2	1296,4	889,3	19,1760	6993	0,73
	2018–21	03.04	195,7	975,7	291,5	16.06	270,1	1308,0	848,8	18,1083	6751	0,66

Самым же тепловодным в отчетные годы оказался Адо-Тымовский ЛРЗ. Кормление молоди на этом предприятии начинали в разное время, но в среднем раньше, чем на всех остальных заводах – в первой половине апреля и даже в конце марта при сумме набранного тепла более 950 градусоудней. Интересно, что Адо-Тымовский ЛРЗ единственный из всех, на котором температура воды в период от закладки до начала кормления, т.е. в сентябре-марте в среднем 4,98 °С была выше, чем температура в период кормления в апреле-июне – 4,46 °С, поскольку большой объем грунтовых вод замедлял ее естественный весенний прогрев. В результате и сам период кормления в последних трех циклах – 74,4 сут – был наиболее продолжительным. Кормовой коэффициент на всех трех наиболее тепловодных заводах в разные годы изменялся в диапазоне от 0,51 до 0,81 и в среднем при использовании корма российского производства был ниже, чем при использовании корма датского производства (см. таблицу).

Как уже было отмечено, компания «Акватех» поставляла медленно-тонущие и плавающие корма. Рыбоводы, опробовав оба варианта корма, выбрали тот, который наиболее подходил для использования на конкретных предприятиях. Так, на Анивском, Ясноморском, Соколовском, Буюкловском, Таранайском, Березняковском и Адо-Тымовском ЛРЗ лучшие результаты были получены при использовании плавающих кормов. На Сокольниковском и Побединском ЛРЗ предпочли медленно-тонущий корм, а на Урожайном хорошие результаты были получены при использовании обоих варианта корма.

Заключение

Предприятия, занимающиеся выращиванием молоди кеты в Сахалинской области, являются более многочисленными и оказываются более разнообразными, главным образом, в связи с масштабом и режимом применения грунтовых вод. Условно все заводы можно разделить на холодноводные, с обычным термическим режимом и тепловодные. На первых из них температура воды в зимние месяцы оказывается наиболее низкой, а в период кормления в мае-июне – наиболее высокой. В отличие от этого температура воды на тепловодных заводах в течение всего рыбоводного цикла изменяется менее выражено. А поскольку относительно быстрое увеличение массы рыб происходит в период кормления, то возникает ситуация, когда молодь на разных заводах за полный рыбоводный цикл набирает весьма различную сумму тепла, но перед выпуском в среднем имеет сходную массу тела.

Анализируя результаты кормления рыб, мы можем видеть, что кормовые коэффициенты, которые в абсолютном большинстве случаев составляли 0,6–0,8 при использовании корма как датского, так и российского производства. На всех заводах в среднем более низкие кормовые коэффициенты оказались при использовании корма, произведенного в научно-производственной компании «Акватех». Можно полагать, что более высокий результат связан как с высоким качеством корма, предложенного российским производителем, так и тем, что корма новосибирской компании были выполнены в двух вариантах флотации. Рыбоводами опытным путем на каждом заводе был выбран более эффективный корм с учетом различных производственных факторов, таких как температурный режим, конфигурация каналов и прудов, гидродинамика, масштаб и режим применения кормораздаточных аппаратов и др.

Библиографический список

1. Лукин А., Богданова В., Костюничев В. Перспективы развития российской аквакультуры // Рыбная сфера. 2016. № 1. С. 34–36.
2. Зеленников О.В., Проскураков К.А., Рудакова Г.С., Мякишев М.С. Сравнительная характеристика молоди горбуши *Oncorhynchus gorbusha Walbaum*, при ее естественном и заводском воспроизводстве в Сахалинской области // Биол. моря. 2020. Т. 46, № 1. С. 14–23.
3. Зеленников О.В. Влияние процессов раннего оогенеза на развитие воспроизводительной системы у рыб: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М.: ВНИРО. 2021. 43 с.

Олег Владимирович Зеленников

Санкт-Петербургский государственный университет, доцент, доктор биол. наук, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Максим Сергеевич Мякишев

Сахалинский филиал Главрыбвода, начальник отдела по воспроизводству водных биологических ресурсов, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: lab_vbr@mail.ru

Александра Александровна Ворожцова

Сахалинский филиал Главрыбвода, заведующий лабораторией по воспроизводству водных биологических ресурсов, Россия, Южно-Сахалинск, e-mail: lab_vbr@mail.ru

Елена Алексеевна Косач

Санкт-Петербургский государственный университет, студент, Россия, Санкт-Петербург, e-mail: helena.spbu@gmail.com

**Опытно-производственный анализ заготовки производителей симы
Oncorhynchus masou в полевых условиях**

Аннотация. Проанализировали опыт получения зрелых половых продуктов от производителей симы *Oncorhynchus masou*, созревших в естественных условиях и отловленных в верховьях реки Черная Речка (Юго-Западное побережье о. Сахалин). Показано, что использование такого способа значительно облегчает заготовку рыб и гарантирует закладку икры симы в объемах, достаточных для устойчивого воспроизводства.

Ключевые слова: Сахалинская область, сима, заготовка производителей.

Oleg V. Zelennikov

St. Peterburg State University, Doctor of Biology, Associate Professor, Russia, St. Petersburg, e-mail: oleg_zelennikov@rambler.ru

Maxim S. Myakishev

Sakhalin Branch of the Federal State Budgetary Institution «Glavrybvod», Head of the Department for the reproduction of aquatic biological resources, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: lab_vbr@mail.ru

Alexandra A. Vorojtsova

Sakhalin Branch of the Federal State Budgetary Institution «Glavrybvod», Head of the Laboratory for the reproduction of aquatic biological resources, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: a.vorajtsova@yandex.ru.

Elena A. Kosach

St. Peterburg State University, Student, Russia, St. Petersburg, e-mail: helena.spbu@gmail.com

Experience in harvesting mature individuals cherry salmon *Oncorhynchus masou* in the field

Abstract. We analyzed the experience of obtaining mature gametes from spawners of the cherry salmon *Oncorhynchus masou*, matured in natural conditions, caught in the upper reaches of the Chernaya Rechka river (Southwest coast of Sakhalin Island). It is shown that the use of this method greatly facilitates the harvesting of fish and guarantees the laying of salmon caviar in volumes sufficient for sustainable reproduction.

Keywords: Sakhalin region, *Oncorhynchus masou*, harvesting adult fish.

Несмотря на более чем 70-летнюю практику воспроизводства молоди симы на рыболовных заводах Сахалинской области [1], биотехника ее воспроизводства до настоящего времени не может считаться разработанной. Самым сложным этапом является процесс заготовки производителей. Как известно, взрослые особи симы в отличие от всех остальных тихоокеанских лососей заходят в реки задолго до нереста, имея слабо развитые гонады, обитают в реках по 2–3 мес. и поднимаются вверх по течению выше забоечных пунктов рыболовных заводов. В процессе воспроизводства молоди на заводах были опробованы разные способы заготовки производителей: отлов во время нерестового хода и длительное выдерживание в русловых садках [1], выдерживание в бассейнах после отлова в районе забоечного пункта [2] или в приустьевой зоне [3], а также заготовка производителей самого конца нерестового хода и использование особей, которых в ходе осенних паводков «сносило» в район забоечных пунктов [2]. Каждый из перечисленных способов имеет свои достоинства и недостатки. Например, выдерживание в русловых садках, способствовало массовой гибели производителей, а выдерживание в заводских бассейнах лимитировало число заготовленных рыб.

Данная работа является продолжением серии опытных работ по заготовке производителей симы для заводского воспроизводства ее молоди. Цель исследования впервые опробовать заготовку производителей в полевых условиях, тем самым привлекая для воспроизводства молоди, особей, уже прошедших от забоечного пункта вверх по реке и достигших полового созревания в естественных условиях.

Урожайный лососевый рыболовный завод (ЛРЗ), на котором проводили работы, расположен на западном побережье о. Сахалин в Томаринском районе, в бассейне реки Черная Речка. Общая протяженность реки составляет 32 км. Основными объектами разведения на заводе являются горбуша и кета. С 2003 г. в режиме опытно-экспериментальных работ на заводе осуществляют и разведение симы. Согласно многолетним наблюдениям в районе расположения Урожайного ЛРЗ производители симы появляются в конце мая – начале июня; в конце июня отмечается массовый ход, а его окончание – в июле. Очевидно, что для обеспечения завода производителями симы, необходимо устанавливать рыбопропускные заграждения за неделю до известных сроков самого раннего подхода лососей к району деятельности завода. Однако в мае-июне на заводе продолжается выращивание молоди предыдущего года закладки, после выпуска которой еще потребуются проведение обязательного цикла профилактических мероприятий. Таким образом, на практике забоечный пункт монтируют только в начале августа, т.е. поздно по отношению к основной анадромной миграции производителей симы, и большинство рыб беспрепятственно проходит выше расположения рыболовного предприятия. Отметим, что такая же проблема характерна и для других рыболовных заводов. Однако рыболовам и специалистам-ихтиологам известны основные участки в водотоках бассейна реки Черная Речка, на которых происходит длительное «отстаивание» производителей симы перед их заключительным перемещением на природные нерестилища. Эти места часто представляют собой относительно глубоководные участки (ямы), на которых особи симы, близкие к половому созреванию, концентрируются в значительных количествах.

Отлов производителей симы проводили в два этапа. На первом этапе, 21 и 23 августа, зрелых производителей отлавливали жаберной сетью в заводи верхнего течения основного

русла реки Черная Речка, в 15 км от устья. На втором этапе, 25 августа, зрелых производителей отлавливали жаберной сетью в заводи притока первого порядка (р. Урожайка) среднего течения основного русла реки Черная Речка, в 7 км от устья. Всего было выловлено и использовано 375 производителей симы, из них 217 самок и 158 самцов (рис. 1, а), от которых заложено на инкубацию три партии икры общим количеством 328 тыс. икринок.

Отлов во всех случаях производили в первой половине дня. Использование жаберных сетей было обусловлено сразу тремя обстоятельствами. Во-первых, перед началом заготовки икры был выполнен пробный отлов рыб, который показал, что, фактически, все особи, как самки, так и самцы, достигли полового созревания. Во-вторых, в местах отлова были сконцентрированы только производители симы, хотя уже в ходе лова и попадались отдельные экземпляры горбуши (рис. 1, б). В-третьих, закоряженность и рельеф участка отлова не допускал возможность использования невода. Сбор икры производили в полевых условиях на месте отлова. Для оплодотворения икры применялся «сухой» способ. Промывку проводили непосредственно в речной воде (рис. 1, в). После окончания процесса набухания, через 2 ч, воду из ведер слили, икру упаковали и в ведрах перевозили ее на Урожайный ЛРЗ, где размещали в инкубационных аппаратах Аткинса. Транспортировку икры от места сбора проводили в течение 2–3 ч. На этапе пигментации глазных бокалов часть икры 21 сентября перевезли на Анивский ЛРЗ с целью выполнения государственного задания.

Развитие зародышей симы проходило без каких-либо отклонений от многолетних данных (Мякишев и др., 2019). Так, стадия пигментации глазных бокалов наступила в среднем на 22 сут, а вылупление – на 48 сут при сумме 480,2 градусодня (таблица). Кормить личинок начали практически одновременно 29 апреля на 251 сут после оплодотворения. Весь период кормления растянулся до 16 июня, когда при массе 1664,5 мг (таблица) молодь выпустили в естественную среду.

Характеристика молоди симы, выращенной на Урожайном ЛРЗ в цикле 2018–2019 гг.

Этап	Параметр	Среднее значение (диапазон)
Закладка	Дата	23.08. (21.08–25.08)
Пигментация глазных бокалов	Дата	14.09. (12.09–16.09)
	сут	22
	градусодни	224,0 (221,1–227,0)
Вылупление	Дата	13.10. (07.10 – 13.10)
	сут	48 (45–51)
	градусодни	480,2 (476,4–482,6)
Начало кормления	Дата	29.04.2019
	сут	251
	градусодни	824,3
Выпуск молоди с завода	Дата	16.07. (15.07–17.07.)
	сут	325,5 (324–327)
	градусодни	1567,1 (1550,3–1583,9)
	длина (L / l), мм	53,4 / 48,5
	масса, мг	1664,5

Очевидно, что весь процесс заготовки производителей, отловленных в естественной среде, выглядит нетрадиционно и нуждается в специальном пояснении. Не вызывает сомнений, что как самки, так и самцы симы, достигшие полового созревания в естественной среде, могли бы успешно отнереститься самостоятельно. Их отлов вызывает вопросы как с точки зрения целесообразности, так и с природоохранных позиций.



а



б



в

Внешний вид производителей симы (а) и экземпляров горбуши, попавших при отлове (б).
Промывка икры в речной воде (в)

Обсуждая выполнение исследования и полученные результаты, в первую очередь, подчеркнем, что разрешительный билет на отлов производителей для целей воспроизводства был выписан не на конкретный участок, а на водный объект в целом. Во-вторых, способ заготовки производителей в реке выше расположения рыбоводного завода, это была опытно-производственная работа. Отметим также, что промысла симы в Сахалинской области нет, и рыбоводные заводы выращивают молодь этого вида, фактически, в рекреационных целях. Поскольку сима активно питается в реке, то в мае-июле она является самым популярным объектом любительского и спортивного рыболовства на Сахалине, для обеспечения которого в регионе организован лицензионный лов.

Заключение

По результатам проведенной работы можно заключить, что способ заготовки производителей в естественной среде оказался успешным и обеспечил выполнение планового задания сразу на двух рыбоводных заводах. Как и остальные способы, предложенный вариант имеет и свои преимущества, и свои недостатки. Несомненным преимуществом является то, что у рыбоводов нет необходимости отлавливать рыб задолго до полового созревания и в течение 2–3 мес. выдерживать их на заводе. При этом, конечно, необходимо хорошо знать базовый водоток – места концентрации симы и участки их нерестилищ. К недостаткам относится опасность «потерять» производителей при высокой активности браконьерства. Возможно, также отловить самок при сравнительно невысокой групповой зрелости и тем самым погубить их безрезультативно. Это возможно сделать также и при заготовке рыб на заводе. Рыбоводы, работающие с симой, знают, что провести ее стандартную бонитировку для проверки зрелости не удастся. Самки симы с гонадами в V стадии зрелости не «отдают» икру, как горбуша или кета, и их половое созревание в большинстве случаев можно выявить только при вскрытии.

Библиографический список

1. Вавилова А.И. Выдерживание производителей симы в естественных садках // Науч.-техн. реф. сб. М.: Рыб. хоз-во, 1957. С. 14–20.
2. Мякишев М.С., Иванова М.А., Киселев В.А., Зеленников О.В. Анализ данных экспериментов по воспроизводству симы *Oncorhynchus masou* на рыбоводных заводах Сахалинской области // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 198. С. 1–14.
3. Погодин В.П., Борзов С.И., Мякишев М.С., Вараксин И.А., Зеленков О.В. Опыт двух-летнего выращивания молоди симы *Oncorhynchus masou* на рыбоводном заводе острова Итуруп // Изв. ТИНРО. 2019. Т. 196. С. 182–192.

Анна Сергеевна Колесникова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ЭПб-412, Россия, Владивосток, e-mail: anna0508200044@gmail.com

Вячеслав Анатольевич Дубина^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. геогр. наук, доцент, Россия, Владивосток

²Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, заведующий лабораторией гидрологических процессов и климата, Россия, Владивосток

Ирина Алексеевна Круглик

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, заместитель директора Института рыболовства и аквакультуры по учебной работе, Россия, Владивосток

Ольга Николаевна Руденко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, Россия, Владивосток

Спутниковый радиолокационный мониторинг шельфа острова Сахалин

Аннотация. В ходе спутникового мониторинга Охотского моря, проводимого силами студентов и преподавателей кафедры «Экология и природопользование» Дальрыбвтуза в рамках учебного процесса, подготовки ВКР и выполнения ГБТ, исследованы районы и масштабы нефтяного загрязнения на шельфе острова Сахалин.

Ключевые слова: Охотское море, шельф Сахалина, PCA, Sentinel-1, нефтяное загрязнение.

Anna S. Kolesnikova

Far Eastern State Technical Fisheries University, APb-412, Russia, Vladivostok, e-mail: anna0508200044@gmail.com

Vyacheslav A. Dubina^{1,2}

¹Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok

²V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Head of laboratory, Russia, Vladivostok

Irina A. Kruglik

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Deputy Director, Russia, Vladivostok

Olga N. Rudenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, Russia, Vladivostok

Satellite radar monitoring of Sakhalin island shelf

Abstract. During of satellite monitoring of the Sea of Okhotsk, conducted by students and teachers of the Department of Ecology and Nature Management, Dalrybvtuz, as part of the educational process, the preparation of the WRC and the implementation of the GBT, a study was made of the locations and extent of oil pollution on the shelf of Sakhalin Island.

Keywords: Sea of Okhotsk, Sakhalin shelf, SAR, Sentinel-1, oil pollution.

Добыча нефти на Сахалине ведётся с 1910 г., но бурное развитие нефтегазовой отрасли произошло с началом освоения шельфа и берёт свой отсчёт с ввода в эксплуатацию первой скважины на месторождении Одопту-море в 1998 г. В настоящее время в разработке находятся 30 месторождений на суше и 9 – на шельфе (рис. 1).

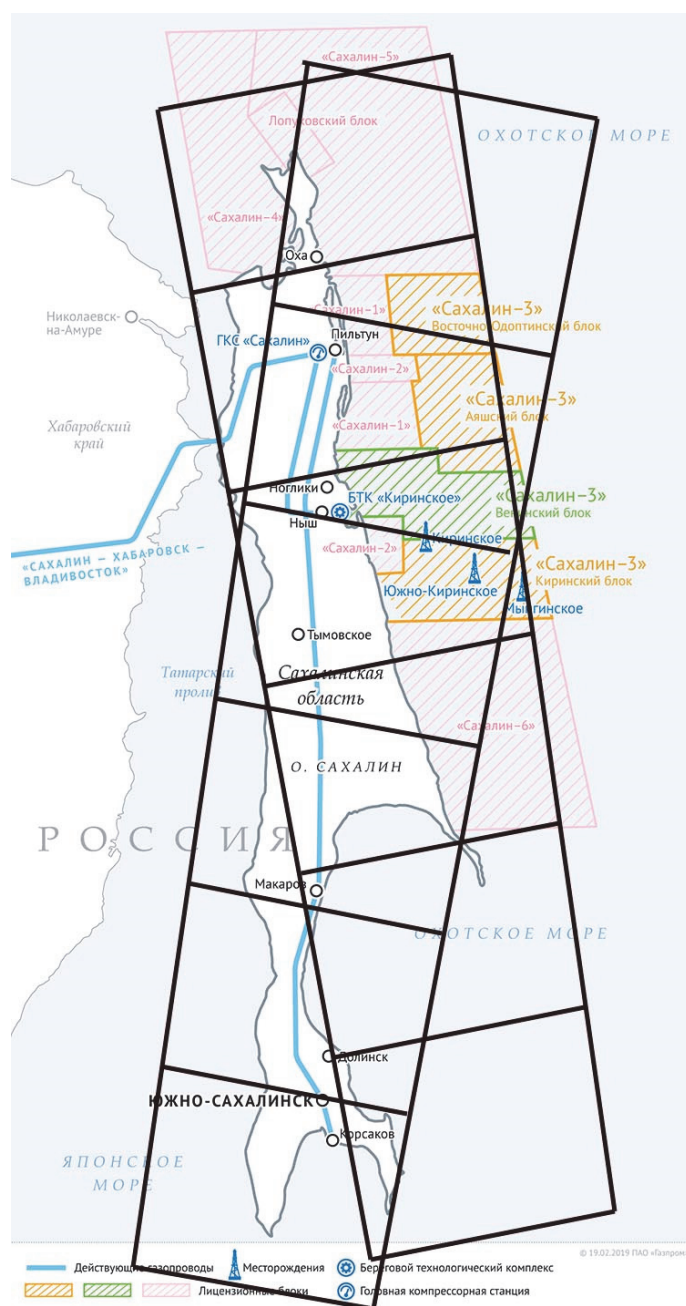


Рисунок 1 – Стандартные фреймы спутников Sentinel-1. Использована карта с <https://neftegaz.ru>

Шельфовые месторождения объединены в нефтегазовые проекты Сахалин-1, 2, 3. Инфраструктура сахалинских проектов включает надводные и подводные добывающие комплексы, береговые объекты и транссахалинскую систему нефтегазопроводов, по которой углеводороды поступают в Корсаков, Хабаровск, Де-Кастри и на юг Приморского края. Целью настоящей работы является анализ уровня загрязнения нефтепродуктами поверхностных вод вокруг Сахалина на основе изображений, полученных радиолокационными станциями с синтезированной апертурой (РСА), установленных на европейских спутниках Sentinel-1A/B. В исследовании использованы результаты съёмки в границах 12 сцен (фреймов) на двух стандартных треках спутников Sentinel-1, которые были приняты в июне-декабре 2021 г. Всего было обработано и проанализировано 190 изображений, полученных за 33 съёмки. Размер изображений примерно 250 на 170 км, пространственное разрешение 10 на 10 м. Исходные растры переводились из 16-битного режима в 8-битный, трансформировались в географическую проекцию UTM-54, при необходимости соседние сцены соединялись в мозаику, на заключительном этапе обработки выполнялась эквализация изображений. За нефтяное пятно принимались слики, которые имели форму нефтяного следа за судном (рис. 2, а), «старого» следа судна (рис. 2, б) или изолированного тёмного участка при условии, что скорость приводного ветра в момент съёмки в этом месте превышала 5 м/с (рис. 2, в). Поля ветра, восстановленные по РСА-измерениям с использованием геофизической функции CMOD5 и метеорологической гидродинамической модели WRF, выставляются на ресурсе www.star.nesdis.noaa.gov.

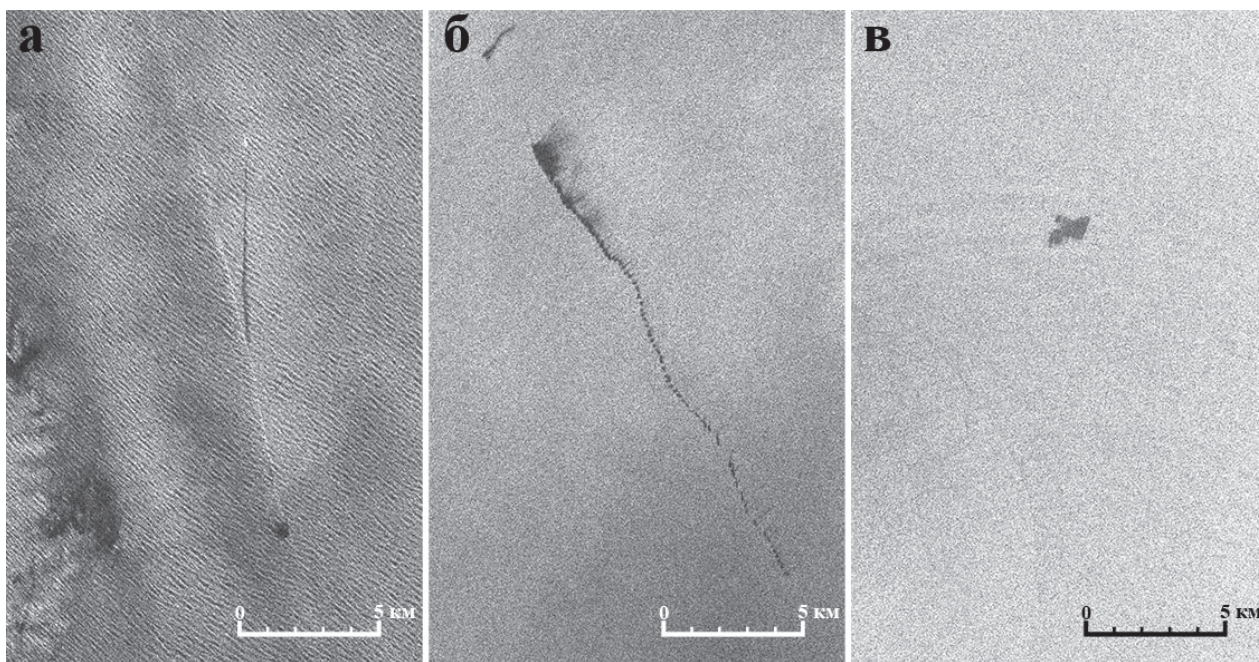


Рисунок 2 – Примеры зарегистрированных нефтяных загрязнений на шельфе Сахалина

В последнем случае есть вероятность того, что источником пятна может быть выброс из сипа или грифона на морском дне. В Охотском море до настоящего времени только в одном месте фиксировали нефтяной слик природного происхождения – недалеко от залива Пильтун. Впервые он был обнаружен на РСА-изображениях со спутника ERS-2 в 2002 г. [1], в последующие годы его существование неоднократно подтверждалось [2–4]. Поступление нефти на поверхность моря из природных источников на дне может носить не регулярный характер, а быть связано с сейсмическими событиями. Поэтому слики, показанные на рис. 3, и похожие на них, регистрировались, но в статистике, приведённой ниже, не учитывались.

Следует также отметить единичные случаи обнаружения плёнок явно антропогенного происхождения, покрывающих обширные акватории (рис. 4). Подобные картины наблюдаются в районе Южных Курил в районах рыбного промысла [5]. Эти слики также не вошли в результирующую статистику.

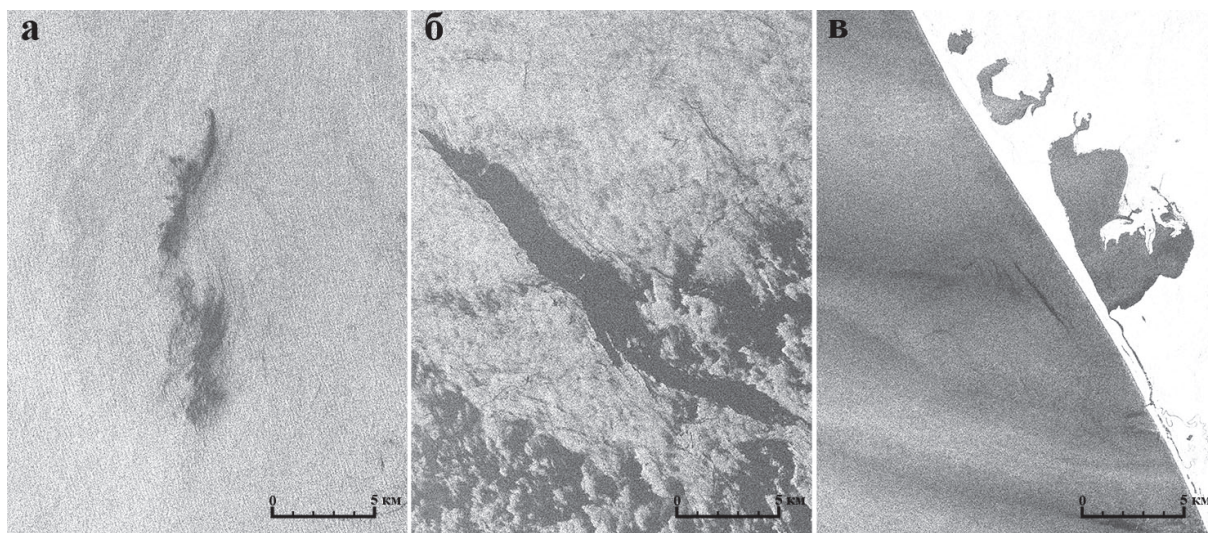


Рисунок 3 – Стики на поверхности Охотского моря, похожие на пятна нефти природного происхождения

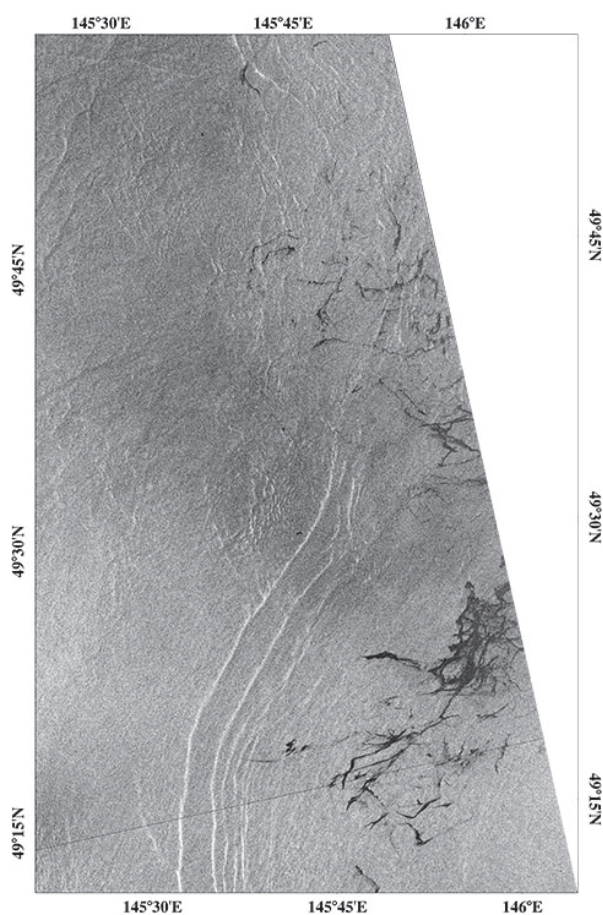


Рисунок 4 – «Плёночные» загрязнения, вероятно, связанные с рыбным промыслом на РСА-изображении со спутника Sentinel-1 за 5 сентября 2021 г. Яркие полосы – поверхностные проявления внутренних гравитационных волн

В результате экспертного анализа 190 изображений на 15 из них были обнаружены 19 пятен общей площадью 45 км². Самый большой слик размером ~30 км² обнаружен 1 октября в 70 км к востоку от Луньского залива. Загрязнения наблюдались во все месяцы исследуемого периода, кроме декабря. На наш взгляд, полученный результат свидетельствует об относительно неплохом экологическом состоянии прибрежных вод вокруг Сахалина. Для сравне-

ния, например, в заливе Петра Великого в 2015 г. анализ 17 РСА-изображений выявил загрязнения с судов общей площадью ~190 км², при максимальном – 93 км². А у восточного побережья Приморья зарегистрирован разлив размером более 67 км² [6]. Приведённые в работе цифры можно считать «базовыми», от которых можно отталкиваться в процессе дальнейшего мониторинга районов добычи и транспортировки нефтяных углеводородов вокруг острова Сахалин.

Библиографический список

1. Dubina V., Mitnik L. Sea surface features near Northern Sakhalin: study with satellite synthetic aperture radar imagery // Proc. 17th Intern. Symposium on the Okhotsk Sea and Sea Ice. 24-28 February 2002. Mombetsu, Hokkaido, Japan. 2002. P. 66–73
2. Иванов А., Затягалова В. Радиолокационный мониторинг мест установки и транспортировки морской платформы // Oil & Gas Journal Russia. 2008. 3(16). С. 61–70.
3. Иванов А.Ю., Матросова Е.Р., Кучейко А.Ю., Филимонова Н.А., Евтушенко Н.В., Терлеева Н.В., Либина Н.В. Поиск и обнаружение естественных нефтепроявлений в морях России по данным космической радиолокационной съемки // Исследование Земли из космоса. 2020. № 5. С. 43–62.
4. Сизов О.С., Лобжанидзе Н.Е., Чудакова М.А. Мониторинг естественных нефтепроявлений у северо-восточного побережья острова Сахалин на основе радиолокационных и оптических данных ДЗЗ // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2020. № 2. С. 63–69.
5. Дубина В.А., Плотников В.В., Нечаева В.Р., Дячук Т.А. Оценка масштабов «плёночного» загрязнения в районе Южных Курильских островов // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: материалы IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 37–41.
6. Дубина В.А., Чернеева, И.А., Бессонов Р.С., Круглик И.А., Азмухаметова Л.М. Спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения с судов в Японском море // Морские технологии: проблемы и решения – 2021: материалы Нац. науч.-практ. конф., Керчь, 19–30 апреля, 2021. С. 234–237.

Василий Владимирович Кудакаев

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

**Динамические сборки в системе AutoDesk Inventor
на примере траловой доски проекта 2490**

Аннотация. Большинство траловых досок имеют подвижные элементы. К таким элементам можно отнести дуги, скобы, цепи и т.д. У траловых досок проекта 2490 настройка производится с помощью дуг и цепей, крепящихся по средствам скоб. Довольно сложной задачей является задание свойств естественного взаимодействия звеньев цепи, чтобы при разводе дуг и других воздействий на подвижные элементы траловой доски обеспечить правильное отображение всей сборки 3D-модели. Представлен пример создания динамически изменяемых цепей траловой доски с использованием AutoDesk Inventor.

Ключевые слова: траловая доска, 3D-моделирование, интерактивная сборка, интерактивная цепь.

Vasilii V. Kudakaev

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: kudakaevvv@dgtru.ru

Parametric designing of trawl door parts in AutoDesk Inventor

Abstract. Most trawl doors have moving parts. Such elements include trawl door's bracket, brackets, chains, etc. For trawl doors project 2490, the adjustment is made with the help of door's brackets and chains fastened by brackets. It is quite a difficult task to set the properties of the natural interaction of chain links in order to ensure the correct display of the entire assembly of the 3D model when the door's bracket is set apart and other influences on the moving elements of the trawl door. The article provides an example of creating dynamically changing trawl door chains using AutoDesk Inventor.

Keywords: trawl door, 3D-modeling, interactive assembly, interactive chain.

В предыдущих работах [1–4] автором уже было рассказано, как создавать различные детали траловых досок, параметрические сборки сборочных единиц. В предыдущих работах также говорилось о том, что для упрощения 3D-построений различных исполнений используются параметрические сборки. В работе [4] был описан порядок построения параметрической сборки (сборочной единицы) дуги траловой доски. Далее, мы опишем, как создать интерактивную сборку и интерактивную цепь на основе конструктивных пар.

На рис. 1 представлен один из 20 вариантов исполнений 3D-модели траловой доски пр. 2490. Рассмотрим, какие из деталей траловой доски, указанных на рис. 1, являются интерактивными. Интерактивные детали должны менять свою ориентацию по заданным правилам и при этом взаимодействовать с другими такими же подвижными элементами при воздействии пользователем на них с помощью мышки. Интерактивными деталями в представленном рисунке являются: дуга, пластины, скобы и цепь.

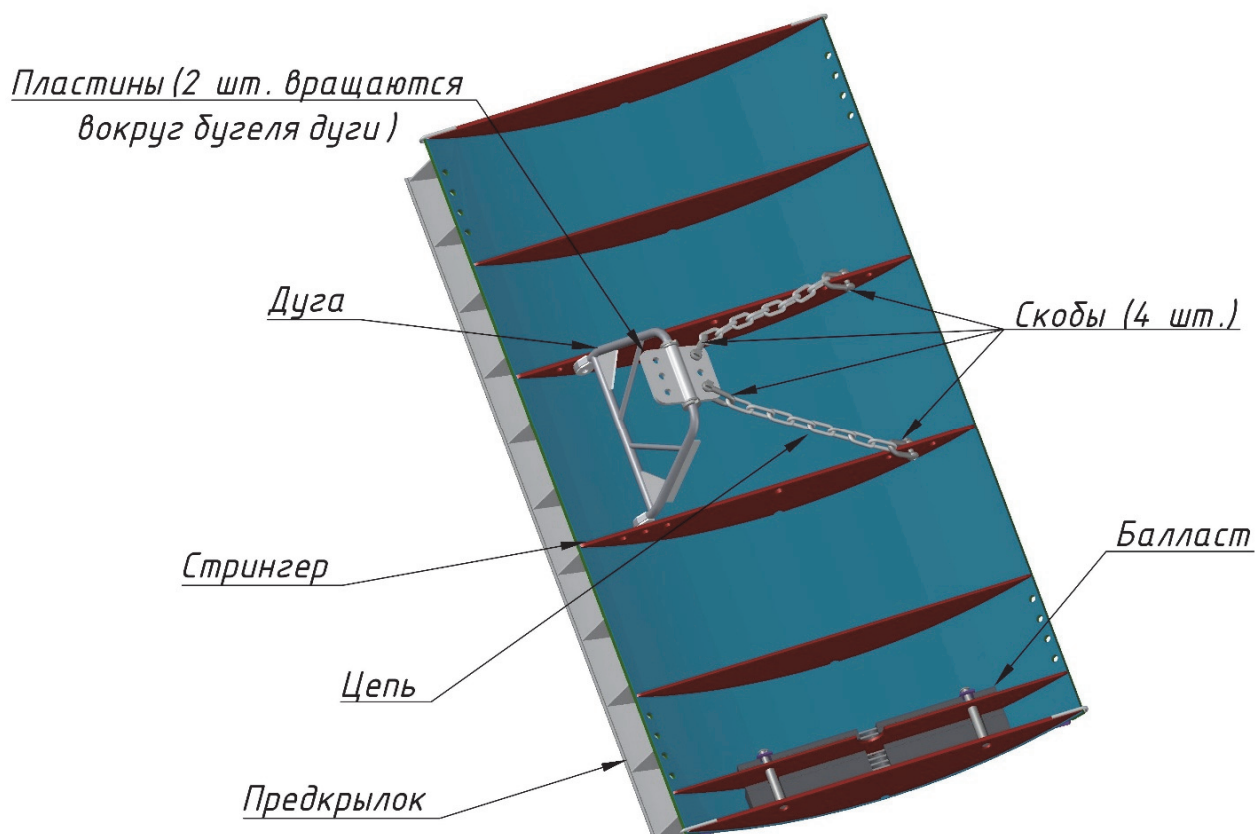


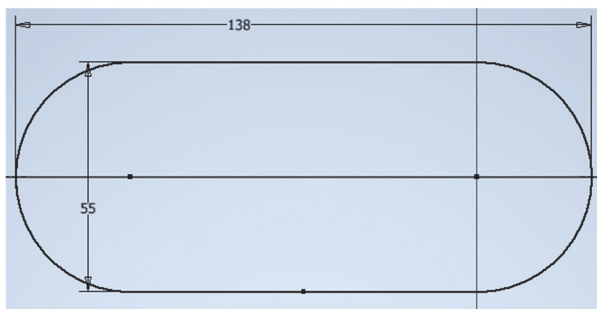
Рисунок 1– Сборка траловой доски пр. 2490

Рассмотрим, как взаимодействуют интерактивные детали между собой и неподвижными деталями доски. Дуга крепится между двумя стрингерами при помощи болтов и имеет возможность вращаться вокруг оси болтов. К дуге крепятся две пластины, сваренные между собой и имеющие возможность вращаться вокруг бугеля дуги. Сверху и снизу пластин приварены ограничители в виде четырёх полушайб. Для ограничения вертикального движения пластин вдоль оси бугеля на него также приварены по 2 полушайбы над пластинами и под пластинами. Таким образом, в совокупности все 8 полушайб в собранном виде выглядят, как 4 шайбы, удерживающие пластины от осевого смещения. К пластинам крепятся скобы, которые могут вращаться вокруг оси своего болта, ограничение вращения задаётся при касании кромок пластин. Также скобы продеты в звенья цепей (верхней и нижней), и здесь также на движение описанных выше деталей накладываются некоторые ограничения воздействия цепи. Цепи, в свою очередь, крепятся к неподвижно закреплённым стрингерам при помощи скоб. Скобы могут вращаться вокруг оси болтов, имеют ограничение вращения при касании рёбер стрингеров.

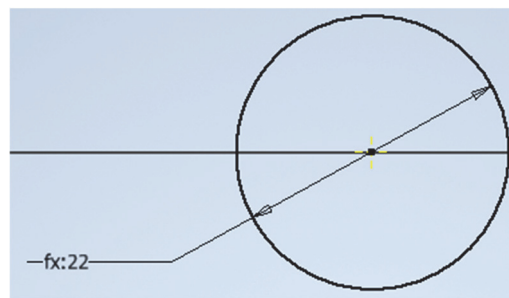
Всем из рассмотренных подвижных деталей, кроме цепей и скоб, можно задать интерактивность при помощи простых инструментов, расположенных на панели взаимосвязей (Соединение и Зависимость) во вкладке Сборка. Примеры использования этих инструментов уже были рассмотрены при создании параметрической сборки траловой дуги в предыдущей статье [4]. Однако наиболее сложной может показаться задача придания интерактивности звеньям цепи и скоб.

Ниже рассмотрим процесс создания интерактивных цепи и скобы для траловых досок пр. 2490. Из строительной документации известно, что при изготовлении выбранной траловой доски используются: цепь ГОСТ 7070-75 (2-22×116); скоба ОСТ 15-206-78 (ПА-63 и ПА-80). Скоба используется двух размеров, поэтому её целесообразнее сделать параметрической.

Для того чтобы построить звено цепи, достаточно построить 2 эскиза в перпендикулярных плоскостях и с помощью команды Сдвиг создать 3D-деталь звена цепи (рис. 2).



Эскиз 1



Эскиз 2



Рисунок 2 – Звено цепи ГОСТ 7070-75 (2-22×116)

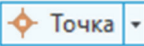

Чтобы задать интерактивные соединения звеньев цепи, будут использоваться конструктивные пары. Они позволят соединяться деталям автоматически с заданием определённых условий. Для этого необходимо создать 2 дополнительные рабочие точки. Эти точки должны лежать на оси X и располагаться касательно внутри звена. Используя инструмент **Точка**  (пересечение плоскости и линии) на панели **Рабочие элементы** и выбрав **Ось X** в **Обозревателе**, кликнем по внутренней части звена с обеих сторон пересечения оси X внутренней части поверхности звена, рис. 3.



Рисунок 3 – Вставка рабочих точек

Построенные точки позволят разместить на них конструктивные пары, за счёт которых будет происходить соединение звеньев цепи. Для размещения конструктивных пар будем использовать инструмент **Создание конструктивной пары** , расположенный на панели **Разработка** во вкладке **Управление**. Первые две конструктивные пары просто накладываются на ранее созданные **Рабочие точки**. Для этого при открытии окна **Создать конструктивную пару**, оставив все значения по умолчанию (Тип – Совмещение, Решение – Совмещение), кликнуть по построенной ранее **Рабочей точке** и нажать кнопку **ОК**, рис. 4. Для задания конструктивной пары совмещения по точке повторить операцию, описанную выше.

Следующее совмещение будет происходить по углу. Для этого еще раз откроем окно **Создать конструктивную пару**, в этот раз выберем **Тип – Угол**, в **Обозревателе** выберем **Плоскость XZ**, значение **Угол** введём **90 градусов**, рис. 5.

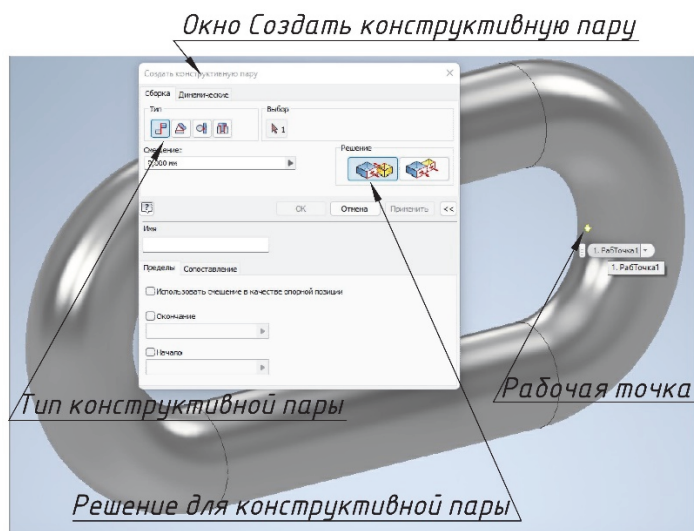


Рисунок 4 – Задание совмещения конструктивных пар по точкам

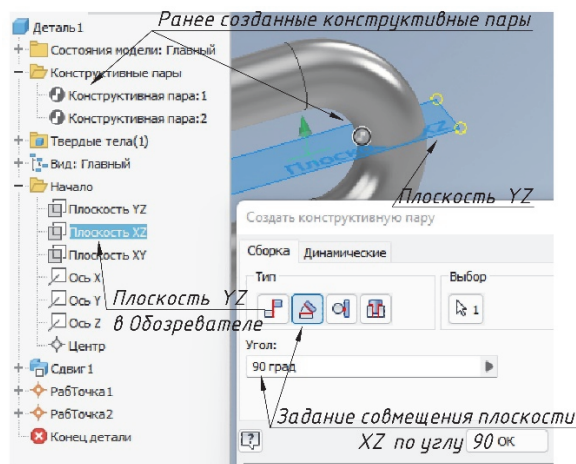


Рисунок 5 – Задание совмещения конструктивных пар по углу между плоскостями

Повторим операцию, описанную выше еще раз. В результате в **Обозревателе** во вкладке **Конструктивные пары** будет находиться: **Конструктивная пара:1**, **Конструктивная пара:2**, **iAngle:1**, **iAngle:2**. Выделим **Конструктивная пара:1**, **iAngle:1** и нажмём правую кнопку мышки для открытия контекстного меню. В открывшемся меню выберем **Создать композицию**, рис. 6. Повторим эту же операцию для **Конструктивная пара:2**, **iAngle:2**.

В результате выполненных действий в разделе **Конструктивные пары** в **Обозревателе** появятся: **Конструктивная группа:1** и **Конструктивная группа:2**. Сохраним файл под названием **Звено цепи**.

Если цепная линия не имела бы в своём составе скоб, то необходимо было бы сделать дополнительно звено только с одной **Конструктивная группа:1**. Так как у нас будет использоваться скоба в цепной линии, то в соответствии со справочными размерами создадим скобу без болта. Болт целесообразнее вставлять отдельно. Создадим для скобы **Конструктивная пара:1**, **iAngle:1** и **Конструктивная группа:1**, как указано на рис. 7. Файл сохраним как **Скоба**.

В данный момент можно начать создавать интерактивную сборку цепной линии. Создадим новую сборку и начнём со вставки детали **Скоба**. После вставим **Звено цепи**, при этом необходимо нажать на кнопку **Интерактивное размещение с конструктивными парами**, как указано на рис. 8.

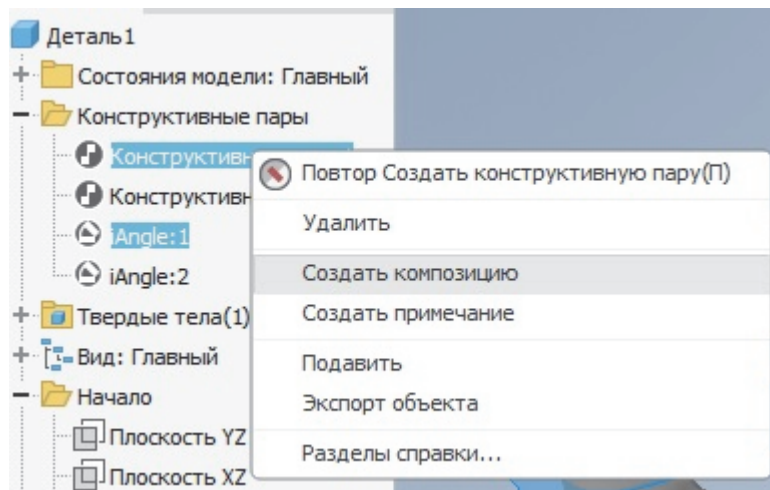


Рисунок 6 – Создание композиций

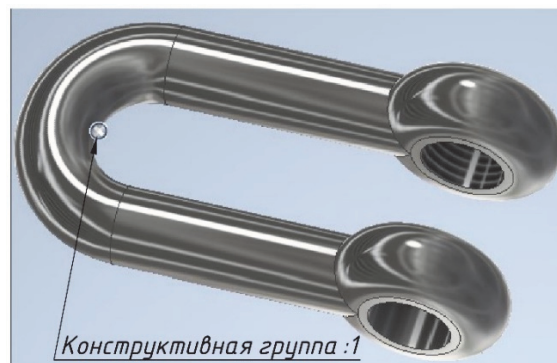


Рисунок 7 – Скоба со значком наличия конструктивной группы

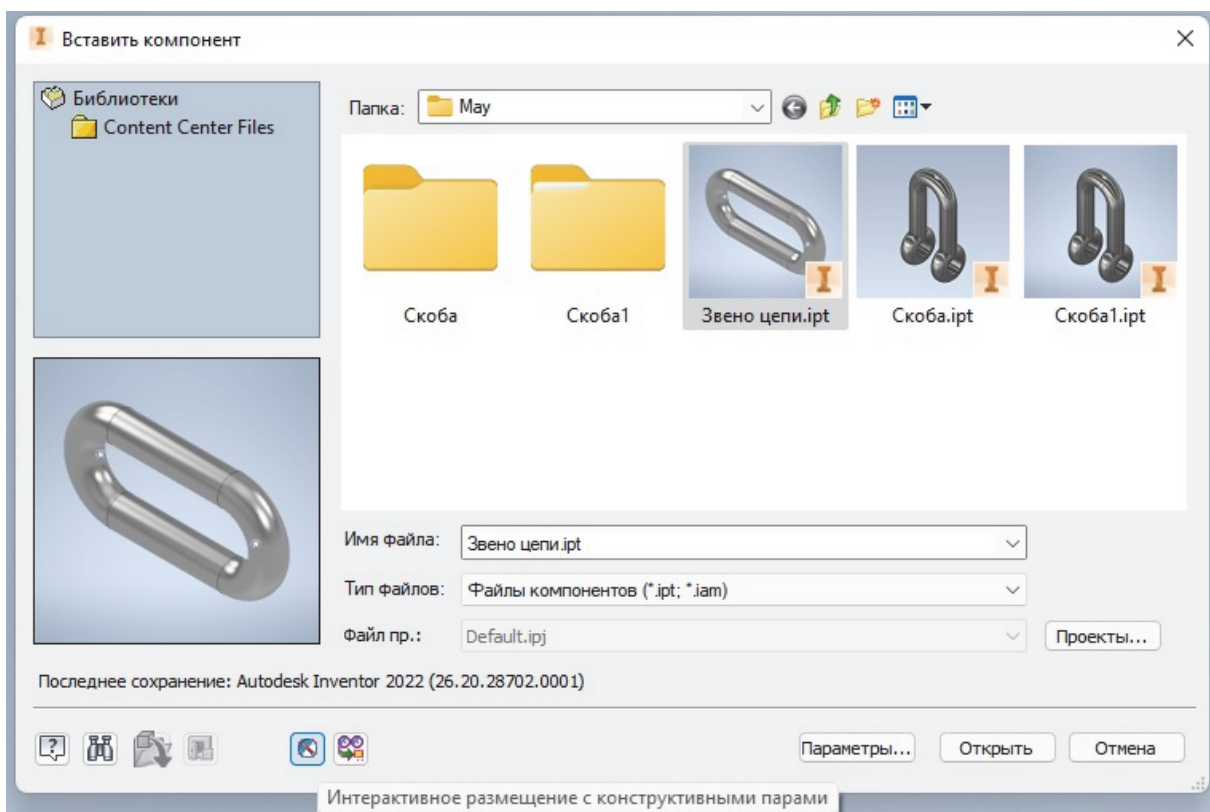


Рисунок 8 – Вставка детали Звено цепи

После того как первое звено встанет на своё место, чтобы вставлять следующие звенья, достаточно будет просто кликать в любом месте рабочего пространства до того момента, пока не будет вставлено нужное количество звеньев. В нашем случае вставим 10 звеньев. Как видно на рис. 9, а, при первичной вставке первое звено встало в плоскости, параллельной плоскости скобы. Однако если начать перемещать цепь за любое из звеньев, то звено займёт своё положение, т.е. встанет в плоскость перпендикулярно плоскости скобы, рис. 9,б.

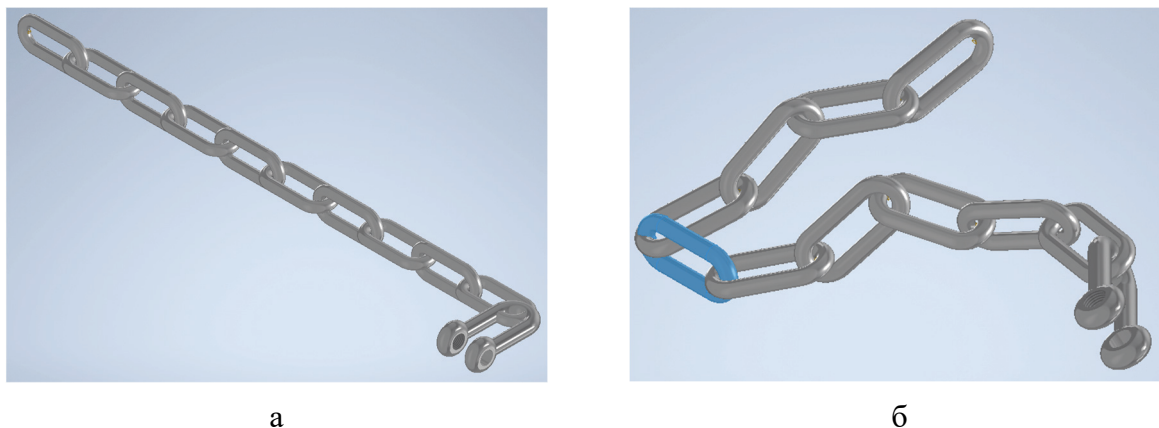


Рисунок 9 – Интерактивная цепь для 3D-модели траловой доски пр. 2490

Для того чтобы не оставалось открытых конструктивных пар, т.е. **Конструктивная группа:2** от последнего вставленного звена, её необходимо закрыть при помощи **Конструктивная группа:1** скобы. Если этого не сделать, то при создании второй цепи со скобой детали могут присоединяться не к тем конструктивным парам.

В представленной работе был показан один из методов создания динамических 3D-объектов. Также важно отметить, что интерактивные сборки не должны быть в промежуточной сборке. Если такую сборку вставлять в конечную, то она теряет свою интерактивность, т.е. детали становятся неподвижными. Именно по этой причине пластины дуги (см. рис. 1) не были представлены в работе [4], хотя в строительных чертежах траловой доски пр. 2490 они являются частью сборки дуги траловой доски. Поэтому все интерактивные (подвижные) детали должны вставляться только в окончательную сборку, иначе их интерактивность останется только в промежуточной сборке на моменте её сохранения.

Библиографический список

1. Кудакеев В.В., Габрюк В.И. Современные САПР в образовательном процессе для моделирования и проектирования систем промышленного рыболовства // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы. Нац. науч.-техн. конф. Владивосток, 2019. С. 26–33.
2. Кудакеев 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. Владивосток, 2020. С. 55–60.
3. Кудакеев В.В. 3D Параметрическое моделирование деталей траловых досок в системе AutoDesk Inventor // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2021. С. 13–17.
4. Кудакеев В.В. Параметрические сборки в системе AutoDesk Inventor на примере дуги траловой доски проекта 2490 // Водные биоресурсы: Рациональное освоение и искусственное воспроизводство: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2021. С. 24–28.

Мария Валерьевна Ларикова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ВБб-312, Россия, Владивосток, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Научный руководитель – Светлана Евгеньевна Лескова, канд. биол. наук, доцент

Рост и развитие личинок дальневосточного трепанга на различных кормах

Аннотация. Рассмотрено влияние альтернативного корма на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга.

Ключевые слова: дальневосточный трепанг, *Apostichopus japonicus*, хлебопекарные дрожжи, живые корма, микроводоросли, *Choetoceros muller*, *Dunaliella salina*, личинка.

Maria V. Larikova

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBB-312, Russia, Vladivostok, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Scientific adviser – Svetlana E. Leskova, Associate Professor, PhD

Growth and development of larvae of the *apostichopus japonicus* on various feeds

Abstract. The influence of alternative feed on the growth and development of larvae of the Far Eastern trepang is considered.

Keywords: Eastern trepang, *Apostichopus japonicus*, baking yeast, live feeds, microalgae, *Chaetoceros mulleri*, *Dunaliella salina*, larva.

Дальневосточный трепанг – ценное беспозвоночное животное типа иглокожих. Достигает в длину 30–40 см, в ширину до 9 см. Масса тела может достигать до 1,5 кг (в водах Приморья – до 350 г). Продолжительность жизни – до 10–11 лет. Промыслового размера достигает на 2–3-м году жизни при массе тела более 130 г. Рот сильно сдвинут на брюшную сторону и окружен кольцом из 18–20 щупалец. По способу питания является детритофагом, питающийся отмершими клетками планктона, кусочками стеблей водорослей с поселившимися на них микроорганизмами. Ареал обитания дальневосточного трепанга простирается близ побережья материка и островов, расположенных в Японском, Желтом и Восточно-Китайском морях. Это животное является раздельнополым, случаи гермафродитизма у него не подтверждены. Развитие протекает с метаморфозом: из яиц выходят плавающие личинки.

Дальневосточный трепанг является ценным и дорогостоящим объектом на рынке. Сбор его молоди в естественных условиях почти невозможен, в связи с чем все больше организуется предприятий по выращиванию этого вида в заводских условиях. На заводах создаются контролируемые условия, что гарантирует стабильное получение жизнестойкой молоди. Одним из основных факторов на предприятии является качественное питание, так как оно играет важную роль в метаморфозе трепанга. Но поскольку на предприятие не всегда имеется возможность кормить объект живыми кормами стал вопрос об альтернативном корме. [1]

Целью нашего исследования было выявить влияние альтернативного корма на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга.

Исследования были проведены автором во время прохождения производственной практики на предприятии ООО «Дальстам-Марин». Выполнялся эксперимент на заводе по выращиванию гидробионтов. Молодь дальневосточного трепанга выращивали по стандартной методике [2].

Проводился эксперимент по выращиванию личинок на различных кормовых базах. После перехода личинок на экзогенное питание в емкости № 1 кормили живыми микроводорослями (*Chaetoceros mulleri*, *Dunaliella salina* в соотношении 1 : 1), в емкости № 2 – хлебопекарными дрожжами. Два раза в день в одно и то же время производилась подача корма из расчета 10 тыс. клеток/мл на плотность посадки 1 экз./мл, подсчет численности производился в камере Богорова, ежедневная смена ½ объема воды. Во время наблюдения контролировались показатели состояния воды: степень насыщения кислородом 100 %, температура воды в емкостях 21–22 °С, соленость 30–31 ‰. На протяжении всего эксперимента проводился контроль за ростом, развитием и выживаемостью личинок трепанга. Данные, полученные во время эксперимента, записывались в журнал учета.

Статистическая обработка материала производилась с помощью персонального компьютера и программ Word и Excel.

После оплодотворения на 4-й день личинки трепанга перешли на стадию ранней аурикулярии (рис. 1). На данной стадии они начинают получать питание. Средняя длина личинок составила 511–525 мкм.

На аборальном конце тела образуются две известковые пластинки. Органы пищеварения полностью сформированы [2].

На стадию средней аурикулярии (рис. 2) личинки, употребляющие в пищу живые корма и дрожжи, начали переходить на 6-й и 7-й день соответственно.

Личинки, развивающиеся на живых кормах, опережали в развитии – их средняя длина на этой стадии составила 661 мкм, форма их становится более резной. Личинки, развивающиеся на альтернативном корме, на этой стадии имели средний размер 557 мкм.



Рисунок 1 – Личинка дальневосточного трепанга: стадия ранняя аурикулярия (фото автора)



Рисунок 2 – Личинка трепанга: стадия средняя аурикулярия (фото автора)

На стадию поздней аурикулярии личинки в емкости № 1 перешли на девятый день, в емкости № 2 – на восемнадцатый (рис. 3). У личинок появляются зачатки мерцательных поясов, гидроцель принимает подковообразную форму и образует пять выступов – зачатков окологротовых щупалец. Средняя длина личинок составила от 689 до 777 мкм. В конце стадии поздней аурикулярии у личинок происходят существенные морфологические изменения.

На тринадцатый день личинки в емкости № 1, претерпев существенные изменения, переходят на стадию долиолярия, в емкости № 2 этот процесс наблюдался на двадцать первый день (рис. 4). У личинок на этой стадии отсутствуют аурикулы, форма тела близка к цилиндрической. Средняя длина личинок 370 мкм.

У них хорошо развиты мерцательные пояса красноватого цвета, с помощью которых они перемещаются в воде, но в основном они держатся в придонном слое. Личинки не питаются [2].

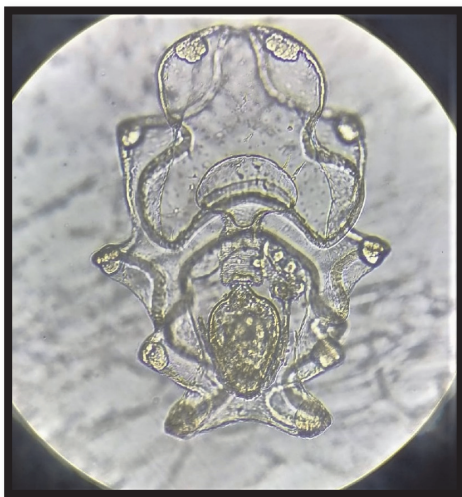


Рисунок 3 – Личинка трепанга: стадия поздняя аурикулярия (фото автора)

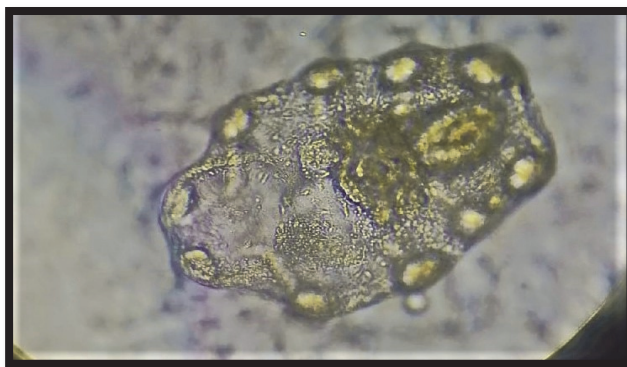


Рисунок 4 – Личинка трепанга: стадия долиолярия (фото автора)

Стадии пентакула личинки, питающиеся живыми кормами, достигли стадии на 15-й день и на 23-й день – хлебопекарными дрожжами (рис. 5). На этой стадии у личинок хорошо развиты обручи, пять окологротовых щупалец и одна амбулакральная ножка. Щупальцы и ножка на своих концах имеют присоски, дающие возможность передвигаться по субстрату. Средний размер личинок составил 312,5 мкм.

В основном ведут придонный образ жизни, но встречаются и в толще воды, способны прикрепляться к поверхностной пленке воды [2].

Основные показатели роста и развития личинок дальневосточного трепанга на различных кормах представлены в таблице.



Рисунок 5 – Личинка трепанга: стадия пентактула (фото автора)

Основные показатели развития личинок дальневосточного трепанга на различных кормах

№ емкости	Вид корма	День развития	Стадия развития	Средний размер, мкм	Min, мкм	Max, мкм
1	Живые микроводоросли	3	Диплеврула	262,5	450	500
		4	Ранняя аурикулярия	525±10,1	500	550
		6	Средняя аурикулярия	661±25	550	750
		9	Поздняя аурикулярия	777±21	750	1000
		13	Долиолярия	370±50	300	450
		15	Пентактула	312,5±18,7	250	350
2	Хлебопекарные дрожжи	3	Диплеврула	262,5	300	500
		4	Ранняя аурикулярия	511±10,1	500	550
		7	Средняя аурикулярия	557±15,1	500	550
		18	Поздняя аурикулярия	689±30,9	650	800
		21	Долиолярия	370±50	300	450
		23	Пентактула	312,5±18,7	250	350

На графике (рис. 6) можно заметить, что рост и развитие личинок трепанга на живых кормах значительно выше, чем тех, которые употребляли в пищу хлебопекарные дрожжи.

Выживаемость личинок за время проведения эксперимента изменялась от стадии к стадии. Личинки, питавшиеся микроводорослями, на стадиях ранняя и средняя аурикулярия хуже выживали, чем личинки, получавшие в качестве корма хлебопекарные дрожжи (рис. 7). На стадиях поздняя аурикулярия, долиолярия и пентактула выживаемость личинок, растущих на живых кормах, составила 65, 60 и 58 % соответственно. Выживаемость личинок, растущих на хлебопекарных дрожжах, была в разы ниже и составила 24, 20 и 18 % соответственно.

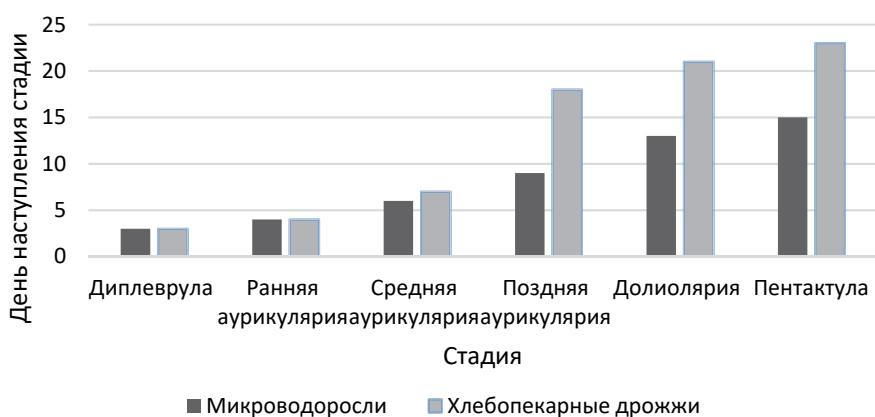


Рисунок 6 – Развитие личинок на разных кормах

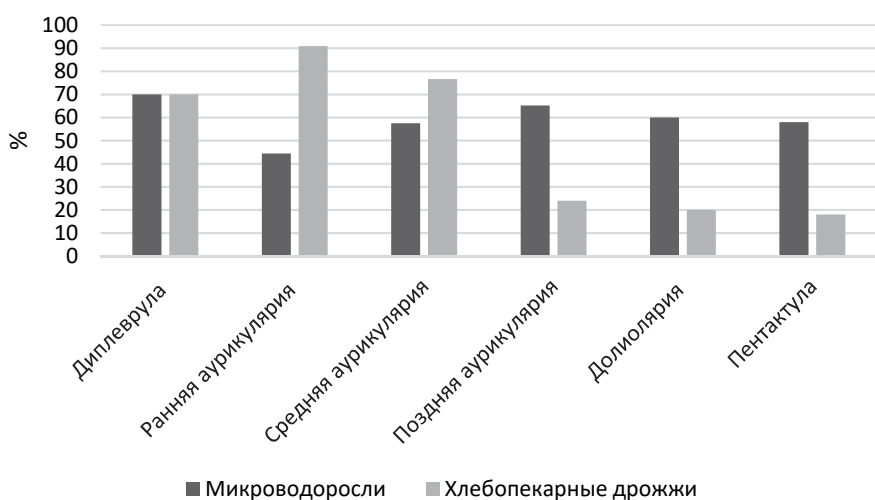


Рисунок 7 – Выживаемость личинок трепанга на разных стадиях

Существуют и другие альтернативные корма, применяемые для личинок трепанга. Так, по литературным данным, общая выживаемость личинок за время проведения эксперимента от стадии ранняя аурикулярия до стадии осевшая молодь с использованием живых кормов составила 4,4 %, с использованием красных дрожжей – в среднем 6 %. Первые экземпляры осевшей молоди в данном эксперименте были замечены в емкостях на 20-е сут развития [3]

Таким образом, можно предположить, что наиболее подходящим кормом для личинок дальневосточного трепанга являются живые микроводоросли. В случае отсутствия живых кормов альтернативные корма могут применяться в качестве корма.

Библиографический список

1. Лескова С.Е. Марикультура: учеб. пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. 160 с.
2. Мокрецова Н.Д., Викторовская Г.И., Сухин И.Ю., Дзизюров В.Д., Курганский Г.Н., Гостюхина О.Б. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2012. 81 с.
3. Политаева А.А. Применение красных дрожжей *R. Benthica* при культивировании личинок Дальневосточного трепанга // Материалы V Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019. С. 33–35.

Светлана Евгеньевна Лескова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID РИНЦ: 960459, Россия, Владивосток, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Анастасия Сергеевна Злобина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ВБб-312, Россия, Владивосток, e-mail: arlycaunce97@mail.ru

**Оптимальные условия для роста и развития тихоокеанской устрицы
*Crassostrea gigas***

Аннотация. Проведен анализ литературных данных влияния температуры и солености на рост и развитие тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas*.

Ключевые слова: личинки, температура воды, соленость, темп роста, выживаемость, тихоокеанская устрица, *Crassostrea gigas*.

Svetlana E. Leskova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID RSCI: 960459, Russia, Vladivostok, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Anastasiya S. Zlobina

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBb-312, Russia, Vladivostok, e-mail: arlycaunce97@mail.ru

Optimal conditions for growth and development of the *Crassostrea gigas*

Abstract. The literature data on the effect of temperature and salinity on the growth and development of the *Crassostrea gigas* were analyzed.

Keywords: larvae, water temperature, salinity, growth rate, survival rate, *Crassostrea gigas*.

В России выращивание тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) исторически связано с прибрежными водами южного Приморья, которые являются местом естественного обитания вида. Именно здесь, в заливах Посыета и Восток, в 70–80-е гг. XX в. были организованы первые устрицеводческие хозяйства [1, 2]. Благодаря наличию природных скоплений молодь собирали коллекторным способом в естественных условиях и ее доращивание до товарных показателей осуществлялось на морских участках [3, 4, 5]. Сбор молоди на коллекторы в природных условиях возможен в ограниченном числе акваторий, при этом оседание молоди на коллекторы нестабильно и может сильно варьировать год от года [6]. Для обеспечения устойчивого товарного производства необходима биотехнология получения жизнестойкой молоди *C. gigas* заводским способом, адаптированной в первую очередь к природным условиям южного Приморья [7]. Работа в этом направлении ведется, в результате которой успешно получена молодь устрицы [8, 9]. В устрицеводческих хозяйствах, специализирующихся на заводском получении посадочного материала (жизнестойкой молоди), основной задачей является создание оптимальных условий для выращивания личинок [7]. Поскольку личинки тихоокеанской устрицы проявляют широкую толерантность к темпера-

туре и солености, эти факторы могут оказывать значительное влияние на их развитие и темпы роста. Температура воды влияет на весь жизненный цикл моллюсков, включая этапы размножения, развития и скорости роста. В значительной степени температура влияет на обмен веществ моллюсков и интенсивность их питания. Дыхательная активность моллюсков также зависит от температуры – с понижением или аномально высоким повышением температуры их активность падает вплоть до летального исхода. Солёность является другим важным фактором, определяющим жизнедеятельность двустворчатых моллюсков. Солевой состав вод влияет на интенсивность энергетического обмена у моллюсков, на их рост и выживаемость. Основным механизмом воздействия солёности является осмотическое давление. Двустворчатые моллюски не обладают способностями его регулировать. Поэтому осмотическое давление их крови близко к давлению морской воды. Отклонение солёности от нормы (особенно, резкий перепад) приводит к нарушению осмотического давления с внешней средой, к угнетению дыхания и, как следствие, к гибели. Толерантность к понижению солёности может различаться на разных стадиях жизненного цикла. Личинки двустворчатых моллюсков более чувствительны к перепадам солёности, чем взрослые особи [10].

Наше исследование посвящено анализу литературных данных влияния температуры и солености воды на рост и развитие тихоокеанской устрицы.

Crassostrea gigas (гигантская, или тихоокеанская устрица) – вид двухстворчатых моллюсков из семейства *Ostreidae* (устрицы). Она происходит из морей азиатского континента. В начале XX в. она была интродуцирована на побережье Америки, Океании и Европы. *C. gigas* в настоящее время культивируют во многих странах мира. Продукция составляет более 10 % валовой мировой годовой продукции марикультуры [11].

В естественных условиях устриц практически не добывают, так как почти повсеместно естественные их запасы истощились к 60-м гг. XX в. Кроме того, оказалось, что культивировать устриц намного легче и эффективнее, чем заниматься поиском скоплений и добычей устриц в естественных условиях. Устрицы живут на небольшой глубине (часто не глубже 5–10 м), по этой причине их культивируют в зоне литорали на глубине до 3–5 м, реже 10 м. Они ведут прикрепленный образ жизни, и им необходим более или менее твердый субстрат (чаще всего это – раковины других устриц), таким образом, они способны образовывать целые колонии по типу коралловых рифов. Устрицы способны длительное время оставаться без воды в воздушной среде (до 1 месяца при относительно низкой температуре воздуха). Они заходят из моря в закрытые, хорошо прогреваемые бухты и заливы, в эстуарии рек, морские лагуны и озера. Этим можно объяснить их высокую степень эврибионтности [12].

C. gigas считается эвритермным и эвригалинным видом, что позволяет им обитать в самых разных местах. Например, некоторые виды (*C. gigas*) способны вмерзать в лед и оставаться живыми после оттаивания льда, на мелководье устрицы чувствуют себя при летней температуре воды до 30 градусов и выше, а в литорали в отлив температура моллюсков может возрастать до 38 градусов и при этом они остаются живыми. Они могут прожить в слабосоленой воде, поднимаясь в эстуарии рек. Моллюски, проживающие в морской воде способны переносить даже полное опреснение воды во время паводков и сильных дождей [12].

Устрицы раздельнополые моллюски, но с возрастом их пол может меняться. Это связано с условиями их питания и роста. При одинаковом росте большие особи, как правило, являются самками, мелкие – самцами. Половозрелость наступает на первом году жизни. Период и продолжительность нереста тихоокеанской устрицы варьируется в зависимости от условий их обитания (точнее, от температуры воды). Например, в умеренных широтах они размножаются раз в году в период весенне-летнего повышения температуры воды, у северной границы ареала длительность нереста 1–1,5 месяца, к югу увеличивается до нескольких месяцев. В субтропической зоне устрицы нерестятся в течение всего года. Для каждого вида и района существует критическая температура, при которой начинается нерест и прекращается, если температура становится ниже (залив Петра Великого – 18,1 °C) [12].

Во время нереста самки и самцы выметывают половые продукты в воду, где в дальнейшем и происходит оплодотворение и развитие личинок. Стадия велигер D-формы образуется

через 24 ч после нереста, на этой стадии появляется раковина и велюм – орган, служащий для питания и плавания. Начиная со стадии великонхи, у личинок сильно выражена асимметрия раковины. На стадии педивелигера (примерно через 20 дней пелагической жизни) формируется нога, она участвует в поиске субстрата для прикрепления. При достижении размеров 320–370 мкм личинки начинают оседать на субстрат. После оседания у них начинается метаморфоз, сопровождающийся множеством изменений: исчезают нога и велюм, появляются мантия и жабры. Затем устрица переходит в ювенильную стадию развития. В этот период среднесуточный прирост спата составляет 100–150 мкм, а максимальный прирост отмечен в сентябре – до 1,2 мм/сут. Остаток жизни устрица остаётся зафиксированной на субстрате [13].

Влияние одного из числа наиболее сильнодействующих факторов – температуры морской воды, изучать не так просто, как это может показаться на первый взгляд. Действительно, температура воды тесно связана с сезонностью, но с сезонностью связана и физиологическая активность устриц.

Изучение характеристик жизненного цикла устрицы *C. gigas* показало, что диапазон оптимальных температур для роста и развития моллюсков соответствует интервалу 10–24 °С. Максимальная скорость роста устрицы отмечена при температуре около 24 °С. При температуре <10 °С происходит остановка ростовых процессов [10]. Однако данные других авторов свидетельствуют, что *C. gigas* может продолжать рост и в более низком температурном диапазоне. По данным А. П. Золотницкого и А. Н. Орленко, замедление темпа роста, вплоть до его полной остановки, как правило, имело место зимой (с января по середину марта), когда температура воды снижалась до 7–8 °С [14].

Температурный максимум для данного вида равен 28–29 °С, а значения температуры >30 °С являются критически высокими для данного вида и выходят за пределы толерантности. Интервал оптимальных значений солёности для культивируемых устриц в Черном море составляет 16,0–18,5 ‰ [10].

Было изучено влияние четырех температур, в диапазоне от 17 °С до 32 °С, на развитие личинок *C. gigas*. Влияние температуры на смертность личинок не было обнаружено, так как выживаемость была высокая (>90 %). Тем не менее температура оказала сильное влияние на рост и оседание личинок. При низкой температуре (17 °С) метаморфоз личинок наблюдался только с 23-го дня и только низкий процент в конечном итоге достиг метаморфоза (12 %). Противоположная картина наблюдалась при температуре ≥ 27 °С: метаморфоз начинался на 18-й день и привел к высоким показателям (60–90 %). Предположительно эта разница при оседании связана с ростом личинок, который показал скорость 7 мкм/день при 17 °С против 10,5 мкм/день при 32 °С [15].

Влияние температуры на раннее развитие и выживаемость тропической устрицы *Crassostrea iredalei* изучалось Teh Chiew Peng et al. (2016). Д личинки (личинки 1-го дня) выдерживали при трех различных температурах (20, 27 и 34 °С) в течение девяти дней. Личинки, выращенные при температуре 27 °С, служили контролем (температура окружающей среды). Самая высокая выживаемость наблюдалась при выращивании личинок при 20 °С и 27 °С. Личинки, выращенные при температуре 34 °С, росли быстро, но выживаемость была низкой. Скорость роста личинок, выращенных при высокой температуре 34 °С, была значительно выше по сравнению с личинками, выращенными в 20 °С и 27 °С ($p < 0,05$). Существенной разницы в росте и выживаемости личинок при более низкой температуре (20 °С) и контрольных условиях (27 °С) не выявлено [16].

Также температура воды значительно влияет на интенсивность поедания корма личинками устриц. По данным эксперимента Rico-Villa B. et al. (2008), самая низкая температура (17 °С) сильно подавляла поедание корма, тогда как самая высокая температура (32 °С) стимулировала максимальную пищевую активность в течение всего периода выращивания личинок [17].

Высокие температуры окружающей среды (32 °С), достигаемые в ясные летние дни во время отливов, являются важным фактором стресса для личинок устриц, особенно при низком качестве доступного корма [18].

Таблица 1 – Диапазон температуры воды для роста и развития тихоокеанской устрицы

Диапазон температур, °С	Авторы	Год
Opt. 22–34	Barliza F. et al	1992
Max 32	Flores-Vergara C. et al	2004
Max 30	Fabioux C. et al	2005
Opt. 17–32	Rico-Villa B. et al	2008
Opt. 17–27	Rym Ben Kheder, Jeanne Moal, Rene Robert	2010
1,8-35 Opt. 11–25	Dário Luis Leal Areias	2012
Opt. 29,0	Jeon, Chang-Young; Hur, Young-Baek; Cho, Kee-Chae	2012
20–27	Teh Chiew Peng at al.	2016
Opt. 10–24 Max 28–29	Трощенко О.А., Субботин А.А., Еремин И.Ю.	2019
Min 7–8	А.П. Золотницкий, А.Н. Орленко	2021

Так как личинки тихоокеанской устрицы проявляют широкую толерантность к солёности, данный абиотический фактор может оказывать значительное влияние на их развитие и темпы роста.

По данным А.М. Ярославцевой с соавторами, в прибрежье зал. Петра Великого личинки этого вида способны переносить опреснение от 16 до 18 ‰, но оптимальным показателем для роста и развития личинок и взрослых особей является солёность 32 ‰ [19].

М.М. Хелм с соавторами оптимальной для личинок этого вида называют солёность 25–28 ‰, указывая, что солёность ниже 20 и выше 30 ‰ снижает темпы их роста [20].

По мнению корейских исследователей, выращивать личинок *C. gigas* можно при солёности от 20 до 30 ‰, а оптимальной они считают солёность 30 ‰ [21].

Однако существуют данные о наилучших показателях роста и выживаемости личинок устрицы при оптимальном показателе солёности 20 ‰, т.е. при значениях, ниже указанных другими авторами (25–28 и 30 ‰) [7].

По данным исследователей не ясно, имеют ли эмбриональная, личиночная и более поздние стадии развития личинок *C. gigas* различные оптимальные показатели солёности, так как не многие исследователи проводили эксперименты при солёности, отличающейся от диапазона 15–35 ‰ [22].

Совместное влияние температуры и солёности воды на скорость и плотность оседания личинок *C. gigas* изучали Chang Young Jeon et al. (2012) в заводских условиях. Четыре температуры воды (20,0; 23,0; 26,0 и 29,0 °С) были протестированы при трех значениях солёности (20,0; 30,0 и 40,0 ‰). Оптимальная температура воды по условиям солёности 20,0 и 30,0 ‰ была 29,0 °С, что показало самую высокую среднюю скорость расселения личинок 43,1±0,1, 42,1±0,1 соответственно. Но сочетание температуры воды и солёности на плотность заселения не влияло, а такие факторы, как температура воды (29,0 °С), солёность (40,0 ‰) показали значительно высокую и низкую плотность поселения соответственно. Самая низкая дисперсия была получена при температуре воды 20,0 °С при солёности 30,0 ‰, но при температуре воды 29,0 °С и солёности 20,0 ‰ была самой высокой. Наилучшие условия по этим результатам для выращивания личинок *C. gigas* были температура 29,0 °С и солёность 20,0–30,0 ‰ [23].

По данным Barliza, Quintana (1992), оптимальная температура для устрицы от 22 °С до 34 °С [24]. Однако Fabioux et al. (2005) предположили, что максимальная температура репродуктивного развития *C. gigas* составляет 30 °С [25].

Brown and Hartwick (1988) оценили влияние солёности на *C. gigas* и пришли к выводу, что самые высокие темпы роста тела были зарегистрированы между 20 и 25 ‰ [26].

Однако при солёности ниже 8 ‰ взрослые устрицы закрывают раковины и перестают фильтровать воду, что ухудшает их рост и репродуктивное развитие [27], табл. 2.

По данным Dário Luis Leal (2012) *C. gigas* развивается в условиях солёности, которая может варьироваться от 2 до 41‰, однако она имеет лучшее развитие при значениях солёно-

сти между от 20 до 25 ‰. Температурный диапазон, в котором может развиваться *C. gigas*, расположен от 1,8 до 35 °С, но идеальные температуры для ее развития от 11 до 25 °С [28].

Таблица 2 – Диапазон солености воды для роста и развития тихоокеанской устрицы

Диапазон солености, ‰	Авторы	Год
20–25	Brown J. R., Hartwick E. B.	1988
20–25	Brown J. R., Hartwick E. B.	1988
16–18 Opt 32	Ярославцева Л. М., Сергеева Э. П., Кашенко С. Д.	1990
25–28 Min 20 Max 30	Helm M. M., Bourne N., Lovatelli A.	2004
15–35	Kathryn Wiltshire	2007
2–41	Dário Luis Leal Areias	2012
20,0–30,0	Jeon, Chang-Young; Hur, Young-Baek; Cho, Kee-Chae	2012
Min 8	Roberto Montanhini Neto et al	2013
Opt 20	М.В. Калинина, А.С. Таблельская	2021

Таким образом, предварительный анализ показал, что диапазон температуры и солености, в котором может развиваться тихоокеанская устрица, очень широк и соответствует географическому расположению хозяйства выращивания устриц. Оптимальный диапазон температур и солености для выращивания устрицы в заводских условиях необходимо подбирать в зависимости от местоположения хозяйства.

Библиографический список

1. Раков В.А., Золотова Л.А. Биотехнология промышленного культивирования тихоокеанской устрицы в зал. Петра Великого. Владивосток: Дальрыба, 1981. 22 с.
2. 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.
3. 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 Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Камчат. науч.-исслед. ин-та рыб. хоз-ва и океаногр. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. С. 381–388.
4. Инструкция по технологии культивирования тихоокеанской устрицы / сост. А.В. Кучерявенко, А.П. Жук. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2011. 27 с.
5. Технологическая инструкция по промышленному выращиванию тихоокеанской устрицы в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне / сост. Г.И. Викторовская, И.Ю. Сухин, А.Ю. Баранов и др. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2018. 43 с.
6. Гаврилова Г.С. Современное состояние и проблемы развития дальневосточной марикультуры // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промышленное и техническое использование: материалы 8-й Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию рыбохозяйственного образования на Камчатке. Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2017. Ч. 1. С. 68–71.
7. Таблельская А.С., Калинина М.В. Рост и выживаемость заводских личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* при различных концентрациях микроводорослей и солености в условиях южного Приморья // Изв. ТИПРО 2021. Т. 201, вып. 3. С. 723–734.
8. Калинина М.В., Гостюхина О.Б., Сухин И.Ю., Шевченко Л.О. Первый опыт заводского получения личинок тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в Приморье // Приоритеты модернизации и технологического развития продовольственного сектора Российской Феде-

рации на современном этапе : материалы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Астрахань: АГТУ, 2019.

9. Лескова С.Е. Опыт получения молоди тихоокеанской устрицы *Crassostrea gigas* в контролируемых условиях // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов мирового океана: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. С. 89–92.

10. Трощенко О. А., Субботин А. А., Еремин И. Ю. Изменчивость основных лимитирующих факторов среды в процессе выращивания двустворчатых моллюсков на ферме в районе Севастополя // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2019. Т. 5(71), № 2. С. 308–321.

11. ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры – 2020. Меры по повышению устойчивости. Рим: ФАО, 2020.

12. Ким, Г.Н. Марикультура: учеб. пособие / Г.Н. Ким, С.Е. Лескова, И.В. Матросова. М.: МОРКНИГА, 2014. 273 с.

13. Холодов В.Н., Пиркова А.В., Ладыгина Л.В. Выращивание мидий и устриц на Черном море: монография. Воронеж: ООО «ИЗДАТ-ПРИНТ», 2017. 508 с.

14. Золотницкий А. П., Орленко А.Н. О совместном влиянии размера тела и температуры воды на скорость роста тихоокеанской устрицы (*Crassostrea gigas*, Thunberg) в лимане Донузлав (Черное море) // Водные биоресурсы и среда обитания. 2021, Т. 4, № 3. С. 74–85.

15. Rym Ben Kheder, Jeanne Moal, Rene Robert Impact of temperature on larval development and evolution of physiological indices in *Crassostrea gigas* // Aquaculture. 2010. № 309. P. 1–4.

16. Teh Chiew Peng et al. Assessment of Temperature Effects on Early Larval Development Survival of Hatchery-reared Tropical Oyster, *Crassostrea iredalei* // Tropical Life Sciences Research. 2016. Vol. 27(Supp. 1). P. 111–116.

17. Rico-Villa B. et al. A flow-through rearing system for ecophysiological studies of Pacific oyster *Crassostrea gigas* larvae // Aquaculture. 2008. Vol. 282, №. 1–4. P. 54–60.

18. Flores Vergara C. et al. Combined effects of temperature and diet on growth and biochemical composition of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) spat // Aquaculture Research. 2004. Vol. 35, №. 12. P. 1131–1140.

19. Ярославцева Л.М., Сергеева Э.П., Кашенко С.Д. Изменение чувствительности к опреснению в онтогенезе гигантской устрицы // Биол. моря. 1990. Т. 16, №. 6. С. 36–42.

20. Helm M. M., Bourne N., Lovatelli A. (comp./ed.) Hatchery culture of bivalves. A practical manual // FAO Fisheries Technical Paper. Rome, FAO. 2004. № 471. 177 p.

21. Shellfish culture // The project for capacity building for shellfish farming in Tunisia / South sea mariculture research center, NFDI. 2008.

22. Wiltshire K. Ecophysiological tolerances of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, with regard to the potential spread of populations in South Australian waters. SARDI Aquatic Sciences, 2007.

23. Chang Young Jeon, Young Baek Hur and Kee Chae Cho The Effect of Water Temperature and Salinity on Settlement of Pacific Oyster, *Crassostrea gigas* Pediveliger Larvae // Korean J. Malacol. 2012. Vol. 28(1). P. 21–28.

24. Barliza F. et al. Contribución al desarrollo de la ostricultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta // Santa Marta: Universidad del Magdalena. 1992. 173 p.

25. Fabioux C. et al. Temperature and photoperiod drive *Crassostrea gigas* reproductive internal clock // Aquaculture. 2005. Vol. 250, №. 1–2. P. 458–470.

26. Brown J. R., Hartwick E. B. Influences of temperature, salinity and available food upon suspended culture of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*: I. Absolute and allometric growth // Aquaculture. 1988. Vol. 70, №. 3. P. 231–251.

27. Roberto Montanhini Neto et al. Influence of environmental variables on the growth and reproductive cycle of *Crassostrea* (*Mollusca*, *Bivalvia*) in Guaratuba Bay, Brazil // Invertebrate Reproduction & Development. 2013. Vol. 57, No. 3. P. 208–218.

28. Dário Luis Leal Areias Efeito da Salinidade e Temperatura no Assentamento da Ostra *Crassostrea gasar* (Adanson, 1757) e Indução da Desova da Ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795). 2012. P.45.

Светлана Евгеньевна Лескова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID РИНЦ: 960459, Россия, Владивосток, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Мария Валерьевна Ларикова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ВБб-312, Россия, Владивосток, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Влияние температуры и солености на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*

Аннотация. Проведен анализ зарубежных и отечественных литературных источников о влиянии температуры и солености на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга *Apostichopus japonicus*.

Ключевые слова: личинки, *Apostichopus japonicus*, дальневосточный трепанг, температура, соленость, темп роста.

Svetlana E. Leskova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, ORCID ID: 0000-0001-7058-3449, Author ID RSCI: 960459, Russia, Vladivostok, e-mail: svetaleskova@mail.ru

Maria V. Larikova

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBB-312, Russia, Vladivostok, e-mail: larikova_mariya@mail.ru

Influence of temperature and salinity on the growth and development of *Apostichopus japonicus* larvae

Abstract. The analysis of foreign and domestic literature sources on the influence of temperature and salinity on the growth and development of larvae of the Far Eastern trepang *Apostichopus japonicus* was carried out.

Keywords: larvae, *Apostichopus japonicus*, Far Eastern trepang, temperature, salinity, growth rate.

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* (Selenka) – важнейший из промысловых видов голотурий. В последние годы в планктонных пробах все сложнее обнаружить личиночную стадию трепанга. Это говорит о том, что не стоит надеяться на ближайшее восстановление популяции. Помимо браконьерского вылова на трепанга влияют экологические, антропогенные и другие факторы. Наиболее уязвимые к данным факторам являются личинки. Изменение температуры или солености воды может привести к их гибели. Кроме того, личинка трепанга на разных стадиях своего развития имеет разную силу приспособления к изменению этих факторов. В настоящее время имеется технология выращивания трепанга в заводских условиях, но требует адаптации к тем условиям, в которых она применяется. Изучение влияния абиотических факторов дает возможность получения качественной продукции, так как на заводах создаются контролируемые условия, что гарантирует стабильное получение жизнестойкой молодежи [1].

Взрослые особи дальневосточного трепанга сами по себе являются эвритермным видом и способны переносить как повышение, так и понижение температур. В ареале трепанга температурный диапазон лежит от 0 до 28 °С, также имеются эксперименты, показывающие, что даже после заморозки трепанг может сохранять жизнедеятельность. При этом резкое изменение температур среды приводит к гибели личинок, так как на этом этапе своего развития они наиболее уязвимы [1].

В ходе личиночного развития дальневосточный трепанг проходит 6 стадий.

Предаурикулярия образуется через 20–30 ч после оплодотворения. Внешне прозрачна, имеет зачатки органов пищеварения. Длина личинок колеблется от 260 до 490 мкм. Продолжительность стадии – 24–30 ч, личинки не питаются.

Ранняя аурикулярия формируется через 46–48 ч с момента нереста. Длина личинок составляет 450–480 мкм. Органы пищеварения полностью сформированы, и личинки переходят на экзогенное питание. Внешним признаком начала готовности к потреблению пищи является сокращение глотки-пищевода. При нормальном развитии пищеварительной системы желудок личинки имеет эллипсоидную форму, стенки его тонкие, отчетливо видимые, в желудке всегда находится пища. В случае аномального развития стенки желудка утолщенные, грубые, форма его суженная в виде трубочки. Это является симптомом деструкции пищеварительной системы, которая приводит к гибели личинок. При температуре 20–23 °С на 5-е сут при нормальном развитии личинки достигают длины 700 мкм и более. Прирост длины их тела на данной стадии в норме составляет 50 мкм/сут.

На стадии *поздняя аурикулярия* у личинок появляются зачатки мерцательных поясов, гидроцель принимает подковообразную форму и образует пять выступов – зачатков околотротовых щупалец. Длина личинок 800–1320 мкм. В конце этой стадии у личинок происходят существенные морфологические изменения. Они утрачивают околотротовую впадину, а мерцательный шнур принимает вид трех-четырех отдельных поперечных поясов.

Переход на стадию *преддолиолярия* несинхронный: первые экземпляры появляются на 7–9-е сут с момента нереста, а последние – на 10–15-е. Длина личинок 450–580 мкм, форма тела близка к цилиндрической. Личинки не питаются. Продолжительность стадии около 2 сут. В период сложных морфологических перестроек происходит наибольшая гибель личинок.

Долиолярия появляется на 10–12-е сут с момента оплодотворения, их длина 390–470 мкм. У них хорошо развиты мерцательные пояса красноватого цвета, с помощью которых они перемещаются в воде, но в основном они держатся в придонном слое. Продолжительность этой стадии – до 2 сут.

В процессе развития долиолярия утрачивает мерцательные пояса и превращается в *пентактулу*. На этой стадии у личинок хорошо развиты мерцательные обручи, пять околотротовых щупалец и одна амбулакральная ножка. Щупальца и ножка на своих концах имеют присоски, дающие возможность передвигаться ей по субстрату. Размер личинок 360–450 мкм. В основном ведут придонный образ жизни, но встречаются и в толще воды, способны прикрепляться к поверхностной пленке воды. Продолжительность этой стадии от 2 до 4 сут.

В настоящее время разработана биотехнология выращивания трепанга в заводских условиях, но требует адаптации к тем условиям, в которых она применяется. На севере Приморья температурный диапазон лежит в пределах от 20 до 23 °С, соленость не ниже 25 ‰ [2].

В некоторых работах было обнаружено что оптимальная температура для роста личинок трепанга составляет 15 °С, по другим данным, данная температура ведет к отрицательному удельному темпу роста [3].

В одном из экспериментов в качестве оптимальной температуры была выбрана 16 °С, в заключении автор делает вывод, что эта температура также является благоприятной, личинки при этой температуре не теряли способность к питанию и достигали нужных размеров [3].

По другим данным, оптимальная температура для развития личинок составляла 18 °С. При этом темп роста при такой температуре в китайских рыбопитомниках был более быстрым, чем в Японии [3].

Большинство исследователей в своих экспериментах берут оптимальную температуру в диапазоне от 20 до 22 °С. От оплодотворения до стадии бластулы при данной температуре заняло всего 14 ч. Стадию пентакулы они достигали на 12-й день. При этом диапазоне личинки активно питаются и растут, и темп роста у личинок при температуре от 20 до 22 °С являлся более быстрым, чем при более низкой температуре. Так, данная температура с плотностью 1 шт./мл может быть использована для крупномасштабного искусственного разведения личинок, так как при этих показателях личинки достигали наибольшей максимальной длины, и скорость завершения метаморфоза уменьшалась [4, 5, 6, 7, 8].

При температуре от 24 до 25 °С был зафиксирован наибольший положительный удельный темп роста. По другим данным, при этой температуре выращивания личинок трепанга до стадии пентакулы по времени заняло от 19 до 27 дней. При этом выживаемость составила от 1,0 до 6,83 %. Можно сделать вывод, что у личинки трепанга при низкой температуре скорость метаморфоза значительно выше, чем при более высокой температуре [9,4,5,6].

Исследуя рост личинок при температуре от 26 до 30 °С, ученые наблюдали симптомы истощения, такие как голодание, дегенерация кишечника, потеря веса и снижение скорости метаболизма. Метаморфоз при данном диапазоне длился почти 30 дней, и выживаемость не достигала 2 % [9, 4, 3].

Изучив литературные источники, можно сделать вывод, что оптимальная температура для развития и роста лежит в диапазоне от 20 до 22 °С, при низкой температуре (<24 °С) скорость метаморфоза была значительно выше, чем при более высокой (>26 °С). Помимо этих экспериментов, были зафиксированы данные, что личинки, прошедшие акклиматизацию на стадии бластулы, способны переносить более высокие температуры и развиваться без отклонений, табл. 1.

Таблица 1 – Диапазон температур для роста и развития дальневосточного трепанга

Температура, °С	Автор	Год
15–18	Tingting Ji, Yunwei Dong, Shuanglin Dong	2008
21	Guangbin Liu et all.	2010
20–23	Н.Д. Мокрецова и др.	2012
25–27	Chaoqun Hu et. all.	2013
25	Deniz Günay et all.	2015
20–21	Tianlong Qiu et all.	2015
21–22	Matrosova I.V. et all.	2020

В отличие от температуры личинки трепанга более требовательны к солености. Трепанг избегает районов побережья, распресняемых впадающими реками, и мелководных участков полузакрытых и закрытых бухт, соленость которых надолго понижается в период сильных дождей. Молодые особи в отличие от личинок более устойчивы к понижению солености. Минимальный порог солености по некоторым данным составляет 20 ‰ [1].

Изучая различные солености от 24 до 32 ‰, эксперимент показал, что при солености 32 ‰ развитие личинок и оседание происходят быстрее, чем при солености 24 и 28 ‰. Но при этом было установлено, что способность личинок на стадии долиолярия к метаморфозу при солености 32 ‰ выше, чем при солености 24 и 28 ‰. В то же время при пониженной солености наиболее устойчивой стадией развития является бластула, а самой нестабильной – стадия от оплодотворения до выхода бластулы из яйцевых оболочек. Это говорит о том, что личинки на разном этапе своего развития по-разному толерантны к солености [10].

В своих исследованиях В.С. Левин (2000) выявил, что при значительных понижениях солености морской воды наиболее устойчивой стадией развития оказалась бластула. Толерантный диапазон солености для долиолярия и пентакулы составляет от 32 до 34 ‰, при солености ниже 28‰ развитие угнетается [1].

Исследования влияния солености на скорость вылупления показали, что максимальное вылупление составило 39 % при солености, равной 35 ‰, и 32 % – при 33 ‰. Если же изу-

чить влияния солености на рост личинок трепанга, то можно наблюдать, что более быстрый рост наблюдался при солености, равной от 33 до 35 ‰, а максимальный рост и вес – при солености 30 ‰. Можно сделать вывод, что соленость, равная 30 ‰, является оптимальной для роста личинок, а для вылупления наилучшая составила 33–35 ‰ [11].

При этом наибольшие показатели выживаемости личинок наблюдаются при солености 30 ‰, данные личинки всегда демонстрировали максимальный рост и выживаемость [7].

В попытках преодолеть границы солености был проведен эксперимент по акклиматизации личинок трепанга. Акклиматизация происходила в течение 18 ч при солености 32 ‰ (контроль), 24 и 22 ‰ (нижняя граница диапазона переносимости) и 20 ‰ (ниже диапазона переносимости). Акклиматизация до 20 ‰ привела к появлению тератогенных личинок, большинство из которых впоследствии погибло. Акклиматизация к 24, 22 и 20 ‰ привела к сдвигу в диапазоне переносимости личинок на дальнейших стадиях развития. Итог эксперимента – при снижении солености акклиматизированные личинки развивались более успешно, чем неакклиматизированные [12], табл. 2.

Таблица 2 – Диапазон солености для роста и развития дальневосточного трепанга

Соленость, ‰	Автор	Год
30	P. S. Asha et all.	2011
30	Li Li & Qi Li	2009
32	Кашенко С.Д.	2000
Не ниже 25	Мокрецова Н.Д. и др.	2012
32	Самойлова А.А.	2012
32–34	Левин В.С.	2000
25	Matrosova I.V. et all.	2020

Личиночная стадия развития трепанга является самой уязвимой в жизненном этапе. Экстремально высокие и низкие температуры и их резкие перепады отрицательно влияют на рост и развитие личинок, которые проходят у дна в стабильных условиях, усиливая угнетающие действия пониженной солености.

Библиографический список

1. Левин В.С. Дальневосточный трепанг. Биология, промысел, воспроизводство. СПб.: Голанд, 2000. 200 с.
2. Мокрецова Н.Д. и др. Инструкция по технологии получения жизнестойкой молоди трепанга в заводских условиях. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2012. 81 с.
3. Tingting Ji et all. Growth and physiological responses in the sea cucumber, *Apostichopus japonicas* Selenka: Aestivation and temperature // Aquaculture. 2008. Vol. 283. P. 180–187.
4. Deniz Günay et all. Growth and Survival Rate of Juvenile Sea Cucumbers (*Holothuria tubulosa*, Gmelin, 1788) at Various Temperatures // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015. Vol. 15. P. 539–547.
5. Guangbin Liu et all. Effects of rearing temperature and density on growth, survival and development of sea cucumber larvae, *Apostichopus japonicus* (Selenka) // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 2015. Vol. 39. P. 25–35.
6. Li Li & Qi Li. Effects of stocking density, temperature, and salinity on larval survival and growth of the red race of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (Selenka) // Aquaculture International. 2010. Vol. 18. P. 447–460.
7. Matrosova I.V. et all. Experimental larval rearing of the Japanese sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) in Severnaya bay (Slavyansky bay, Sea of Japan) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 548. P. 72059.
8. Tianlong Qiu et all. Development, Settlement, and Post-settlement Growth // Developments in Aquaculture and Fisheries Science. 2015. Vol. 39. P. 111–131.

9. Chaoqun Hu et. all. Spawning, larval development and juvenile growth of the sea cucumber *Stichopus horrens* // Aquaculture. 2013. Vol. 404–405. P. 47–54.

10. Самойлова А.А. Влияние солености на развитие личинок дальневосточного трепанга в искусственных условиях // Инновации в науке, образовании и бизнесе-2012: тр. X Междунар. науч. конф. Калининград: КГТУ, 2012. С. 87–89.

11. Asha P.S. et all. Influence of salinity on hatching rate, larval and early juvenile rearing of sea cucumber *Holothuria scabra* Jaeger // Journal of the Marine Biological Association of India. 2011. P. 79–85.

12. Кашенко С.Д. Акклиматизация морского огурца *Apostichopus japonicus* к пониженной солености на стадиях бластулы и гастролы: ее влияние на резистентность личинок к опреснению на последующих стадиях развития // Биол. моря. 2000. Т. 26, № 6. С. 400–405.

Светлана Владимировна Лисиенко

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

Ксения Александровна Грибова

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

**Динамика распределения общих допустимых уловов палтусов
в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна**

Аннотация. Проведен анализ отраслевых данных, на основании которых получены величины общих допустимых уловов чёрного палтуса, белокорого палтуса, азиатского стрелозубого палтуса. Детально изучена динамика распределения объемов ОДУ названных палтусов в период 2009–2020 гг. в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской.

Ключевые слова: общий допустимый улов, чёрный палтус, белокорый палтус, азиатский стрелозубый палтус.

Svetlana V. Lisienko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Head of the Chair of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok, e-mail: lisienkosv@mail.ru

Ksenia A. Gribova

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

**Dynamics of distribution of total allowable halibut catches in commercial areas
of the Far Eastern Fisheries Basin**

Abstract. The analysis of industry data was carried out, on the basis of which the values of the total allowable catches of black halibut, white-horned halibut, Asian arrow-toothed halibut were obtained. The dynamics of the distribution of the volumes of the named halibut in the period 2009-2020 in the zones – West-Bering Sea, North-Kuril, South-Kuril, subzones – Karaginsky, Petropavlovsk-Komandorskaya, North-Okhotsk, West Kamchatka, East Sakhalin, Kamchatka-Kuril were studied in detail.

Keywords: total allowable catch, black halibut, white-throated halibut, Asian arrow-toothed halibut.

Введение

Палтусы – род лучепёрых рыб из семейства камбаловых. В Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне обитают следующие виды палтусов: чёрный или синекорый палтус

(*Reinhardtius hippoglossoides*), белокорый палтус (*Hippoglossus stenolepis*), азиатский стрелозубый палтус (*Atheresthes evermanni*).

Чёрный и белокорый палтусы имеют высокое народное значение и добываются как при специализированном промысле, так и в качестве прилова. Азиатский стрелозубый палтус ввиду недостаточной заинтересованности рыбопромышленников добывается в качестве прилова при ярусном и сетном промысле.

Ученными установлено, что в последние годы наблюдается сокращение численности основных стад палтусов в результате естественных причин (отсутствие урожайных поколений, глобальные перестройки в составе и структуре ихтиоценов, изменения океанологических условий в связи с глобальным потеплением). В этой связи снижался общий допустимый улов (ОДУ) палтусов, так как установление ОДУ является основной экологической мерой регулирования промысла [1]. Таким образом, анализ динамики распределения ОДУ палтусов в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна является крайне необходимым в процессе оптимизации рыбодобывающей деятельности.

Объекты и методы исследований

Комплексные исследования направлены на изучение динамики распределения объемов ОДУ чёрного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*), белокорого палтуса (*Hippoglossus stenolepis*), азиатского стрелозубого палтуса (*Atheresthes evermanni*). Период исследования 2009-2020 гг.

На основании приказов Росрыболовства от 05 декабря 2008 г. № 382, от 30 сентября 2009 г. № 874, от 29 сентября 2010 г. № 825, от 05 октября 2011 г. № 983 [2-5], приказов Минсельхоза России от 31 октября 2012 г. № 571, от 05 ноября 2013 г. № 403, от 21 октября 2014 г. № 399, от 07 октября 2015 г. № 465, от 10 октября 2016 г. № 445, от 27 октября 2017 г. № 533, от 09 ноября 2018 г. № 516, от 29 октября 2019 г. № 610 [6-13] получены данные по объемам ОДУ названных палтусов.

Ежегодное распределение объемов ОДУ водных биологических ресурсов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне происходит по каждому промысловому району подобъектов. Так, распределение объемов ОДУ палтусов происходило индивидуально на белокорый палтус, чёрный палтус, стрелозубый палтус, но с 2018 промыслового года было введено единое ОДУ на группу палтусы (черный палтус, белокорый палтус) на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2017 г. № 2569-р «Перечень видов водных биоресурсов...» [14].

Результаты и их обсуждение

На основании отраслевых документов установлено что, распределение объемов ОДУ палтусов в период 2009–2020 гг. осуществлялось по следующим промысловым районам Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна: зоны – Западно-Берингоморская, Северо-Курильская, Южно-Курильская, подзоны – Карагинская, Петропавловско-Командорская, Северо-Охотоморская, Западно-Камчатская, Восточно-Сахалинская, Камчатско-Курильская. Величины объемов ОДУ палтусов в названных промысловых районах за исследуемый период представлены в таблице.

На основании представленных данных в таблице проведен расчет усредненного удельного веса каждого промыслового района в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне по объемам ОДУ палтусов в период 2009–2020 гг. (рис. 1).

Таким образом, наибольший усредненный удельный вес ОДУ палтусов приходится на Северо-Охотоморскую подзону, где составляет 31 %. По всем остальным промысловым районам усредненные удельные веса ОДУ палтусов имеют следующие значения: Западно-Берингоморская зона – 23 %, Камчатско-Курильская подзона – 17 %, Западно-Камчатская подзона – 15 %, Карагинская подзона – 5 %, Южно-Курильская зона – 4 %, Северо-Курильская зона и Восточно-Сахалинская подзона по 2 %, Петропавловско-Командорская подзона – 1 %.

Величины объемов ОДУ палтусов в промысловых зонах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна на 2009–2020 гг., тыс.т

Годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Западно-Беринговоморская зона												
Палтус черный	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	4,3	4,56	3,49
Палтус белокорый	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7			
Палтус стрелозубый	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,53	0,77	0,84	1,47	–	–
Карагинская подзона												
Палтус черный	0,051	0,051	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,025	1,279	1,219	1,131
Палтус белокорый	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,5	0,817	0,963	0,963			
Петропавловско-Командорская подзона												
Палтус черный	0,031	0,031	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,018	0,186	0,182	0,171
Палтус белокорый	0,154	0,139	0,149	0,114	0,124	0,131	0,14	0,143	0,143			
Северо-Курильская зона												
Палтус черный	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,003	0,003	0,038	0,038	0,063
Палтус белокорый	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,081	0,03			
Палтус стрелозубый	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,183	0,183	0,088	–	–
Южно-Курильская зона												
Палтус черный	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,104	0,104	0,042
Палтус белокорый	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,223	0,086			
Палтус стрелозубый	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,44	0,44	0,44	0,6	0,51	–	–
Северо-Охотоморская подзона												
Палтус черный	5,3	5,45	5,8	5,8	6,5	6,5	6,9	6,9	6,9	6,784	6,531	5,852
Палтус белокорый	0,066	0,066	0,066	0,066	0,054	0,054	0,054	0,054	0,054			
Западно-Камчатская подзона												
Палтус черный	3,16	3,4	3,4	2,83	2,78	2,507	2,82	3,86	2,86	2,975	2,715	2,345
Палтус белокорый	0,158	0,156	0,245	0,154	0,206	0,214	0,209	0,211	0,204			
Восточно-Сахалинская подзона												
Палтус черный	0,4	0,3	0,2	0,2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,45	0,52	0,67	0,79
Палтус белокорый	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,1	0,07	0,07	0,07			
Камчатско-Курильская подзона												
Палтус черный	4,46	3,93	3,93	3,94	3,77	3,096	3,29	2,27	3,1	2,998	2,805	2,35
Палтус белокорый	0,348	0,281	0,21	0,261	0,23	0,241	0,21	0,173	0,209			

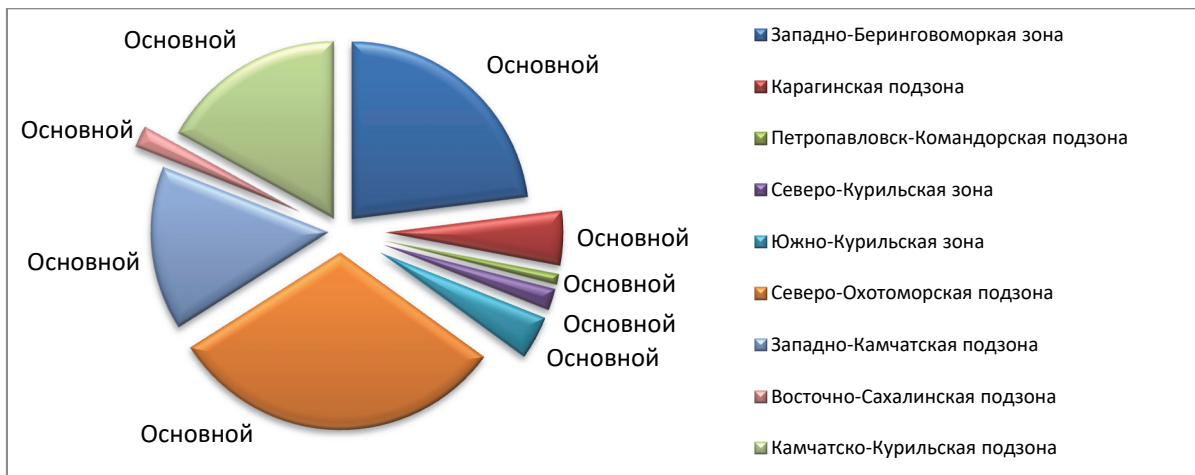


Рисунок 1 – Усредненный удельный вес промысловых районов в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне по объемам ОДУ палтусов в период 2009–2020 гг., %

Далее детально изучим динамику распределения объемов ОДУ чёрного палтуса (*Reinhardtius hippoglossoides*), белокорого палтуса (*Hippoglossus stenolepis*), азиатского стрелозубого палтуса (*Atheresthes evermanni*) в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. В связи с объединением ОДУ чёрного и белокорого палтусов в одну группу с 2018 промыслового года рассмотрим динамику распределения объемов ОДУ данных палтусов в два периода: с 2009 по 2017 гг. индивидуально на чёрного палтуса и белокорого палтуса; с 2018 по 2020 гг. на группу палтусы (чёрный палтус, белокорый палтус).

Чёрный палтус (*Reinhardtius hippoglossoides*)

Объемы ОДУ на чёрный палтус в период 2009–2017 гг. устанавливались в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской. Динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса в названных промысловых районах представлена на рис. 2, 3.

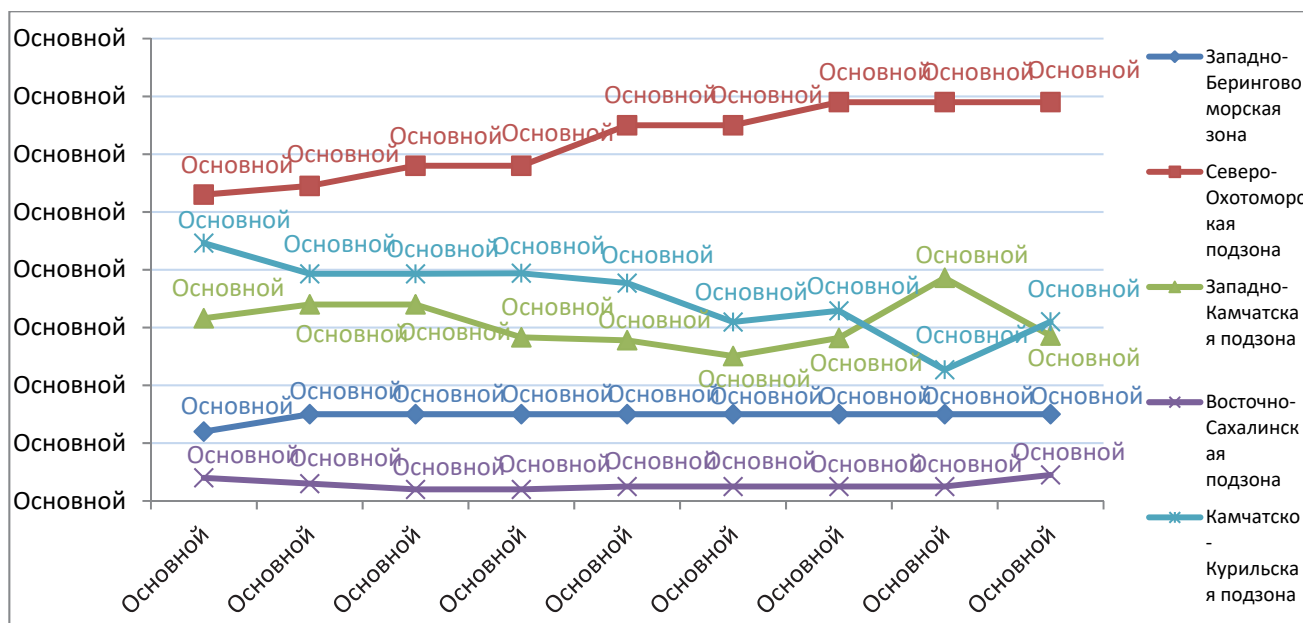


Рисунок 2 – Динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса в зоне – Западно-Беринговоморской, подзонах – Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской в период 2009–2017 гг., тыс.т

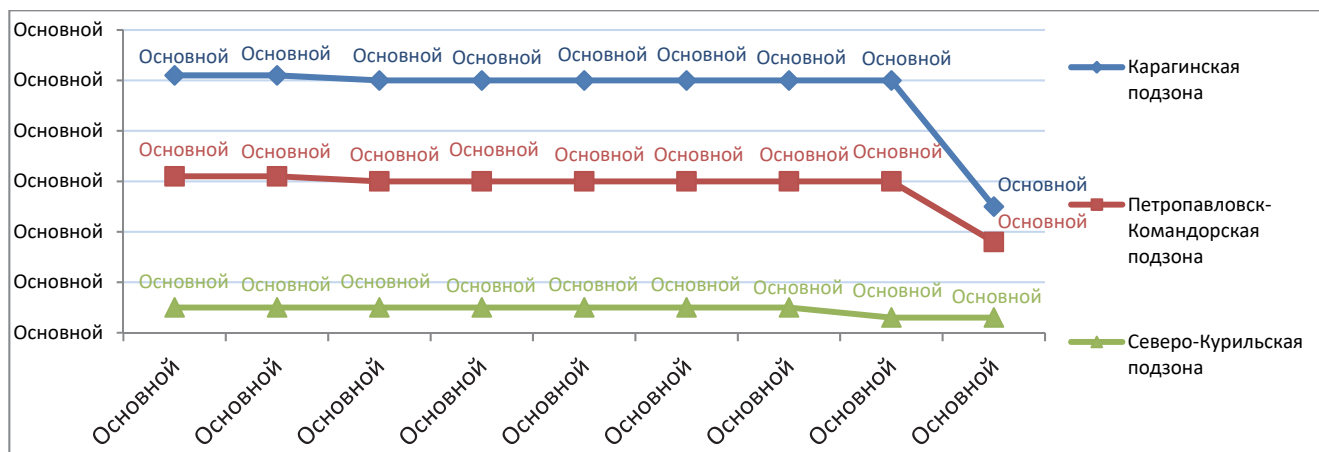


Рисунок 3 – Динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса в зоне – Северо-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской в период 2009–2017 гг., тыс.т

На основании данных, представленных на рис. 2, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ чёрного палтуса в зоне – Западно-Беринговоморской, подзонах – Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской в период 2009–2017 гг.

Наибольшие значения объемов ОДУ чёрного палтуса приходятся на Северо-Охотоморскую подзону. Изменения объемов ОДУ имели положительную тенденцию, так, за период 2009–2017 гг. объемы ОДУ возросли на 1,6 тыс.т. – с 5,3 тыс. т в 2009 г до 6,9 тыс. т в 2017 г. В период 2009–2011 гг. объемы ОДУ увеличились с 5,3 тыс. т до 5,8 тыс. т. В 2012 г. размер ОДУ был установлен аналогично прошлогоднему и составил 5,8 тыс. т. Далее, в период 2013–2014 гг. ОДУ устанавливалось в объеме 6,5 тыс. т. В 2015 г. наблюдалось увеличение объемов ОДУ чёрного палтуса до уровня 6,9 тыс. т и оставалось на таком уровне до 2017 г.

В Камчатско-Курильской подзоне изменения объемов ОДУ чёрного палтуса в период 2009–2017 гг. имели волнообразный характер. В 2009 г. ОДУ устанавливалось в объеме 4,46 тыс. т, далее, произошло снижение объемов до уровня 3,93 тыс. т в 2010 г. и оставалось на таком уровне до 2011 г. В 2012 г. наблюдалось незначительное увеличение ОДУ на 0,01 тыс. т до значения 3,94 тыс. т. В период 2013–2014 гг. произошло снижение ОДУ с 3,77 тыс. т в 2013 г. до 3,096 тыс. т в 2014 г., сменившиеся в 2015 г. увеличением объемов ОДУ до уровня 3,29 тыс. т. Самый низкий показатель объемов ОДУ чёрного палтуса пришелся на 2016 г., где его значения составили 2,27 тыс. т, что на 1,02 тыс. т меньше, чем в предыдущем году. В 2017 г. размер ОДУ устанавливался в объеме 3,1 тыс. т.

В Западно-Камчатской подзоне динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса по годам в период 2009–2017 гг. имела волнообразный характер, с диапазоном колебаний в пределах от 2,507 тыс. т до 3,86 тыс. т. Так, в 2009 г. размер ОДУ составлял 3,16 тыс.т. В 2010, 2011 гг. объем ОДУ имел значения 3,4 тыс. т. В период 2012–2014 гг. наблюдалась отрицательная динамика, величина ОДУ снизилась с 2,83 тыс. т в 2012 г. до 2,507 тыс. т в 2014 г. Далее, в период 2015–2016 гг. отрицательная динамика сменилась на положительную, где объемы ОДУ в 2015 г. имели значения 2,82 тыс. т, в 2016 г. – 3,86 тыс. т. Но уже в 2017 г. объемы ОДУ снизились до 2,86 тыс. т.

В Западно-Беринговоморской зоне в 2009 г. объемы ОДУ на чёрного палтуса устанавливались в размере 1,2 тыс. т, в последующие годы 2010–2017 ОДУ устанавливался в объеме 1,5 тыс. т.

В Восточно-Сахалинской подзоне динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса имела слабо выраженные колебания в диапазоне от 0,2 тыс. т. до 0,45 тыс. т. Так, в 2009 г. размер ОДУ устанавливался в объеме 0,4 тыс. т. Далее, в период 2010–2011 гг. последовало снижение ОДУ от 0,3 тыс. т в 2010 г. до 0,2 тыс. т. в 2011 г. В 2012 г. размер ОДУ был установлен аналогично прошлогоднему и составил 0,2 тыс. т. В период 2013–2016 гг. размер

ОДУ чёрного палтуса ежегодно устанавливался в объеме 0,25 тыс.т. В 2017 г. объем ОДУ установили в размере 0,45 тыс. т, что в 1,8 раза больше, чем в прошлом году.

На основании данных, представленных на рис. 3, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ чёрного палтуса в зоне – Северо-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской в период 2009–2017 гг.

В Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах за исследуемый период наблюдалась идентичная динамика распределения объемов ОДУ чёрного палтуса. Так, в 2009 и 2010 гг. объемы ОДУ устанавливались в Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах в размерах 0,051 тыс. т и 0,031 тыс. т соответственно. В 2011 г. в обеих подзонах произошло незначительное снижение объемов ОДУ на 0,001 тыс. т до уровня 0,05 тыс. т в Карагинской подзоне, 0,03 тыс. т в Петропавловск-Командорской подзоне и оставалось на таком уровне до 2016 г. В 2017 г. в названных подзонах объемы ОДУ чёрного палтуса резко сократились: в Карагинской подзоне в 2 раза – до 0,025 тыс. т, в Петропавловско-Командорской в 1,6 раза – до 0,018 тыс. т.

Наименьшие значения объемов ОДУ чёрного палтуса наблюдались в Северо-Курильской зоне. Так, с 2009 г. по 2015 г. размеры ОДУ не изменялись и имели значения, равные 0,005 тыс. т. В последующие годы 2016–2017 объемы ОДУ чёрного палтуса устанавливались в объеме 0,003 тыс. т.

Белоко́рый палтус (*Hippoglossus stenolepis*)

Объемы ОДУ на белоко́рый палтус в период 2009–2017 гг. устанавливались в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской. Динамика распределения объемов ОДУ белоко́рого палтуса в названных промысловых районах представлена на рис. 4, 5.

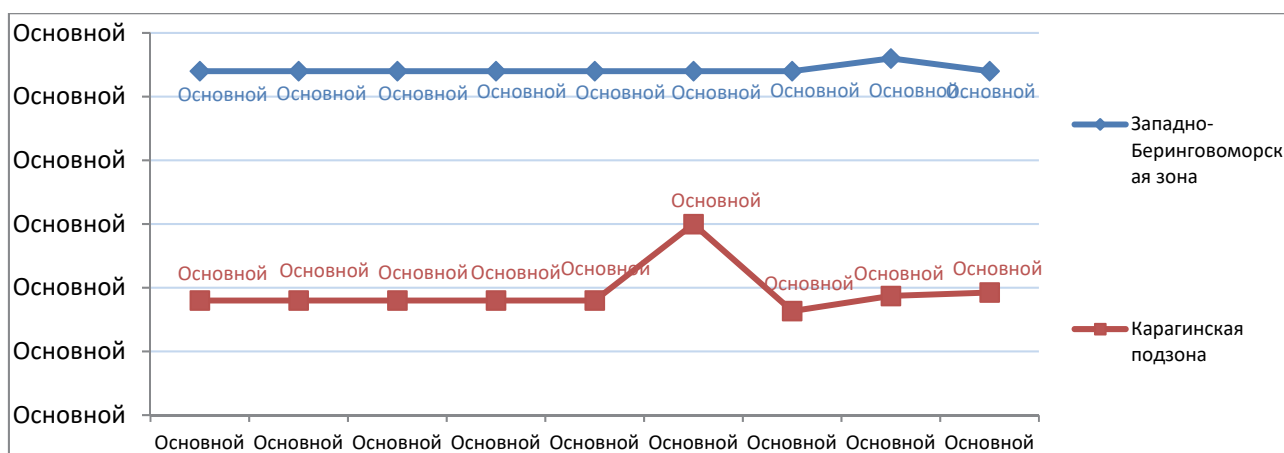


Рисунок 4 – Динамика распределения объемов ОДУ белоко́рого палтуса в зоне – Западно-Беринговоморской, подзоне – Карагинской в период 2009–2017 гг., тыс. т

На основании данных, представленных на рис. 4, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ белоко́рого палтуса в зоне – Западно-Беринговоморской, подзоне – Карагинской в период 2009–2017 гг.

Наибольшие значения объемов ОДУ белоко́рого палтуса приходятся на Западно-Беринговоморскую зону. Объемы ОДУ палтуса в названной зоне в период 2009–2017 гг. устанавливались в размере 2,7 тыс. т, только в 2016 г. размер ОДУ был увеличен до 2,8 тыс. т.

В Карагинской подзоне значения объемов ОДУ в период 2009–2013 гг. находились на отметке 0,9 тыс. т. В 2014 г. размер ОДУ увеличился до 1,5 тыс. т, после чего в 2015 г. наблюдалось падение объемов ОДУ до 0,817 тыс. т. В период 2016–2017 гг. объемы ОДУ белоко́рого палтуса возросли с 0,936 тыс. т в 2016 г. до 0,963 тыс. т в 2017 г.

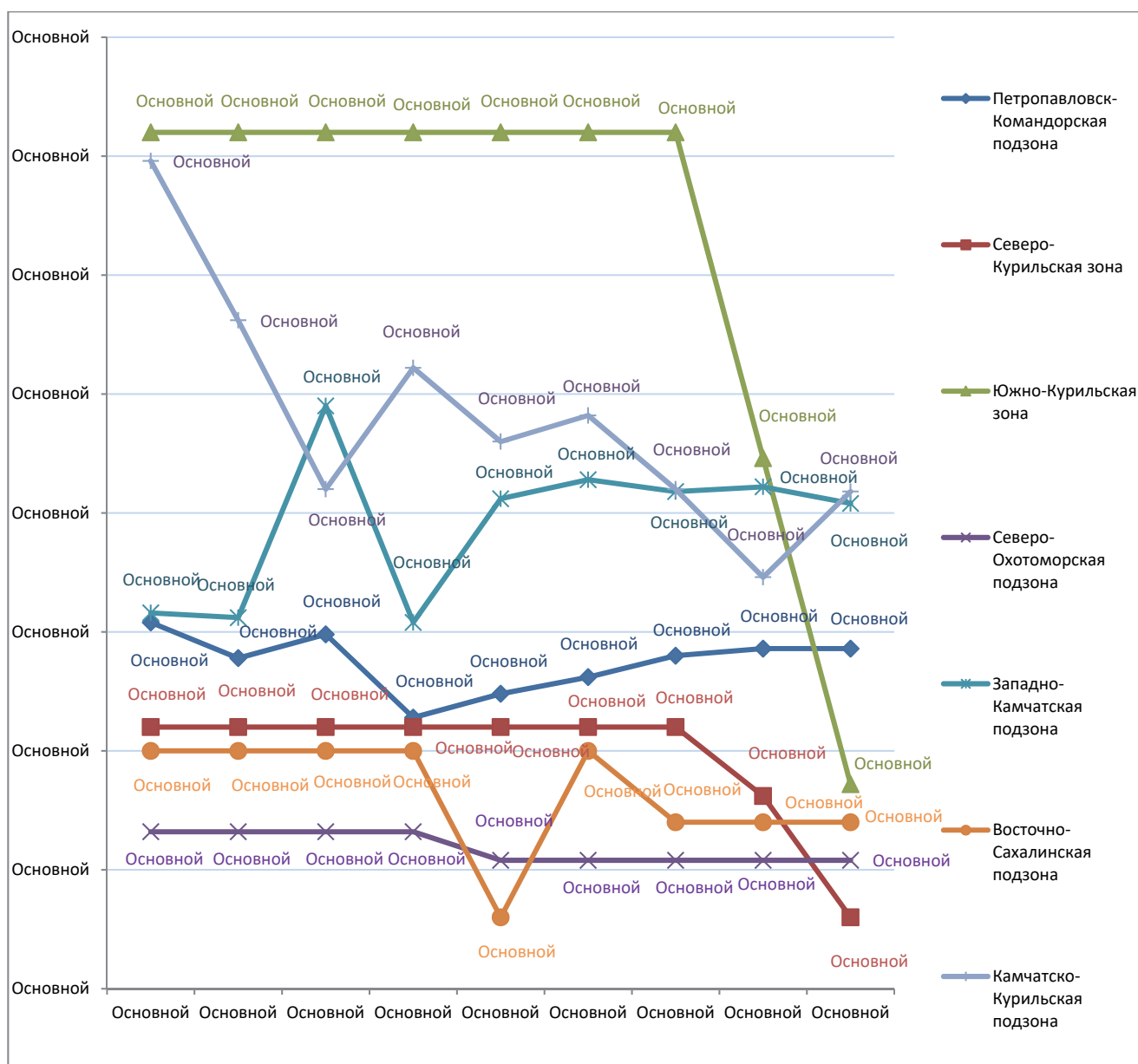


Рисунок 5 – Динамика распределения объемов ОДУ белокорого палтуса в зонах – Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзонах – Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской в период 2009–2017 гг., тыс. т

На основании данных, представленных на рис. 5, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ белокорого палтуса в зонах – Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзонах – Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской в период 2009–2017 гг.

В Южно-Курильской и Северо-Курильской зонах за исследуемый период наблюдалась идентичная динамика распределения объемов ОДУ белокорого палтуса. Так, с 2009 г. по 2015 г. объемы ОДУ устанавливались в Южно-Курильской и Северо-Курильской зонах в размерах 0,36 тыс. т и 0,11 тыс. т соответственно. В период 2016–2017 гг. объемы ОДУ белокорого палтуса стали резко сокращаться: в Южно-Курильской зоне с 0,223 тыс. т в 2016 г. до 0,086 тыс. т в 2017 г., в Северо-Курильской зоне – с 0,081 тыс. т в 2016 г. до 0,03 тыс. т в 2017 г.

В Петропавловско-Командорской подзоне динамика распределения ОДУ белокорого палтуса имела волнообразный характер, с диапазоном колебаний от 0,154 тыс. т до 0,114 тыс. т. В 2009 г. размер объемов ОДУ имел максимальное значение за весь период исследования в 0,154 тыс. т. В 2010 г. ОДУ снизился до 0,139 тыс. т, а в 2011 г. увеличился до 0,149 тыс. т.

Далее, в 2012 г. вновь наблюдалось падение объемов ОДУ, где их размер достиг 0,114 тыс. т. В период 2013–2016 гг. наметилась положительная динамика, объемы ОДУ выросли с 0,124 тыс. т в 2013 г. до 0,143 тыс. т в 2016 г. В 2017 г. объемы ОДУ белокорого палтуса устанавливались равными прошлогодним и имели значения 0,143 тыс. т.

Динамику распределения белокорого палтуса в Камчатско-Курильской и Западно-Камчатской подзонах можно охарактеризовать как нестабильная скачкообразная. Так, в Камчатско-Курильской подзоне изменения объемов ОДУ происходило следующим образом: в период 2009–2011 гг. падение с 0,348 тыс. т. в 2009 г. до 0,21 тыс. т в 2011 г.; в период 2012–2013 гг. падение с 0,261 тыс. т до 0,23 тыс. т; в период 2014–2016 гг. падение с 0,241 тыс. т. в 2014 г. до 0,173 тыс. т в 2016 г.; в 2017 г. объемы ОДУ возросли до уровня 0,209 тыс. т. В Западно-Камчатской подзоне объемы ОДУ белокорого палтуса в период 2009–2017 гг. имели следующие значения: 2009 г. – 0,158 тыс. т, 2010 г. – 0,156 тыс. т, 2011 г. – 0,245 тыс. т, 2012 г. – 0,154 тыс. т, 2013 г. – 0,206 тыс. т, 2014 г. – 0,214 тыс. т, 2015 г. – 0,209 тыс. т, 2016 г. – 0,211 тыс. т, 2017 г. – 0,204 тыс. т.

В Восточно-Сахалинской подзоне ОДУ белокорого палтуса в период 2009–2017 гг. изменялось в пределах от 0,03 тыс. т до 0,1 тыс. т. С 2009 по 2012 гг. ОДУ устанавливалось в размере 0,1 тыс. т, далее, в 2013 г. произошло резкое падение объемов ОДУ до 0,03 тыс. т, после чего в 2014 г. объемы ОДУ установили в прежнем размере 0,1 тыс. т. С 2015 г. по 2017 г. объемы ОДУ на белокорый палтус устанавливались в размере 0,07 тыс. т.

Наименьшие значения объемов ОДУ белокорого палтуса в период 2009–2017 гг. наблюдались в Северо-Охотоморской подзоне. Так, с 2009 г. по 2012 г. ОДУ устанавливался в размере 0,066 тыс. т, а начиная с 2013 г. по 2017 г. – в размере 0,054 тыс. т.

Палтусы (чёрный палтус, белокорый палтус)

С 2018 г. по 2020 г. ОДУ на палтусы (чёрный палтус, белокорый палтус) устанавливался в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзонах – Карагинской, Петропавловско-Командорской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской. Динамика распределения объемов ОДУ палтусов (чёрный палтус, белокорый палтус) в названных промысловых районах представлена на рис. 6, 7.

На основании данных, представленных на рис. 6, 7, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна в период 2018–2020 гг.

Положительная динамика в распределении объемов ОДУ наблюдалась в Восточно-Сахалинской подзоне, где с 2018 г. произошло увеличение объемов с 0,52 тыс. т до 0,79 тыс. т в 2020 г.

В Западно-Беринговоморской зоне динамика распределения объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) имела волнообразный характер. Так, в 2018 г. ОДУ устанавливался в размере 4,3 тыс. т, в 2019 г. объемы ОДУ увеличились до 4,56 тыс. т, но уже в 2020 г. произошло снижение ОДУ до значения 3,49 тыс. т.

В Северо-Курильской зоне с 2018 г. по 2019 г. объемы ОДУ устанавливались в размере 0,038 тыс. т, далее в 2020 г. размеры ОДУ увеличились до 0,063 тыс. т.

В Карагинской подзоне и Южно-Курильской зоне распределение объемов ОДУ имело идентичный характер. Так, в 2018, 2019 гг. объемы ОДУ устанавливались в размерах 1,279 тыс. т. в Карагинской подзоне, 0,104 тыс.т. в Южно-Курильской зоне. Далее, в 2020 г. последовало снижение объемов ОДУ до значений 1,131 тыс. т и 0,042 тыс. т соответственно.

Снижение объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) наблюдалось в следующих промысловых районах: в Северо-Охотоморской подзоне с 6,784 тыс. т в 2018 г. до 5,852 тыс. т в 2020 г.; в Камчатско-Курильской подзоне с 2,998 тыс. т в 2018 г. до 2,35 тыс. т в 2020 г.; в Западно-Камчатской подзоне с 2,975 тыс. т в 2018 г. до 2,345 тыс. т в 2020 г.; в Петропавловско-Командорской подзоне с 0,186 тыс. т в 2018 г. до 0,171 тыс. т в 2020 г.

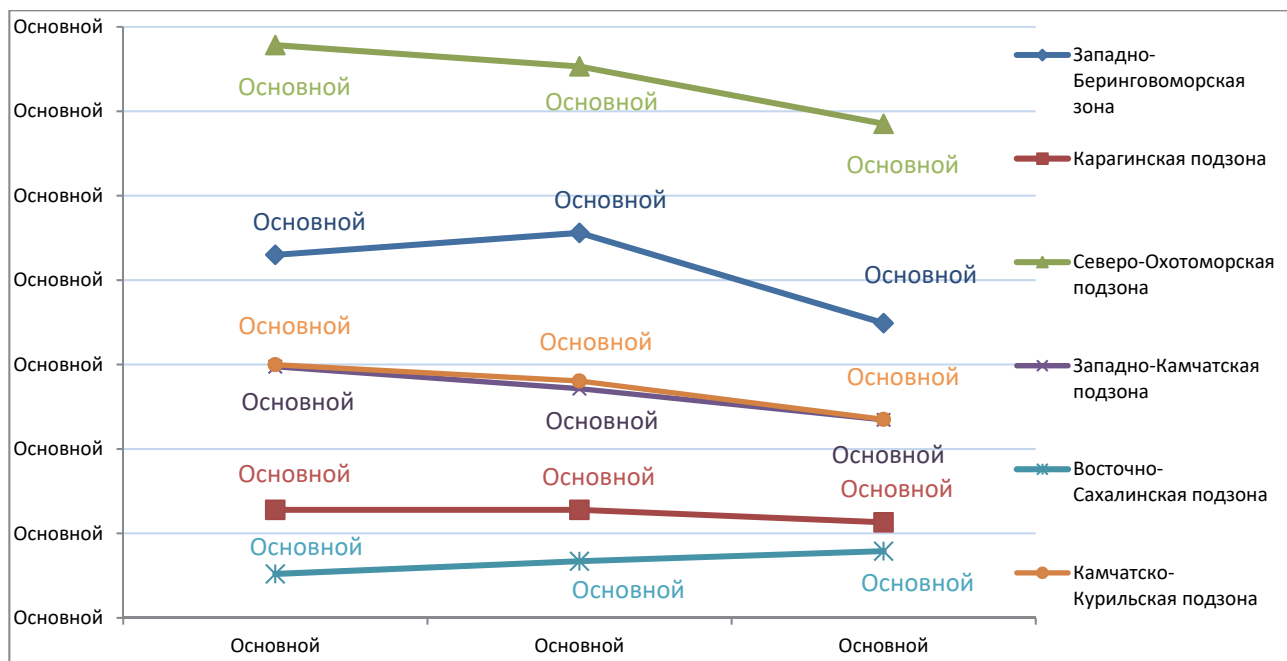


Рисунок 6 – Динамика распределения объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) в зоне – Западно-Беринговоморской, подзонах – Карагинской, Северо-Охотоморской, Западно-Камчатской, Восточно-Сахалинской, Камчатско-Курильской в период 2018-2020 гг., тыс. т

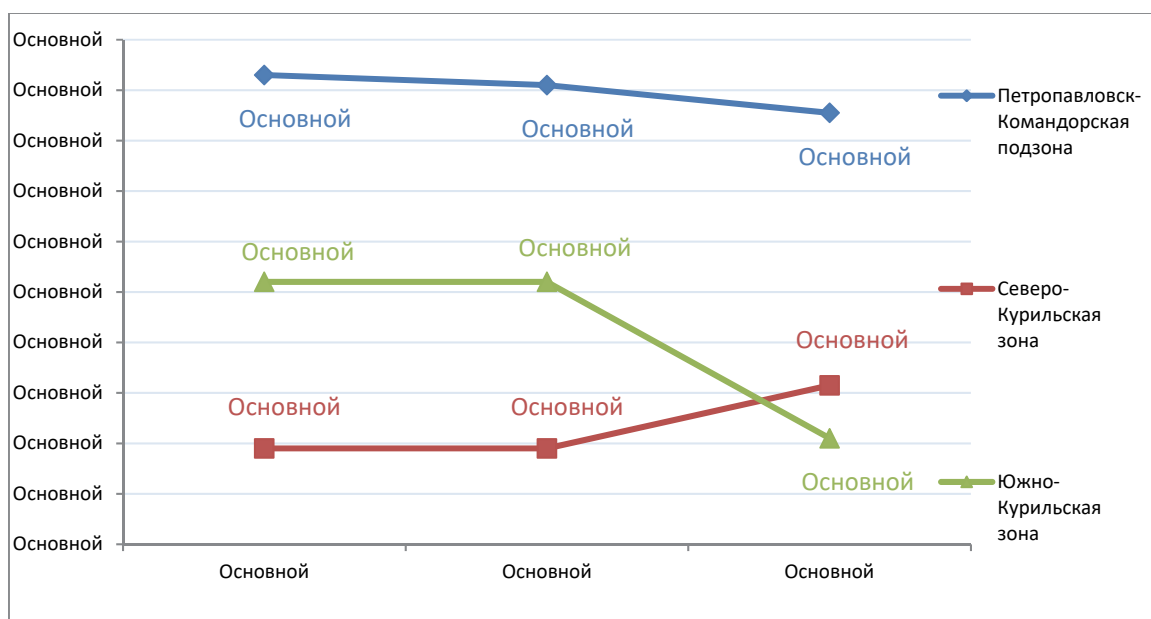


Рисунок 7 – Динамика распределения объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) в зонах – Северо-Курильской, Южно-Курильской, подзоне – Петропавловск-Командорской в период 2018-2020 гг., тыс.т

Азиатский стрелозубый палтус (*Atheresthes evermanni*)

Объемы ОДУ на азиатский стрелозубый палтус устанавливались в период 2009–2018 г. С 2019 г. данный объект был исключен из перечня видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов на основании Приказа Минсельхоза России от 16 ноября 2017 г. № 581 [15].

Распределение объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса осуществлялось по трем зонам – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской. Динамика распределения объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса в названных зонах представлена на рис. 8.

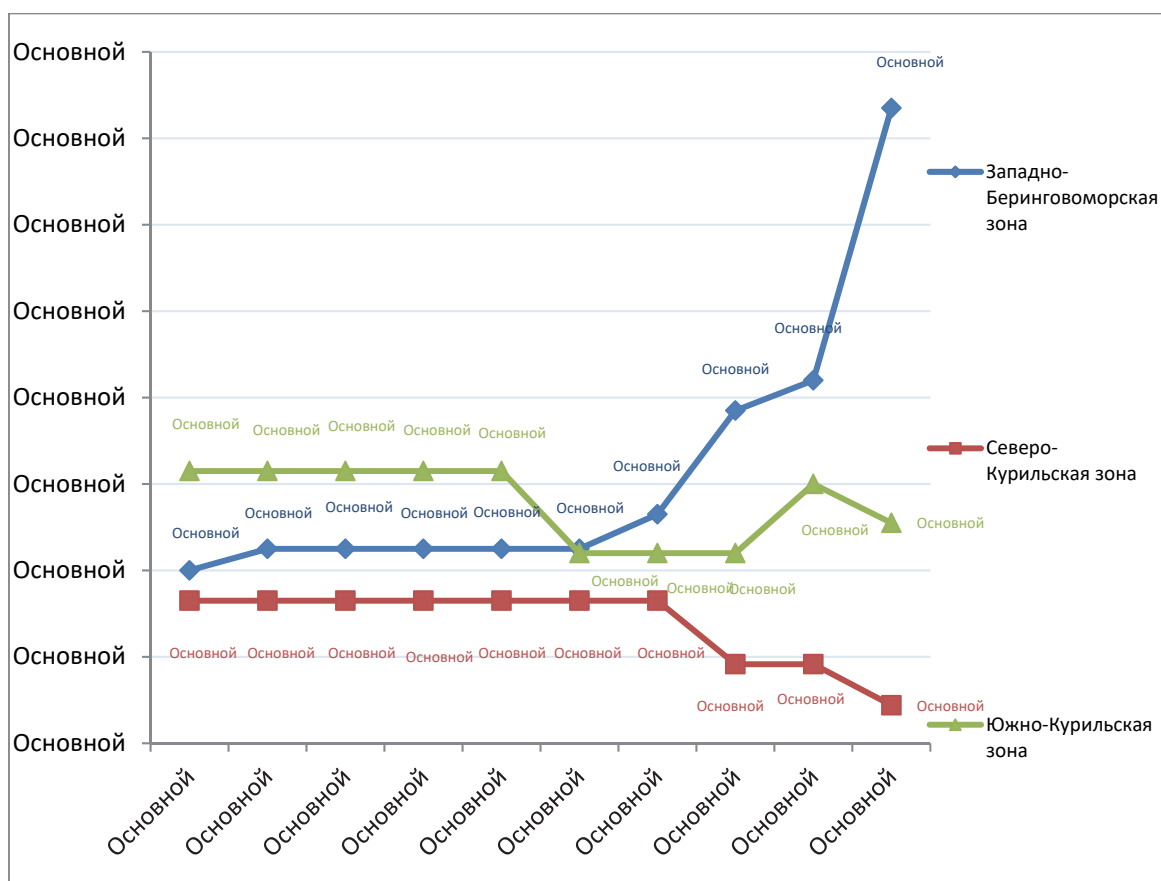


Рисунок 8 – Динамика распределения объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской в период 2009–2018 гг., тыс. т

На основании данных, представленных на рис. 8, проведен анализ динамики распределения объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса в зонах – Западно-Беринговоморской, Северо-Курильской, Южно-Курильской в период 2009–2018 гг.

В Западно-Беринговоморской зоне динамика распределения ОДУ азиатского стрелозубого палтуса имела положительную тенденцию. Так, в 2009 г. объем ОДУ устанавливался в размере 0,4 тыс. т. В 2010 г. объемы ОДУ увеличились до 0,45 тыс. т и оставались на таком уровне до 2014 г. Далее последовал стремительный рост объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса с 0,53 тыс. т в 2015 г. до 1,47 тыс. т. в 2018 г.

В Южно-Курильской зоне ОДУ азиатского стрелозубого палтуса в период 2009–2018 гг. изменялся в пределах от 0,44 тыс. т до 0,63 тыс. т. С 2009 г. по 2013 г. размер ОДУ устанавливался в объеме 0,63 тыс. т, с 2014 г. по 2016 г. – в объеме 0,44 тыс. т. Далее последовало увеличение объемов ОДУ в 2017 г. до уровня 0,6 тыс. т, сменившиеся падением в 2018 г. до 0,51 тыс. т.

В Северо-Курильской зоне распределение объемов ОДУ азиатского стрелозубого палтуса в период 2009–2018 гг. происходило по следующему сценарию: с 2009 г. по 2015 г. размер ОДУ устанавливался в объеме 0,33 тыс. т, с 2016 г. по 2017 г. – в объеме 0,183 тыс. т, в 2018 г. – в размере 0,088 тыс. т.

Заключение

По результатам проведенного исследования динамики распределения ОДУ палтусов в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна выявлено, что наибольшие объемы ОДУ чёрного палтуса приходятся на подзоны – Северо-Охотоморскую, Камчатско-Курильскую, Западно-Камчатскую, белокорого палтуса – на зону Западно-Беринговоморскую и Карагинскую подзону. Именно в данных промысловых районах, в ко-

торых ведется основной промысел палтусов, произошло снижение объемов ОДУ палтусов (чёрного палтуса, белокорого палтуса) в период 2018–2020 гг. Не исключено, что это связано с введением объединенного ОДУ на группу палтусы. В этой связи возникает необходимость в дальнейшем рассмотрении работы добывающего флота на промысле палтусов.

Библиографический список

1. Ученые подготовили проект стратегии долговременной эксплуатации запасов палтусов [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://vniro.ru/> (дата обращения: 15.03.2022).

2. Об утверждении общих допустимых уловов водных биологических ресурсов на 2009 год: Приказ Росрыболовства от 05 декабря 2008 г. № 382 (документ с изменениями, внесенными: приказом Росрыболовства от 5 мая 2009 года № 368; приказом Росрыболовства от 28 августа 2009 года № 771; приказом Росрыболовства от 17 сентября 2009 года № 819) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902136239> (дата обращения: 22.03.2022).

3. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2010 год: Приказ Росрыболовства от 30 сентября 2009 г. № 874 (документ с изменениями, внесенными: приказом Росрыболовства от 13 ноября 2009 года № 1019; приказом Росрыболовства от 17 ноября 2009 года № 1026; приказом Росрыболовства от 18 февраля 2010 года № 114; приказом Росрыболовства от 5 апреля 2010 года № 274; приказом Росрыболовства от 18 июня 2010 года № 553; приказом Росрыболовства от 24 августа 2010 года № 710; приказом Росрыболовства от 21 сентября 2010 года № 800) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902180114> (дата обращения: 22.03.2022).

4. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2011 год: Приказ Росрыболовства от 29 сентября 2010 г. № 825 (документ с изменениями, внесенными: приказом Росрыболовства от 22 марта 2011 № 269; приказом Росрыболовства от 25 марта 2011 № 278; приказом Росрыболовства от 27 июля 2011 № 764; приказом Росрыболовства от 14 сентября 2011 № 925) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902242376> (дата обращения: 22.03.2022).

5. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2012 год: Приказ Росрыболовства от 05 октября 2011 г. № 983 (документ с изменениями, внесенными: приказом Росрыболовства от 17 января 2012 № 42, приказом Росрыболовства от 12 июля 2012 № 611) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902304896> (дата обращения: 22.03.2022).

6. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, а также в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях на 2013 год: Приказ Минсельхоза России от 31 октября 2012 г. № 571 (документ с изменениями, внесенными приказом Минсельхоза России от 29 октября 2013 г. № 396) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902382121> (дата обращения: 28.03.2022).

7. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов на 2014 год: Приказ Минсельхоза России от 05 ноября 2013 г. № 403 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 2 декабря 2013 года № 444; приказом Минсельхоза России от 6 декабря 2013 года № 454; приказом Минсельхоза России от 27 января 2014 года № 23; приказом Минсельхоза России от 18 августа 2014 года № 321; приказом Минсельхоза России от 28 октября 2014 года № 410) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499057844> (дата обращения: 28.03.2022).

8. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федера-

ции, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях на 2015 год: Приказ Минсельхоза России от 21 октября 2014 г. № 399 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхозом России от 26 декабря 2014 № 532; приказом Минсельхоза России от 24 февраля 2015 № 76; приказом Минсельхоза России от 27 августа 2015 № 388) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420228083> (дата обращения: 28.03.2022).

9. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях на 2016 год: Приказ Минсельхоза России от 07 октября 2015 г. № 465 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 29 августа 2016 года № 387; приказом Минсельхоза России от 16 сентября 2016 года № 411.) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/420308725> (дата обращения: 28.03.2022).

10. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях на 2017 год: Приказ Минсельхоза России от 10 октября 2016 г. № 445 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 20 марта 2017 года № 134; приказом Минсельхоза России от 17 июля 2017 года № 349; приказом Минсельхоза России от 10 августа 2017 года № 392; приказом Минсельхоза России от 12 октября 2017 года № 506) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456019371> (дата обращения: 28.03.2022).

11. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зоне Российской Федерации, в Азовском и Каспийском морях на 2018 год: Приказ Минсельхоза России от 27 октября 2017 г. № 533 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 21 декабря 2017 года № 643; приказом Минсельхоза России от 27 июня 2018 года № 253; приказом Минсельхоза России от 18 октября 2018 года № 468; приказом Минсельхоза России от 11 декабря 2018 года № 567) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555614791> (дата обращения: 28.03.2022).

12. Об утверждении общего допустимого улова водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2019 год: Приказ Минсельхоза России от 09 ноября 2018 г. № 516 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 7 мая 2019 года № 246; приказом Минсельхоза России от 6 сентября 2019 года № 529; приказом Минсельхоза России от 17 сентября 2019 года № 548) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/551724249> (дата обращения: 28.03.2022).

13. 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 2020 год: Приказ Минсельхоза России от 29 октября 2019 г. № 610 (документ с изменениями, внесенными: приказом Минсельхоза России от 19 ноября 2019 № 636; приказом Минсельхоза России от 28 ноября 2019 № 657; приказом Минсельхоза России от 14 января 2020 № 7; приказом Минсельхоза России от 14 февраля 2020 № 65; приказом Минсельхоза России от 23 марта 2020 № 145; приказом

Минсельхоза России от 26 июня 2020 № 348; приказом Минсельхоза России от 28 августа 2020 № 512) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/563664948> (дата обращения: 28.03.2022).

14. Об утверждении перечней видов водных биологических ресурсов, в отношении которых осуществляются промышленное и (или) прибрежное рыболовство во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, Каспийском море и районах действия международных договоров Российской Федерации в области рыболовства и сохранения водных биологических ресурсов: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2017 № 2569-р (документ с изменениями, внесенными: распоряжение Правительства Российской Федерации от 19 марта 2018 № 452-р; распоряжение Правительства Российской Федерации от 12 февраля 2020 № 259-р; распоряжение Правительства Российской Федерации от 10 февраля 2021 № 295-р) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555677258?section=text> (дата обращения: 25.04.2022).

15. О внесении изменений в Перечень видов водных биологических ресурсов, в отношении которых устанавливается общий допустимый улов, утвержденный приказом Минсельхоза России от 1 октября 2013 г. № 365; Приказ Минсельхоза России от 16 ноября 2017 г. № 581 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://docs.cntd.ru/document/542612130> (дата обращения: 25.04.2022).

Светлана Владимировна Лисиенко

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

Нина Сергеевна Иванко

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

Анна Сергеевна Машкова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: rem09@mail.ru

**Анализ работы добывающего флота в Западно-Беринговоморской зоне
в период 2015–2019 гг.**

Аннотация. Приведены результаты анализа работы добывающего флота в Западно-Беринговоморской зоне в период 2015–2019 гг. Добыча водных биологических ресурсов велась крупнотоннажными, среднетоннажными и малотоннажными судами. Установлено, что более эффективно работали среднетоннажные суда.

Ключевые слова: добывающий флот, промысловая зона, ресурсный потенциал, водные биологические ресурсы, средний суточный вылов.

Svetlana V. Lisienko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Head of the Chair of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok, e-mail: lisienkosv@mail.ru

Nina S. Ivanko

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

Anna S. Mashkova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: rem09@mail.ru

**Analysis of the work of the mining fleet in the West Bering Sea zone
in the period 2015–2019**

Abstract. The results of the analysis of the work of the mining fleet in the West Bering Sea zone in the period 2015-2019 are presented. Extraction of aquatic biological resources was carried out by large-tonnage, medium-tonnage and small-tonnage vessels. It was found that medium-tonnage vessels worked more efficiently.

Keywords: mining fleet, fishing zone, resource potential, aquatic biological resources, average daily catch.

В Западно-Беринговоморской зоне в период 2015–2019 гг. общие допустимые уловы (ОДУ) устанавливались на 8 промысловых объектов (помимо лососевых): минтай, треска, палтусы (3 вида – черный, белокорый и стрелозубый до 2019 г. и 2 вида – черный и белокорый в 2019 г.), окунь морской, тепруги, щипошек, макрурусы и крабы (3 вида – синий и крабы-стригуны опилио и бэоди). Также ОДУ были установлены на добычу тихоокеанских лососей (горбуша, кета, нерка, кижуч и чавыча). Проведенный ранее анализ [1] показал, что фактически освоенными являлись четыре промысловых объекта: крабы (средняя степень освоения 99,86 %), треска (средняя степень освоения 90,92 %), палтус (средняя степень освоения 86,1 %) и минтай (средняя степень освоения 83,36 %). Остальные объекты (не считая тихоокеанских лососей) были недоосвоены, поэтому необходимо проведение многофакторного анализа добывающих мощностей.

Добычу (вылов) водных биологических ресурсов в Западно-Беринговоморской зоне в период с 2015 по 2019 гг. вели крупнотоннажные, среднетоннажные и малотоннажные суда (таблица).

Состав добывающего флота в Западно-Беринговоморской зоне за период 2015–2019 гг.

Тип судна \ Год	2015	2016	2017	2018	2019
Крупнотоннажные суда					
БМРТ	53	43	45	45	49
РКТС	1	2	3	1	2
РМС	1	2	1	1	1
РТКМС	0	0	0	0	1
РТМ	3	2	2	3	3
РТМС	3	3	3	2	2
Всего крупнотоннажных	61	52	54	52	58
Среднетоннажные суда					
КРПС	1	1	0	1	1
СДС не	2	2	2	2	3
СРТМ	43	44	45	49	59
СРТР	3	2	1	1	2
СТР	23	23	23	22	16
СЯМ	22	19	22	21	24
ТСМ	0	1	1	2	3
Всего среднетоннажных	94	92	94	98	108
Малотоннажные суда					
МДС	0	0	1	1	1
МКРТМ	1	0	1	0	2
МмДС	0	0	1	0	0
МмРС	0	5	0	0	0
МмРСТ	1	1	0	0	0
МмРТР	2	0	1	0	0
МРКТ	2	2	0	0	0
НИС	2	0	1	2	1
РС	5	7	7	5	5
Всего малотоннажных	13	15	12	8	9
Всего	168	159	160	158	175

Из таблицы видно, что количество среднетоннажных судов превосходит суммарное количество крупнотоннажных и малотоннажных судов.

Удельный вес добычи водных биологических ресурсов крупнотоннажными судами составлял более 60 % с 2015 по 2018 гг. и снизился до 48,1 % в 2019 г. (рис. 1). Удельный вес добычи водных биологических ресурсов среднетоннажными судами в период с 2015 по 2017 гг. составлял от 31,3 до 33,1 %, в 2018 г. увеличился до 39 %, в а 2019 г. – до 51,5 %. Такая динамика соответствует увеличению судов типа СРТМ с 43 в 2015 г. до 59 – в 2019 г. Наименьший удельный вес добычи водных биологических ресурсов приходился на малотоннажные суда, в 2015 г. он составлял 2,5 %, в 2016 г. увеличился до 5,2 %, а в период 2017–2019 гг. составлял менее 1%.

Как было установлено ранее [1], основным промысловым объектом в Западно-Беринговоморской зоне является минтай, удельный вес его вылова (добычи) составляет более 70% от добычи всех водных биологических ресурсов в данной зоне. Минтай является важным промысловым объектом. Для анализа добычи (вылова) промысловых объектов использованы статистическая отчетность по форме 1-П(рыба)[2] и отчеты по освоению рекомендованных объемов добычи (вылова) водных биологических ресурсов [3].

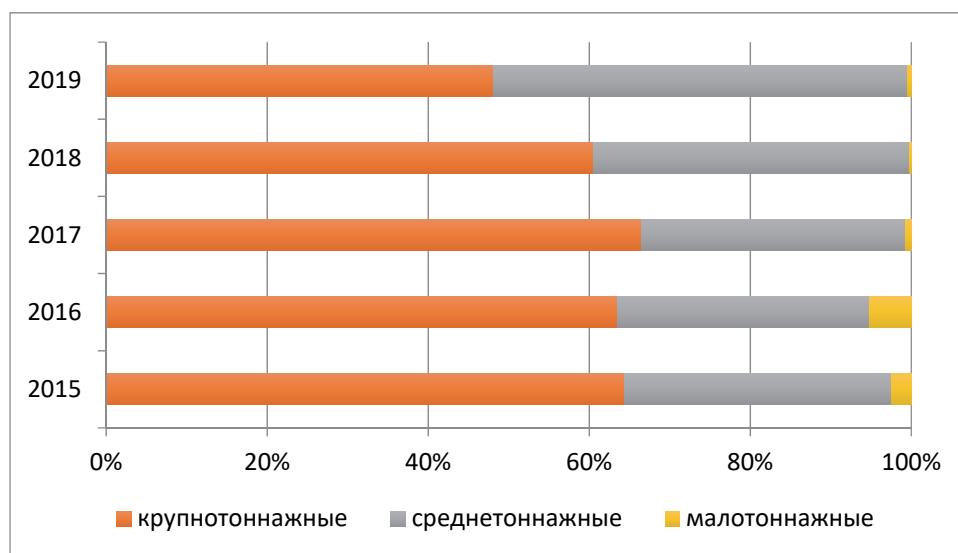


Рисунок 1 – Структура вылова (добычи) водных биологических ресурсов по тоннажности судов

Среди крупнотоннажных судов наибольшее количество судов типа БМРТ, суда этого типа составляли более 82 % среди крупнотоннажных добывающих судов, работавших в Западно-Беринговоморской зоне в период 2015–2019 гг. Среди среднетоннажных судов наибольшее количество судов типа СРТМ и примерно такое же количество судов типов СТР и СЯМ суммарно. Суда этих трех типов составляли более 91 % среди среднетоннажных судов. Среди малотоннажных судов наибольшее количество судов типа РС. Суда этого типа составляли примерно 50 % среди малотоннажных судов.

Как показано на рис. 2, удельный вес добычи (вылова) водных биологических ресурсов судами типа БМРТ является наибольшим. С 2015 по 2017 гг. удельный вес добычи судами типа БМРТ составлял около 57 %, в 2018 г. снизился почти до 54 %, а в 2019 г. снизился до 42 %, так как количество судов этого типа снизилось, а количество судов типа СРТМ увеличилось на 16 по сравнению с 2015 г. Удельный вес добычи водных биологических ресурсов судами типа СРТМ в период 2015–2018 гг. составлял от 15,8 до почти 19 %, а в 2019 г. увеличился почти до 32 % в связи с увеличением количества добывающих судов этого типа. Удельный вес добычи водных биологических ресурсов судами типа СЯМ в период 2015–2018 гг. увеличился вдвое – с 4,88 % в 2015 г. до почти 11 %, а в 2019 г. при этом количество судов изменился незначительно. Удельный вес добычи водных биологических ресурсов судами типа РС в период 2015–2018 гг. составлял менее 1 %.

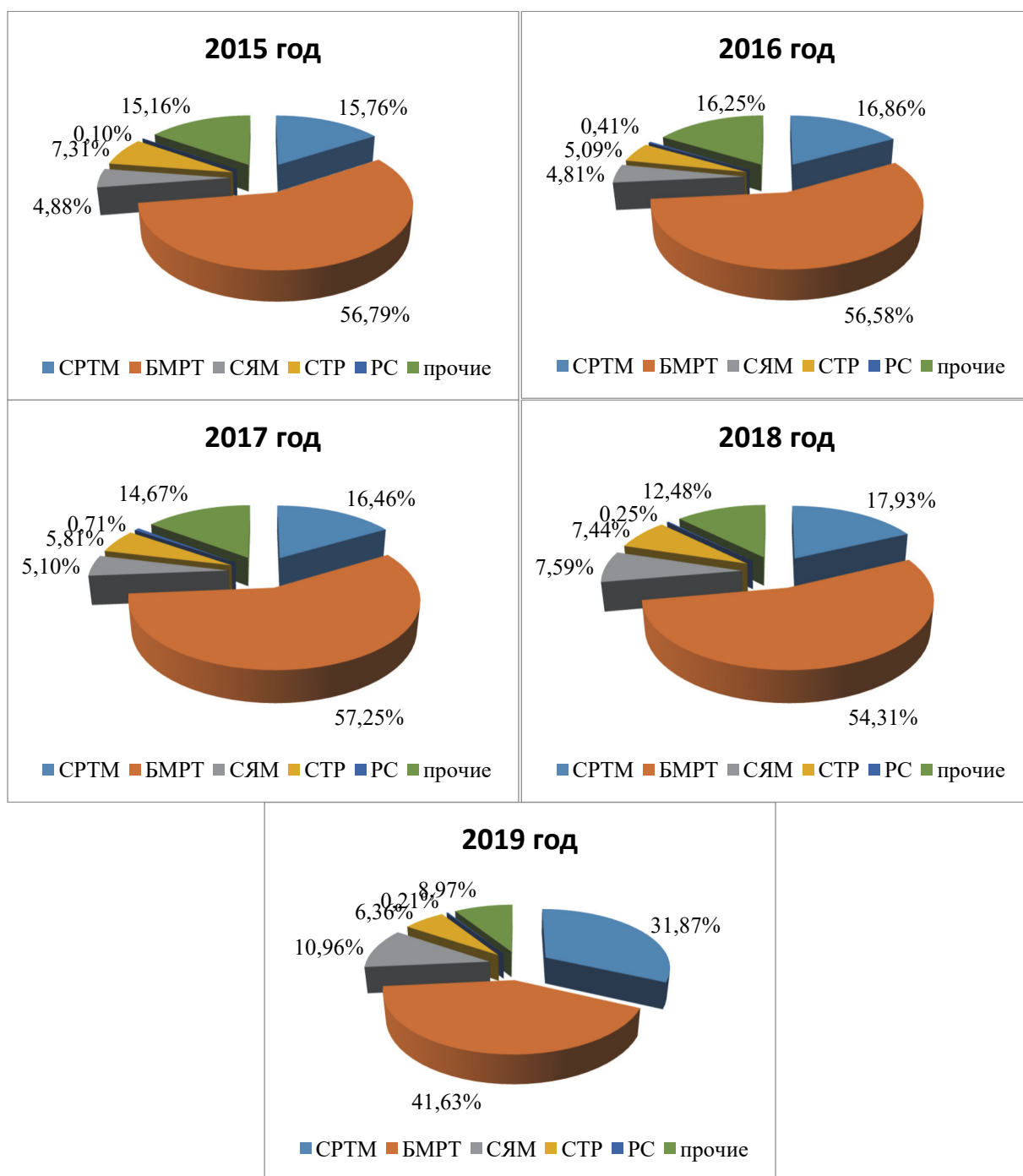


Рисунок 2 – Удельный вес добычи водных биологических ресурсов добывающими судами в период 2015–2019 гг.

Среди крупнотоннажных добывающих судов наибольшее количество – это суда типа БМРТ. За рассмотренный период суда этого типа вели добычу промысловых объектов, на которые устанавливаются ОДУ (минтай, треска, макрурусы и в небольшом количестве палтусы черные), и объектов, на которые устанавливаются рекомендованные объемы вылова (кальмары, бычки, сельдь тихоокеанская и в небольшом количестве камбалы). Средний суточный вылов минтая составлял 67,2 т, а максимальный вылов за сутки достигал 476 т. Средний суточный вылов сельди тихоокеанской составлял 64 т, а максимальный вылов за сутки достигал 332 т. Средний суточный вылов бычков составлял 12,8 т, а максимальный вылов за сутки достигал 79,2 т. Средний суточный вылов трески составлял 3,6 т, а максимальный вылов за сутки достигал 65 т. Средний суточный вылов макрурусов составлял 30,9 т, а максимальный вылов за сутки достигал 74,7 т.

Среди среднетоннажных добывающих судов наибольшее количество – это суда типа СРТМ, СЯМ и СТР. За рассмотренный период суда типа СРТМ добывали практически все промысловые объекты, доступные в рассматриваемой зоне. Средний суточный вылов минтая составлял 53,4 т, а максимальный вылов за сутки достигал 210 т. Средний суточный вылов сельди тихоокеанской составлял 38,7 т, а максимальный вылов за сутки достигал 151,7 т. Средний суточный вылов бычков составлял 12,1 т, а максимальный вылов за сутки достигал 45,7 т. Средний суточный вылов трески составлял 13,1 т, а максимальный вылов за сутки достигал 142 т. Средний суточный вылов макрurusов составлял 13,3 т, а максимальный вылов за сутки достигал 23,8 т.

Основными объектами добычи для судов типа СЯМ являются макрurusы, палтусы, треска и скаты. Средний суточный вылов макрurusов составлял 17,3 т, а максимальный вылов за сутки достигал 48,7 т. Средний суточный вылов палтусов составлял 1,2 т, а максимальный вылов за сутки достигал 156,6 т для палтуса белокорого, 6,7 т – для палтуса стрелозубого и 12,8 – для палтуса черного. Средний суточный вылов трески составлял 11,2 т, а максимальный вылов за сутки достигал 54,7 т.

Основными объектами добычи для судов типа СТР являются минтай, треска, крабы (4 видов, из которых наибольший объем добычи составляют краб синий и краб-стригун опилио), камбалы дальневосточные и бычки. Средний суточный вылов минтая составлял 34,9 т, а максимальный вылов за сутки достигал 168,5 т. Средний суточный вылов крабов составлял 4,5 т, а максимальный вылов за сутки достигал 29,5 т для краба-стригуна опилио, 22,8 т – для краба синего, 26,7 - для краба-стригуна бэрди и 2,07– для краба-стригуна ангулятуса. Средний суточный вылов трески составлял 11,1 т, а максимальный вылов за сутки достигал 146,2 т. Средний суточный вылов камбал дальневосточных составлял 8,5 т, а максимальный вылов за сутки достигал 64,2 т. Средний суточный вылов бычков составлял 3,8 т, а максимальный вылов за сутки достигал 27,5 т.

Основными объектами добычи для судов типа РС являются минтай, навага и треска. Средний суточный вылов минтая составлял 21,3 т, а максимальный вылов за сутки достигал 110,7 т. Средний суточный вылов наваги составлял 34,6 т, а максимальный вылов за сутки достигал 123,5 т. Средний суточный вылов трески составлял 17,9 т, а максимальный вылов за сутки достигал 82,3 т.

Хорошие результаты по освоению водных биологических ресурсов в Западно-беринговоморской зоне показали суда типа СРТМ, общее количество промысловых объектов, без деления по видам, добыча которых велась этими судами, это 17, из них 8 объектов ОДУ, тихоокеанские лососи (горбуша, кета, нерка, чавыча) и 8 объектов, на которые устанавливаются рекомендованные объемы вылова – бычки, кальмар командорский, камбалы дальневосточные, навага, сельдь тихоокеанская, угольная рыба, скаты и креветка северная.

Библиографический список

1. Лисиенко С.В., Иванко Н.С., Машкова А.С. Исследование состояния освоения кальмара командорского в двух промысловых зонах // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2021. С. 30–35.

2. Статистика добычи (вылова) водных биологических ресурсов Федерального агентства по рыболовству и Центра мониторинга и связи [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://fish.gov.ru/otraslevaya-deyatelnost/ekonomika-otrasli/statistika-i-analitika> (дата обращения: 05.05.2022).

3. Освоение рекомендованных объемов добычи (вылова) ВБР (неодуемые) Северо-Восточного территориального управления Федерального агентства по рыболовству связи [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://свту.рф/organizatsiya-rybolovstva/rybolovstvo-v-tsifrakh/osvoenie-rekomendovannykh-ob-emov-dobychi-vylova-vbr-neoduemye.html> (дата обращения: 05.05.2022).

Инга Владимировна Матророва

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, доцент, заведующий кафедрой, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Россия, Владивосток, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru

Галина Георгиевна Калинина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: kalinina.gg @dgtru.ru

Екатерина Алексеевна Золотухина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ВБб-514, Россия, Владивосток, e-mail: toshca-1997@mail.ru

**Некоторые биологические характеристики серебряного карася реки Белая
(Приморский край)**

Аннотация. Изучены размер и масса, возрастной состав, соотношение полов серебряного карася реки Белая в мае 2019 г. В исследованный период длина серебряного карася изменялась от 20 до 35 см, масса – от 130 до 575 г. Масса самок превышала массу самцов. Наблюдалось преобладание самок (7 : 1). Возрастной состав включал 4–7 годовиков и 10-годовиков. Основу улова формировали 5- и 6-годовики.

Ключевые слова: серебряный карась, размерно-массовый и возрастной состав, соотношение полов, река Белая.

Inga V. Matrosova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Head of the department, ORCID: 0000-0001-5316-4955, Scopus AuthorID: 14025605900, Russia, Vladivostok, e-mail: matrosova.iv@dgtru.ru

Galina G. Kalinina

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

Ekaterina A. Zolotukhina

Far Eastern State Technical Fisheries University, VBB-524, Russia, Vladivostok, e-mail: toshca-1997@mail.ru

Some biological characteristics of the silver carp of the Belaya River (Primorsky krai)

Abstract. The size and weight, age composition, sex ratio of the silver carp of the Belaya River in May 2019 were studied. In the studied period, the length of the silver carp varied from 20 to 35 cm, the mass from 130 to 575 g. There was a predominance of females (7:1). The age structure included 4–7 year olds and 10-year-olds. The basis of the catch was formed by 5 and 6 year olds.

Keywords: silver crucian carp, size-mass and age composition, sex ratio, Belaya River.

Серебряный карась – широко распространенная пресноводная рыба, ареал ее обитания и расселения простирается на территории Евразии от японских островов до Западной Европы [1]. Встречается в реках, озерах, прудах, в большинстве из них находится под прессом любительского и промышленного рыболовства [2]. В Приморском крае серебряный карась *Carassius auratus gibelio* (Bloch) обитает практически во всех озерно-речных системах и искусственных водоемах [2]. Биология этого вида исследована довольно подробно по всему его обширному ареалу.

Цель работы – изучить некоторые биологические характеристики серебряного карася реки Белая в 2019 г.

Объекты и методы исследования

Материал, положенный в основу работы, был собран в мае в реке Белая (приток реки Сунгача) сотрудниками Районной инспекции рыбоохраны г. Спасск-Дальний и любезно предоставлен для анализа, за что авторы выражают благодарность сотрудникам организации (табл. 1).

Таблица 1 – Материал, положенный в основу работы

Год	Период	Количество биологических анализов, экз.
2019	1–10 мая	100
	15–30 мая	100
Всего		200

Серебряный карась отлавливался в реке Белая ставными сетями с ячеей 45–65 мм.

Биологический анализ проводился по общепринятым в ихтиологической практике методикам [3].

Река Белая является притоком реки Сунгачи, находится в Приморском крае России (рис. 1). Наиболее крупный приток реки Белая – река Шмаковка.



Рисунок 1 – Географическое положение реки Белая [4]

Результаты и их обсуждение

В мае 2019 г. в реке Белая длина серебряного карася изменялась от 20 до 35 см, в среднем $24,8 \pm 0,1$ см. Основу улова формировали рыбы от 23,1 до 27 см, составившие 82 %. В модальные классы вошли рыбы длиной 23,1–24 и 25,1–26 см, на их долю пришлось 25,5 и 23,5 % соответственно. Всего 7 % пришлось на рыб крупнее 27,1 см. Менее 15 % рыб имели длину до 23 см (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2 – Длина серебряного карася реки. Белая, май 2019 г.

Пол	Длина АВ, см			Количество, экз.
	X_{\min}	X_{\max}	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	
♂	21,2	25,1	23,5±0,3	24
♀	20	35	25,0±0,1	176
♂♀	20	35	24,8±0,1	200

Длина самцов изменялась от 21,2 до 25,1 см, в среднем 23,5±0,3 см. Основу улова формировали рыбы длиной 21,1–22 и 23,1–25 см, составившие 75 %. Длина самок варьировала от 20 до 35 см, при среднем значении 25,0±0,1 см. Большинство самок имели длину 23,1–24 и 25,1–26 см (50,6 %). Менее 8 % пришлось на рыб крупнее 27,1 см (рис. 2, табл. 3).

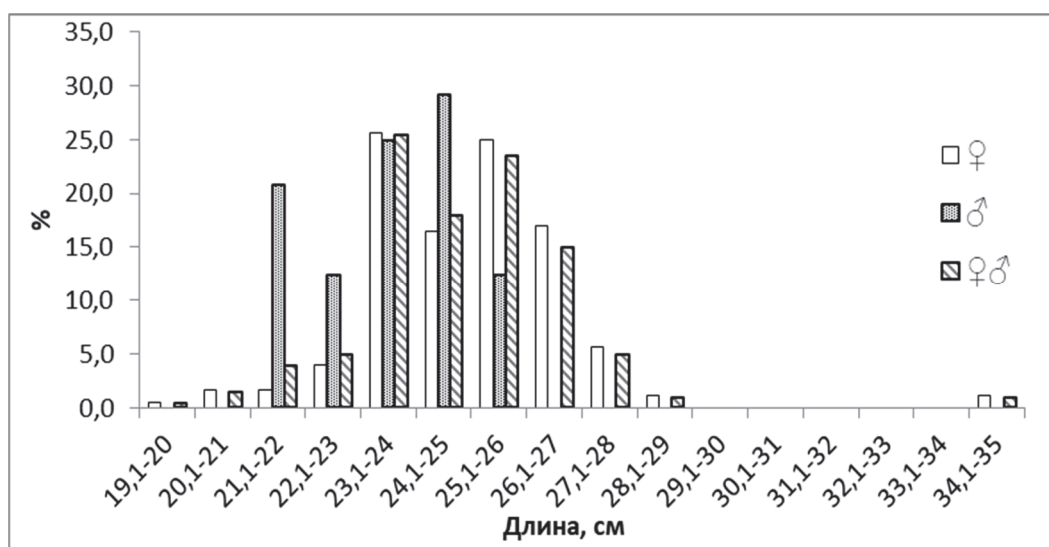


Рисунок 2 – Размерный состав серебряного карася реки Белая, май 2019 г.

В мае 2019 г. масса серебряного карася изменялась от 130 до 575 г, в среднем 231±4 г (табл. 3). Основу улова формировали рыбы от 151 до 300 г (87 %). В модальный класс вошли особи массой 201–250 г, на их долю пришлось 45,5 %. Всего 8 % пришлось на рыб крупнее 301 г (рис. 3).

Таблица 3 – Масса серебряного карася реки Белая, май 2019 г.

Пол	Масса, г			Количество, экз.
	X_{\min}	X_{\max}	$\bar{X} \pm m_{\bar{x}}$	
♂	140	305	199±10	24
♀	130	575	235±4	176
♂♀	130	575	231±4	200

Преобладали самцы массой от 101 до 250 г, составившие 87,6 %. В модальный класс вошли особи от 151 до 200 г, на их долю пришлось 41,7 %. Менее 13 % пришлось на рыб крупнее 251 г.

Масса самок изменялась от 130 до 575 г, в среднем 235±4 г. Большинство самок имели массу от 151 до 300 г (88,7 %). Модальный класс формировали рыбы от 201 до 250 г, на их долю пришлось 47,7 %. (рис. 4).

Зависимость длина–масса серебряного карася в реке. Белая описывает степенное уравнение $y = 0,0287x^{2,7948}$ с коэффициентом достоверности аппроксимации $R^2 = 0,8562$ (рис. 4).

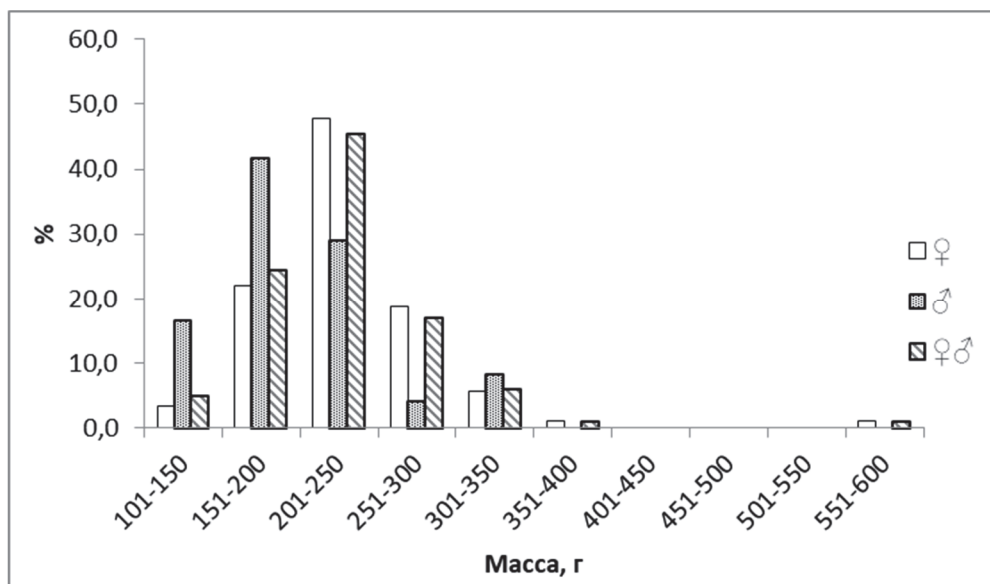


Рисунок 3 – Массовый состав серебряного карася, май 2019 г.

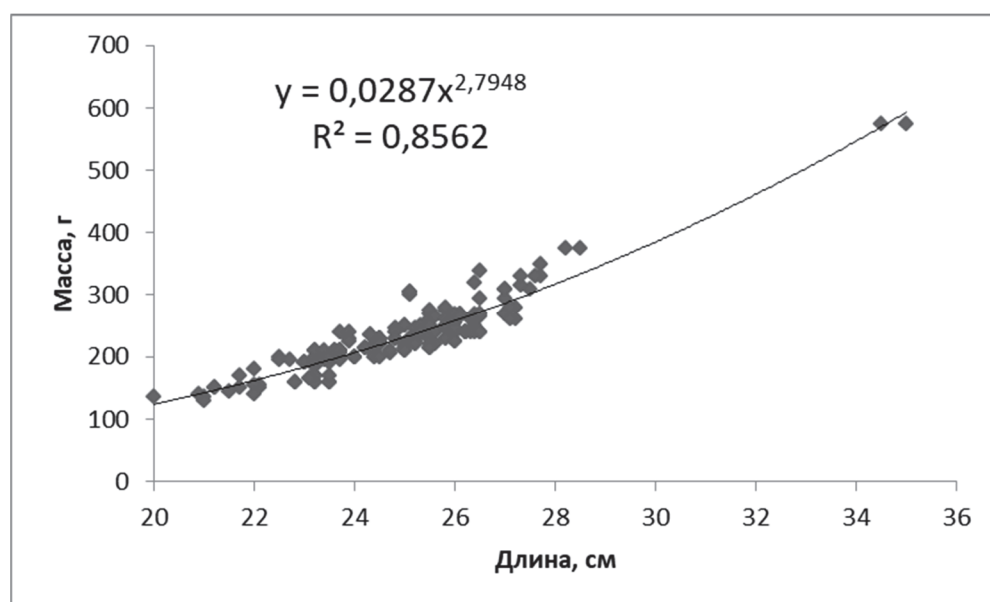


Рисунок 4 – Зависимость длина–масса серебряного карася реки Белая, май 2019 г.

При длине 20 см масса серебряного карася достигала 135 г. Карась длиной 25 см достигал массы от 210 до 250 г. В улове также попадались особи крупнее 30 см, они достигали массы 575 г. При увеличении длины тела равномерно увеличивалась и масса рыб.

Возрастной состав серебряного карася реки Белая включал 4–7 годовиков и 10-годовиков. Основу улова формировали 5- и 6-годовики, составившие 88 %. Среди пятигодовиков преобладали самцы (75 %), на самок пришлось – 55,7 %. Модальную группу формировали самки 5- и 6-годовики, составившие 89,8 %. Всего 10,2 % самок были 4-, 7- и 10-годовики (рис. 5).

Таким образом, в мае 2019 г. в реке Белая длина серебряного карася изменялась от 20 до 35 см, в среднем $24,8 \pm 0,1$ см. Масса серебряного карася изменялась от 130 до 575 г, составив в среднем 231 ± 4 г. Масса самок превышала массу самцов. В исследованный период наблюдалось преобладание самок серебряного карася, соотношение было близко 7 : 1 (самки : самцы). Возрастной состав серебряного карася реки Белая включал 4–7-годовиков и 10-годовиков. Основу улова формировали 5- и 6-годовики, составившие 88 %.

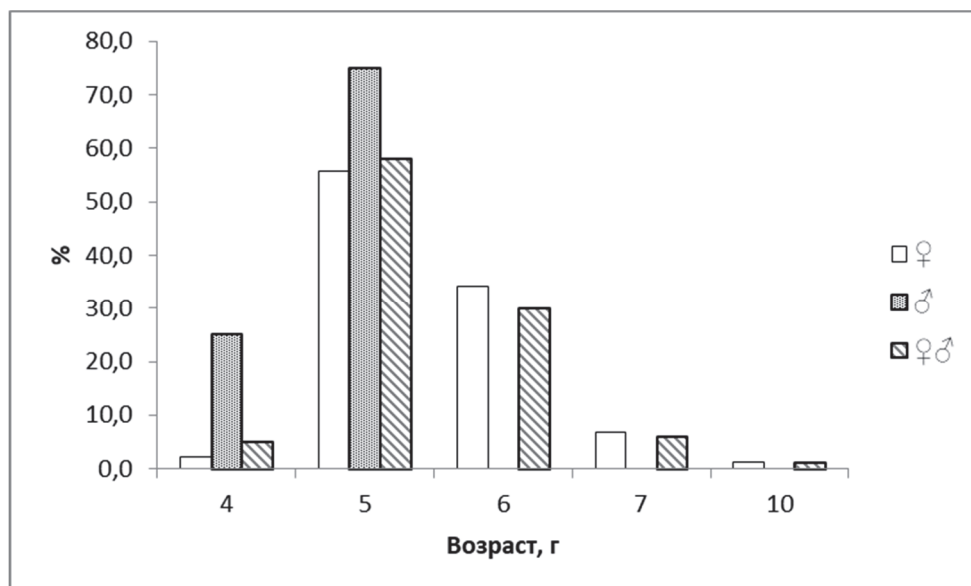


Рисунок 5 – Возрастной состав серебряного карася реки Белая, май 2019 г.

Полученные данные дополняют сведения о некоторых биологических характеристиках серебряного карася реки Белая и будут полезны для специалистов в области водных биоресурсов и аквакультуры.

Библиографический список

1. Новиков Н.П., Соколовский А.С, Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток, 2002. 550 с.
2. Михеев В.А. Экология серебряного карася *Carassius auratus gibelio* Bloch центральной части Куйбышевского водохранилища: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань: Казан. гос. ун-т, 2006. 22 с.
3. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. 4-е изд. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 374 с.
4. Интерактивная карта [Электронный ресурс]. Режим доступа. http://karta-russia.ru/map_ (дата обращения: 10.04.2022).

Ангелина Дмитриевна Медведева

Дальневосточный федеральный университет, студент, Институт Мирового океана, Россия, Владивосток, e-mail: angelinka.medvedeva@list.ru

Елена Александровна Богатыренко

Дальневосточный федеральный университет, канд. биол. наук, доцент кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов Института Мирового океана, Россия, Владивосток, e-mail: bogatyrenko.ea@dvmfu.ru

Александра Вячеславовна Ким

Дальневосточный федеральный университет, старший преподаватель кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов Института Мирового океана, Россия, Владивосток, e-mail: kim-sandra@mail.ru

Изучение таксономического разнообразия нефтеокисляющих микроорганизмов, выделенных из различных акваторий Японского моря

Аннотация. В результате проведенных исследований получена коллекция из 47 штаммов углеводородоокисляющих микроорганизмов из акваторий Японского моря с разной степенью антропогенной нагрузки. В ходе работы было определено таксономическое разнообразие выделенной коллекции. Большая часть выделенных штаммов уже известны в литературе как типичные нефтеокислители, к ним относятся представители родов *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcanivorax*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Cobetia*, *Corynebacterium*, *Halomonas*, *Paenibacillus*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Psychrobacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Sphingomonas*, *Thalassospira*, *Micrococcus*. Впервые углеводородоокисляющая активность была обнаружена у представителей родов *Pseudochrobactrum*, *Okibacterium*, *Lechevalieria* и *Idiomarina*.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, нефтеокисление, углеводородоокисляющие микроорганизмы, Японское море.

Angelina D. Medvedeva

Far Eastern Federal University, Student of Institute of the World Ocean, Russia, Vladivostok, e-mail: angelinka.medvedeva@list.ru

Elena A. Bogatyrenko

Far Eastern Federal University, PhD, Associate Professor of the Department of Biodiversity and Marine Bioresources, Institute of the World Ocean, Russia, Vladivostok, e-mail: bogatyrenko.ea@dvmfu.ru

Alexandra V. Kim

Far Eastern Federal University, Senior Lecturer of the Department of Biodiversity and Marine Bioresources, Institute of the World Ocean, Russia, Vladivostok, e-mail: kim-sandra@mail.ru

Study of the taxonomic diversity of oil-oxidizing microorganisms isolated from different water areas of the Sea of Japan

Abstract. As a result of the research, a collection of 47 strains of hydrocarbon-oxidizing microorganisms from the waters of the Sea of Japan with varying degrees of anthropogenic load was

obtained. In the course of the work, the taxonomic diversity of the selected collection was determined. Most of the isolated strains are already known in the literature as typical oil oxidizers, they include representatives of *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcanivorax*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Cobetia*, *Corynebacterium*, *Halomonas*, *Paenibacillus*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Psychrobacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Sphingomonas*, *Thalassospira*, *Micrococcus*. For the first time, hydrocarbon-oxidizing activity was found in representatives of *Pseudochrobactrum*, *Okibacterium*, *Lechevalieria* and *Idiomarina*.

Keywords: oil, oil products, oil oxidation, hydrocarbon-oxidizing microorganisms, Sea of Japan.

Экосистема Японского моря характеризуется уникальным разнообразием обитающих в нем организмов, обусловленным своеобразными физико-географическими особенностями региона. Вместе с этим в акваториях Японского моря отмечается высокая степень антропогенного воздействия, связанная с урбанизацией побережий, индустриализацией и развитием туризма. Высокая антропогенная нагрузка в прибрежных акваториях и районах активного судоходства неизбежно приводит к хроническому загрязнению этих территорий различными поллютантами, включая нефть и нефтепродукты [1]. Для сохранения и поддержания стабильности морских экосистем необходима разработка и внедрение экологически безопасных методов борьбы с последствиями возможных нефтяных и топливных разливов. Наиболее перспективным способом решения данной проблемы может стать биоремедиация с использованием широких возможностей метаболического потенциала морских микроорганизмов. В настоящее время известны различные рода бактерий, архей, мицелиальных грибов, в том числе дрожжей, способных к окислению нефтяных углеводородов. В работах, посвященных процессам биологического окисления нефти и нефтепродуктов, рассмотрены преимущественно микроорганизмы, принадлежащие к родам: *Rhodococcus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Actinomyces*, *Nocardia*, *Burkholderia* и др. [2, 3]. Научные данные говорят о том, что для целей биоремедиации наиболее эффективно использовать микроорганизмы, типичные для конкретных территорий и приспособленных к деградации нефтяных углеводородов (НУ). Следовательно, при разработке биопрепарата для биологической ремедиации загрязненных экосистем необходимо уделять особое внимание изучению таксономического разнообразия и биологических свойств микроорганизмов в каждом конкретном регионе.

Целью данной работы является изучение таксономического разнообразия и уникальных представителей углеводородокисляющих микроорганизмов, выделенных из акваторий Японского моря.

Обзор литературы

В настоящий момент в научной литературе существует множество различных исследований по изучению таксономического разнообразия в различных морях. По литературным данным выявлено, что наиболее распространенными из углеводородокисляющих микроорганизмов являются представители родов *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhodococcus*, *Acinetobacter*, *Mycobacterium*, *Burkholderia*. Как правило, представители этих родов были выделены из районов с сильным хроническим нефтяным загрязнением. Для данных представителей была описана способность к деструкции не только n-алканов, но и моно- и полиароматических углеводородов [2].

Помимо распространенных родов типичных нефтеокислителей в различных исследованиях были описаны уникальные для разных мест выделений штаммы углеводородокисляющей микробиоты. Работы различных авторов показывают, например, что в акваториях Баренцева моря были выделены специфические штаммы нефтеокислителей *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Shewanella*, *Marinobacter*, *Psychrobacter* и *Agreia*, а из Желтого моря – *Aestuariatibacter*, *Alcaligenes*, *Alcanivorax*, *Algoriphagus*, *Celeribacter*, *Citricella*, *Cycloclasticus*, *Fabibacter*, *Marinobacter*, *Novosphingobium*, *Pelagibaca*, *Polaribacter*, *Roseivirga*, *Tenacibaculum*,

Thioclava, *Winogradskyella* и *Zobellia* [4, 5]. Другие примеры уникальной нефтеокисляющей микробиоты, выделенной из различных местообитаний, представлены в таблице.

Представители уникальных углеводородокисляющих микроорганизмов, выделенные из различных местообитаний

Место отбора проб	Бактерии НУОМ	Ссылка на статью
Прибрежные воды южного Сахалина	<i>Cobetia</i> , <i>Pseudoalteromonas</i> , <i>Oceanisphaera</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Marinomonas</i> и <i>Thalassospira</i> .	[6]
Желтое море	<i>Aestuariibacter</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Alcanivorax</i> , <i>Algoriphagus</i> , <i>Celeribacter</i> , <i>Citreicella</i> , <i>Cycloclasticus</i> , <i>Fabibacter</i> , <i>Marinobacter</i> , <i>Novosphingobium</i> , <i>Pelagibaca</i> , <i>Polaribacter</i> , <i>Roseivirga</i> , <i>Tenacibaculum</i> , <i>Thioclava</i> , <i>Winogradskyella</i> , <i>Zobellia</i> .	[5]
Прибрежные воды Балтийского моря	Бактерии родов <i>Dehalococcoidia</i> , <i>Methanosaeta</i> , археи <i>Halobacterium</i> , <i>Candidatus</i> , <i>Methanofastidiosa</i> , мицелиальные грибы <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Mortierella</i> .	[3]
Баренцево море	<i>Pseudoalteromonas</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Shewanella</i> , <i>Marinobacter</i> , <i>Psychrobacter</i> , <i>Agreia</i> .	[4]
Морские акватории на юго-западе Гренландии	<i>Oleispira</i> , <i>Alkanindiges</i> , <i>Cycloclasticus</i> , <i>Oleibacter</i> , <i>Hyphomonas</i> , <i>Winogradskyella</i> , <i>Litorimonas</i> , <i>Pseudophaeobacter</i> и <i>Roseobacter</i> .	[7]

Также разные авторы отмечают, что к деградации углеводородов нефти способны бактерии родов *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Dehalococcoidia*, *Desulfovibrio*, *Eneribacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Methanobacterium*, *Methanosaeta*, *Micromonospora*, *Propionibacterium*, *Psychrobacter*, *Paenibacillus*, *Serratia*, *Sarcina*, *Spirillum*, *Streptomyces*, *Thiobacillus*, *Vibrio* и др. [2, 8, 9]. Исследования различных авторов продемонстрировали способность бактерий рода *Sphingomonas* к разложению углеводородов. В работе Мюлла (Mulla) с соавторами (2016) показана способность представителей *Sphingomonas* к разложению полихлорированных бифенильных соединений [10]. Помимо этого, возможность окисления нефти описаны у мицелиальных грибов *Cephalosporium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Trichoderma*, дрожжей родов *Candida*, *Debaryomyces*, *Endomycopsis*, *Hansenula*, *Rhodotorula*, *Saccharomyces*, *Torulopsis*, *Trichosporon* и цианобактерий *Agmenellum*, *Aphanocapsa*, *Lyngbya*, *Microcoleus*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Plectonema* [12].

Материалы и методы

Материалом для работы послужили пробы поверхностных вод и верхнего окисленного слоя донных осадков Японского моря, полученные в 2018 и 2019 гг. в ходе экспедиционных работ на НИС «Академик М.А. Лаврентьев», а также в ходе береговых экспедиций. Исследования проводились на 36 станциях в двух районах: в заливе Петра Великого и в западной части Японского моря. Согласно ГОСТ 31942-12 (2013) посев проб производили методом Дригальского на плотную модифицированную среду Ворошиловой–Диановой (1 % нефть). Полученные чистые культуры бактерий использовали для всех последующих опытов.

Выделение из культур бактерий геномной ДНК проводили с помощью коммерческого набора Genomic DNA purification kit (Thermo Fisher Scientific, США) согласно инструкции производителя. Фрагмент гена 16S рНК амплифицировали с использованием пары праймеров 27F (5'-AGAGTTTGATCATGGCTCAG-3') и 1350R (5'-GACGGGCGGTGTGTACAAG-3') [11]. Продукты ПЦР реакций разделяли в агарозном геле (1%-м) с добавлением этидиум бромид в электрофорезной камере. Продукты амплификации нужной длины вырезали из геля и экстрагировали путем замораживания при температуре – 80 °С (30 мин), затем центрифугирования при 13,4 тыс. об/мин в течение 20 мин. Полученные ПЦР-продукты секвенировали по методу Сэнгера с помощью набора реактивов Big Dye Terminator v.3.1 Cycle Sequencing Kit (Thermo Fisher Scientific, США) на генетическом анализаторе ABI 3500 Genetic Analyser (Applied Biosystems, США) в ЦКП «Биотехнология и геновая инженерия» ФНИЦ биоразнообразия ДВО РАН.

Филогенетический анализ проводили путем поиска гомологичных последовательностей в международном банке данных (GenBank) с помощью программы BLAST (Altschul et al., 1997) (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast>). Редактирование последовательностей проводили с помощью редактора BioEdit, для выравнивания последовательностей использовали алгоритм программы CLUSTAL W (<http://www.genebee.msu.su/clustal>).

Результаты

В ходе работы было выделено и идентифицировано 47 штаммов микроорганизмов, выделенных из различных акваторий Японского моря. Как показывает анализ данных, полученная коллекция культивируемых углеводородокисляющих бактерий Японского моря состоит как из типичных окислителей нефтяных углеводородов, так и уникальных. Представители обнаруженных родов *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcanivorax*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Cobetia*, *Corynebacterium*, *Halomonas*, *Paenibacillus*, *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas*, *Psychrobacillus*, *Rhodococcus*, *Serratia*, *Sphingomonas*, *Thalassospira*, *Micrococcus* согласно литературным данным довольно часто встречаются в морской среде и способны к деструкции углеводородов [2, 3, 5, 6]. Таким образом, подавляющее большинство нашей коллекции относится к группе наиболее распространенных в морской среде углеводородокисляющих бактерий

Также удалось выделить в культуру и ряд микроорганизмов, чья углеводородокисляющая способность гораздо менее изучена. Представители четырех родов согласно научным данным впервые были выделены в загрязненных нефтью местообитаниях и проявили способность к биологической деградации НУ: *Pseudochrobastrum*, *Okibacterium*, *Lechevalieria* и *Idiomarina*.

Первым нетипичным представителем нефтеокисляющей микробиоты оказался изолят, идентифицированный как *Pseudochrobastrum*. Этот род описан во многих научных работах, однако для него не изучена способность к деградации нефти. Как правило, представители этого рода ранее выделялись из местообитаний, ассоциированных со скотными дворами, либо из сточных вод и воздуха [12, 13]. В работе Мао с соавторами описаны его свойства, связанные с разложением фенола [14].

Еще одним уникальным представителем Японского моря среди нефтеокисляющей микробиоты оказался представитель рода *Okibacterium*. Это относительно новый род бактерий, изоляты которого, как правило, чаще всего выявляют среди ассоциантов растений. Виды *Okibacterium* были выделены из корней и семян растений [15, 16]. Недавно представитель *Okibacterium* также был выделен из винного сусла [17].

Следующим уникальным штаммом оказался актиномицет рода *Lechevalieria*. По данным научной литературы, известно, что прежде представители рода *Lechevalieria* чаще выделялись из почв. *Lechevalieria nigeriaca sp. nov.* выделен из аридной почвы в Нигерии [18]. *Lechevalieria fradiae sp. nov.* был выделен из образца почвы с горы Утайшань в провинции Шаньси, Китай [19]. В исследовании Огоро (Jkoro) и соавторов (2009) было выделено сразу три новых вида *Lechevalieria* из гипераридных почв пустыни Атакама. Кроме того, представители *Lechevalieria* были выделены из ризосферной почвы пшеницы в исследовании Жао (Zhao) и соавторов [20, 21].

Последним уникальным представителем выделенной коллекции оказалась бактерия рода *Idiomarina*. Как правило, эта бактерия является глубоководным обитателем, а также характерной особенностью является способность расти в условиях высокой солености (до 15 %). В разных исследованиях представители этого рода были выделены из гидротермального источника, из образца рифообразующего коралла *Isopora palifera*, собранного на юге Тайваня, соленого озера Гуосу китайской провинции Цинхай, а также из ризосферной почвы мангрового леса китайской провинции Фуцзянь [22, 23, 24, 25].

В настоящее время исследования таксономического разнообразия нефтеокисляющей микробиоты дальневосточных морей и, в частности, Японского моря практически отсутствуют, несмотря на то, что для данного региона довольно актуальна проблема нефтяного загрязнения. Проведенная работа продемонстрировала таксономическое разнообразие углеводородоокисляющих микроорганизмов Японского моря, которое представлено как бактериями с уже описанными способностями к деградации нефтяных углеводородов, так и уникальными родами.

Библиографический список

1. Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: ТИПРО-Центр, 2001. 193 с.
2. Уварова, Н.М. Теоретические и практические аспекты проблемы биологического окисления углеводородов микроорганизмами / Н.М. Уварова, Е.А. Слынько, А.С. Демидов, С.Е. Розанов // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014. Т. 18, № 4/2. С. 999–1012.
3. Miettinen, H. Oil degradation potential of microbial communities in water and sediment of Baltic Sea coastal area / H. Miettinen, M. Bomberg, M. Nyyssönen, A. Reunamo, K.S. Jørgensen, M. Vikman // PLoS ONE. 2019. Vol. 14, № 7. P. 0218834.
4. Deppe, U. Degradation of crude oil by an arctic microbial consortium / U. Deppe, H.H. Richow, W. Michaelis, G. Antranikian // Extremophiles: life under extreme conditions. 2005. Vol. 9, № 6. P. 461–470.
5. Wang, W. Indigenous oil-degrading bacteria in crude oil-contaminated seawater of the Yellow sea / W. Wang, R. Zhang, D. Shan, Z. Shao // Applied Microbiology and Biotechnology. 2014. Vol. 98, № 16. P. 7253–7269.
6. Buzoleva, L.S. Oil-oxidizing activity of bacteria isolated from south Sakhalin coastal waters / L.S. Buzoleva, E.A. Bogatyrenko, M.A. Repina, N.L. Belkova // Microbiology. 2017. Vol. 86, № 3. P. 338–345.
7. Vergeynst, L. Biodegradation, Photo-oxidation, and Dissolution of Petroleum Compounds in an Arctic Fjord during Summer / L. Vergeynst, C.W. Greer, A. Mosbech, K. Gustavson, L. Meire, K.G. Poulsen, J.H. Christensen // Environmental Science & Technology. 2019. Vol. 53, № 21. P. 12197–12206.
8. Khalilova, E. Amylase- and Protease-Producing Staphylococcus Bacteria in a Geothermal Spring of Makhachkala Deposit (Dagestan) / E. Khalilova, T. Tourova, S.Ts. Kotenko, E.A. Islammagomedova, D.A. Aliverdieva // Microbiology. 2016. Vol. 85, № 2. P. 252–255.
9. Тимергазина, И.Ф. К проблеме биологического окисления нефти и нефтепродуктов углеводородоокисляющими микроорганизмами / И.Ф. Тимергазина, Л.С. Переходова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2012. Т. 7, № 1.
10. Mulla, S.I. Characterization of triclosan metabolism in *Sphingomonas sp.* strain YL-JM2C / S.I. Mulla, H. Wang, Q. Sun, A. Hu // Scientific Reports. 2016. Vol. 6, № 1. 21965 p.
11. Lane, D.J. Rapid determination of 16S ribosomal RNA sequences for phylogenetic analyses / D.J. Lane, B. Pace, G.J. Olsen, D.A. Stahl, M.L. Sogin, N.R. Pace // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 1985. Vol. 82, № 20. P. 6955–6959.
12. Yusuf, I. Selective biodegradation of recalcitrant black chicken feathers by a newly isolated thermotolerant bacterium *Pseudochrobactrum sp.* IY-BUK1 for enhanced production of keratinase

and protein-rich hydrolysates / I. Yusuf, L. Garba, M. A. Shehu, A. M. Oyiza, M. R. Kabir, M. Haruna // International Microbiology. 2020. Vol. 23, № 2. P. 189–200.

13. Loperena-Barber, M. *Pseudochrobactrum algeriensis* sp. nov., isolated from lymph nodes of Algerian cattle / M. Loperena-Barber, M. Khames, S.O. Leclercq, M.S. Zygmunt, E.D. Babot, A. Zúñiga-Ripa, A. Gutiérrez, M. Oumouna, I. Moriyón, A. Cloeckert, R. Conde-Álvarez // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2022. Vol. 72, № 2. P. 1–7.

14. Mao, Z. Enhancement of phenol biodegradation by *Pseudochrobactrum* sp. through ultraviolet-induced mutation / Z. Mao, C. Yu, L. Xin // International journal of molecular sciences. 2015. Vol. 16, № 4. P. 7320–7333.

15. Evtushenko, L.I. *Okibacterium fritillariae* gen. nov., sp. nov., a novel genus of the family Microbacteriaceae / L.I. Evtushenko, L.V. Dorofeeva, V.I. Krausova, E.Y. Gavrish, S.G. Yashina, M. Takeuchi // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2002. Vol. 52, № 3. P. 987.

16. Wang, H.-F. *Okibacterium endophyticum* sp. nov., a novel endophytic actinobacterium isolated from roots of *Salsola affinis* C. A. Mey. / H.F. Wang, Y.G. Zhang, L. Li, W.H. Liu, W.N. Hozzein, J.Y. Chen // Antonie Van Leeuwenhoek. 2015. Vol. 107, № 3. P.835–843.

17. Buckova, M. Novel insights into microbial community dynamics during the fermentation of Central European ice wine / M. Buckova, A. Puskarova, K. Zenisova, L. Krakova, L. Piknova, T. Kuchta // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2018. Vol. 266. P. 42–51.

18. Camas, M. *Lechevalieria nigeriaca* sp. nov., isolated from arid soil / M. Camas, A. Veyisoglu, D. Tatar, H. Saygin, D. Cetin, A. Sazak, K. Guven, N. Sahin // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2013. Vol. 63, № 10. P.3750–3754.

19. Zhang, J. *Lechevalieria fradiae* sp. nov., a novel actinomycete isolated from soil in China / J. Zhang, Q. Xie, Z. Liu, M. Goodfellow // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2007. Vol. 57, № 4. P. 832–836.

20. Okoro, C.K. *Lechevalieria atacamensis* sp. nov., *Lechevalieria deserti* sp. nov. and *Lechevalieria roselyniae* sp. nov., isolated from hyperarid soils / C.K. Okoro, A.T. Bull, A. Mutreja, X. Rong, Y. Huang, M. Goodfellow // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2010. Vol. 60, № 2. P. 296–300.

21. Zhao, J. *Lechevalieria rhizosphaerae* sp. nov., a novel actinomycete isolated from rhizosphere soil of wheat (*Triticum aestivum* L.) and emended description of the genus *Lechevalieria* / J. Zhao, W. Li, L. Shi, H. Wang, Y. Wang, Y. Zhao, W. Xiang, X. Wang // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2017. Vol. 67, № 11. P. 4655–4659.

22. Ma, N. Formation of cadmium sulfide nanoparticles mediates cadmium resistance and light utilization of the deep-sea bacterium *Idiomarina* sp. OT37-5b / N. Ma, Z. Sha, C. Sun // Environmental Microbiology. 2021. Vol. 23, № 2. P. 934–948.

23. Chen, M.-H. *Idiomarina aquimaris* sp. nov., isolated from the reef-building coral *Isopora palifera* / M.-H. Chen, S.-Y. Sheu, C.A. Chen, J.-T. Wang, W.-M. Chen // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2012. Vol. 62, № 7. P. 536–542.

24. Zhong, Z.-P. *Idiomarina planktonica* sp. nov., isolated from a saline lake / Z.-P. Zhong, Y. Liu, H.-C. Liu, F. Wang, L. Song, Z.-P. Liu // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2014. Vol. 64, № 10. P. 3411–3416.

25. Chen, C. *Idiomarina mangrovi* sp. nov., isolated from rhizosphere soil of a mangrove Avicennia marina forest / C. Chen, Sh. Han, Z. Zhu, G. Fu, R. Wang, Q. Zhang, Y. Ye, Y. Ren, C. Yan, L. Xu, M. Wu // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2019. Vol. 69, № 6. P. 1662–1668.

Елена Евгеньевна Минченко

Мурманский государственный технический университет, доцент, канд. биол. наук, ORCID: 0000-0002-9838-0392, Россия, Мурманск, e-mail: minchenok.elena@yandex.ru

**Опыт инкубации икры сига балтийского (пресноводная жилая форма)
на Князегубском рыбоводном заводе**

Аннотация. Приведены результаты инкубации икры сига *Coregonus lavaretus* L., 1758 (балтийская экологическая форма) на Князегубском рыбоводном заводе. В 2018–2019 гг. проведена апробация биотехники выращивания сига. Закупка, транспортировка и ввоз живой оплодотворенной икры сига балтийской популяции на стадии «пигментации глаз» ежегодно осуществляется из рыбоводного хозяйства ООО «Форват» (пос. Сосново, Приозерский район, Ленинградская область). Описан процесс инкубации икры, полученной от производителей генерации 2017 г. Результаты работы свидетельствуют о благоприятных условиях выращивания балтийского сига (пресноводная жилая форма) на Князегубском рыбоводном заводе.

Ключевые слова: сиг (балтийская экологическая форма), инкубация, оплодотворенная икра, сапролегниоз, личинки сига, свободные эмбрионы, ремонтно-маточное стадо.

Elena E. Minchenok

Murmansk State Technical University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0002-9838-0392, Russia, Murmansk, e-mail: minchenok.elena@yandex.ru

**Experience of incubation of Baltic whitefish caviar (freshwater residential form)
at the Knyazhegubsky fish hatchery**

Abstract. The article describes whitefish *Coregonus lavaretus* L., 1758 (Baltic environmental type) breeding results at the Knyazhegubsky fish hatchery. Technology for whitefish breeding was tested in 2018-2019. Live fertilized Baltic whitefish eggs at the "eye pigmentation" phase are purchased every year from ООО "Forvat" fish farm (Sosnovo settlement, Priozersky district, Leningrad region) and transported to the Knyazhegubsky fish hatchery. The process of incubation of eggs obtained from the producers of the 2017 generation is described. In general, the results of the work performed indicate that Baltic whitefish (freshwater type) rearing conditions at the Knyazhegubsky fish hatchery are favorable.

Keywords: whitefish (Baltic environmental type), incubation, fertilized eggs, saprolegniosis, whitefish larvae, free embryos, broodstock.

В Мурманской области искусственным воспроизводством заняты три рыбоводных завода Мурманского филиала ФГБУ «Главрыбвод». Это – Князегубский и Умбский рыбоводные заводы, а также Кандалакшский экспериментальный лососевый завод. Основная функция заводов заключается в отлове производителей, сборе половых продуктов, инкубации икры, выращивании личинок и молоди рыб (преимущественно, семги) и их последующем выпуске в реки.

В последние годы региональные рыбоводные заводы стали все чаще сталкиваться с проблемой получения производителей атлантического лосося (семги) в достаточном количестве и необходимого качества, что обусловлено рядом причин. Так, с 2015 г. в некоторых лососевых реках Мурманской области сложилась неблагоприятная эпизоотическая ситуация, свя-

занная с гибелью производителей атлантического лосося (сёмги). Возможная причина гибели – заболевание UDN (ульцеративный дермальный некроз), возникающее у производителей при заходе в пресные водотоки [1].

В отдельные годы наблюдалась ситуация, когда производители, зашедшие в реки, уходили с нерестилищ из-за резкого ухудшения гидрологических и метеорологических условий. Эти и другие факторы негативно влияют на эффективность работы предприятий. Одной из мер, направленных на сохранение и поддержание рыбоводных предприятий региона, стало разведение сига.

Пресноводная жилая (озерная) форма обыкновенного сига является хорошим объектом пастбищного рыбоводства. На сегодняшний день детально разработаны биотехнические нормативы и апробированы технологии получения половых продуктов у сига, методы инкубации икры, подращивания личинок, выращивания молоди и рыбы товарных размеров [2, 3, 4, 5].

С 2017 г. задачей Княжегубского рыбоводного завода (КРЗ) стало разведение сига. Икра сига на стадии «глазка» была завезена на КРЗ из садкового рыбоводного хозяйства «Форват» (Ленинградская область).

В 2018 г. проведена апробация биотехники выращивания сига *Coregonus lavaretus* L. Количество икры, заложенной в аппараты Вейса, составило 200 тыс. шт. Дата закладки: 16.03.2018 г. Плотность посадки составила 12,5 тыс. шт./л. Динамика выклева личинок сига представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Динамика выклева личинок сига (пресноводная жилая форма) на этапе апробации

Период выклева	Дата выклева	Градусодни	Т воды, °С
Начало выклева	03.05.2018 г.	65,6	2,8
Массовый	10.05.2018 г.	86,8	3,7
Конец выклева	18.05.2018 г.	127,6	6,2

Основная масса личинок выклюнулась в первой-второй декаде мая при весеннем подъеме температур 3,7–6,2 °С при 80–127 градусодней. Отход за период инкубации икры составил 4 тыс. штук (2 %). Количество личинок к периоду подращивания составило 196 тыс. личинок. Выклюнувшиеся личинки сразу начинали плавать и с током воды выносятся из аппаратов Вейса в сетчатые личинкоуловители.

Уход за икрой заключался в ежедневном отборе отхода и контроле за расходом воды. Икру также необходимо оберегать от воздействия прямых солнечных лучей.

В ходе апробации рыбоводы столкнулись с рядом проблем: высокий отход в период летнего выращивания, высокая чувствительность к действию прямых солнечных лучей и др. Проблемы высокого отхода в период основного летнего выращивания 2018 г. были устранены. Первый выпуск малька пресноводной жилой формы сига осуществлен КРЗ в 2018 г. в Ковдозерское водохранилище. Нормативная среднештучная масса сеголеток сига (пресноводная жилая форма) для водоемов Мурманской области составляет 4,0–4,8 г. Средняя навеска заводской молоди к концу сентября 2018 г. составила 15,1 г.

По оценкам специалистов, молодь сига генерации 2017 г. находится в удовлетворительном физиологическом состоянии и оставлена на заводе для отработки биотехники выращивания и формирования ремонтно-маточного стада.

С 2018 г. оплодотворенная икра сига на стадии «глазка» ежегодно поставлялась на КРЗ. Сведения о количестве икры, завозимой из ООО «Форват», а также продолжительность инкубации, выживаемость за период инкубации и другие показатели приведены в табл. 2.

Ежегодно заводом осуществляется выпуск молоди сига (пресноводная жилая форма). Выпускаемая молодь отличается жизнестойкостью, клинически здорова. Для сохранения биологической чистоты популяции годовики выпускают в Княжегубское водохранилище, что увеличивает промысловый возврат рыбы, а значит, повышает эффективность заводского разведения сига (пресноводная жилая форма).

Таблица 2 – Работа с икрой на Князегубском рыбоводном заводе

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Генерация			
			2017	2018	2019	2020
1	Всего получено икры: в том числе собственно завезено с других заводов	тыс. шт.	200,0	1000,0	1000,0	1500,0
2	Заложено икры на инкубацию	тыс. шт.	196,0	980,0	980,0	1425,0
3	Плотность посадки	тыс. шт./л	25,0	20,8	24,5	25,4
4	Время инкубации	сутки	48	75	69	47
		градусодни	57,9	121,8	114,5	56,7
5	Выживаемость за период инкубации	тыс. шт.	196,0	935,2	970,5	1345,75
		%	100	95,4	99	94
6	Получено однодневных личинки	тыс. шт.	196,0	935,2	970,5	1345,75

В октябре 2021 г. на КРЗ впервые проведена закладка икры от собственных производителей (сиг генерации 2017 г.). Отбор половых продуктов у производителей сига и получение икры проведен конце октября – начале ноября 2021 г. Оплодотворенную икру после промывки заложили в аппараты Вейса. Учет заложенной на инкубацию икры осуществлялся объемным методом. Дальнейшие технологические работы с икрой проводили в период пониженной чувствительности эмбрионов.

Сведения о количестве икры, заложенной на инкубацию, представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Условия инкубации икры сига

Номер партии	Количество икры, заложенной на инкубацию, тыс. шт.	Дата закладки икры на инкубацию	Инкубационный аппарат	Кол-во аппаратов, шт.	Объем колбы, л	Плотность посадки, тыс. шт./л
1	777,8	26.10.2021	Аппарат Вейса	5	10	17,5
2	274,9	05.11.2021	– // –	2	10	17,2

Набухание икры и образование периветиллиновой полости произошло в первые 4–8 ч после оплодотворения (рис. 1).

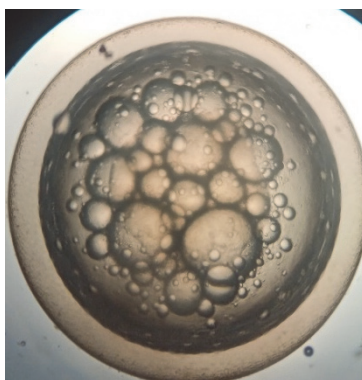


Рисунок 1 – Развитие икры: спустя 4–8 ч после оплодотворения

Уход за икрой заключался в ежедневном отборе отхода, контроле за расходом и температурой воды, фиксацией количества градусодней от начала оплодотворения.

В единичных случаях при завершении этапа дробления (формирование поздней, или мелкоклеточной морулы) [6] картина ежесуточного отхода менялась. В 1-й партии на 43-й день после оплодотворения (69,3 градусодней) отход икры составил 35,7 %, а во 2-й партии с

количеством накопленного тепла в 53,6 градусодней отход икры составил 20 %. В конце ноября 2021 г. икру обработали раствором перманганата калия для профилактики сапролегниоза (рис. 2).

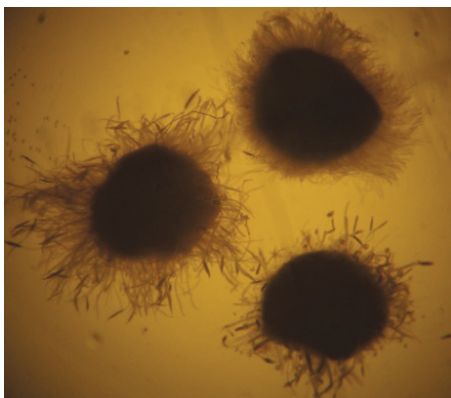


Рисунок 2 – Икра, пораженная сапролегнией

Стадия «пигментации глаз» для 1-й партии наступила на 78-й день после оплодотворения (113,8 градусодней), а для 2-й партии – на 69-й день после оплодотворения (98 градусодней) (рис. 3).



Рисунок 3 – Икра сига на стадии «глазка» в аппаратах Вейса

Внешний вид икры на стадии «глазка» представлен на рис. 4.

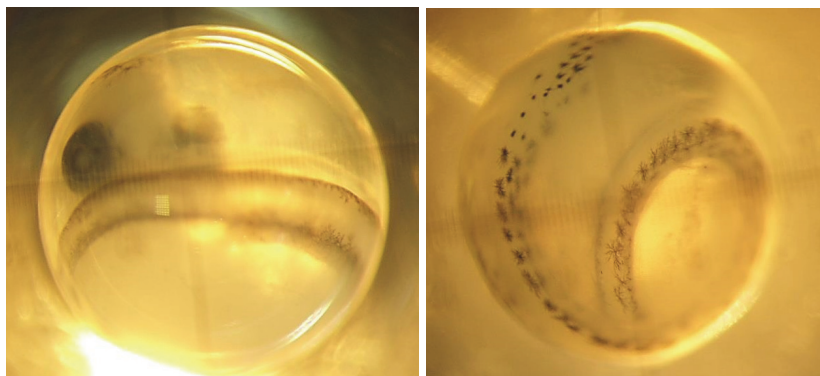


Рисунок 4 – Икра сига (пресноводная жилая форма) на стадии «глазка»

Единый выклев свободных эмбрионов (рис. 5) начался в апреле 2022 г.

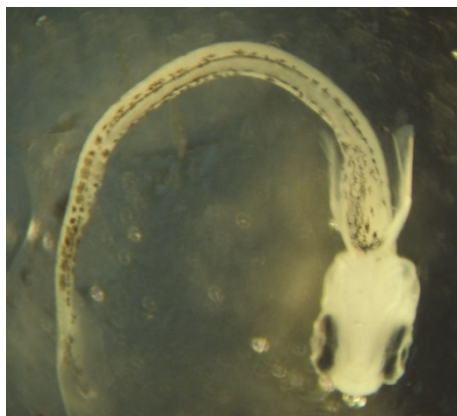


Рисунок 5 – Личинка сига в возрасте трех суток

Вес личинок составил 0,1 г, длина 15 мм. Кормление личинок производится до 8 раз в сутки. В качестве корма используется артемия (солонатоводный жаброногий рачок) и сухой корм. После каждого кормления осуществляется отбор отхода и чистка желобов с припуском воды. В мае 2022 г. с подъемом температуры ожидается массовый выклев.

Таким образом, отбор половых продуктов и инкубация икры от заводских производителей проведены успешно. В целом отход икры за период инкубации не превышал нормативных показателей. Результаты инкубации икры послужат отправной точкой для последующей отработки технологии формирования маточного стада. Работы по созданию собственного ремонтно-маточного стада сига балтийского (пресноводная жилая форма) продолжаются.

Библиографический список

1. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2020 году. <https://mpr.gov-murman.ru/activities/napravleniya/okhrana-okruzhayushchey-sredy/00.condition/index.php> (дата обращения: 02.05.2022).
2. Инструкция по искусственному разведению сига на рыбноводном заводе «Имандра» Мурманской области. Мурманск: ПИПРО, 1985. 16 с.
3. Сборник методических рекомендаций по индустриальному выращиванию сиговых рыб для целей воспроизводства и товарной аквакультуры / под общ. ред. А.К. Шумиловой. СПб: ФГБНУ «ГосНИОРХ», 2012. 289 с.
4. Рыжков Л.П. Садковое сиговодство: учебник. Петрозаводск: Изд-во «Петр ГУ», 2013. 138 с.
5. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. М.: Наука, 1980. 301 с.
6. Черняев Ж.А. Воспроизводство сиговых рыб. Эколого-физиологические особенности размножения и развития. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2017. 329 с.

УДК 639.2.081.1; 621.9.014.2; 621.9.014

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Алексей Олегович Ражев

Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, младший научный сотрудник, Россия, Калининград, e-mail: progacpp@live.ru

Павел Владимирович Насенков

Калининградский государственный технический университет, специалист по УМР в УИЛ САПР техники промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru

Карина Витальевна Коновалова

Калининградский государственный технический университет, аспирант, Россия, Калининград, e-mail: karina.konovalova@klgtu.ru

Алексей Александрович Быков

Калининградский государственный технический университет, аспирант, Россия, Калининград, e-mail: ank.marzii@mail.ru

Производительность продольных сил (сил натяжения) канатных связей траловых конструкций

Аннотация. Канатные связи траловых конструкций подвержены растяжению в процессе их эксплуатации. Продольные силы, возникающие в канатных связях, соответствуют внешним силам, силам натяжения. Внутренние силы в канатных связях не рассматриваем в данной статье. Перераспределение продольных сил и неравномерное распределение нагрузок влияет на раскрытие устья трала, а также на безаварийную работу траловой системы. Так, при переходе трала с одной глубины на другую (с действующей настройкой) возникает перераспределение сил, создаваемых оснасткой и траловой оболочкой. Так как продольные силы влияют на деформацию (удлинение и сжатие) и механические напряжения в канатных связях, а деформация может возникать как в самой траловой конструкции и в фиксирующих его элементах в канатных связях, рассмотрен численный метод расчета физико-механических свойств канатных связей, из которых изготовлены большинство канатных частей тралов. Производительность продольных сил (сил натяжения) канатных связей траловых конструкций оценена на основании уравнений, связывающих их физико-механические свойства.

Ключевые слова: производительность сил, продольные силы, канатные связи, канатная часть трала, траловая конструкция, ТК.

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Aleksey O. Razhev

Kaliningrad State Technical University, PhD, Junior Researcher, Russia, Kaliningrad, e-mail: progacpp@live.ru

Pavel V. Nasenkov

Kaliningrad State Technical University, Specialist in EMW in the ERL of CAD of commercial fishing techniques, Russia, Kaliningrad, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru

Karina V. Konovalova

Kaliningrad State Technical University, Postgraduate Student, Russia, Kaliningrad, e-mail: karina.konovalova@klgtu.ru

Alexey A. Bykov

Kaliningrad State Technical University, Postgraduate Student, Russia, Kaliningrad, e-mail: ank.marzii@mail.ru

Performance of longitudinal forces (tensile forces) of rope ties of trawl structures

Abstract. Rope ties of trawl structures are subject to stretching during their operation. Longitudinal forces arising in rope ties correspond to external forces, tensile forces. Internal forces in rope ties are not considered in this article. Redistribution of longitudinal forces and uneven distribution of loads affect the opening of the trawl mouth, as well as the trouble-free operation of the trawl system. So when the trawl moves from one depth to another (with the current setting), there is a redistribution of forces created by the rig and the trawl shell. Since longitudinal forces affect deformation (elongation and compression) and mechanical stresses in rope ties, and deformation can occur both in the trawl structure itself and in its fixing elements in rope ties, a numerical method for calculating the physical and mechanical properties of rope ties is considered, from which most of the rope parts of the trawls were manufactured. Performance of longitudinal forces (tensile forces) of rope ties of trawl structures estimated on the basis of equations connecting their physical and mechanical properties.

Keywords: force performance, longitudinal forces, rope ties, trawl rope part, trawl structure, TC.

Канатные связи траловых конструкций подвержены растяжению в процессе их эксплуатации (рис. 1).

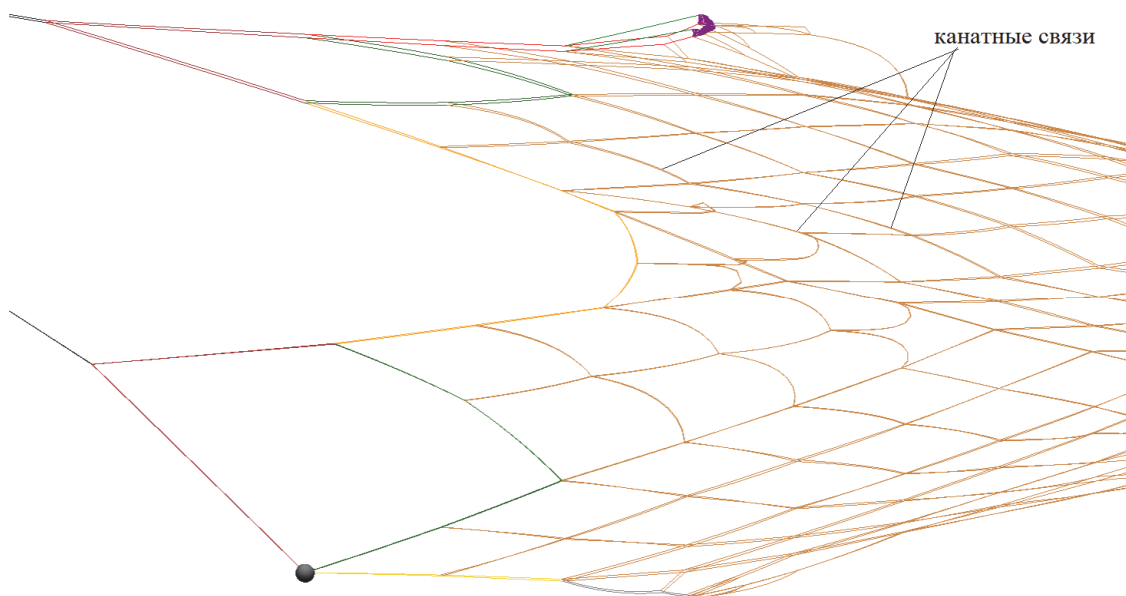


Рисунок 1 – Канатные связи канатной части разноглубинного трала

Продольные силы, возникающие в канатных связях, соответствуют внешним силам, силам натяжения. Внутренние силы в канатных связях не рассматриваем в данной статье. Перераспределение продольных сил и неравномерное распределение нагрузок влияет на раскрытие устья трала, а также на безаварийную работу траловой системы. Так, при переходе трала с одной глубины на другую (с действующей настройкой) возникает перераспределение сил, создаваемых оснасткой и траловой оболочкой. Так как продольные силы влияют на деформацию (удлинение и сжатие) и механические напряжения в канатных связях, а деформация может возникать как в самой траловой конструкции и в фиксирующих его элементах в канатных связях, рассмотрен численные метод расчета физико-механических свойств канатных связей, из которых изготовлены большинство канатных частей тралов. Канатные связи тралов используются в канатных частях разноглубинных тралов. Самый дешевый канат, изготовленный из капрона – ПА, самый дорогой из Дунеета. Прочность по структуре одинаковых канатов, изготовленных из волокон ПА и Дунеета, отличается в несколько раз [1, 2].

Канатные связи тралов в своем большинстве представляют собой синтетические канаты определенной конструкции, имеющие заданную структуру, рис. 2 [3]. Также применяются канаты с оплеткой из другого материала, защищающего канатные связи от влаги и повреждений.

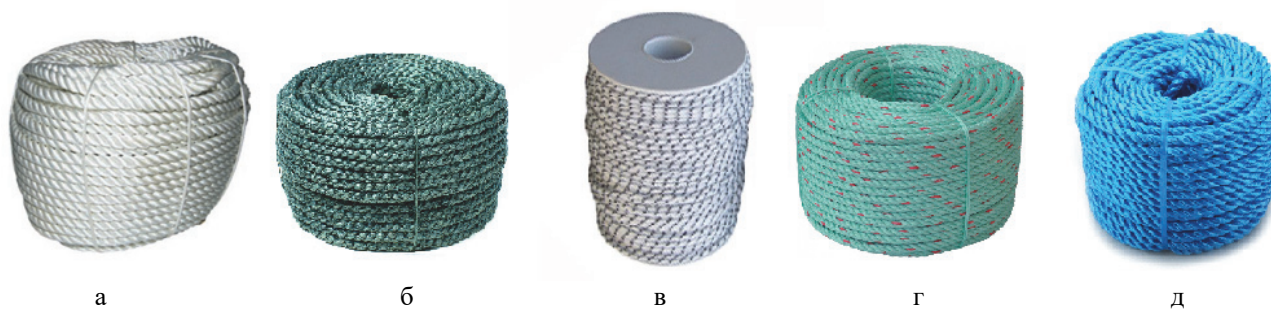


Рисунок 2 – Синтетические канаты: а – ПА; б – ПЭ; в – Дунеета; г – ПС; д – ПП

Производительность продольных сил (сил натяжения) канатных связей траловых конструкций напрямую зависит от работы, выполненной этими силами. Механическая работа канатных связей – физическая величина, зависящая от силы (гидродинамической, растяжения, сжатия и др.) и перемещения, термодинамическая работа – количество энергии, переданной или полученной канатной связью путём изменения её внешних параметров. Получены уравнения для идеальных гибких стальных канатов и канатно-веревочных изделий, характеризующие прямую пропорциональность отношения производительности сил, которые направлены перпендикулярно друг к другу. Получено выражение, характеризующее прямую пропорциональность отношения производительности сил, которые направлены перпендикулярно друг к другу и зависящие от коэффициента Пуассона и конструктивного удлинения идеальных гибких стальных канатов и канатно-веревочных изделий [4, 5]. Исследован коэффициент Пуассона μ капроновых (ПА) ниток и веревок [6]. Так, при увеличении силы натяжения в канатно-веревочных изделиях из ПА коэффициент Пуассона μ стремится к постоянному значению в пределах $0,5 \div 1,0$.

Отношение производительностей сил, отношение модулей упругости в поперечном и продольном направлениях, которые возникают при растяжении канатными связями стальных канатов и канатно-веревочных изделий, обратно пропорционально квадрату коэффициента k , связывающего удлинение λ , коэффициент Пуассона μ и относительное удлинение ε при постоянном объеме изделия и его массе. Производительность сил канатных связей может быть определена на основании определения коэффициента k , который связывает удлинение λ , коэффициент Пуассона μ и относительное удлинение ε при постоянном объеме канатной связи и его массе. В статье рассмотрен пример численного расчета растяжения идеально гибких

синтетических канатных связей. Не учитывались такие конструктивные параметры – количество прядей, толщина волокна, тип плетения.

Производительность продольных сил канатных связей, действующих на траловую конструкцию (далее ТК), состоящую из материальных точек, называется производительностью сил системы.

$$\left. \begin{aligned} H &= \frac{d^2 A}{dt^2} \\ mH &= T^2 \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где H – производительность продольных сил ТК [$\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^4$]=[$\text{Н}^2/\text{кг}$]; A – работа продольных сил ТК [$\text{Н} \cdot \text{м}$]; T – продольная сила (сила натяжения) канатной связи [Н]; t – время процесса [с]; m – масса канатной связи [кг].

Создание единой базы данных по канатно-веревочным изделиям, какими являются канатные связи, является приоритетной задачей для выполнения процедур проектирования ТК. Отметим, что канатные связи являются анизотропными телами, и в этом случае их конструктивные, геометрические и силовые характеристики в продольном и поперечном сечениях различные.

Рассмотрим задачу удлинения идеально гибких канатных связей ТК. Необходимо понимать важные проблемы удлинения и растяжения канатных связей. При удлинении канатных связей изменяется их длина и диаметр, и, в таком случае, изменяется гидродинамический коэффициент сопротивления канатно-сетной оболочки трала. Но помимо изменения гидродинамического сопротивления траловой оболочки увеличивается износ канатных связей. Так как канатные связи имеют в сечении (рис. 3) условную окружность, то примем, что ось OZ совпадает при вращении канатных связей. На рис. 3 использованы следующие обозначения: T_x – приложенная сила растяжения; T_y – внутренняя сила сжатия, вызванная растяжением (при условии несжимаемости); L – длина канатной связи до деформации; ΔL – абсолютное удлинение канатной связи; d – диаметр канатной связи до деформации; Δd – абсолютное сужение.

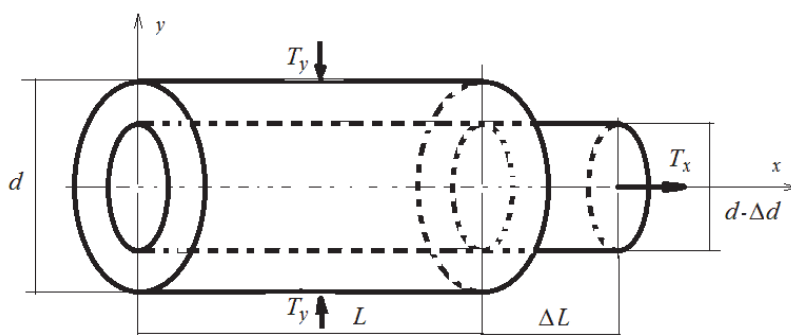


Рисунок 3 – Элементарный отрезок канатной связи при растяжении

В процессе теоретических исследований была получена система уравнения (2)

$$\left. \begin{aligned} ke &= \alpha \\ e &= \alpha^2 \\ \chi &= \mu\alpha \\ ek^2 &= 1 \\ \alpha k &= 1 \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

при этом введено допущение, что для анизотропного тела (каната) коэффициент Пуассона

$$\mu = \alpha\lambda, \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{L}{d}, \quad (4)$$

где α – безразмерное сужение каната; λ – удлинение каната; L – длина каната; d – диаметр каната,

$$k = 4\mu\lambda \frac{(1 + \varepsilon)}{(1 - \mu\varepsilon)}. \quad (5)$$

где ε - относительная продольная деформация каната,

$$e = \frac{H_y}{H_x} = \frac{E_y}{E_x}, \quad (6)$$

где H_x – производительность продольных сил каната; H_y – производительность условных поперечных сил каната; E_x – продольный модуль упругости каната; E_y – поперечный модуль упругости каната,

$$e = k^2 e^2 = \alpha^2, \quad (7)$$

$$\chi = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon}} \right) \frac{\alpha}{\varepsilon}. \quad (8)$$

Для численного моделирования (2) разработана компьютерная программа «Производительность продольных сил (сил натяжения) синтетических канатов, веревок и ниток траловых конструкций. Объем const».

Таким образом, для идеально гибких анизотропных канатных связей при условии $V = \text{const}$ получены физико-механические характеристики и производительность продольных сил (сил натяжения).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Калининградской области в рамках научного проекта № 19-48-390004.

Библиографический список

1. <https://ictm-petrokanat.ru/tech-spec/tekhnicheskie-lenty-shnury/sravnienie-materialov-pa-pp-pet-pe-dyneema/>.
2. <http://remera.ru/content/sravnienie-materialov-sinteticheskie-kanaty-iz-chego-oni-sdelany>.
3. <https://fishing.com/ru/catalogue>.
4. Недоступ А.А., Ражев А.О. Производительность сил траловой системы: Постановка задачи // Вестн. Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 55–65.
5. Недоступ А.А., Ражев А.О. Производительность сил траловой системы - II: Физическое моделирование // Вестн. Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 86–93.
6. Насенков П.В., Недоступ А.А., Долин Г.М. Экспериментальные исследования коэффициента Пуассона нитевидных рыболовных материалов // Изв. КГТУ. 2021. № 62. С. 26–34.

Александр Алексеевич Недоступ

Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Алексей Олегович Ражев

Калининградский государственный технический университет, канд. техн. наук, младший научный сотрудник, Россия, Калининград, e-mail: progacpp@live.ru

Павел Владимирович Насенков

Калининградский государственный технический университет, специалист по УМР в УИЛ САПР техники промышленного рыболовства, Россия, Калининград, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru

Принцип предосторожности при эксплуатации донных траловых систем

Аннотация. Принцип предосторожности – принцип, принятый на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (1992), состоящий в том, что в целях защиты окружающей среды следует широко его применять. Это означает, что если существует угроза нанесения серьезного или необратимого ущерба бентосу водоема, где эксплуатируются донные траловые системы, недостаточная научная обоснованность этих предположений не должна использоваться в качестве основания отложить реализацию эффективных с точки зрения затрат мер, направленных на предотвращение экологической деградации. Экосистемный подход в настоящее время все больше диктует правила ведения промысла. За счет использования принципов предосторожности и экосистемного подхода при донном тралении рассматриваются основы для создания стратегий ведения промысла с уже существующими правилами и положениями. Донные тралы являются интенсивными орудиями промышленного активного рыболовства, которые воздействуют на бентос водоема, в результате которого во взвешенном состоянии образуются обширные шлейфы отложений и растворенных питательных веществ. При использовании принципов предосторожности и экосистемного подхода рыбохозяйственный комплекс Российской Федерации может приносить значительный доход, а также улучшить хрупкую экосистему водоемов. Понимание данных процессов позволит разработать эксплуатационные требования, которым донные тралы должны удовлетворять. Разработаны модели процессов эксплуатации деталей и элементов донного тралового комплекса с учетом влияния антропогенных факторов и воздействия человеческого фактора на системы управления тралового комплекса. В рамках нашего исследования проведена количественная и качественная оценка физического воздействия на уровне элементов донных траловых систем, используемых на промысле.

Ключевые слова: принцип предосторожности, экосистемный подход, производительность сил, донный трал, антропогенный фактор.

Alexander A. Nedostup

Kaliningrad State Technical University, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Commercial Fishery, Russia, Kaliningrad, e-mail: nedostup@klgtu.ru

Aleksey O. Razhev

Kaliningrad State Technical University, PhD, Junior Researcher, Russia, Kaliningrad, e-mail: progacpp@live.ru

Pavel V. Nasenkov

Kaliningrad State Technical University, Specialist in EMW in the ERL of CAD of commercial fishing techniques, Russia, Kaliningrad, e-mail: pavel.nasenkov@klgtu.ru

Precautionary principle in the operation of bottom trawl systems

Abstract. The precautionary principle is a principle adopted by the United Nations Conference on Environment and Development (1992) that it should be widely applied in order to protect the environment. This means that if there is a threat of serious or irreversible damage to the benthos of a water body where bottom trawl systems are operated, the lack of scientific validity of these assumptions should not be used as a reason to delay the implementation of cost-effective measures to prevent environmental degradation. The ecosystem approach is now increasingly dictating the rules of fishing. Through the use of precautionary principles and an ecosystem approach in bottom trawling, the foundations for creating fishing strategies with pre-existing rules and regulations are considered. Bottom trawls are intensive industrial active fisheries that act on the benthos of a water body, resulting in extensive plumes of sediment and dissolved nutrients in suspension. By using precautionary principles and an ecosystem approach, the fisheries complex of the Russian Federation can generate significant income, as well as improve the fragile ecosystem of water bodies. Understanding these processes will allow the development of performance requirements that bottom trawls must meet. Models of the operation processes of parts and elements of the bottom trawl complex have been developed, taking into account the influence of anthropogenic factors, and the impact of the human factor on the control systems of the trawl complex. As part of our study, a quantitative and qualitative assessment of the physical impact at the level of elements of bottom trawl systems used in the fishery was carried out.

Keywords: precautionary principle, ecosystem approach, productivity of forces, bottom trawl, anthropogenic factor.

В случае если применение донного трала осуществляется с учетом принципов предосторожности и экосистемного подхода и отвечает критериям независимых систем сертификации, Всемирный фонд дикой природы (WWF) поддержит такой промысел. Общая политика мирового сообщества в области рыболовства предусматривает, что управление рыболовством осуществляется с точки зрения экосистемы и что учитывается воздействие донных траловых систем на окружающую среду. Следовательно, для рационального и эффективного управления траловым промыслом необходимо иметь возможность количественно измерять влияние донных тралов на бентос водоема [1–2].

Сотни исследований показали, что донное траление влияет на виды, живущие на морском дне, путем их изъятия в виде прилова, повреждения или гибели на морском дне, нарушения их среды обитания или изменения взаимодействия с другими видами [3]. Общий эффект влияния деталей и элементов донной траловой системы на бентос зависит от типа морского дна, оснастки, траловых досок, грунтотропа и интенсивности траления. Бентические сообщества являются неотъемлемой частью морских пищевых цепей, в том числе обеспечивающих производство рыбы, и являются неотъемлемой частью биогеохимического цикла, поскольку они питаются отложениями и смешивают их. Поскольку организмы имеют различную чувствительность к влиянию трала, донное траление влияет на видовой состав сообществ морского дна. Способность к восстановлению имеет решающее значение, больше всего страдают долгоживущие, медленно растущие, стационарные и хрупкие виды. Другие виды или недолговечные условно-патогенные виды, например, некоторые полихеты и черви-нематоды, с другой стороны, могут выиграть от беспокойства и снижения конкуренции. В тех случаях, когда донное траление затрагивает места обитания, созданные организмами, такими как морские водоросли или заросли голубых мидий, оно оказывает косвенное воздействие (рис. 1).

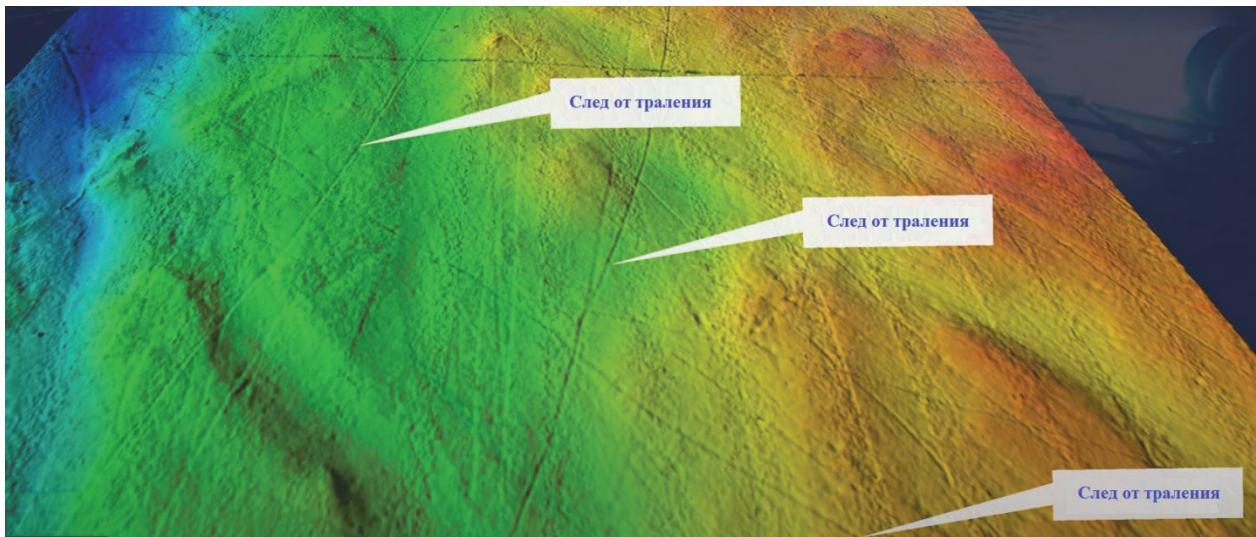


Рисунок 1 – Следы от донного трала [3]

Донные траловые системы, их детали и элементы используются на разных типах грунтах и для лова разных видов, но имеют ряд общих черт. Эти детали и элементы, а к ним относятся траловые доски, грунтроп и кабели по-разному взаимодействуют с морским дном. Следовательно, для рационального и эффективного управления траловым промыслом необходимо иметь возможность количественно измерять влияние донных тралов, их деталей и элементов на бентос водоема. На сегодняшний день большинство исследований и методологий оценки воздействия донных тралов на бентос различаются по типу и оснастке тралов [4–9].

При разработке принципов предосторожности при эксплуатации донных траловых систем всегда имеет место определенный список эксплуатационных требований, которым донные тралы должны удовлетворять. В общем случае список требований включает функциональные требования, т.е. перечень количественных показателей объекта лова, на который направлено действие донного трала, показателей особых условий промысла и ограничений, при которых выполняется лов, экологичности лова, затрат энергии, затрат на информацию, значение сил и т.п. В нашем случае рассматриваются:

- определение глубины, на которую элементы траловой системы (траловые доски, грунтроп и кабели) проникают в морское дно;
- разработка прогностических моделей физического воздействия элементов траловой системы (траловых досок, грунтропа и кабелей);
- определение, какие элементы элементов траловой системы оказывают наибольшее воздействие на бентос.

Для описания входных антропогенных факторов воздействия на системы управления тралового комплекса опишем основные параметры механических свойств грунтов [4–6]. Именно механические свойства грунтов являются основой для разработки принципов предосторожности донного тралового промысла. Характеристики грунта – это его особенности, которые зависят от состава и взаимосвязей между компонентами. Механические характеристики грунтов представляют собой свойства, проявляющиеся при воздействии на грунт нагрузок.

По результатам исследований механических свойств грунтов необходимо в число параметров, влияющих на силу грунтодинамического сопротивления деталей донной траловой системы о грунт, включить характеристики грунтов и деталей оснастки

$$R_z = f(v, f, h, \alpha, l, q, \rho_z, C_\omega, E, \tau_z, \sigma_z, \varphi_{вн}, \mu, g), \quad (1)$$

где v – скорость траления; f – грунтодинамический коэффициент трения; h – глубина, на которую элемент траловой системы (траловые доски, грунтроп и кабели) проникает в морское

дно; α – угол атаки детали оснастки; l – характерный линейный размер (диаметр кабеля, диаметр бобинца, толщина кия траловой доски и т.д.); q – вес в воде детали оснастки (одного метра кабеля, бобинца, траловой доски и др.); ρ_z – плотность грунта; C_ω – связность грунта (удельное сцепление); E – модуль упругости грунта; τ_z – сопротивление грунта сдвигу; σ_z – удельная нормальная нагрузка на грунт; $\varphi_{вн}$ – угол внутреннего трения грунта; μ – коэффициент Пуассона грунта [10]; g – ускорение силы тяжести.

В связи с тем, что детали и элементы донной траловой системы зарезаются в грунт, то необходимо исследовать механические свойства грунтов. Рассмотрим задачу сжимаемости грунта. При сжимаемости грунта изменяются его размеры или объем V . Рассмотрим следующие его величины: h – глубину, на которую элемент траловой системы (траловые доски, грунтотроп и кабели) проникает в морское дно; l – характерный линейный размер (диаметр кабеля, диаметр бобинца, толщина кия траловой доски и т.д.), схематизация которых приводятся на рис. 2.

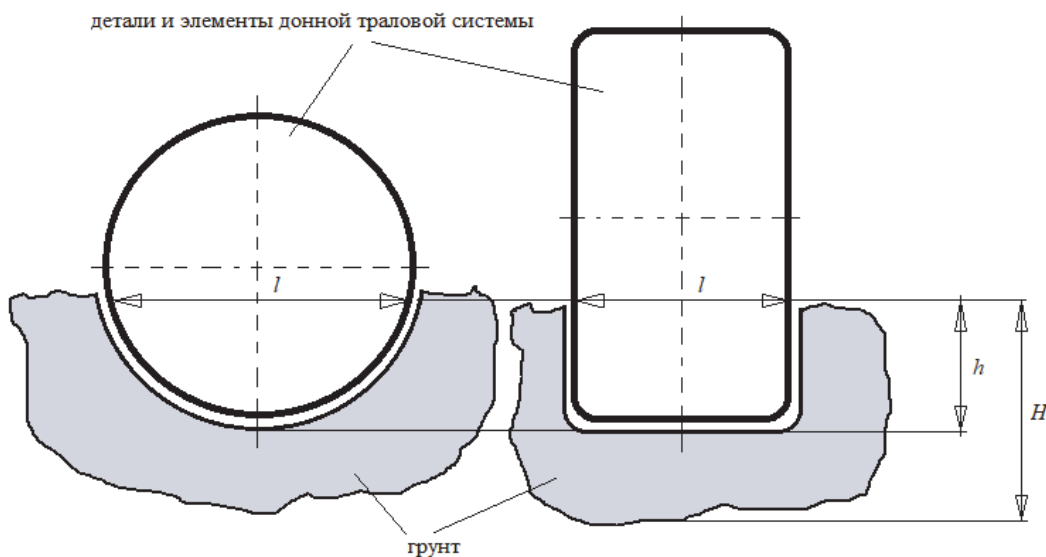


Рисунок 2 – Схематизация деталей и элементов донной траловой системы

Коэффициент Пуассона μ для грунтов (коэффициент поперечного расширения или коэффициент поперечной деформации) – это показатель деформируемости грунта, характеризующий отношение поперечных и продольных деформаций грунта (т.е. отношение относительных поперечных деформаций к относительным продольным деформациям грунта). Рассмотрим вариант с грунтом, когда его объем при деформации не изменяются. Тогда примем для грунта выражение для расчета коэффициента Пуассона μ по аналогии с растяжением материалов [10]

$$\mu = \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + \varepsilon}}\right) \frac{1}{\varepsilon}, \quad (2)$$

где ε – относительная продольная деформация,

$$\varepsilon = \frac{h}{H}, \quad (3)$$

где H – толщина грунта (бентоса).

При отсутствии экспериментальных данных значения коэффициента Пуассона можно принять по п. 5.4.7.5 ГОСТ 12248-96: для крупнообломочных грунтов равен 0,27; для песка

составляет от 0,30 до 0,35 в зависимости от плотности; для супеси составляет от 0,30 до 0,35 в зависимости от плотности; для суглинков составляет от 0,35 до 0,37 в зависимости от плотности; для твердой глины составляет от 0,20 до 0,30 в зависимости от плотности; для полутвердой глины составляет от 0,30 до 0,38 в зависимости от плотности; для тугопластичной глины составляет от 0,38 до 0,45 в зависимости от плотности; для мягкопластичной глины составляет от 0,38 до 0,45 в зависимости от плотности; для текучепластичной глины составляет от 0,38 до 0,45 в зависимости от плотности. В соответствии с экспериментальными исследованиями [11] был получен график зависимости коэффициента Пуассона для модельных суглинков и супесей в зависимости от влажности грунта (рис. 3).

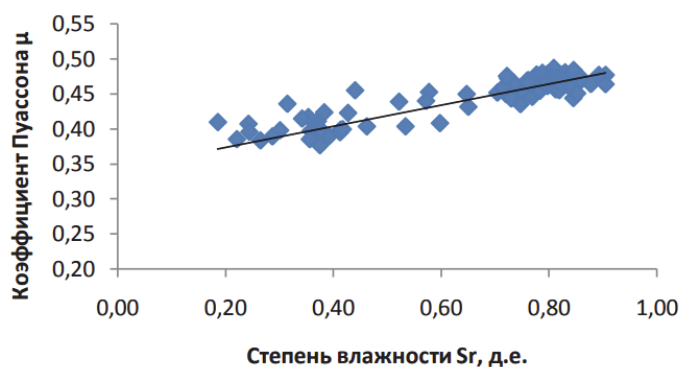


Рисунок 3 – Взаимосвязь коэффициента Пуассона и степени влажности суглинков и супесей

Отобразим графически зависимость вида (2) $\mu=f(\varepsilon)$ на рис. 4.



Рисунок 4 – Зависимость вида (2) $\mu=f(\varepsilon)$

Значение ε на прямую зависит от h , величина которой является главным фактором, влияющим на бентос водоема. Это означает, что если выполняется условие

$$h \leq h_{\partial}, \quad (4)$$

где h_{∂} – допустимая глубина, на которую элемент траловой системы (траловые доски, грунтотропы и кабели) может проникнуть в морское дно при условии выполнения принципа предосторожности.

Величина h_{∂} определяется экспериментально для каждого района, где выполняются донные траления. Тем самым отклонение от выполнения условия (4) скажется на угрозе нанесения серьезного или необратимого ущерба бентосу водоема, где эксплуатируются донные

траловые системы. Для скалистых пород условие (4) выполняется. При известной величине коэффициента Пуассона μ для грунтов не трудно определить величину относительной продольной деформации ε по формуле (2), также при известной величине толщины бентоса H возможно определить по формуле (3) величину h .

Запишем связь

$$\sigma = \frac{q}{l} = E\varepsilon, \quad (5)$$

где σ – нормальное напряжение на грунт, которая в условиях траления донного трала приравнивается к пределу прочности при сжатии грунта.

Взаимосвязь модуля упругости E и прочности на сжатие σ суглинков и супесей приводятся на рис. 5 [11].

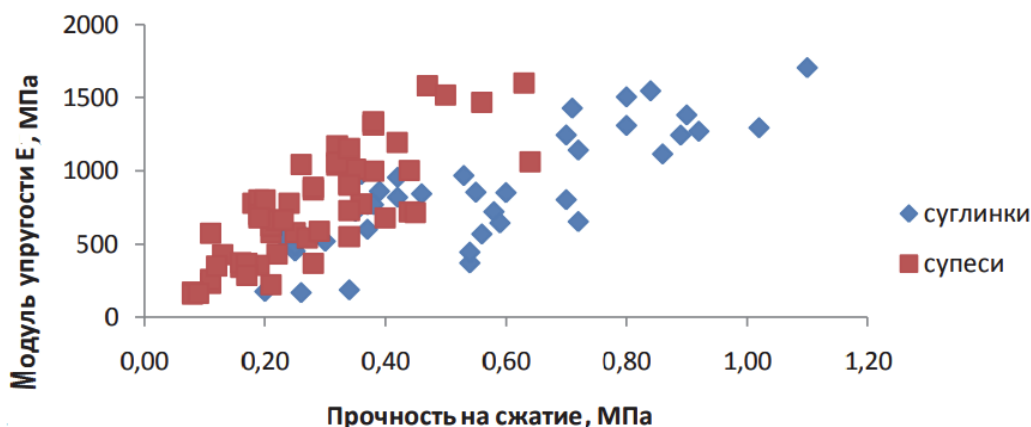


Рисунок 5 – Взаимосвязь модуля упругости E и прочности на сжатие $E=f(q/l)$

Зависимость $E=f(q/l)$ характеризует прочностные характеристики грунта. Таким образом, зная величину E , возможно по формуле (4) определить значение q/l , которое и является важной характеристикой деталей и элементов донной траловой системы.

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. Греков А.А., Павленко А.А. Сравнение ярусного и тралового донных видов промысла в Баренцевом море для разработки предложений по устойчивому использованию морских биоресурсов Баренцева моря. М.; Мурманск: Всемирный фонд дикой природы (WWF). 52 с.
2. Акишин, В.В. Некоторые особенности использования придонно-пелагических тралов при промысле донных видов рыб в Баренцевом море / В.В. Акишин, И.Г. Истомин, О.М. Лапшин, А.Ю. Лихограев, П.Г. Михальчук, А.А. Павленко // Изв. Калининградского государственного технического университета. 2012. № 24. С. 207–213.
3. <https://balticeye.org/en/policy-briefs/bottom-trawling-threatens-european-marine-ecosystems/>.
4. Биденко Г.Е. Механика грунтов // Сб. тр. АтлантНИРО. 1971. Вып. L. С. 33–54.
5. Биденко Г.Е. Испытания моделей досок в грунтовом канале // Сб. тр. АтлантНИРО. 1971. Вып. L. С. 55–67.
6. Биденко Г.Е. О влиянии грунта на форму устья трала // Сб. тр. АтлантНИРО. 1971. Вып. L. С. 91–103.

7. Кондратьев В.П., Лисовский С.Ф. Анализ и пути повышения проходимости грунтопов // Сб. тр. КТИРПиХ. 1975. Вып. LVII. С. 113–118.
8. Кондратьев, В.П. Проходимость донных тралов / В.П. Кондратьев, С.Ф. Лисовский. М.: Пищ. пром-сть, 1978. 111 с.
9. Shigeru F., Hiroyuki K., Masayasu H., Takehiko I., Munechika I. The shape of groundrope obtained field experiments // *Nippon Suisan Gakkaishi*. 1992. № 58(9). P. 1633–1640.
10. Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Коновалова К.В., Быков А.А., Пивоварова Ю.С. Производительность сил траловой системы - III: математическое моделирование (часть I) // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство*. 2021. № 4. С. 63–72.
11. Пиоро Е.В., Ошкин А.Н. Взаимосвязи акустических характеристик и показателей физических и деформационных свойств глинистых грунтов // *Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология*. 2011. № 6. С. 71–74.

Михаил Аркадьевич Новиков

Полярный филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича, ведущий научный сотрудник, канд. биол. наук, ORCID: 0000-0002-2503-734X, Scopus ID: 7006245254, Россия, Мурманск, e-mail: mnovik@pinro.ru

Содержание мышьяка и ртути в промысловых рыбах и беспозвоночных Баренцева моря

Аннотация. Определено содержание общего мышьяка и ртути в мышцах и печени донных промысловых рыб (треска, пикша, камбала-ерш, черный палтус, морская камбала, зубатки), а также в мясе камчатского краба и северной креветки из Баренцева моря. Показан низкий уровень загрязнения исследованных гидробионтов Hg и относительно высокий уровень содержания As, зачастую превышающий нормативный показатель 5 мг/кг сырой массы. Выполненные тренды содержания Hg и As в донных рыбах в период 2012–2021 гг. указывают на стабильную ситуацию с присутствием этих элементов в ихтиофауне Баренцева моря.

Ключевые слова: Баренцево море, промысловые гидробионты, мышьяк, ртуть, мышцы, печень.

Mikhail A. Novikov

Polar Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography named after N.M. Knipovich, Leading Researcher, PhD, ORCID: 0000-0002-2503-734X, Scopus ID: 7006245254, Russia, Murmansk, e-mail: mnovik@pinro.ru

The content of arsenic and mercury in commercial fish and invertebrates of the Barents Sea

Abstract. The content of total arsenic and mercury was determined in muscles and liver of bottom commercial fish (cod, haddock, long rough dab, Greenland halibut, plaice, wolffishes), as well as in meat of red king crab and northern shrimp from the Barents Sea. The paper shows a low level of contamination of the studied hydrobionts with Hg and a relatively high level of As content, often exceeding the standard value of 5 mg/kg wet weight. Observed trends in the content of Hg and As in bottom fish in the period 2012-2021 indicate a stable occurrence of these elements in the fish fauna of the Barents Sea.

Keywords: Barents Sea, commercial species, arsenic, mercury, muscles, liver.

Мышьяк и ртуть относятся к числу наиболее обсуждаемых компонентов загрязнения морских промысловых организмов, так как вследствие своей токсичности они являются важными критериями качества пищевой продукции, которая вырабатывается из гидробионтов [1–7]. Накопление в органах и тканях морских гидробионтов многих микроэлементов обусловлено их способностью замещать другие, близкие по свойствам микроэлементы. Арсениды, будучи аналогами фосфатов, определяют в известной мере накопление мышьяка в организме гидробионтов [8]. В морских животных преобладающей формой мышьяка является арсенобетаин, триметилированное пятивалентное соединение мышьяка, выявленное в 1977 г. [9]. Ртуть также образует стабильные комплексы с различными органическими лигандами [8]. Содержание мышьяка и ртути в гидробионтах зависит от сезона и связано с особенностями их питания. Следует отметить, что мышьяк, поглощаемый гидробионтами с пищей и

его токсичные неорганические соединения способны быстро образовывать прочные комплексы с низкомолекулярными органическими соединениями, которые, как считают, не представляют особой опасности для человека [8, 9].

Содержание общего мышьяка в промысловых рыбах Баренцева моря часто превышает [7] установленный в России СанПиН 2.3.2.1078-01 критерий 5 мг/кг сырой массы для рыбы, промысловых беспозвоночных и продукции из них; содержание ртути, напротив, обычно относительно невысоко и укладывается в рамки норматива 0,5 мг/кг сырой массы для рыб и 0,2 мг/кг для морских беспозвоночных [10].

Цель настоящего исследования – оценить уровень содержания общего As и Hg в промысловых гидробионтах Баренцева моря в последние годы, а также тренды их содержания в ихтиофауне на основе многолетних данных.

В работе представлены результаты анализа проб мышц и печени ряда промысловых рыб Баренцева моря, атлантической трески *Gadus morhua* ($n=54$), пикши *Melanogrammus aeglefinus* ($n=22$), камбалы-ерша *Hippoglossoides platessoides* ($n=44$), черного, или синекорого палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* ($n=55$), морской камбалы *Pleuronectes platessa* ($n=23$), зубатки пятнистой (пестрой) *Anarhichas minor* ($n=15$) и зубатки полосатой *Anarhichas lupus* ($n=14$), выловленных в ходе учетных тралений в 2019–2020 гг. Также представлены данные анализа содержания As и Hg в камчатском крабе *Paralithodes camtchaticus* ($n=40$) и северной креветке *Pandalus borealis* ($n=38$, 460 экз.), пойманных в 2020–2021 гг.

Отбор проб рыб, их консервацию и хранение осуществляли в соответствии с методическими указаниями ВНИРО [11]. По завершении отбора пробы были заморожены при минус 20 °С для доставки в стационарную лабораторию. Подготовка и химический анализ проб биоты выполнены в ПИНРО им. Н.М. Книповича в соответствии с действующими методическими руководствами (ГОСТ Р 51766-2001). Подготовка проб проводили методом «мокрой» минерализации азотной кислотой с перекисью водорода в микроволновой системе пробоподготовки МС-6 (НТФ «Вольта», Россия). Содержание общего мышьяка и ртути в пробах биоты определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре фирмы Shimadzu, модель AA-6800 (Япония). Для калибровки использовали стандартный образец раствора ионов мышьяка ГСО 7143-95. Общую ртуть определяли методом непламенной спектрофотометрии на гидридной приставке к AA-6800 с использованием многоуровневой калибровки методом «холодного пара». Содержание As и Hg в гидробионтах указывали в мг/кг сырой массы. Статистическую обработку данных и построение диаграмм осуществляли в среде MS Excel.

На рис. 1 приведена диаграмма содержания общего As в мышцах и печени изученных рыб.

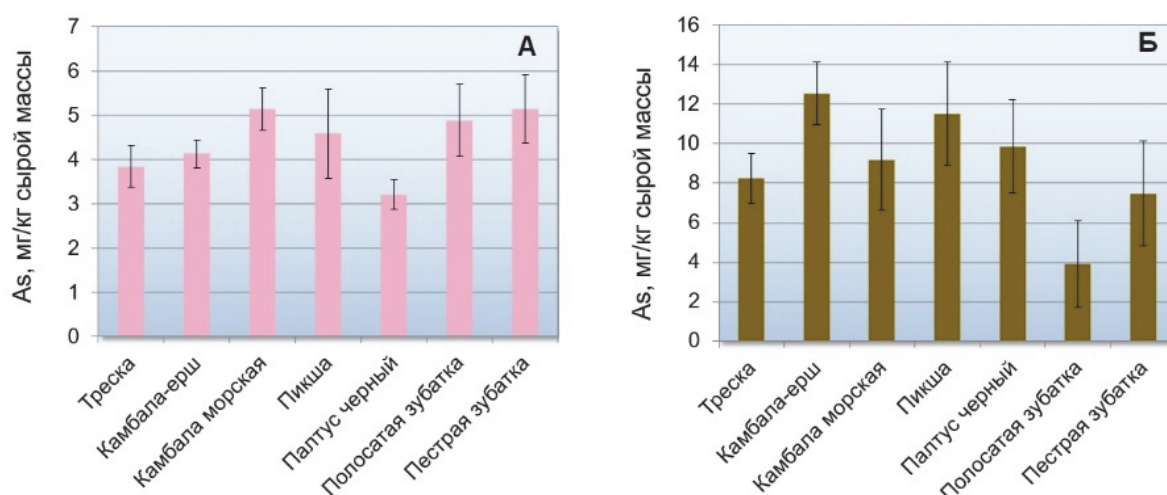


Рисунок 1 – Содержание общего мышьяка в мышцах (А) и печени (Б) донных рыб Баренцева моря в 2019–2020 гг. Показано среднее значение в мышцах ± 2 m, среднее в печени ± 2 m (95 % доверительный интервал). Красная линия показывает максимальный допустимый нормативный уровень содержания As в рыбе

Среднее содержание общего As в мышцах донных рыб Баренцева моря (4,4 мг/кг сырой массы) было близко к допустимому уровню, что согласуется с данными предшествующих исследований [2, 6, 7]. Содержание As в печени исследованных рыб было заметно выше (9,0 мг/кг сырой массы). Для него также была характерна высокая вариабельность. Величины стандартного отклонения в этом случае были весьма высоки, а коэффициенты вариации Пирсона (*CV*) изменялись от 37,8 % (камбала-ерш) до 112,7 % (полосатая зубатка), тогда как в мышцах величины *CV* изменялись от 23,0 % (камбала морская) до 52,8 % (пикша).

Содержание ртути в промысловых рыбах Баренцева моря не превышает установленный в России норматив 0,5 мг/кг. На рис. 2 показано содержание Hg в мышцах и печени исследованных рыб. На ряде станций содержание ртути в пробах рыб было ниже предела обнаружения (<0,001 мг/кг примерно в 10 % проб). Характерно весьма низкое содержание ртути в мышцах зубаток, а также морской камбалы, в то время как ее содержание в печени этих рыб находится на среднем уровне. Можно отметить, что морская камбала и зубатки в 2019–2020 гг. были выловлены в одном районе, преимущественно в юго-восточной части Баренцева моря, вдоль северной границы мелководного Печорского моря.

Содержание Hg – очень изменчивый показатель как в мышцах, так и в печени исследованных рыб. Коэффициенты вариации, характеризующие содержание ртути в мышцах, много выше, чем в печени и изменяются от 71,2 % (камбала морская) до 160,0 % (камбала-ерш).

Согласно принятым в России нормативам содержание мышьяка и ртути в мягких тканях (мышцах) морских промысловых беспозвоночных (моллюсков, ракообразных) не должно превышать 0,2 мг/кг сырой массы, а мышьяка – 5 мг/кг. Содержание ртути и мышьяка в мышцах камчатского краба *Paralithodes camtchaticus* (*n*=40) и северной креветки *Pandalus borealis* (*n*=38, 460 экз.), выловленных в Баренцевом море в 2020–2021 гг., представлено на диаграмме (рис. 3).

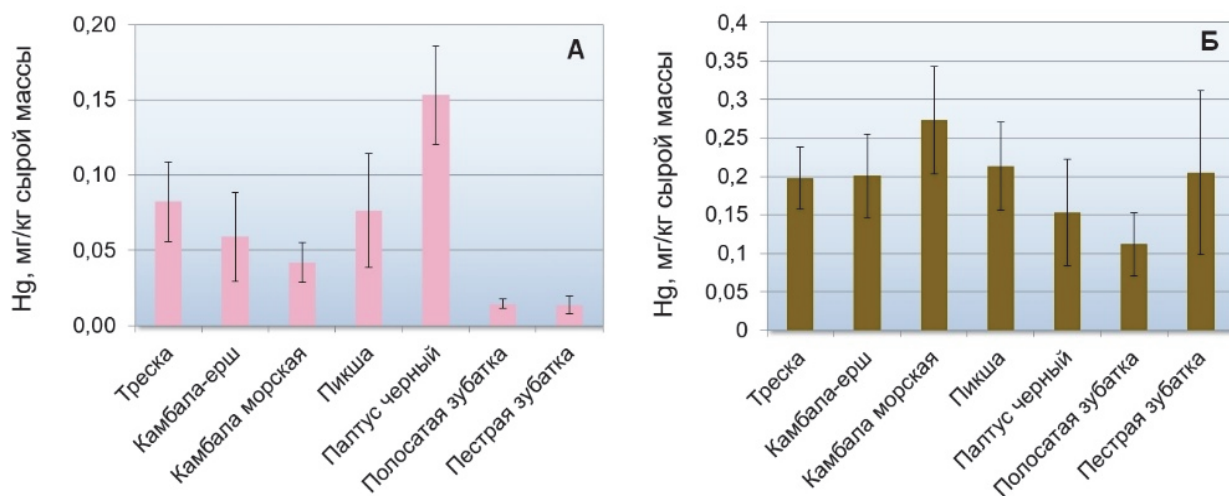


Рисунок 2 – Содержание ртути в мышцах (А) и печени (Б) донных рыб Баренцева моря по данным за 2019–2020 гг. Показано среднее значение в мышцах $\pm 2 m$ и среднее в печени $\pm 2 m$ (95 % доверительный интервал)

Из диаграммы видно, что средний уровень содержания общего As в мясе северной креветки относительно высокий и превышает нормативный показатель. Уровень содержания общего As в мышцах камчатского краба из Баренцева моря заметно ниже. В гепатопакреасе краба содержание As в среднем в 2,4 раза выше, чем в мышцах. Максимальное содержание As, отмеченное в мясе камчатского краба в 2020–2021 гг., составляло 5,29 мг/кг, а в креветке – 7,87 мг/кг сырой массы.

Содержание ртути в мясе креветки и камчатского краба низкое. Максимальное содержание Hg, отмеченное в камчатском крабе в 2020–2021 гг., составляло 0,15 мг/кг, в северной креветке – 0,14 мг/кг сырой массы. Отмечена высокая вариабельность содержания ртути в пробах мяса креветки (*CV*=132,8 %).

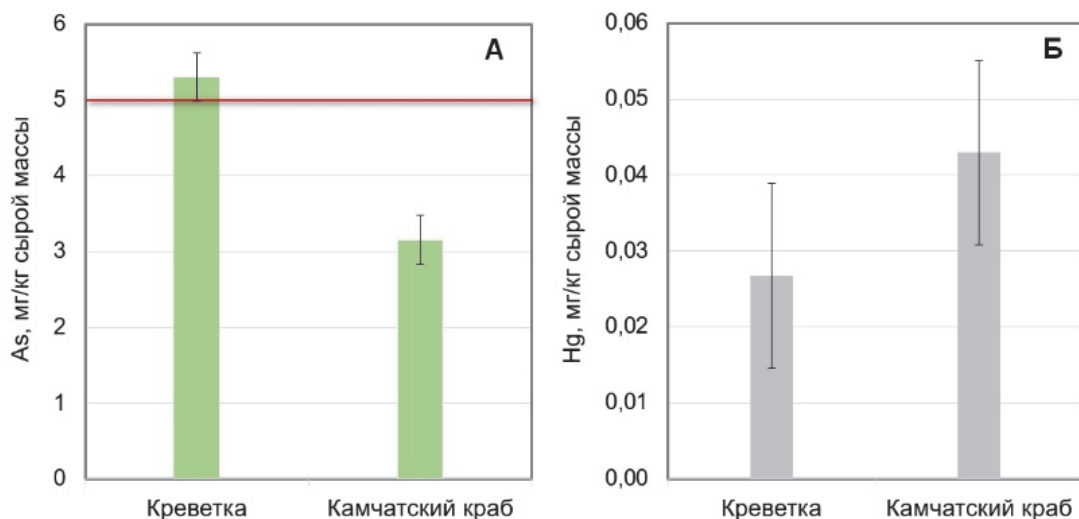


Рисунок 3 – Содержание мышьяка (А) и ртути (В) в мышцах морских беспозвоночных Баренцева моря в 2020–2021 гг. Показано среднее значение $\pm 2m$ (95 % доверительный интервал). Красная линия показывает максимальный допустимый нормативный уровень содержания As в морских беспозвоночных

Результаты многолетних исследований содержания мышьяка и ртути в период 2012–2021 гг. в промысловых донных рыбах Баренцева моря показали, что устойчивые тренды изменения содержания этих элементов в мышцах не наблюдаются (рис. 4, 5). Вычисленные коэффициенты регрессии весьма низкие. Аналогичная ситуация имеет место и в трендах содержания As и Hg в печени этих же рыб: вычисленные коэффициенты регрессии не превышают 0,114 (для As в палтусе).

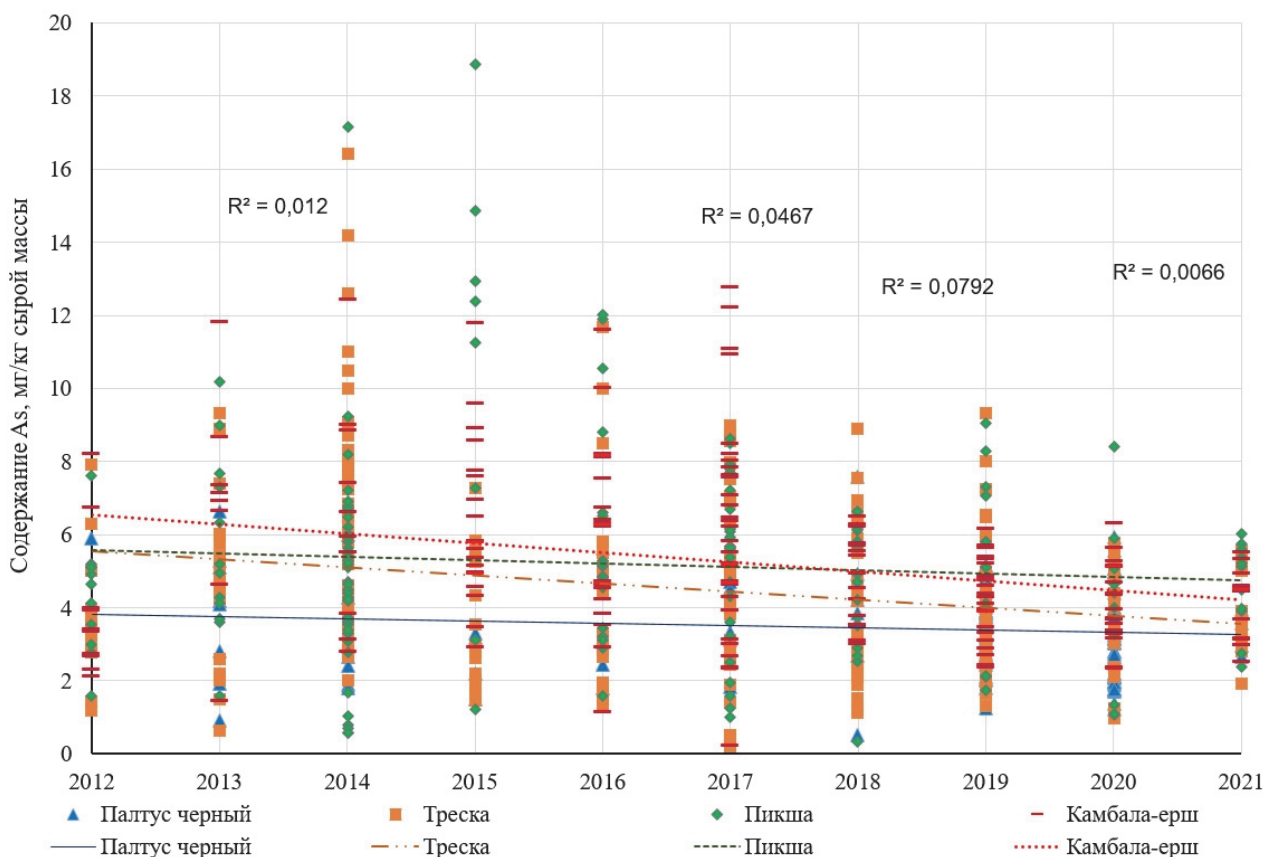


Рисунок 4 – Тренд (линейный) содержания общего мышьяка в мышцах донных рыб Баренцева моря. На диаграмме показаны коэффициенты регрессии

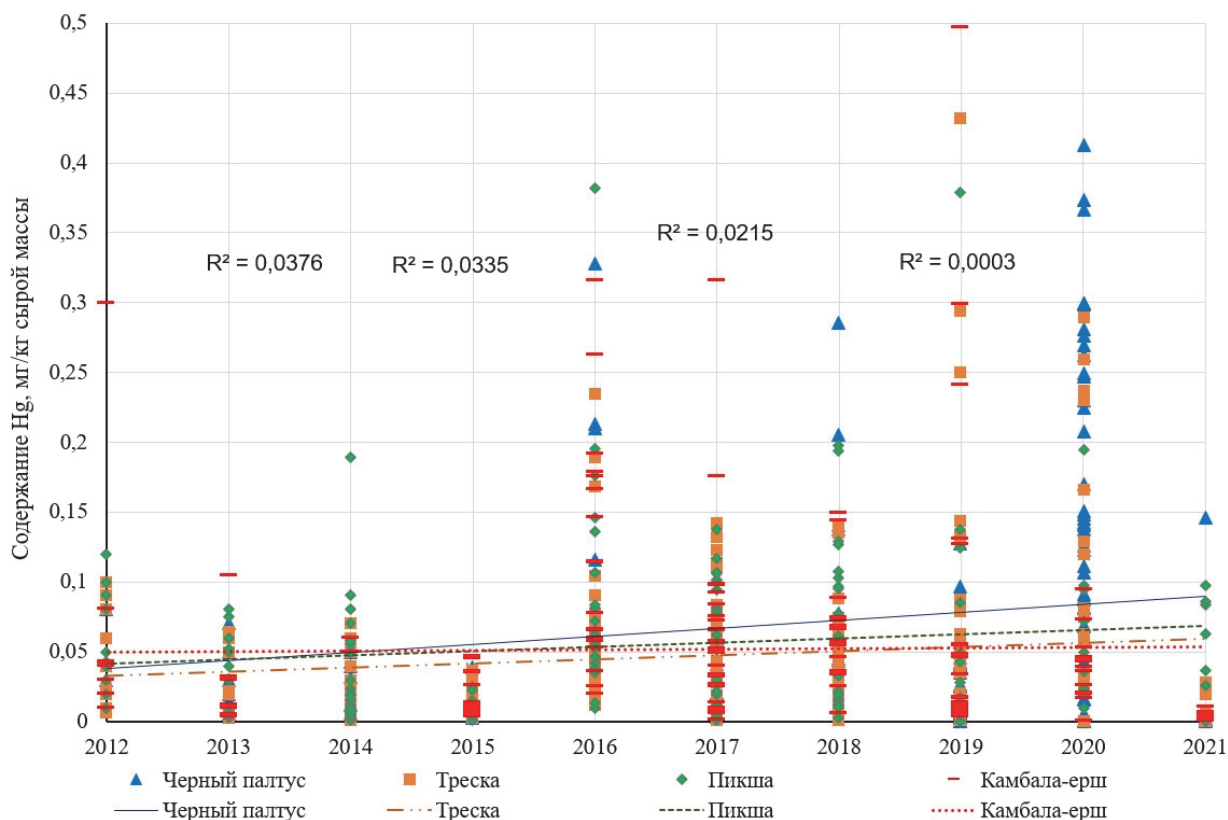


Рисунок 5 – Тренд (линейный) содержания ртути в мышцах донных рыб Баренцева моря. На диаграмме показаны коэффициенты регрессии

Анализируя приведенные тренды, можно отметить некоторую обособленность динамики содержания общего As в палтусе по сравнению с остальными рыбами. Вероятно, это связано с особенностями биологии этого вида в Баренцевом море. В отношении содержания ртути отличия в трендах между исследованными рыбами практически отсутствуют. В целом рассматриваемые тренды согласуются с трендами других микроэлементов-металлов, отражающими динамику их содержания в донных рыбах Баренцева моря в тот же период времени [6, 12].

Приведенные результаты химико-аналитических исследований свидетельствуют об устойчивом состоянии экосистемы Баренцева в части влияния на биоту поступления мышьяка и ртути из внешней среды – атмосферы, воды и донных отложений. Относительно высокое содержание общего мышьяка в донных рыбах и северной креветке, очевидно, является региональной фоновой характеристикой, на что в отношении промысловой ихтиофауны мы уже указывали ранее [7].

Библиографический список

1. De Gieter M., Leermakers M., Van Ryssen R., Noyen J. et al. Total and Toxic Arsenic Levels in North Sea Fish // Arch. Environ. Contam. Toxicol. 2002. Vol. 43. P. 406–417.
2. Julshamn K., Frantzen S., Valdernesnes S. et al. Concentrations of mercury, arsenic, cadmium and lead in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) caught off the coast of northern Norway // Marine Biology Research. 2011. Vol. 7:8. P. 733–745.
3. Julshamn K., Nilsen B.M., Frantzen S. et al. Total and inorganic arsenic in fish samples from Norwegian waters // Food Additives and Contam.: Part B: Surveillance. 2012. Vol. 5, Is. 4. P. 229–235.
4. Frantzen S., Maage A., Duinker A. et al. A baseline study of metals in herring (*Clupea harengus*) from the Norwegian Sea, with focus on mercury, cadmium, arsenic and lead // Chemosphere. 2015. Vol. 127. P. 164–170.

5. Bank M.S., Frantzen S., Duinker A., Amouroux D., Tessier E. et al. Rapid temporal decline of mercury in Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*) // Environ. Pollut. 2021. Vol. 289. 117843 p.
6. Frantzen S., Novikov M.A., Zhilin A.Yu. Contaminants in marine organisms (3.10.9); Working group on the integrated assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports // ICES. 2021. Vol. 3, Issue 77. P. 182–194.
7. Новиков М.А., Горбачева Е.А., Лаптева А.М. Содержание мышьяка в промысловых рыбах Баренцева моря (по многолетним данным) // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201, вып. 4. С. 833–844.
8. Мур Дж., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: контроль и оценка влияния: монография. М.: Мир, 1987. 288 с.
9. Edmonds J.S., Francesconi K.A., Cannon J.R. et al. Isolation, crystal structure and synthesis of arsenobetaine, the arsenical constituents of the western rock lobster *Panurillus longipes cygnus* George // Tetrahedron Lett. 1977. Vol. 18(18). P. 1543–1546.
10. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01). М.: Минздрав РФ, 2002. 164 с.
11. Изучение экосистем рыбохозяйственных водоемов, сбор и обработка данных о водных биологических ресурсах, техника и технология их добычи и переработки. Вып. 1. Инструкции и методические рекомендации по сбору и обработке биологической информации в морях Европейского Севера и Северной Атлантики. М.: ВНИРО, 2004. 299 с.
12. Новиков М.А., Жилин А.Ю. Изменчивость содержания тяжелых металлов в промысловых рыбах Баренцева моря за последнее десятилетие // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. [Электронный ресурс]. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 106–110.

Альбина Васильевна Огнистая

Дальневосточный федеральный университет, аспирант департамента ядерных технологий, ORCID: 0000-0002-9570-3192, Россия, Владивосток, e-mail: alya_lokshina@mail.ru

**Влияние тяжелых металлов (Cd и Ni) на антимикробную активность
микроводоросли *Heterosigma akashiwo***

Аннотация. Изучено действие тяжелых металлов на рост морской микроводоросли *Heterosigma akashiwo*. Выявлена антимикробная способность метаболитов *Heterosigma akashiwo* в отношении двух штаммов морских бактерий *Vibrio* sp. и *Bacillus* sp., выделенных из Японского моря. Обнаружено, что внесение тяжелых металлов (в процессе культивирования микроводоросли) понижает способность ее метаболитов ингибировать рост морских бактерий.

Ключевые слова: тяжелые металлы, морские микроводоросли, динофлагелляты, антимикробная активность, метаболиты, Японское море.

Albina V. Ognistaya

Far Eastern Federal University, Postgraduate Student of the Department of Nuclear Technologies, ORCID: 0000-0002-9570-3192, Russia, Vladivostok, e-mail: alya_lokshina@mail.ru

**Inclusion of metals (Cd and Ni) in the antimicrobial activity of microalgae
*Heterosigma akashiwo***

Abstract. The effect of heavy metals on the growth of the marine microalga *Heterosigma akashiwo* was studied. The antimicrobial ability of *Heterosigma akashiwo* metabolites against 2 strains of marine bacteria *Vibrio* sp. and *Bacillus* sp. isolated from the Sea of Japan. It was found that the introduction of heavy metals (during the cultivation of microalgae) reduces the ability of its metabolites to inhibit the growth of marine bacteria.

Keywords: heavy metals, marine microalgae, dinoflagellates, antimicrobial activity, metabolites, Sea of Japan.

Принято считать, что тяжелые металлы (ТМ) чаще всего оказывают токсическое действие на микроорганизмы. Катионы ТМ легко взаимодействуют с различными электрондонорными группами в составе многих органических соединений, образуя комплексы с гидроксильными, карбоксильными, фосфатными и аминогруппами, а также ковалентные связи с сульфгидрильными группами белков. Токсическое действие ТМ носит неспецифический характер, поэтому они способны соединяться с белками, нуклеотидами, коферментами, фосфолипидами, порфиринами, т.е. практически со всеми типами веществ, участвующими в метаболизме клеток [1].

В небольших концентрациях ТМ необходимы микроводорослям для нормального функционирования клетки. Они могут выступать в качестве компонентов для переноса электронов (Cu, Fe), фотосинтетических центров окисления воды (Mn), служат кофакторами для ферментов, участвующих в фиксации CO₂ или являются составляющими витаминов (Co) и т.д. Однако высокие концентрации (Hg, As, Cd, Pb, Cr и др.) способны вызывать негативные эффекты (нарушение фотосинтетического механизма, блокирование деления клеток, ингибирование активности ферментов) [2].

Динофлагелляты (Dinophyta) – наиболее часто встречаемая группа среди планктонных водорослей Японского моря. Отдел рафидофитовые (Raphidophyta) широко распространен в

теплое время года, представители встречаются преимущественно в поверхностных водах, но имеются виды, способные распределяться в придонных слоях: *Heterosigma akashiwo*. Представители отделов Haptophyta известны как продуценты токсинов, оказывающих негативное воздействие на морских обитателей. На акватории Японского моря отмечен вид *H. akashiwo*, продуцирующий гемолизины, ихтиотоксины, цитотоксины и др. Механизм действия этих биотоксинов мало изучен. Также известно, что представители Haptophyta вызывают вредоносное цветение воды (ВЦВ). Следовательно, микроводоросль *H. akashiwo* является интересным объектом исследования [3].

Цель работы – оценить влияние тяжелых металлов Cd и Ni на рост и антимикробные свойства микроводоросли *Heterosigma akashiwo*.

Объектом исследования послужила культура *H. akashiwo* из коллекции ресурсного центра «Морской биобанк» ННЦМБ ДВО РАН. Культивирование производили совместно с тяжелыми металлами в концентрациях Cd 10 мкг/дм³, Cd 20 мкг/дм³, Ni 10 мкг/дм³, Ni 20 мкг/дм³, которые предварительно вносили в среду *f* для поддержания микроводорослей. Культивирование производили в климатостате фирмы Binder KBW 400 (E5.1) при температуре 20 °С, освещенности 3500 люкс, периодическом освещении 12 ч свет : 12 ч темнота [4]. Метаболиты микроводорослей получали посредством последовательного концентрирования биомассы с помощью центрифуги и ультразвуковой установки Branson Sonifer 450 в течение 2 мин при силе электрического тока 4 А [5].

Для проверки антимикробной активности были выбраны штаммы бактерий *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., предоставленные сотрудниками лаборатории морской микробиологии кафедры биоразнообразия и морских биоресурсов ДВФУ. Бактерии культивировали в 96-луночных полистирольных планшетах на жидкой среде СММ с добавлением метаболитов микроводорослей. Для определения способности исследуемых штаммов образовывать биопленку использовали метод Кристенсена (1985) в модификации О'толле (2011). Оценку пленкообразования проводили измерением оптической плотности с помощью планшетного ридера LABSYSTEMS iEMSReaderMF, Biorad при длине волны 540 нм [5].

В результате проведенных исследований добавление ТМ Cd и Ni не оказывало столь негативного влияния на численность микроводоросли *H. akashiwo*. При внесении Cd в обеих концентрациях наблюдается увеличение численности как на третьи, так и на седьмые сутки эксперимента по отношению к контролю. Добавление Ni значительно стимулировало рост *H. akashiwo* на третьи сутки в сравнении с контрольными значениями. Однако уже на 7-й день эксперимента численность микроводоросли уменьшилась, при концентрации 10 мкг/л значения стали меньше контрольных, возможно, по причине, проявления токсигенного эффекта Ni (рис. 1).

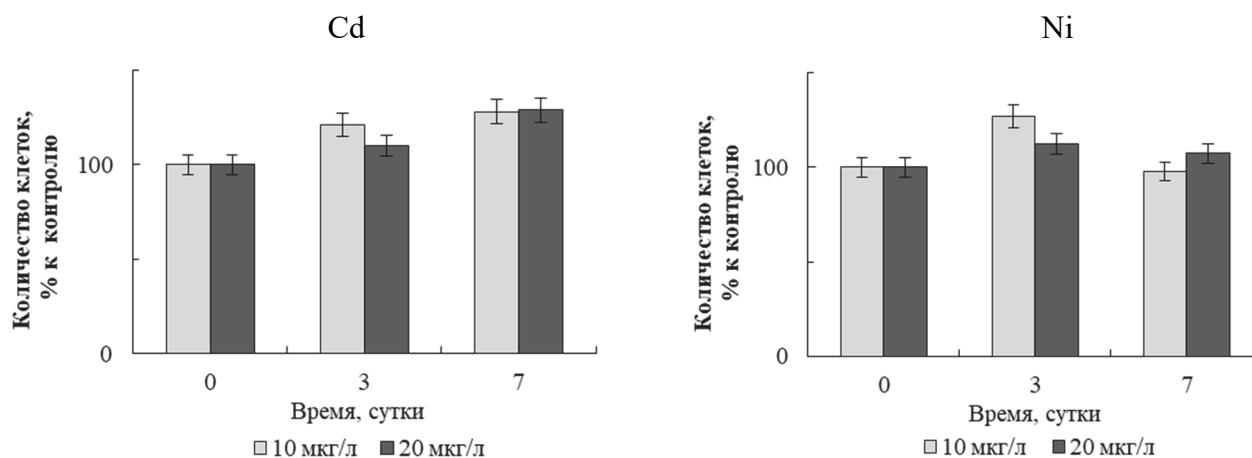


Рисунок 1 – Воздействие тяжелых металлов на численность микроводоросли *Heterosigma akashiwo*

Обнаружены антимикробные свойства метаболитов *H. akashiwo* в отношении *Vibrio* sp. и *Bacillus* sp. Следует отметить, что при добавлении Cd и Ni (на стадии выращивания микроводоросли) противомикробный эффект метаболитов в отношении *Vibrio* sp. на первые и третьи сутки эксперимента уменьшался (таблица, рис. 2, а.)

Воздействие тяжелых металлов на противомикробные свойства микроводоросли *Heterosigma akashiwo*

Вид бактерии	Средние значения оптической плотности бактерий при внесении метаболитов						
	Сутки	Контроль	<i>Heterosigma akashiwo</i> , поддерживаемая без добавления тяжелых металлов	<i>Heterosigma akashiwo</i> , поддерживаемая с добавлением тяжелых металлов			
				Cd10, мкг/дм ³	Cd20, мкг/дм ³	Ni10, мкг/дм ³	Ni20, мкг/дм ³
<i>Vibrio</i> sp.	1	0,236 ±0,098	0,186 ±0,081	0,204 ±0,087	0,217 ±0,09	0,408 ±0,131	0,570 ±0,187
	2	0,178 ±0,083	0,174 ±0,077	0,425 ±0,138	0,455 ±0,143	0,144 ±0,081	0,166 ±0,092
	3	0,216 ±0,098	0,169 ±0,082	0,200 ±0,092	0,168 ±0,080	0,219 ±0,100	0,238 ±0,106
<i>Pseudomonas</i> sp.	1	0,233 ±0,094	0,308 ±0,114	0,275 ±0,106	0,230 ±0,095	0,148 ±0,082	0,137 ±0,075
	2	0,146 ±0,073	0,199 ±0,086	0,339 ±0,120	0,491 ±0,160	0,139 ±0,107	0,128 ±0,102
	3	0,442 ±0,171	0,442 ±0,082	0,240 ±0,105	0,249 ±0,108	0,227 ±0,105	0,327 ±0,104
<i>Bacillus</i> sp.	1	0,140 ±0,071	0,134 ±0,066	0,226 ±0,09	0,139 ±0,07	0,170 ±0,09	0,142 ±0,078
	2	0,251 ±0,091	0,161 ±0,073	0,468 ±0,150	0,320 ±0,065	0,221 ±0,074	0,171 ±0,06
	3	0,129 ±0,071	0,122 ±0,100	0,211 ±0,096	0,202 ±0,092	0,120 ±0,062	0,201 ±0,060

Однако на 2-й день антибиотические свойства микроводоросли при внесении Ni в обеих концентрациях увеличивались, а на 3-й день снова уменьшались (рис. 2, а). Интересный эффект зарегистрирован в отношении *Pseudomonas* sp., где при добавлении метаболитов микроводорослей, выращенных без добавления ТМ, подавление бактериального роста не выявлено, но в случае внесения Ni 10 и 20 мкг/дм³ обнаружено ингибирование *Pseudomonas* sp. Это свидетельствует о прямом влиянии ТМ на антимикробные возможности *H. akashiwo* (см. таблицу, рис. 2, б).

Метаболиты *H. akashiwo*, выращенные на Cd и Ni, приостанавливали антимикробный эффект микроводоросли в отношении *Bacillus* sp. во всех случаях (см. таблицу, рис. 2, в).

Отсюда следует, что противомикробные свойства *H. akashiwo* зависят от различных факторов. Изменение функционирования клеток при стрессе, вызванном воздействием ТМ, вело к потере противомикробных возможностей, снижая защитный барьер *H. akashiwo*. Под влиянием ТМ существенно меняется характер продуцируемых метаболитов. В то же время специфика ответных реакций на действие токсикантов зависит от систематического положения микроорганизмов, возраста и физиологического состояния культуры, активности ферментов, особенностей метаболитов.

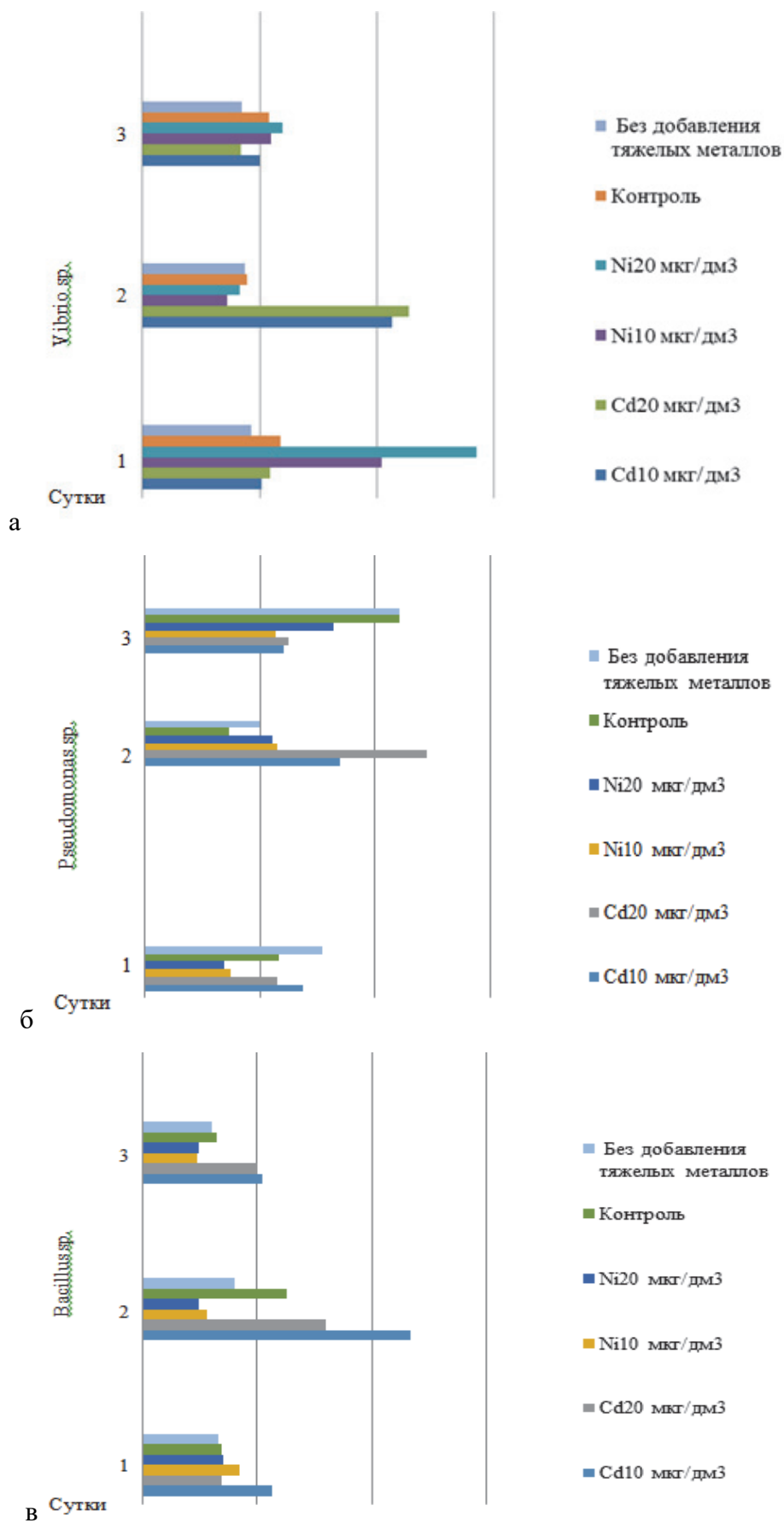


Рисунок 2 – Влияние тяжелых металлов на антимикробные свойства микроводоросли *Heterosigma akashiwo*: а – в отношении *Vibrio sp.*, б – против *Pseudomonas sp.*, в – действие в отношении *Bacillus sp.*

Библиографический список

1. Багаева Т.В., Ионова Н.Э., Надеева Г.В. Микробиологическая ремедиация природных систем от тяжелых металлов: учеб.-метод. пособие. Казань: Казанский университет, 2013. 56 с.
2. Miazek K., Iwanek, W., Remacle, C. et al. Effect of metals, metalloids and metallic nanoparticles on microalgae growth and industrial product biosynthesis: a review // *International journal of molecular sciences*. 2015. Vol. 16(10). P. 23929–23969.
3. Вершинин, А.О. Токсичные и вредные водоросли в прибрежных водах России / А.О. Вершинин, Т.Ю. Орлова // *Океанология*. 2008. Т. 48, № 4. С. 568–582.
4. Орлова, Т.Ю. Лабораторное культивирование морских микроводорослей, включая продуцентов фитотоксинов: науч.-метод. пособие / Т.Ю. Орлова, Н.А. Айздайчер, И.В. Стоник. Владивосток: Дальнаука, 2011. 89 с.
5. Kleinegris, DMM. Two-phase systems: potential for in situ extraction of microalgal products / DMM Kleinegris, M. Janssen, W.A. Brandenburg, R. H. Wijffels // *Biotechnol Adv*. 2011. № 29. P. 502–507.
6. O'Toole G.A. Microtiter dish biofilm formation assay // *J Vis Exp*. 2011. № 30(47). P. 376–378.

Евгений Валериевич Осипов

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

Олег Валентинович Телятник

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: oleg.telyatnik@yandex.ru

Дмитрий Анатольевич Пилипчук

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

**Методы исследования характеристик сетных элементов орудий рыболовства
для совершенствования их конструкций и материалов,
из которых они изготовлены**

Аннотация. В настоящее время сетематериалы совершенствуются с учетом использования новых синтетических материалов, которые представляют собой различные композиты. В то же время элементы конструкций различных орудий рыболовства представляют собой также композиционные структуры из различных материалов, но работающие вместе. В работе предлагается методика исследования элементов таких конструкций с использованием разрывных машин и термокамер.

Ключевые слова: использованием разрывных машин и термокамер, элементы орудий рыболовства, методики исследований.

Evgeny V. Osipov

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

Oleg V. Telyatnik

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Engineering Science, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: oleg.telyatnik@yandex.ru

Dmitry A. Pilipchuk

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

**Methods of studying the characteristics of the net elements of fishing gear
to improve their designs and materials from which they are made**

Abstract. Currently, network materials are being improved taking into account the use of new synthetic materials, which are various composites. At the same time, the structural elements of various fishing gear are also composite structures made of different materials, but working together. The paper proposes a methodology for studying the elements of such structures using bursting machines and thermal chambers.

Keywords: using bursting machines and thermal chambers, elements of fishing implements, research methods.

В настоящее время сетематериалы совершенствуются с учетом использования новых синтетических материалов, которые представляют собой различные композиты. В тоже время в следствие отсутствия квот и изменение районов добычи, а также не освоенных объектов возникают запросы на разработку новых конструкций орудий рыболовства, которые могут работать в тех условиях, где старые конструкции не используются. Поэтому на практике требуются малозатратные в стоимости и эксплуатации орудия рыболовства. Для решения этих задач необходимо использовать различные методы лабораторного исследования.

Одним из таких направлений является снижение сопротивления сетных полотен для поверхностных орудий рыболовства, таких как ставные невода. В практике рыболовства для снижения сопротивления и увеличения прочностных характеристик используется опушка, которая одной стороной садятся на подбору, а с другой стороны соединяется с основным полотном имеющее меньшее сопротивление.

Одним из возможных решений для проведения испытаний элементов конструкций является разрывная машина и в настоящее время используемые инфракрасные камеры, которые позволяют снимать нагрузки возникающие в элементах конструкции при циклических нагрузках.

На рис. 1 показана конструкция верхней подборы с опушкой и основным сетным полотном, сама подбора посажена на раму, которая закреплена в чувствительном измерительном блоке, а нижняя часть в жгуте одним рядом закреплена в нижней части машины.



Рисунок 1 – Конструкция элемента верхней подборы с опушкой, закрепленная в разрывной машине

На рис. 2 показаны термограммы элемента сетной конструкции с опушкой (а) при 58 % нагрузки и при (б) 73 % нагрузки. В данном случае для соответствия нагрузки шкала временная на видеозаписи термокамерой соотносится с временной шкалой процесса разрыва.

На рис. 3 показаны исследования элемента сетной конструкции без опушки, а на рисунке 4 показаны ее термограммы при (а) при 58 % нагрузки и (а) при 73 %.

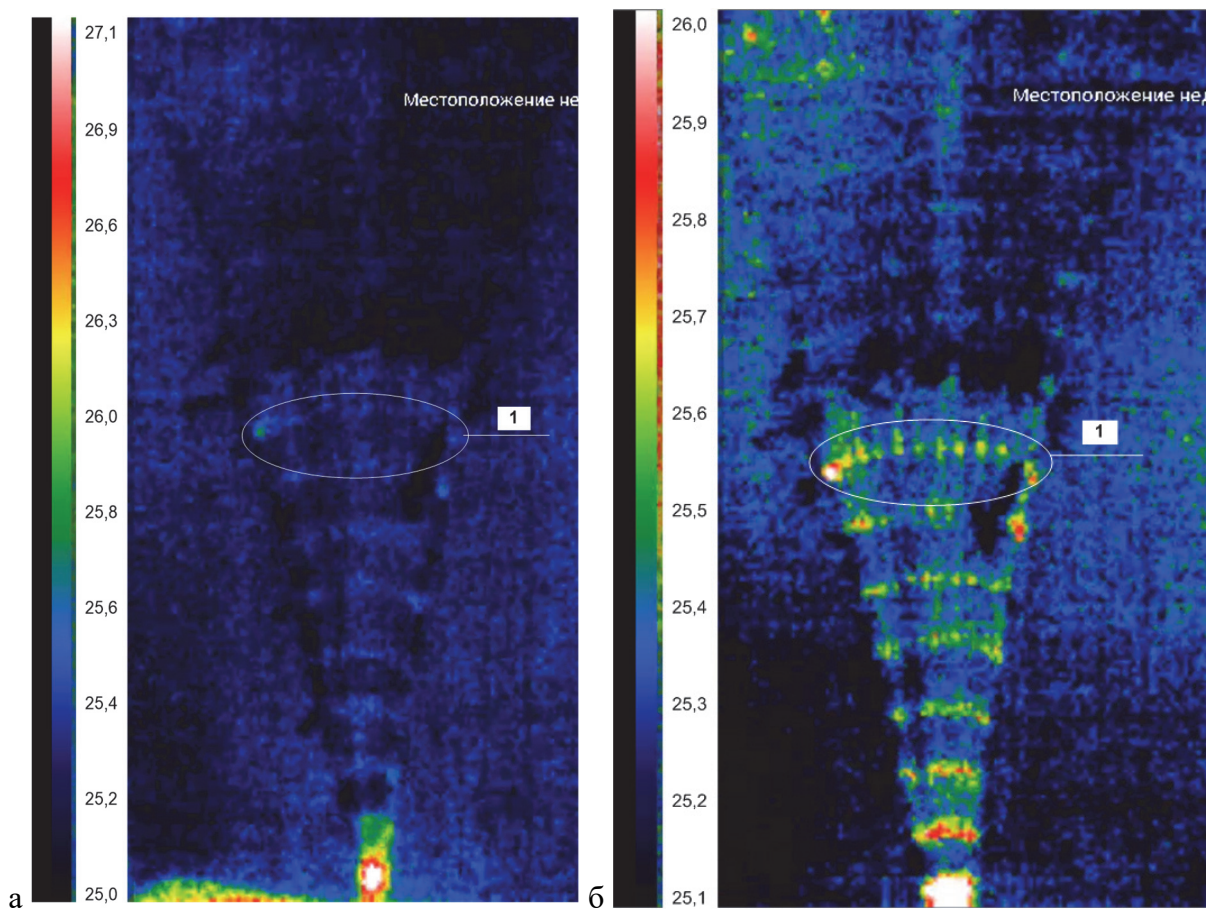


Рисунок 2 – Изменения напряжения в верхней подборе с опушкой до разрыва:
 а – нагрузка 12342 Н (58 %); б – нагрузка 1821 Н (73 %)



Рисунок 3 – Конструкция элемента верхней подборы без опушки, закрепленная в разрывной машине

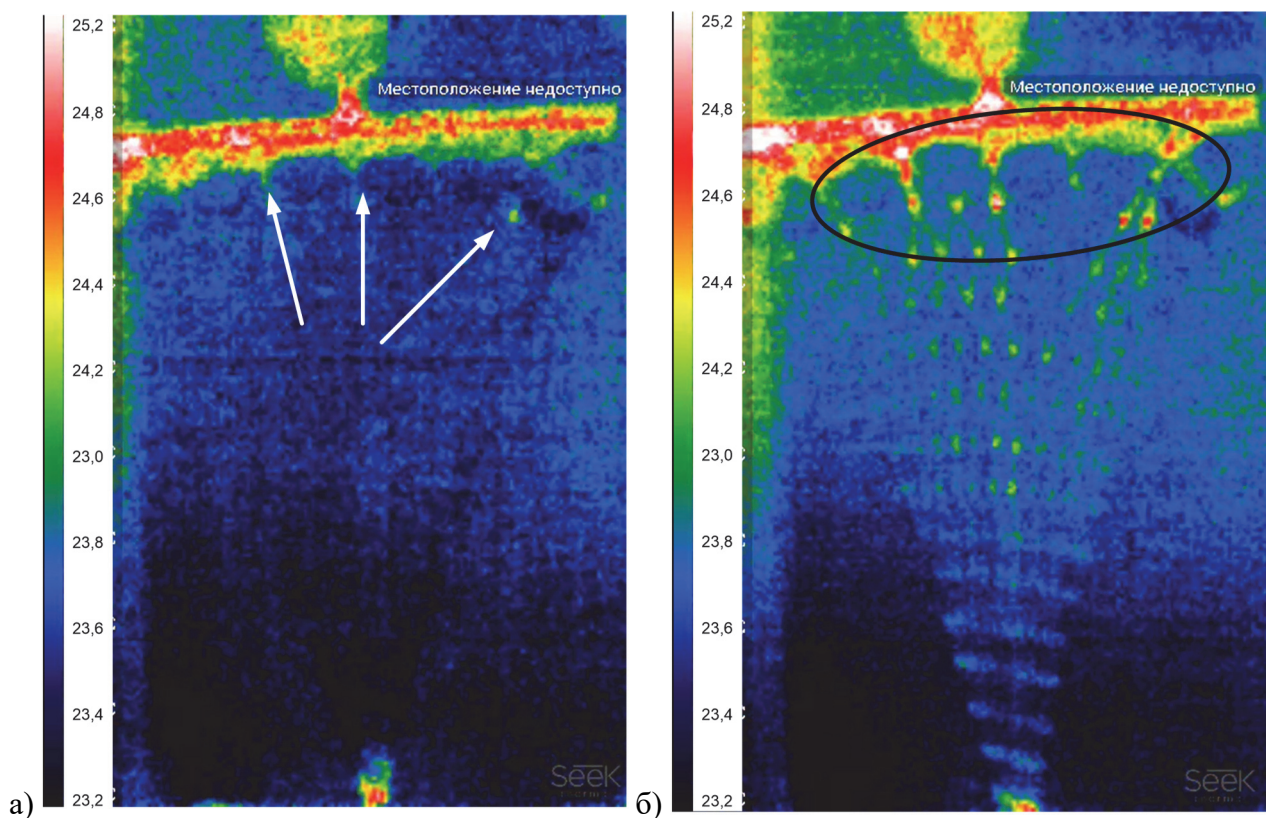


Рисунок 4 – Изменения напряжения в верхней подборе без опушки до разрыва:
 а – нагрузка 1144 Н (58 %); б – нагрузка 1729 Н (73 %)

В экспериментах верхняя подборка с опушкой использовалась дел с диаметром нити 1,6 мм на опушку, а на основное сетное полотно дель с диаметром нити 1,15 мм. Дель на верхней подборке без опушки использовалась 1,4 мм. Как можно видеть из результатов (рис. 2 и 4), разрывные нагрузки основной дели на конструкции с опушкой выше, чем разрывная нагрузка дели большего диаметра на конструкции без опушки.

Для экспериментов каждого типа конструкции использована три образца, на рисунках 5 и 6 приведены разрывные нагрузки двух конструкций. Среднее значение для верхней подборки с опушкой составляет 3217,8 Н, а без опушки 3024,3 Н. Таким образом, конструкции с опушкой при меньшей нитки основной дели в общем имеют немного большие разрывные нагрузки. Это связано с тем, что шворочное соединение опушки с основной дели равномерно распределяет нагрузку между делями [1, 2] (рис. 2, б), а как видно на рис. 4, б дель, подвязанная к подборке, воспринимает нагрузку в нитях, которые прикреплены к подборке.

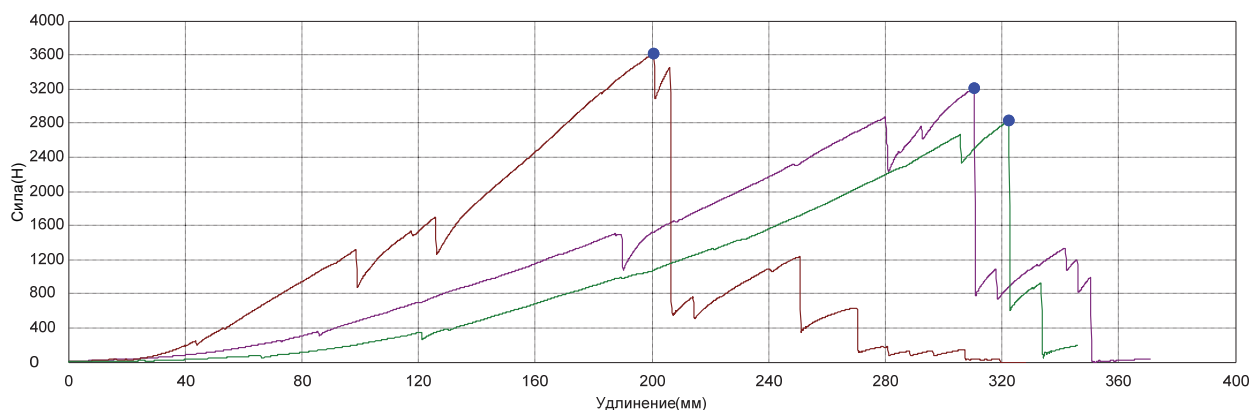


Рисунок 5 – Диаграмма разрыва дели верхней подборки с опушкой

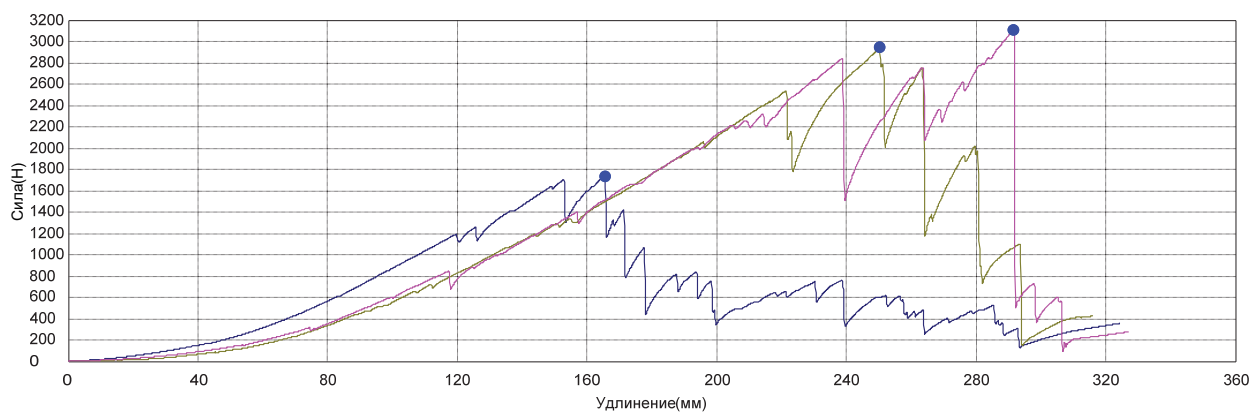


Рисунок 6 – Диаграмма разрыва дели верхней подборы без опушки

Необходимо отметить, что основная дель на подборе с опушкой рвалась в узлах [3, 4] второго ряда ячеек, а не вместе соединения. Поэтому в дальнейшем надо изменить соединение этих делей, чтобы уменьшить работу по зачистке кромок при ремонте конструкций.

Таким образом, использование термокамер совместно с разрывными машинами позволяет отсидживать изменение нагрузок и потерю прочности элементов орудий рыболовства, по температуре отслеживать основные точки будущего разрыва и определять уровень нагрузок, в особенности при проведении динамических нагрузок.

Основные исследования показали, что использование верхней подборы с опушкой позволят снизить затраты на сетематериалы, при этом такие конструкции снижают сопротивление элементов орудий рыболовства, для рассматриваемых образцов составит 82,1 %. Большие перспективы связаны с заменой основной дели на полиэтиленовые, которые имеют менее прочностные характеристик при динамических нагрузках, но стоимость их составляет до 80 % от капроновых делей. Потеря в узле в отличие от капроновой нитки (50 %) у полиэтиленовых составляет до 78 % [4].

Библиографический список

1. Изнанакин Ю.А., Долин Г.М. О роли пожилин в орудиях лова. Успехи рыболовства. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2006. С. 33–37.
2. Андреев Н.Н. Определение посадочных коэффициентов по пожилинам кошелькового невода // Тр. КГТУ. 1960. Вып. 11. С. 29–32.
3. Осипов Е.В., Пилипчук Д.А., Бородин П.А. Исследование износа полиэтиленовых крученых ниток // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: матер. IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 116–120.
4. Осипов Е.В., Пилипчук Д.А. Исследование синтетических нитей с учетом узловых соединений // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: матер. нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2019. С. 46–48.

Петр Владимирович Рудев

Камчатский государственный технический университет, аспирант, Россия, Петропавловск-Камчатский, e-mail: rudevp@mail.ru

Лилия Андреевна Позолотина^{1,2}

¹Камчатский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, специалист, Россия, Петропавловск-Камчатский, e-mail: pozolotina@mail.ru

² Камчатский государственный технический университет, аспирант, Россия, Петропавловск-Камчатский

Анна Валерьевна Климова

Камчатский государственный технический университет, канд. биол. наук, зав. сектором коллективного использования оборудования, Россия, Петропавловск-Камчатский, e-mail: annaklimovae@mail.ru

**Сезонная динамика накопления тяжелых металлов у *Mytilus trossulus*
из бухты Петропавловская (Авачинский залив)**

Аннотация. Представлены данные по содержанию металлов Al, Zn, Pb, Cd, Ba, Ni, Cu, Cr, Sr, Mn у тихоокеанской мидии (*Mytilus trossulus*) из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг. Район проведения исследований характеризуется развитой портовой инфраструктурой со значительным преобразованием литоральной зоны. В зависимости от сезона сбора проб мидий выявлены различия в накоплении некоторых металлов. Их максимальное суммарное содержание в образцах моллюсков определено в весенний период. Содержание токсичных металлов Cd и Pb в мидии тихоокеанской за весь период проведения исследований соответствовало установленным в России санитарно-гигиеническим нормам.

Ключевые слова: *Mytilus trossulus*, моллюски, биомониторинг, тяжелые металлы, Авачинский залив.

Petr V. Rudev

Kamchatka State Technical University, Postgraduate Student, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: rudevp@mail.ru

Liliya A. Pozolotina^{1,2}

¹Kamchatka Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Specialist, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: pozolotina@mail.ru

² Kamchatka State Technical University, Postgraduate Student, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky

Anna V. Klimova

Kamchatka State Technical University, Head of the Center for Collective Use of Scientific Equipment, PhD, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: annaklimovae@mail.ru

Seasonal dynamics of heavy metals accumulation in pacific mussels (*Mytilus trossulus*) from Petropavlovskaya bay (Avachinsky gulf)

Abstract. Data on the content of metals Al, Zn, Pb, Cd, Ba, Ni, Cu, Cr, Sr, Mn in the Pacific mussel (*Mytilus trossulus*) from Petropavlovskaya Bay in 2021-2022 were presented. The research area is characterized by a developed port infrastructure with a significant transformation of the littoral zone. Depending on the collection season of mussel samples, differences in the accumulation of some metals were revealed. Their maximum total content in samples was determined in the spring period. The content of toxic metals Cd and Pb in the Pacific mussel samples for the entire period of the study corresponded to the sanitary and hygienic standards established in Russia.

Keywords: *Mytilus trossulus*, mussels, biomonitoring, heavy metals, Avachinsky Gulf.

Бухта Петропавловская (Петропавловская гавань, Петропавловский ковш) находится в северо-восточной части Авачинской губы. Подковообразным полукругом бухта окаймлена с востока сопкой Петровская, с севера – сопкой Никольская и с запада – мысом Сигнальный. Таким образом, это удобная морская транспортная гавань для захода кораблей с юга. С основания города в 1740 г. бухта используется как морской порт.

В настоящее время в бухте Петропавловская осуществляет свою хозяйственную деятельность АО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт», по берегам бухты размещено двенадцать причалов (рис. 1). Основными источниками загрязнения побережья бухты являются – работа портового оборудования, хранение и перегрузка угля и металлов, дымовые трубы автономных котельных и дизель-генераторных установок, сварочные посты, обработка металлов, покрасочные работы, установка производства бетона, бытовой мусор, сброс хозяйственно-бытовых сточных вод и ливневых стоков [1].



Рисунок 1 – Карта-схема района исследований и мест сбора образцов *M. trossulus*:
3а – причал № 3а; 12 – причал № 12

В 2022 г. планируется создание мастер-плана генеральной реконструкции и обустройства территории «Петропавловская гавань». Это совместный проект, рассчитанный на 4 года, осуществляемый Министерством РФ по развитию Дальнего Востока и Арктики, АО «Корпо-

рация развития Дальнего Востока и Арктики», государственной корпорацией «ВЭБ. РФ» и ООО «КБ Стрелка» [2].

Масштабная реконструкция морского торгового порта может быть следствием увеличения уровня загрязнения бухты Петропавловская и Авачинской губы в целом. Последняя является водоемом рыбохозяйственного и рекреационного значения, поэтому крайне необходим мониторинг экологического состояния сопредельной акватории, расположенной в непосредственной близости проведения работ по реконструкции и благоустройству прибрежной территории.

В мировой практике бентосные организмы – моллюски и макроводоросли – используют в качестве биомониторов. По определению накопления загрязняющих веществ в организмах-мониторах дают оценку степени загрязнения среды их обитания. Метод биомониторинга с помощью моллюсков используется в экологическом мониторинге различных прибрежных районов мира [3].

В Авачинской губе одним из наиболее распространенных видов двустворчатых моллюсков является мидия тихоокеанская (*Mytilus trossulus*), для которой характерны устойчивость к металлическому загрязнению и возможность развития на причальных сооружениях и других искусственных субстратах. Цель настоящего исследования – определить содержание тяжелых металлов (ТМ) в мягких тканях *M. trossulus* из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг. и выявить сезонную динамику накопления ТМ для мидии тихоокеанской.

Материалы и методы

В 2021–2022 гг. в бухте Петропавловская были собраны образцы *M. trossulus* и исследованы мягкие ткани моллюска на содержание алюминия (Al), цинка (Zn), свинца (Pb), кадмия (Cd), бария (Ba), никеля (Ni), меди (Cu), хрома (Cr), стронция (Sr) и марганца (Mn). Сбор проводили у западной и южной границы АО «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт» (причалы № 3а и № 12) бухты Петропавловская (рис. 2).

Причал № 3а (53°00'47.1"N 158°38'34.5"E) расположен на западе бухты, у подножия мыса Сигнальный, у выхода из внутренней гавани, напротив холодильных установок и здания морского вокзала. В этом месте круглогодично швартуются суда, ведется перевалка грузов. В литоральной зоне причала № 3а произрастали зеленые ульвовые водоросли и представитель бурых водорослей – *Fucus distichus*. На некоторых створках мидий в небольшом количестве обнаружены балянусы. Друзы мидий развивались на бетонных и деревянных фрагментах, максимальный размер их створок здесь составлял 3,4 см (рис. 2,а).



Рисунок 2 – Места сбора проб *Mytilus trossulus* в бухте Петропавловская:
а – причал № 3а, б – причал № 12 (фото: П.В. Рудев)

Причал № 12 (52°59'55.9"N, 158°39'15.1"E) расположен в южной части бухты, у подножия сопки Петровская, на выходе внешней гавани (рис. 2, б). Здесь уже ведутся работы по укреплению берега, на открытой площадке хранится щебень и песок, размещена мобильная установка по производству бетона. В приливно-отливной зоне были обнаружены раки-

отшельники, бурые и зеленые водоросли. На створках мидий в ограниченном количестве обнаружены асцидии и баянусы. Друзы моллюсков развивались на крупных валунах совместно с зелеными ульвовыми водорослями. Максимальный размер створок мидий достигал 5,6 см.

Сезонный сбор проб моллюсков в районе исследований производили в литоральной зоне во время отлива. Минимальная температура воды в бухте Петропавловская была в феврале и составляла $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, соленость – 31 ‰; максимальная температура воды была в августе – $+13\text{ }^{\circ}\text{C}$, соленость – 17 ‰. Каждая проба составляла от 50 до 100 особей мидий. Собранные образцы очищали от обрастаний и промывали проточной водой. В лабораторных условиях пробы моллюсков разделяли на размерно-возрастные группы и препарировали. Для анализа использовали 20–30 экземпляров мидий с размером створок менее 3 см. Мягкие ткани высушивали в сушильном шкафу при температуре $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ не менее суток. Пробы взвешивали на аналитических весах I класса точности (OHAUS Pioneer, USA). Подготовленные навески (0,2 г) минерализовали азотной кислотой (осч) в системе микроволнового разложения проб Ethos UP (Milestone, Италия).

Определение концентраций металлов Pb, Cd, Ba, Ni, Cu, Cr, Sr, Mn, Al, Zn выполняли на атомно-эмиссионном спектрометре MP-AES 4200 (Agilent Technologies, США). Пересчет и вычисление значений на массу навески проводили в программе MP Expert (Agilent Technologies, США). Точность определения концентраций элементов в пробах контролировали по анализу стандартных образцов (ЛБ-1, ЭК-1), чистоту реактивов проверяли по анализу холостой пробы. Все полученные значения содержания металлов в мягких тканях *M. trossulus* в настоящей работе приведены в пересчете на сухую массу. Согласно гигиеническим требованиям безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов в России предельно допустимые уровни содержания ТМ в моллюсках приводятся на единицу сырой массы [4]. В настоящей работе данные значения пересчитаны на сухую массу, используя коэффициент 5, поскольку средняя сухая масса мягких тканей моллюсков составляет около 20 % от сырой [5, 6].

Известно, что биоэлементы Mn, Zn, Cu постоянно содержатся в морских организмах и входят в состав ферментов, гормонов и витаминов. Металлы Pb, Cd, Ni, Al и Cr являются трассерами техногенного влияния.

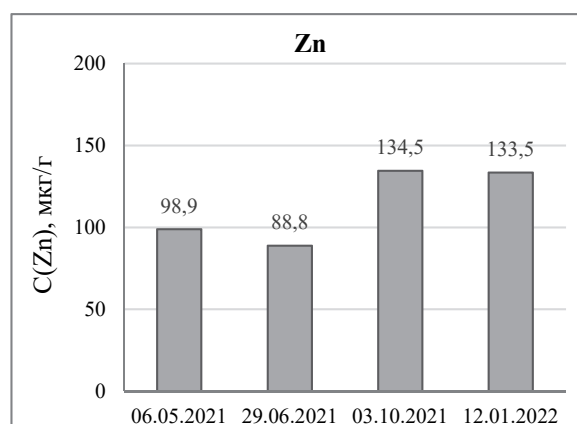
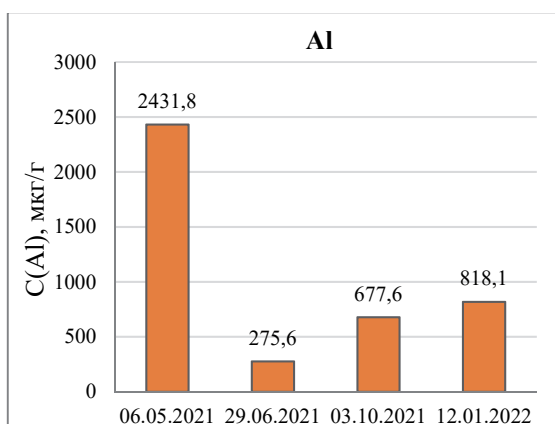
Результаты и обсуждение

Данные микроэлементного анализа мягких тканей мидии тихоокеанской *M. trossulus* из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг. (сезоны сбора: весна, лето, осень, зима) приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание металлов в *Mytilus trossulus* из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг.

Дата сбора	Содержание металлов, мкг/г сух. массы									
	Al	Zn	Pb	Cd	Ba	Ni	Cu	Cr	Sr	Mn
06.05.2021	2431,8	98,9	6,7	1,2	2,5	7,7	14,0	34,8	82,0	48,9
29.06.2021	275,6	88,8	2,6	4,5	2,2	2,6	7,2	6,7	24,8	18,5
03.10.2021	677,6	134,5	6,9	0,8	1,3	4,3	8,8	9,4	50,8	24,3
12.01.2022	818,1	133,5	5,4	2,6	3,4	1,4	12,9	7,0	31,3	38,0

Количественное содержание алюминия и цинка в образцах мидии сравнительно больше, чем содержание других анализируемых металлов. Так, содержание Al варьирует в широких пределах, от 275,6 до 2431,8 мкг/г сух. массы. При этом в мае 2021 г. его содержание в пробах мидии в районе исследования достигало максимальных значений, что может быть связано с терригенным стоком в период активного снеготаяния. В летний период содержание Al снизилось почти в 9 раз (рис. 3,а). Среднее содержание Zn в моллюсках за весь исследованный период составляло 114 мкг/г сух. массы, его максимальное значение не превышало 135 мкг/г сух. массы (рис. 3, б).



а

б

Рисунок 3 – Сезонная динамика содержания Al (а) и Zn (б) в мягких тканях *Mytilus trossulus* из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг. (мкг/г сух. массы)

Наибольшее содержание остальных проанализированных металлов в мягких тканях мидии также было отмечено в весенний период 2021 г. (рис. 4). При этом за весь период исследований уровень накопления Sr и Mn составлял 24,8–82,0 и 18,5–48,9 мкг/г сух. массы соответственно. Индивидуальное содержание Ni, Cu и Cr, как правило, не превышало 15 мкг/г сух. массы.

При анализе полученных данных по содержанию ТМ в пробах *M. trossulus* выявлены сезонные особенности в их накоплении, а именно, элементы распределялись в следующей последовательности:

Весна: Al > Zn > Sr > Mn > Cr > Cu > Ni > Pb > Ba > Cd

Лето: Al > Zn > Sr > Mn > Cu > Cr > Cd > Pb > Ni > Ba

Осень: Al > Zn > Sr > Mn > Cu > Cr > Pb > Ni > Ba > Cd

Зима: Al > Zn > Mn > Sr > Cu > Cr > Pb > Ba > Cd > Ni

Анализ убывающих рядов содержания микроэлементов у *M. trossulus* показывает, что за весь период наблюдений позиции Al и Zn не изменялись (рис. 3, 4). Положение остальных элементов, напротив, зависело от месяца сбора моллюсков, наибольшей сезонной вариабельностью характеризовались Ni, Pb, Ba и Cd.

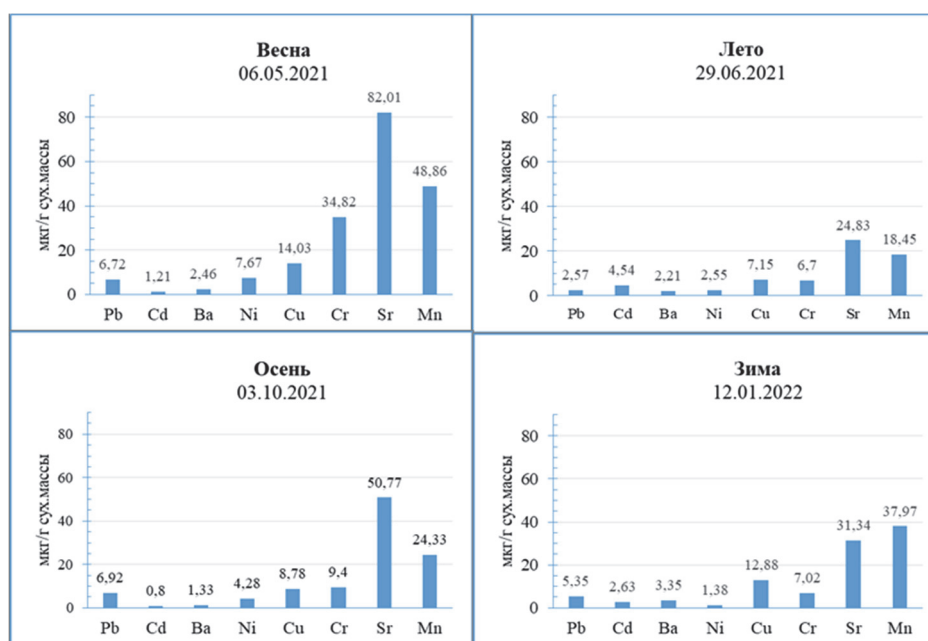


Рисунок 4 – Сезонная динамика содержания металлов Pb, Cd, Ba, Ni, Cu, Cr, Sr, Mn (мкг/г сух. массы) в мягких тканях *Mytilus trossulus*, собранных в бухте Петропавловская

Сравнивая полученные данные по содержанию токсичных металлов (Cd, Pb) в моллюсках *M. trossulus* из бухты Петропавловская с требованиями гигиенических нормативов [4], выявлено, что в 2021–2022 гг. их содержание не превышало допустимые уровни (табл. 2).

Таблица 2 – Максимальные уровни содержания Cd и Pb (мкг/г сух. массы) в моллюсках *Mytilus trossulus* из бухты Петропавловская в 2021–2022 гг.

№ п/п	ТМ	ПДК*, мкг/г	Максимальное содержание ТМ в <i>M. trossulus</i> из бухты Петропавловская, мкг/г
1	Кадмий (Cd)	10,0**	4,5
2	Свинец (Pb)	50,0**	6,9

*Примечание.** Нормы СанПиН РФ по содержанию токсичных металлов, приводятся на единицу сырой массы [5].

**** При пересчете значений ПДК на сухую массы использовали коэффициент 5 [6].

Заключение

В ходе исследования уровней накопления тяжелых металлов в мягких тканях *M. trossulus* из бухты Петропавловская наибольшее содержание Al, Ni, Cu, Cr, Sr и Mn выявлено весной 2021 г., что может быть связано с интенсивным терригенным стоком в период активного снеготаяния. Содержание токсичных металлов Cd и Pb в мидии тихоокеанской в районе проведения исследований в 2021–2022 гг. не превышало допустимых уровней.

Библиографический список

1. Оценка воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности Акционерного общества «Петропавловск-Камчатский морской торговый порт» с оценкой воздействия на окружающую среду погрузо-разгрузочной деятельности в морском порту Петропавловск-Камчатский. Петропавловск-Камчатский: ООО «Эколого-информационный центр», 2021. 121 с.
2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kamgov.ru/news/v-kraevoj-stolice-roavitsa-obsestvenno-turisticskij-kompleks-s-mezhdunarodnym-ahtennym-portom-petropavlovskaa-gavan-43613/> (дата обращения: 10.04.2022).
3. Zakharikhina, L. Chemical composition and morphology of the Mediterranean mussel, Black Sea coast of Russia / L. Zakharikhina, P. Rudev, A. Paltseva // Marine Pollution Bulletin. 2022. Vol. 179. P. 1–9.
4. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (с изменениями на 6 июля 2011 года). М.: Минздрав России, 2002. 36 с.
5. Богатов, В.В. Особенности биоаккумуляции тяжелых металлов у двустворчатых моллюсков (*Bivalvia*) в природных водоемах Восточной Азии / В.В. Богатов, Л.А. Прозорова, Е.Н. Чернова, Е.В. Лысенко // Изв. ТИНРО. 2014. Т. 178. С. 157–172.
6. Amiard, J.C. Bioaccessibility of essential and non-essential metals in commercial shellfish from Western Europe and Asia / J.C. Amiard, C. Amiard-Triquet, L. Charbonnier, A. Mesnil, P.S. Rainbow, W.X. Wang // Food Chem. Toxicol. 2008. Vol. 46. P. 2010–2022.

Лилия Евгеньевна Слободскова

Тихоокеанский государственный медицинский университет, Факультет довузовской подготовки, студент, Россия, Владивосток, e-mail: taisialil@mail.ru

Авианна Фаязовна Жуковская

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: aviannazh@gmail.com

Артур Александрович Косьяненко

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, ведущий инженер, Россия, Владивосток, e-mail: kosyanpoi@poi.dvo.ru

Олеся Александровна Еловская

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: sharova@poi.dvo.ru

Валентина Владимировна Слободскова^{1, 2}

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: slobodkova@list.ru

²Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, доцент, Россия, Владивосток

Влияние искусственных рифовых конструкций на восстановление антропогенно-измененных морских прибрежных акваторий

Аннотация В настоящее время возросло внимание к использованию искусственных рифов в морских прибрежных акваториях. Так, например, искусственные рифы служат биофильтрами для снижения уровня загрязнения морских вод, повышают биоразнообразие акваторий за счет увеличения запасов различных видов рыб и других гидробионтов, помимо этого используются для спортивного рыболовства и дайвинга. В связи с этим использование искусственных рифов, помимо своей рекреационной направленности, имеет и экологическую, которая способствует восстановлению антропогенно-измененных морских экосистем. Показано, что искусственные рифовые конструкции, установленные в бухте Алексеева, за очень короткий срок своего существования, имеют выраженную ярусность в покрытии организмами-обрастателями, что, несомненно, свидетельствует о формировании биоценоза как начального этапа в восстановлении морской экосистемы, угнетенной в результате хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: биоценоз, бухта Алексеева, искусственные рифы, мониторинг, экосистема.

Liliya E. Slobodskova

Pacific State Medical University, the Faculty of Pre-University Trainin, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: taisialil@mail.ru

Avianna F. Zhukovskaya

V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: aviannazh@gmail.com

Artur A. Kosyanenko

V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Leading Engineer, Russia, Vladivostok, e-mail: kosyanpoi@poi.dvo.ru

Olesya A. Yelovskaya

V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: sharova@poi.dvo.ru

Valentina V. Slobodskova^{1,2}

¹V.I. Ilichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: slobodkova@list.ru

²Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Russia, Vladivostok

Effects of artificial reef structures on the restoration of anthropogenically modified marine coastal waters

Abstract. The use of artificial reefs in marine coastal waters is currently receiving increased attention. For example, artificial reefs serve as biofilters to reduce sea water pollution, increase biodiversity of water areas by increasing stocks of various fish species and other hydrobionts, in addition, they are used for sport fishing and diving. In this regard, the use of artificial reefs, in addition to the recreational purpose, has an ecological one, which contributes to the restoration of anthropogenically altered marine ecosystems. In the present work we have shown that artificial reef structures installed in Alekseev Bay, for a very short period of their existence have a pronounced tiering in the coverage of organisms-fouling, which undoubtedly indicates the formation of biocenosis as the initial stage in the restoration of the marine ecosystem, oppressed as a result of economic activity.

Keywords: biocenosis, Alexeyev Bay, artificial reefs, monitoring, ecosystem.

На современном этапе развития человеческого общества, наряду с непрерывной интенсификацией и расширением масштабов антропогенной деятельности, усиливается воздействие человека на биосферу. Наибольшую тревогу вызывает явление прогрессирующего загрязнения морей и Мирового океана в целом. Но очевидно, что всё возрастающее воздействие человеческой деятельности на океан затрагивает, в первую очередь, его прибрежные зоны.

Для получения более полной информации, характеризующей негативные последствия загрязнения, необходимо проводить долгосрочные наблюдения за состоянием нейстонных, планктонных и бентосных сообществ в определенных районах прибрежных акваторий. Это связано с тем, что причиной перестройки структуры экосистемы могут быть явления природного характера: сезонные, межгодовые вариации, гидродинамические процессы, климатические изменения, циклы развития биоты и др. [1]. Помимо этого, хозяйственная деятельность в виде марикультурных хозяйств влечет за собой избыточное поступление органического вещества на дно, что может вызвать деградацию экосистем акваторий, особенно имеющих слабый водообмен [2].

В связи с этим, может оказаться успешной практика создания искусственных конструкций для заселения прикрепленными морскими организмами «искусственных рифов» (ИР). Воспроизводство естественных сообществ водорослей и животных, нерестилищ, организация пространства обитания гидробионтов, экологическая и рыбохозяйственная мелиорация морских вод, ускорение процессов биоочистки, увеличение биотопического разнообразия, промышленная добыча рыб и беспозвоночных – вот далеко не полный перечень задач, решаемых с помощью внедрения искусственных рифов. Известно, что искусственные рифы играют огромную роль в формировании экосистемы. На обнаженном дне трудно сформироваться

богатому биоценозу, роль субстрата в этом случае играют искусственные рифы, на которых закрепляются водоросли и другие гидробионты, они служат укрытием для мелких рыб и других морских организмов. Подобным образом происходит формирование биоценоза во всем его многообразии. Рифы создают основополагающую «базу» для развития жизни в водоеме. В результате многолетних наблюдений установлено, что в местах установки искусственных рифов биомасса возрастает в 7-10 раз на единицу площади дна. Участки из рифов могут применяться как очистные сооружения, переводя загрязнение воды в естественные донные отложения, так, например, квадратный метр взрослого поселения мидий способен за сутки прокачать через себя и очистить от 7 до 20 кубических метров воды [3]. Несомненно, искусственные рифы позволяют уменьшить площадь загрязненной акватории, предотвратить распространение токсичных вод, способствовать восстановлению природной среды в зонах, подверженных негативному влиянию, поддержать биоразнообразие в районах, испытывающих антропогенное влияние, а также вести постоянный мониторинг состояния окружающей среды [4].

Примером такого положительного воздействия на прибрежные экосистемы могут служить искусственные рифы на основе деревянных конструкций, установленные в бухте Алексеева сотрудниками Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН (рис. 1).

Бухта Алексеева представляет собой полузакрытую акваторию эстуарного типа, глубоко врезающуюся в береговую линию о-ва Попова и выходящую в Амурский залив.



Рисунок 1 – Карта-схема мест установки ИР в бухте Алексеева МЭС о. Попова:

ИР-1 - 42°59'07", N 131°43'35" E

ИР-2 - 42°59'02", N 131°43'30" E

Известно, что экосистема бухты Алексеева, претерпела трансформационные изменения в результате чрезмерной и длительной нагрузки на бухту при осуществлении марикультурной деятельности, браконьерского промысла и антропогенного воздействия. Исходя из данных, полученных в ходе исследования акватории бухты Алексеева, проведенного Жариковым и Преображенским есть основания полагать, что экосистема бухты Алексеева не способна самостоятельно вернуться в исходное состояние [2]. В связи с чем, установка искусственных рифов на акватории бухты, несомненно, будет способствовать формированию морской эко-

системы и повышению видового разнообразия. Искусственные рифы в бухте Алексева были установлены: ИР-1 в марте 2020 г., ИР-2 – в июне 2021 г.

Обследование обрастания стационарных подводных ИР проводилось с помощью подводной видеокамеры, фиксируя основные поясообразующие группировки гидробионтов-обрастателей, характер их расположения в октябре 2021 г.

Характеристика обрастаний ИР-1 и состояние биотопа вокруг установки в октябре 2021 г.

В ходе проведенного обследования на поверхности каркаса ИР-1 в октябре 2021 г. наблюдали раков-отшельников *Pagurus sp.* (0,01 экз./м²), морских звезд *Patiria pectinifera* (1 экз./м²), морских ежей *Strongylocentrotus intermedius*.

На канатах ИР-1 в большом количестве (6-10 экз./дм²) прикреплены асцидии *Ciona savignyi*. Также здесь можно было увидеть черных морских ежей, местами заметны обрастания полихетами с известковыми трубками (до 10 экз./дм²), усоногими раками рода *Balanus* (1-2 экз./дм²), корковыми водорослями (покрытие до 5 %). По канатам перемещаются крупные морские звезды *Asterias amurensis* (около 2 экз./м²), добычей им служат асцидии.

Боковые части корпуса ИР-1 покрыты сплошным ковром (до 100 %) прикрепленных асцидий *Ciona savignyi* (рис. 2). Небольшие свободные от асцидий участки заняты баянусами *Balanus rostratus*, *Balanus sp.*, известковыми трубками полихет родов *Spirorbis*, *Hydroides*, *Polydora*, мшанками, редкими губками. Между скоплениями асцидий наблюдаются колонии гидроидов (покрытие до 10 %) (рис. 3).

Нижняя часть корпуса ИР-1, ниже яруса прикрепления асцидий, занята скоплением устрицы тихоокеанской *Magallana gigas* (до 5 экз./дм²), рис. 4.

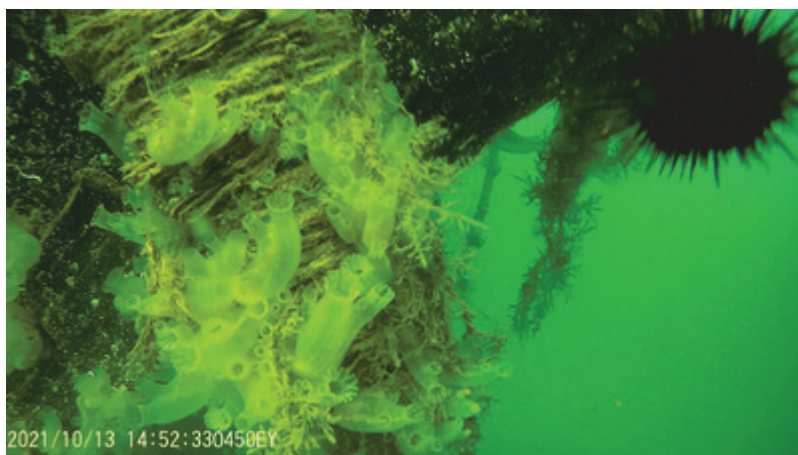


Рисунок 2 – Асцидии *Ciona savignyi*, морской еж *Mesocentrotus nudus*, гидроиды в обрастаниях канатов ИР-1

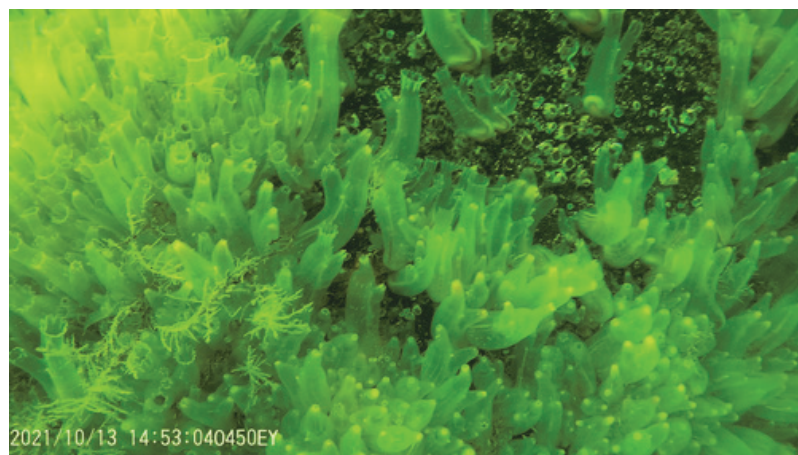


Рисунок 3 – Сообщество *Ciona savignyi* на боковых частях корпуса ИР-1

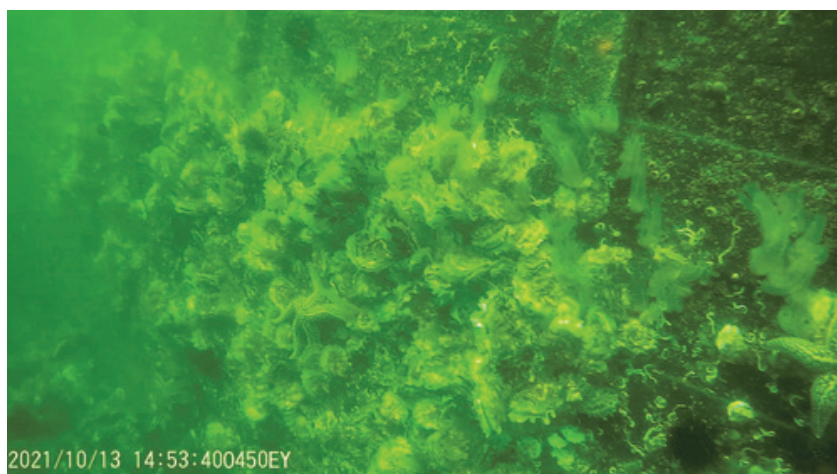


Рисунок 4 – Сообщество устрицы *Magallana gigas* в среднем ярусе обрастаний корпуса ИР

Характеристика обрастаний ИР-2 и состояние биотопа вокруг установки в октябре 2021 г.

Видимость в придонном слое и толще воды в октябре низкая, менее 1 м. В обрастаниях веревок ИР в большом количестве присутствуют гидроидные полипы. Местами встречаются немногочисленные асцидии *Ciona savignyi* с плотностью до 1 экз./дм² (рис. 5).

Среди гидроидов на канатах отмечены небольшие скопления мидии тихоокеанской *Mytilus trossulus* (до 10 экз. на друзу), рис. 6.

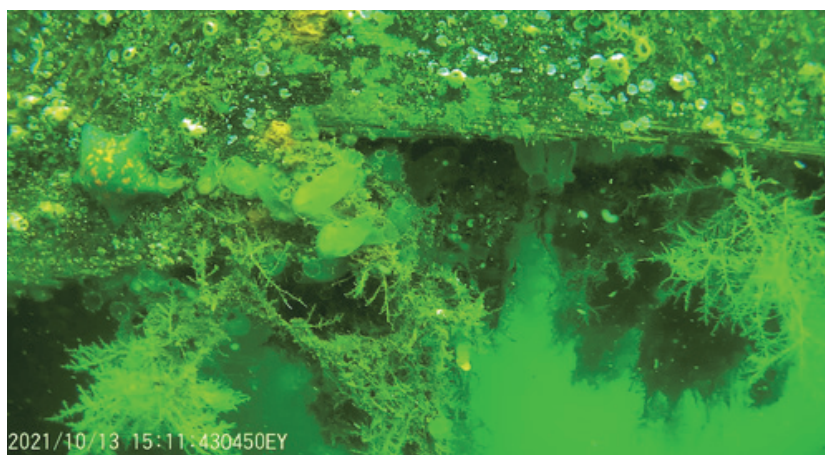


Рисунок 5 – Усоногие раки, гидроиды, асцидии, брюхоногие моллюски, полихеты с известковой трубкой, морские звезды в обрастаниях деревянного каркаса ИР-2

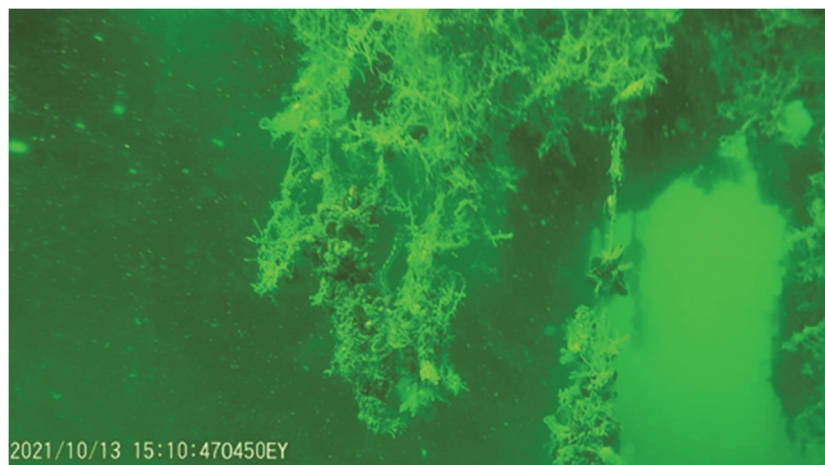


Рисунок 6 – Друзы *Mytilus trossulus* и гидроиды в обрастаниях на фиксирующих ИР тросах

На илисто-песчаном грунте вблизи носовой части затопленного ИР обнаружены приморский гребешок (0,01 экз./м²), серые морские ежи (0,5 экз./м²), многочисленные морские звезды *Patiria pectinifera* (более 10 экз./м²), друзы мидии Грея, крупная особь краба (предположительно сем. Paguridae).

Заключение

Таким образом, в октябре 2021 г. отмечена ярусность в покрытии организмами-обрастателями корпуса ИР-1. Верхний ярус – асцидии *Ciona savignyi* (до 100 % покрытия), сопутствующие виды – гидроиды, средний ярус – устрица (до 80 % покрытия), сопутствующие виды – асцидия, усонogie раки, полихеты, мшанки. Нижний ярус – полихеты с известковыми трубками (*Spirorbis*, *Hydroides*, *Polydora*), усонogie раки рода *Balanus*, гидроиды. Среди подвижных форм эпибентоса преобладают *Asterias amurensis*, *Mesocentrotus nudus*, *Patiria pectinifera*. На илисто-песчаном грунте вокруг шхуны присутствуют совместные друзы мидии Грея и модиолуса курильского, многочисленные звезды *Patiria pectinifera*, приморский гребешок. Серый морской еж вокруг ИР-1 и на ее поверхности по данным видеонаблюдения встречается значительно реже, чем у ИР-2. Наблюдаются отличия в составе и характере обрастаний исследуемых искусственных рифов. Данная причина в большей степени может быть связана, как с разной продолжительностью времени присутствия на дне у исследуемых ИР – затопление ИР-2 проведено в феврале 2020 г., а ИР-1 – июне 2021 г., так и с разным местом и, как следствие, – разной глубиной затопления и (незначительно) с разной гидродинамикой места.

Библиографический список

1. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Экология и проблемы комплексного глобального мониторинга // Комплексный глобальный мониторинг Мирового океана: тр. I Междунар. симпоз. Таллин, 1983. Л.: Гидрометеоздат, 1985. Т. 1. С. 19–48.
2. Жариков В.В., Преображенский Б.В. Ландшафтный мониторинг бухты Алексева залива Петра Великого // Подводная робототехника. 2010. Т. 2, № 10. С. 72–84.
3. Амаева Ф.Ш., Алигаджиев М.М., Абдурахманова А.А. О размещении искусственного рифа в Каспийском море // Аридные экосистемы. 2016. Т. 22, № 2(67). С. 87–92.
4. Маркевич А.И. Динамика заселения рыбами экспериментального искусственного рифа в заливе Петра Великого Японского моря // Биол. моря. 2005. Т. 31, № 4. С. 262–266.

Кирилл Олегович Тевс

Дальневосточный федеральный университет, аспирант, ORCID: 0000-0001-8893-1720, Россия, Владивосток, e-mail: tevs.kirill.95@yandex.ru

Ольга Геннадьевна Шевченко^{1,2}

¹Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура», Россия, Владивосток, e-mail: pozolotina@mail.ru

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-2394-8673, Россия, Владивосток

Владимир Маркович Шулькин

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, доктор геогр. наук, главный научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-4610-2582, Россия, Владивосток, e-mail: shulkin@tigdvo.ru

Мария Александровна Шульгина

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН, младший научный сотрудник, аспирант, ORCID: 0000-0002-4744-9230, Россия, Владивосток, e-mail: annekee@mail.ru,

Особенности сезонной изменчивости фитопланктона и основных гидрохимических параметров среды прибрежных вод острова Русский (залив Петра Великого, Японское море)

Аннотация. Представлены результаты исследования видового состава и количественных характеристик фитопланктона в бухтах острова Русский, обусловленные гидрохимической структурой вод. Впервые в морских водах идентифицирован *Cyclotella atomus* var. *gracilis*, в северо-западной части Японского моря обнаружен *Thalassiosira lundiana*, а в морских водах России также впервые отмечено доминирование в фитопланктоне *Minidiscus comicus*. Общий ход сезонной изменчивости параметров среды и биогенных веществ преимущественно совпадал с особенностями динамики количественных величин развития микроводорослей.

Ключевые слова: фитопланктон, сезонная динамика, биогенные элементы, хлорофилл *a*, остров Русский, Японское море .

Kirill O. Tevs

Far Eastern Federal University, Graduate Student, ORCID: 0000-0001-8893-1720, Russia, Vladivostok, e-mail: tevs.kirill.95@yandex.ru

Olga G. Shevchenko

¹Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture, Russia, Vladivostok, e-mail: 713553@mail.ru

²A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences (NSCMB FEB RAS), Senior Researcher, ORCID: 0000-0003-2394-8673, Russia, Vladivostok

Vladimir M. Shulkin

Pacific Institute of Geography Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Doctor Geographical Sciences, Principal Researcher, ORCID: 0000-0003-4610-2582, Russia, Vladivostok, e-mail: shulkin@tigdvo.ru.

Maria A Shulgina

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Junior Researcher, Graduate Student, ORCID: 0000-0002-4744-9230, Russia, Vladivostok, e-mail: annekee@mail.ru

Features of seasonal variability of phytoplankton and the main hydrochemical parameters environment of coastal waters of Russky Island (Peter the Great Bay, Sea of Japan)

Abstract. This paper presents results of the study of the species composition and qualitative characteristics of phytoplankton in Paris and Zhitkov bays of Russky Island in relation to the hydrochemical structure of waters. *Cyclotella atomus* var. *gracilis* was for the first time identified in marine waters. *Thalassiosira lundiana* is the first record for the northwestern Sea of Japan. *Minidiscus comicus* occurred as the dominant species of phytoplankton in the seas of Russia for the first time. The general trend of the seasonal variations of environmental parameters and nutrients in the mostly coincided with the features of the dynamics of quantitative parameters of microalgae.

Keywords: phytoplankton, seasonal dynamics, hydrochemical parameters, chlorophyll *a*, Russky Island, Sea of Japan.

Введение

Характеристика фитопланктонного сообщества является необходимой основой для оценки качества среды прибрежных морских вод, которые занимают особое место среди морских экосистем с точки зрения интенсивности хозяйственного использования [10]. Одним из важных факторов, контролирующих развитие фитопланктона в прибрежных водах, является уровень содержания основных биогенных элементов, прежде всего их растворенных форм: растворенного кремния, нитратов, нитритов и растворенного неорганического фосфора, которые не только контролируют развитие микроводорослей, но и сами зависят от хода продукционных процессов [6, 18]. Очевидно, что обнаружение зависимостей и причинно-следственных связей между изменением химического состава прибрежных вод и вариациями фитопланктонного сообщества необходимо для понимания и прогноза качества среды прибрежных экосистем.

Интенсивное развитие инфраструктуры островной территории о-ва Русский, привело к увеличению антропогенной нагрузки на прилегающие акватории. Экологическая проблема особенно актуальна для вод имеющих статус особо охраняемых акваторий, участков развития марикультуры и нерестилищ. К таким акваториям относятся бухту Парис, где с 2013 г. находится База изучения морских млекопитающих, и бухту Житкова, в прибрежной зоне которой расположен Приморский океанариум – филиал Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН. Ранее проводились мониторинговые исследования микроводорослей в бухте Парис [4, 13]. Данные по сезонной изменчивости гидрохимических параметров и фитопланктона полученные в 2013–2015 гг. показали отсутствие влияния содержания морских млекопитающих на акваторию данной бухты. Исследование микроводорослей в бухте Житкова ранее не проводились.

Материал и методика

В работе изучены батометрические планктонные сборы, выполненные в период с декабря 2018 г. по январь 2020 г. на станциях, расположенных во внутренней части бухты Парис и в

бухте Житкова острова Русский (рис. 1). Пробы фитопланктона собирались два раза в месяц 5-литровым батометром Нискина. Температуру и соленость в поверхностном слое воды измеряли с помощью многопараметрического зонда HANNA U-52G.

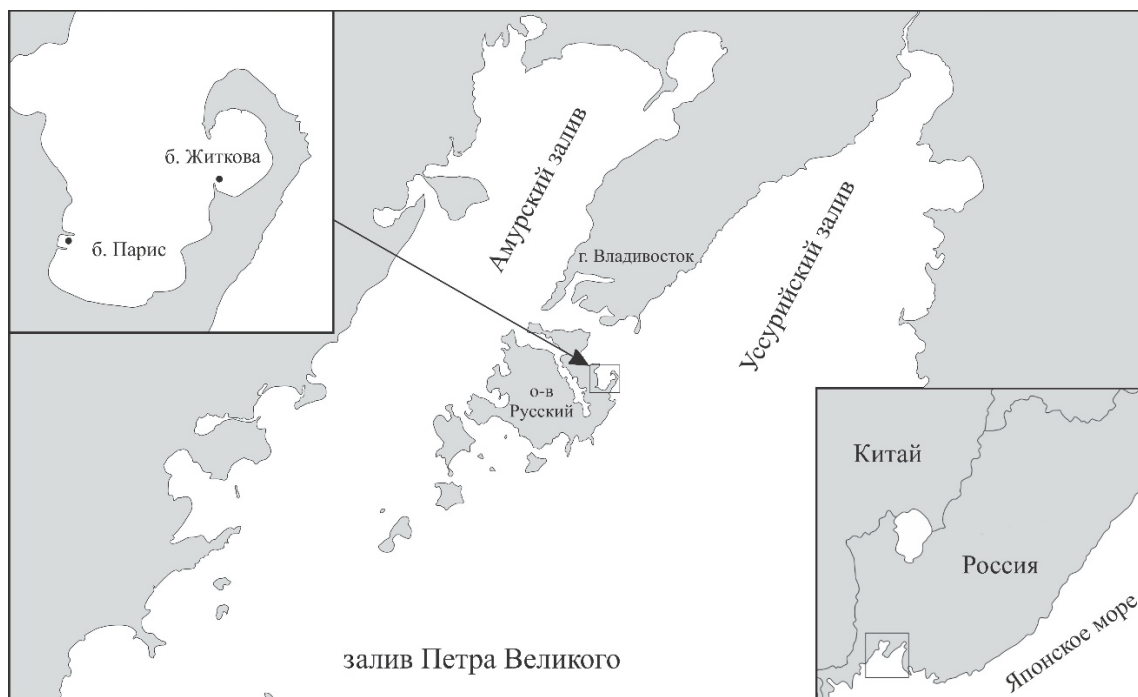


Рисунок 1 – Карта-схема района исследования. Показано расположение станций в бухте Парис и бухте Житкова

Для исследования микроводорослей материал фиксировали раствором Утермёля. Пробы объемом 1 л концентрировали методом осаждения [17]. Плотность клеток микроводорослей подсчитывали в счетной камере Нажотта объемом 0,05 мл [3]. Биомассу фитопланктона оценивали объемным методом. "Цветение" воды рассматривали как массовое развитие водорослей, плотность клеток которых превышала 10^6 кл./л [7]. Из-за сложности разделения под световым микроскопом мелкоклеточных диатомей, доминирующих в планктоне, количественная доля в сообществе приведена для совокупности этих видов. Для определения видового состава фитопланктона использовали световой микроскоп Olympus VX41. Детальное исследование доминирующих видов проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа Carl Zeiss Sigma 300 и трансмиссионного электронного микроскопа Carl Zeiss Libra 120. Концентрацию хлорофилла *a* определяли с помощью двухлучевого спектрофотометра Shimadzu UV-2600. Определение биогенных элементов проводили в ЦКП ЦЛЭДГИС ТИГ ДВО РАН в фильтрах, полученных после капсульных фильтров Pall GWV с размером пор 0,45 мкм.

Результаты

За период исследования обнаружен 181 таксон микроводорослей, относящихся к Bacillariophyceae (104), Dinophyceae (65), Chlorophyceae (4), Cryptophyceae (3), и Ochrophyceae (2) Euglenophyceae (1). Видовое разнообразие на обеих станциях было сопоставимо (142 вида в бухте Парис и 138 видов в бухте Житкова), однако видовой состав различался: в бухте Парис зарегистрировано 45 видов фитопланктона, не отмеченных в бухте Житкова; 41 вид найден только в бухте Житкова. На протяжении всего периода исследования в планктоне доминировали 19 видов микроводорослей. Для бухты Парис были характерны *Minidiscus comicus*, комплекс видов рода *Cyclotella*, *Plagioselmis prolunga*, *Prorocentrum triestinum*. Только в бухте Житкова доминировали *Leptocylindrus minimus* и бентосные водоросли *Cocconeis* sp. и *Licmophora abbreviata*.

Анализ количественных данных показал, что на акваториях бухт плотность фитопланктона изменялась от 4,3 тыс. кл./л до 4,6 млн кл./л, а биомасса варьировала от 24,4 мг/м³ до 8,9 г/м³. В бухте Парис были зарегистрированы максимальные значения для плотности микроводорослей в июле 2019 г., биомассы – в январе 2020 г. Сезонная динамика плотности микроводорослей в бухтах Парис и Житкова характеризовалась 5 пиками (рис. 2). Зимой и осенью динамика плотности микроводорослей в бухтах совпадала. Так, в январе 2019 г. пик обилия фитопланктона был обусловлен вегетацией рафидофитовых водорослей: в бухте Житкова – плотность фитопланктона 1,1 млн кл./л, в бухте Парис – 521,8 тыс. кл./л. Зимний пик в январе 2020 г. характеризовался преобладанием в планктоне диатомовой водоросли *Thalassiosira nordenskioldii* (бухта Парис – 1,6 млн кл./л; бухта Житкова – 1 млн кл./л). В осенний период отмечали две вспышки развития микроводорослей. В сентябре "цветение" воды совпадало с минимумом солености (19‰); только в бухте Парис (4,4 млн кл./л) доминировали пресноводные диатомовые рода *Cyclotella* – *C. atomus* var. *gracilis*, *C. choctawhatcheeana*, а в б. Житкова (2,3 млн кл./л) отмечали массовое развитие морских видов диатомовых *Skeletonema japonicum* и *Thalassiosira lundiana*. Второй осенний пик, в октябре, в обеих бухтах был обусловлен доминированием *S. japonicum* (рис. 2, а).

Весной и летом наблюдали отличия в сезонной динамике бухт. Наиболее значительный летний пик плотности фитопланктона (4,6 млн кл./л) отмечали только в бухте Парис, в планктоне доминировал *Skeletonema dohrnii*. Весеннее "цветение" воды (1,4 млн кл./л) регистрировали только в бухте Житкова, в сообществе преобладал *Heterosigma akashiwo* (рис. 2, а).

Динамика биомассы микроводорослей преимущественно совпадала с сезонной динамикой их плотности (рис. 2, б). Виды, обеспечивавшие вспышки плотности фитопланктона обуславливали и пики биомассы сообщества. Лишь зимой дополнительный вклад в общее значение биомассы вносил крупноклеточный *Coscinodiscus oculus-iridis* (42 %).

Анализ количественных характеристик хлорофилла *a* показал схожую динамику этого параметра в районе исследования. Отмечали 3 пика величиной 11,4–13,4 мг/м³ – в зимний период 2019 и 2020 гг. и осенью 2019 г. Кроме этого, в бухте Житкова регистрировали кратковременное увеличение концентрации хлорофилла *a* в начале марта во время разрушения льда на фоне "цветения" рафидофитовой водоросли *Heterosigma akashiwo*. Выраженные максимумы концентрации хлорофилла *a* были приурочены к пикам "цветения" фитопланктона.

Характер сезонных изменений содержания растворенного кремния в исследуемых бухтах был одинаков. Максимальные значения (82–107 мкмоль/л) отмечали в сентябре при пониженной солености в соответствии с большим количеством дождей и повышенным стоком с суши. В остальное время года DSi не превышала 22,3 мкмоль/л. Величина ХПК, отражающая количество органического вещества в воде, также демонстрировала доминирующий пик в начале сентября, связанный с повышенным стоком с суши. Однако, в отличие от силикатов, для ХПК наблюдался повышенный уровень летом и локальный максимум в б. Житкова во время разрушения льда. В тоже время зимние пики хлорофилла *a* не сопровождалось увеличением ХПК. Максимальный уровень других биогенных веществ в основном фиксировался в конце осени – начале зимы. Наиболее высокие концентрации DIP были отмечены в декабре (1,27 мкмоль/л) в б. Житкова, тогда как весной и летом содержание фосфатов в этих водах не превышало 0,07 мкмоль/л. При схожем характере сезонной изменчивости в б. Парис уровень концентрации фосфатов был ниже, чем в б. Житкова. Максимум фосфатов 0,46 мкмоль/л в б. Парис наблюдали в начале зимы, а наименьшие значения (<0,04 мкмоль/л) фиксировали с мая по сентябрь. Наиболее высокий уровень NO₃ в б. Парис (2,46 мкмоль/л) также наблюдали в начале зимы, с последующим падением в январе-феврале до минимальных значений близких к нулю. В начале весны концентрация нитратов возрастала и колебалась с марта по август в диапазоне от 0,14–0,60 мкмоль/л после чего вновь снижалась до аналитического нуля в осенние месяцы. Концентрации нитратов на станции в б. Житкова имели более выраженную сезонную динамику, максимальные концентрации также отмечали в декабре (3,60 мкмоль/л), при этом кроме зимнего пика NO₃ наблюдали увеличение нитратов в марте

(1,33 мкмоль/л), мае (1,38 мкмоль/л) и июле (1,57 мкмоль/л). Минимальные значения, как и в б. Парис, регистрировали в зимний период с января по февраль, и осенью – с сентября по ноябрь. Сезонная изменчивость нитритов б. Парис в общих чертах повторяла таковую для нитратов.

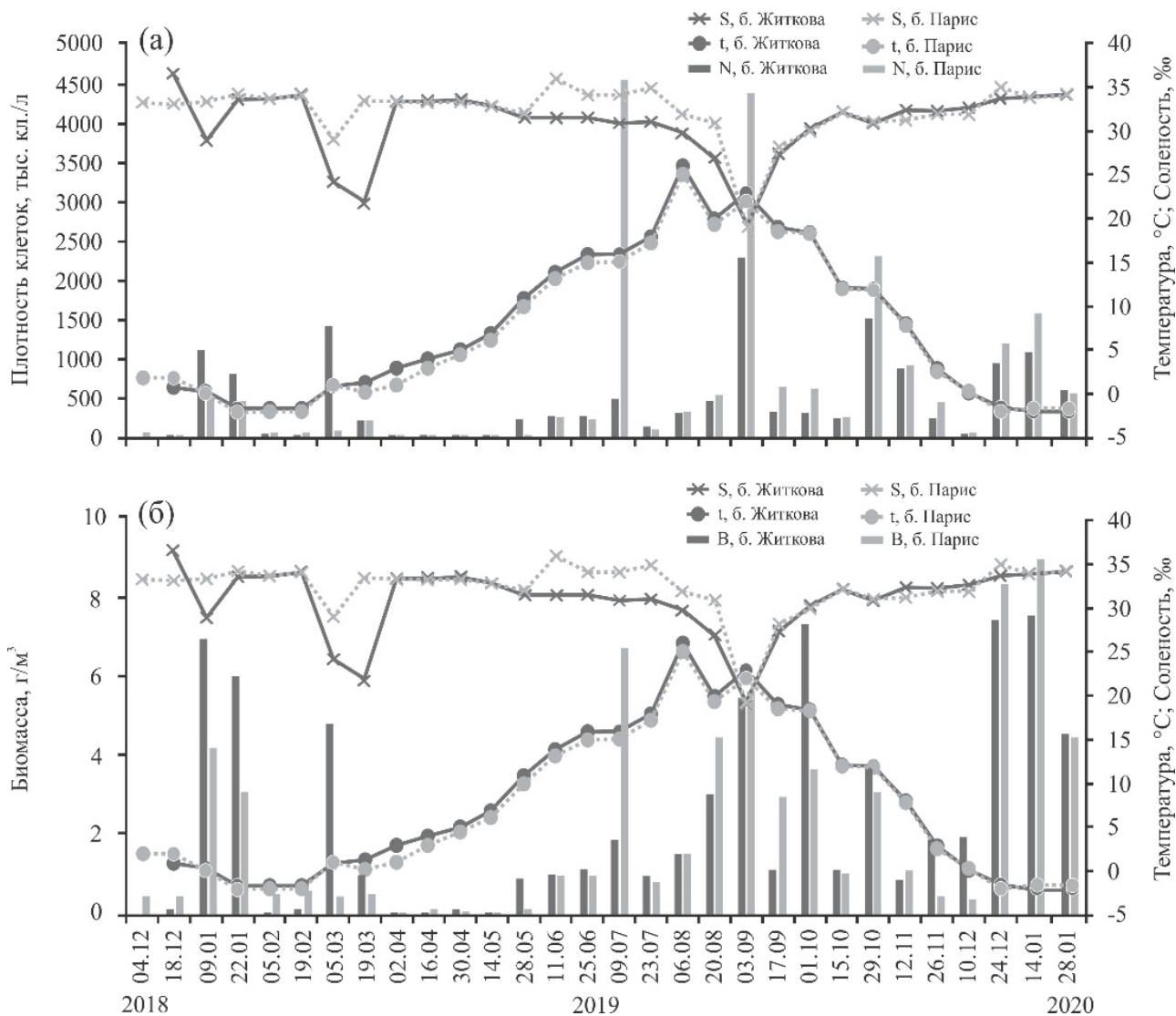


Рисунок 2 – Динамика плотности клеток (а) и биомассы (б) фитопланктона; температура и соленость поверхностного слоя воды в районе исследования

Обсуждение

Видовое разнообразие фитопланктона в районе исследования сопоставимо с результатами, представленными в литературе: б. Парис – 177 видов фитопланктона [13], прибрежные воды о-ва Русский – 254 вида [14], Уссурийский залив – 119 [1]. Большинство отмеченных в нашем исследовании доминирующих видов широко распространены и преобладают в планктоне умеренных широт Мирового океана [5, 15]. Однако отмечены следующие особенности, *Cyclotella atomus* var. *gracilis* впервые зарегистрирован в морских водах. Впервые в морях России *Minidiscus comicus* отмечен как доминирующий вид планктона. Массовое развитие *M. comicus* в районе исследования регистрировали в сентябре при температуре 18°C. Известны случаи "цветения" воды, обусловленные этим видом весной в Средиземном море (13°C) и в прибрежных водах Норвегии (6–7°C) [8, 11]. *M. comicus* – вид нанопланктона (размер створки менее 5 мкм); такие организмы невозможно достоверно идентифицировать на световом уровне, что зачастую приводит к недооценке их роли в сообществе.

Одной из особенностей сезонной динамики фитопланктона в районе исследования было доминирование летом в планктоне мелкоклочных (размер створки менее 15 мкм) видов рода *Thalassiosira*. Видовую идентификацию проводили в ТЭМ и СЭМ, без выделения доли каждого из этих видов. Показано, что одновременно летом в б. Житкова доминировал комплекс *T. lundiana* и *T. tenera*; в б. Парис – *Thalassiosira* sp., *T. lundiana*, *T. pseudonana*. Вид *T. lundiana* впервые идентифицирован в северо-западной части Японского моря.

Проведено сопоставление зависимостей между изменением химического состава прибрежных вод и вариациями фитопланктона. Сезонный ход гидрохимических параметров в бухтах Парис и Житкова определяется двумя главными событиями: 1) распреснением вод (до 19‰) в августе-сентябре за счет поверхностного стока с водосбора при интенсивных муссонных дождях, и 2) повышением концентрации фосфатов, нитратов, нитритов в ноябре-декабре за счет адвекции из открытой части зал. Петра Великого, где содержание фосфатов и неорганических форм азота в поверхностном слое в зимний период составляет 0,7–0,9 и 9–12 мкмоль/л, соответственно [16]. Кроме того, в прибрежных водах возможно поступление биогенных веществ из заиленных донных отложений, подверженных восстановительному диагенезу. Летнее распреснение сопровождается повышением концентрации растворенных силикатов, ХПК и хлорофилла *a*. В августе-сентябре максимум концентрации хлорофилла *a* наблюдался в период минимальной солености и, вероятно, был переоценен из-за взвеси, поступившей с суши с флюоресценцией схожей длины волны [12]. Пики концентрации хлорофилла *a* во время летней и второй осенней вспышки развития фитопланктона при нормальной солености (32–34‰) показывали значения существенно ниже. Разрушение льда в начале марта в б. Житкова также сопровождается повышенной концентрацией ХПК, хлорофилла *a* и всех биогенных веществ и массовым развитием рафидофитовой *Heterosigma akashiwo*. В б. Парис весеннее распреснение было выражено слабо. Общий ход сезонной изменчивости параметров среды и биогенов в бухтах совпадал, однако в б. Парис более проявлен фактор летнего увеличения территориального стока, обуславливающий летнее "цветение" воды; а в б. Житкова более выражено увеличение концентрации нитратов и фосфатов в конце осени-начале зимы, хотя и летом концентрация растворенных форм азота и фосфора здесь выше, чем в б. Парис. Учитывая большую закрытость, и соответственно ослабленный водообмен б. Житкова, это можно рассматривать как свидетельство поступления фосфатов и нитратов из восстановленных донных отложений как заметный источник биогенных веществ в б. Житкова в конце осени. То, что концентрация фосфатов в открытой части зал. Петра Великого в зимний период не превышает 0,9 мкмоль/л [16] и не может обеспечить увеличение до 1,2–1,4 мкмоль/л наблюдаемое в б. Житкова в начале зимы, подтверждает роль потока из донных отложений как фактора сезонной изменчивости гидрохимического состава поверхностных вод. Независимо от причины повышения содержания биогенных веществ в водах бухт Парис и Житкова в начале зимы, оно значительно снижается в январе-феврале вследствие интенсивного потребления фитопланктоном, о чем свидетельствуют наблюдающиеся пики хлорофилла *a* на фоне снижения концентрации биогенных веществ. Близкий характер сезонной изменчивости факторов среды в б. Парис наблюдали в 2014–2015 гг. [4].

Общий тренд сезонной динамики количественных параметров фитопланктона в районе исследования в целом соответствовал особенностям динамики концентрации биогенных элементов. В теплый период, количественные параметры микроводорослей были выше преимущественно в б. Парис на фоне высоких концентрации биогенов. В январе-марте в б. Житкова плотность и биомасса фитопланктона, а также уровень биогенных элементов были выше, чем в б. Парис. В целом, количественные параметры фитопланктона в районе исследования были сопоставимы с таковыми для соседних акваторий [1, 2] и одного порядка с высокопродуктивными акваториями умеренных широт [9, 15].

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. Стоник И.В., Орлова Т.Ю. Летне-осенний фитопланктон в Амурском заливе Японского моря // Биол. моря. 1998. Т. 24, № 4. С. 205–211.
3. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: МГУ, 1979. 167 с.
4. Шевченко О.Г., Тевс К.О., Шулькин В.М. Комплексный мониторинг фитопланктона в мелководной бухте залива Петра Великого (Японское море): динамика хлорофилла *a* и биогенных элементов // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200, вып. 1. С. 141–154.
5. Canesi K.L., Rynearson T.A. Temporal variation of *Skeletonema* community composition from a long-term time series in Narragansett Bay identified using high-throughput DNA sequencing // Mar. Ecol. Prog. Ser. 2016. V. 556. P. 1–16.
6. Carstensen J., Klais R., Cloern J.E. Phytoplankton blooms in estuarine and coastal waters: Seasonal patterns and key species // J. Estuar. Coast. Shelf S. 2015. Vol. 162. P. 98–109.
7. Colijn F. Changes in plankton communities: when, where and why / F. Colijn // ISES Mar. Sci. Symp. 1992. V. 195. P. 193–212.
8. Daniels C.J., Poulton A.J., Esposito M. et al. Phytoplankton dynamics in contrasting early stage North Atlantic spring blooms: composition, succession, and potential drivers // Biogeosciences. 2015. V. 12. P. 2395–2409.
9. Degerlund M., Eilertsen H.C. Main species characteristics of phytoplankton spring blooms in NE Atlantic and Arctic waters (68–80°N) // Estuar. Coasts. 2010. V. 33. P. 242–269.
10. Halpern B.S., McLeod R.L., Rosenberg A.A., Crowder L.B. Managing for cumulative impacts in ecosystem-based management through ocean zoning // Ocean and Coastal Management. 2008. V. 51. P. 203–211.
11. Leblanc K., Quéguiner B., Diaz F. et al. Nanoplanktonic diatoms are globally overlooked but play a role in spring blooms and carbon export // Nat. Commun. 2018. V. 9. P. 953.
12. Qiu D., Huang L., Zhang J., Lin S. Phytoplankton dynamics in and near the highly eutrophic Pearl River Estuary, South China Sea // Cont. Shelf Res. 2010. V. 30. P. 177–186.
13. Shevchenko O.G., Ponomareva A.A., Shulkin V.M. Phytoplankton and Hydrochemical Parameters Near Net Pens with Beluga Whales in a Shallow Bay of the Northwestern Sea of Japan // Thalassas: An International Journal of Marine Sciences. 2018. V. 34, №1. P. 139–151.
14. Shevchenko O.G., Ponomareva A.A., Shulgina M.A., Orlova T.Yu. Phytoplankton in the Coastal Waters of Russky Island, Peter the Great Bay, Sea of Japan // Bot. Pac. 2019. V. 8, № 1. P. 133–141.
15. Škaloud P., Řezáčová M., Ellegaard M. Spatial distribution of phytoplankton in spring 2004 along a transect in the Eastern part of the North Sea // J. Oceanography. 2006. V. 62. P. 717–729.
16. Tishchenko P.Ya., Lobanov V.B., Zhabin I.A., et al. Seasonal variability of the hydrochemical conditions in the Sea of Japan // Oceanology. 2003. V. 43, № 5. P. 643–655.
17. Utermöhl H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton. Methodik. Internat. Verein. Limnol. Mitteilungen. 1958. V. 9. P. 1–38.
18. Watanabe K., Kasai A., Fukuzaki K., Ueno M., Yamashita Y. Estuarine circulation-driven entrainment of oceanic nutrients fuels coastal phytoplankton in an open coastal system in Japan // J. Estuar. Coast. Shelf S. 2017. Vol. 184. P. 126–137.

Алексей Михайлович Токранов

Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, доктор биол. наук, старший научный сотрудник, руководитель лаборатории гидробиологии, ORCID: 0000-0001-6124-578X, Scopus ID: 6603388324, SPIN-код: 9756-8561, Author ID: 93184, Россия, Петропавловск-Камчатский, e-mail: tok_50@mail.ru

**Оценка воздействия вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г.
на представителей отряда Scorpaeniformes в прибрежной зоне Авачинского залива
(Юго-Восточная Камчатка)**

Аннотация. По данным учебных обловов, литоральных сборов и подводной фото- и видеосъёмки, выполненных в мае-сентябре 2021 г. в прибрежных водах Авачинского залива, приведены сведения о видовом составе и относительной численности рыб отряда Scorpaeniformes на глубинах 0-25 м. Полученные данные позволяют сделать вывод, что степень негативного воздействия вредоносного цветения водорослей (ВЦВ) в осенний период 2020 г. на видовой состав и численность рыб, обитающих в приливно-отливной зоне, оказалась крайне незначительной. Сложившиеся осенью 2020 г. в зоне верхней сублиторали (глубины 2-25 м) Авачинского залива неблагоприятные экологические условия практически не повлияли на численность и жизнедеятельность активно перемещающихся представителей ихтиофауны, способных избегать участков прибрежной акватории с ВЦВ.

Ключевые слова: Scorpaeniformes, видовой состав, относительная численность, прибрежная зона, Авачинский залив, вредоносное цветение водорослей.

Alexey M. Tokranov

Kamchatka Branch of Pacific Geographical Institute FEB RAS, Doctor of Biological Sciences, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: tok_50@mail.ru

**Estimate of the effect of the harmful algal bloom in the autumn 2020 on species
of Scorpaeniformes order in the coastal zone of the Avacha Gulf
(South-Eastern Kamchatka)**

Abstract. The data on the composition and relative quantity of the Scorpaeniformes order fishes in the littoral and the upper sublittoral zones in the coastal waters of the Avacha Gulf (South-Eastern Kamchatka) are provided basing on the analysis of the results of hook catches, collections made in the intertidal zone, and underwater photo- and video records performed in the May-September 2021. The obtained results show that the impact of the negative effect of harmful algal bloom in the autumn of 2020 on the species composition and quantity of Scorpaeniformes order fishes, inhabiting the intertidal zone, is very insignificant. Unfavorable ecological conditions in the upper sublittoral zone (2–25 m) in the Avacha Gulf in the autumn 2020 practically had no influence on the quantity and mode of life of the representatives of the Scorpaeniformes order which were able to leave temporarily the coastal waters with harmful algal bloom areas.

Keywords: Scorpaeniformes, species composition, relative quantity, coastal zone, Avacha Gulf, harmful algal bloom.

Осенью 2020 г. в прибрежных водах Южной Камчатки сложилась неблагоприятная экологическая обстановка, вызвавшая массовую гибель донных морских организмов. Специалисты различных российских исследовательских центров и природоохранных организаций провели совместно с камчатскими учёными довольно обстоятельное обследование прибрежной акватории, после чего пришли к заключению, что причина возникшей неблагоприятной экологической обстановки – природное явление, называемое «красным приливом» или вредоносным цветением водорослей (ВЦВ), вызванное бурным развитием токсичных одноклеточных водорослей. В зоне верхней сублиторали Южной Камчатки подобные случаи отмечали и ранее [1, 2]. Однако в 2020 г. ВЦВ проявилось более заметно и вызвало общественный резонанс. Поскольку из-за происходящих в последние годы глобальных изменений климата и повышения температуры воды в океане, по прогнозам морских биологов [3, 4], ВЦВ будут неизбежно повторяться, возникает необходимость оценки степени воздействия сложившейся осенью 2020 г. у берегов Камчатки неблагоприятной экологической обстановки на представителей различных групп флоры и фауны, в том числе, на обитающих в прибрежной зоне рыб, значительная часть которых (свыше 55%) входит в состав отряда скорпенообразных *Scorpaeniformes*. Тем более что некоторые представители этого отряда (например, терпуги и морские окуни) служат традиционными объектами промысла и любительского рыболовства. В связи с этим, в мае-сентябре 2021 г. при проведении исследований по теме «Изучение восстановительного потенциала прибрежных экосистем юго-восточной Камчатки, динамики популяций морских млекопитающих в условиях масштабных ВЦВ в водах Камчатки и прилегающих акваторий дальневосточных морей России в районах массовой гибели гидробионтов» сотрудниками Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН был собран материал, который позволяет получить представление о видовом составе и относительной численности рыб отряда *Scorpaeniformes* в прибрежье Авачинского залива в настоящее время и оценить степень негативного воздействия на них ВЦВ, возникшего здесь осенью 2020 г.

Материалом для настоящего сообщения послужили результаты изучения видового состава скорпенообразных рыб в прибрежье Авачинского залива (глубины 0-25 м) с помощью контрольных удебных обловов, литоральных сборов, водолазных обследований и визуальных наблюдений, а также фото- и видеосъёмки рыб в естественных условиях обитания. Контрольные обловы удебными снастями осуществляли на глубинах от 2 до 25 м в июле-августе 2021 г. в бухтах Безымянной, Вилючинской и у о-ва Старичков. Литоральные сборы проводили в основном в северо-восточной части Авачинской губы в мае-сентябре 2021 г. Во время больших отливов рыб ловили руками в литоральных лужах под камнями, фиксировали в 6% формалине, затем в лабораторных условиях подвергали камеральной обработке. Кроме того, привлечены результаты, подводных визуальных наблюдений, а также фото- и видеосъёмки, выполненных в мае-августе 2021 г. Всего в работе использованы данные 5 удебных обловов, 26 литоральных сборов и 5 подводных визуальных наблюдений, сопровождавшихся фото- и видеосъёмкой, осуществлённых в мае-августе 2021 г. в прибрежье Авачинского залива.

Дополнительно для оценки степени воздействия возникшей осенью 2020 г. неблагоприятной экологической обстановки у берегов Камчатки на обитающих в прибрежной зоне представителей отряда *Scorpaeniformes* привлечены данные контрольных удебных обловов рыб, выполненные в Авачинском заливе в первой половине октября 2020 г. на экспедиционном судне Кроноцкого государственного заповедника «Анисифор Крупенин» под руководством мл. науч. сотрудника Камчатского филиала ТИГ ДВО РАН И.А. Усатова. Имеющаяся информация за прошлые годы [5], позволила сравнить видовой состав представителей отряда *Scorpaeniformes* Авачинского залива и относительную численность отдельных видов терпугов *Hexagrammidae*, морских окуней *Sebastidae* и рогатковых рыб *Cottidae* на одном из обследованных участков – у о-ва Старичков до и после воздействия на них неблагоприятной экологической обстановки.

В результате исследований, выполненных в мае-сентябре 2021 г., в прибрежье Авачинского залива (от приливно-отливной зоны до глубины 25 м) зарегистрировано 12 видов рыб отряда *Scorpaeniformes* из 6 семейств (табл. 1). Анализ видового состава свидетельствует, что

их основу в прибрежной зоне этого залива (около 66,7% от числа учтённых видов) в период с мая по сентябрь формировали представители только 2 семейств донных и придонных рыб – рогатковых Cottidae (5 видов) и терпуговых Hexagrammidae (3 вида). Остальные 4 семейства включали лишь по одному виду. Сопоставление полученных результатов с имеющимися в литературе данными о видовом составе рыб отряда Scorpaeniformes в прибрежной зоне Авачинского залива [5-7] в 1998-2006 гг. (т.е. задолго до неблагоприятной экологической обстановки, сложившейся осенью 2020 г.), наглядно свидетельствует о том, что как преобладающая часть зарегистрированных здесь видов этого отряда, так и их принадлежность к отдельным семействам были довольно сходны (табл. 1).

Таблица 1 – Видовой состав рыб отряда Scorpaeniformes в прибрежной зоне (0-25 м) Авачинского залива в 1998-2006 и 2021 гг.

№	Семейство, вид	1998-2006 гг.*	2021 г.
I. Сем. Scorpaenidae – Морские окуни			
1	<i>Sebastes glaucus</i> Hilgendorf, 1880 – широколобый морской окунь	+	+
II. Сем. Hexagrammidae – Терпуговые			
2	<i>Hexagrammos lagocephalus</i> (Pallas, 1810) - зайцеголовый терпуг	+	+
3	<i>H. stelleri</i> Tilesius, 1810 – пятнистый терпуг	+	+
4	<i>Pleurogrammus monopterygius</i> (Pallas, 1810) – северный однопёрый терпуг	+	+
III. Сем. Cottidae - Рогатковые			
5	<i>Enophrys diceraus</i> (Pallas, 1787) – двурогий бычок	+	+
6	<i>Hemilepidotus gilberti</i> Jordan et Starks, 1904 – пёстрый получешуйник	+	+
7	<i>H. jordani</i> Bean, 1881 – белобрюхий получешуйник	+	+
8	<i>Myoxocephalus niger</i> (Bean, 1881 – чёрный керчак**	+	-
9	<i>M. polyacanthocephalus</i> (Pallas, 1814) – многоиглый керчак	+	+
10	<i>M. stelleri</i> Tilesius, 1811 – мраморный керчак	+	+
11	<i>Porocottus camtschaticus</i> (Schmidt, 1916) – камчатский бахромчатый бычок**	+	-
IV. Сем. Hemitripterae – Волосатковые			
12	<i>Blepsias cirrhosus</i> (Pallas, 1814) – трёхлопастной усатый бычок**	+	-
13	<i>Hemitripterus villosus</i> (Pallas, 1814) – бычок-ворон	+	-
V. Сем. Agonidae – Лисичковые			
14	<i>Pallasina aix</i> Starks, 1896 – игловидная лисичка	+	+
VI. Сем. Cyclopteridae – Круглопёровые			
15	<i>Aptocyclus ventricosus</i> (Pallas, 1769) – рыба-лягушка	+	+
16	<i>Eumicrotremus asperrimus</i> (Tanaka, 1912) – многошипый круглопёр	+	-
VII. Сем. Liparidae - Липаровые			
17	<i>Liparis brashnikovi</i> Soldatov, 1930 – липарис Бражникова**	+	-
18	<i>L. cf. kusnetzovi</i> Taranetz, 1935 – липарис Кузнецова	+	+
19	<i>L. miostomus</i> Matsubara et Iwai, 1954 – малоротый липарис**	+	-
20	<i>L. schantarensis</i> (Lindberg et Dul'keit, 1929) – шантарский липарис**	+	-
Общее количество видов		20	12

Примечания. *По [5-7]. **Обнаружены в 1998 г. в литоральных лужах, обработанных ротеноном.

Большой видовой состав рыб в 1998-2006 гг. обусловлен, главным образом, использованием в 1998 г. при изучении литоральной ихтиофауны ротенона, что позволило обнаружить в приливно-отливной зоне особей ещё 6 видов скорпенообразных рыб – трёх мелких представителей рода *Liparis* (малоротого *L. miostomus*, шантарского *L. schantarensis* липарисов и липариса Бражникова *L. brashnikovii*), а также молодёжь чёрного керчака *Myoxocephalus niger*, камчатского бахромчатого *Porocottus camtschaticus* и трёхлопастного *Blepsias cirrhosus* бычков.

Согласно результатам контрольных учебных обловов, в летний период 2021 г. в прибрежной зоне Авачинского залива на глубине 2-25 м среди донных и придонных рыб по численности доминировали половозрелые особи 4 видов отряда Scorpaeniformes - зайцеголового *Hexagrammos lagocephalus* и пятнистого *H. stelleri* терпугов, широколобого морского окуня *Sebastes glaucus* и пёстрого получешуйника *Hemilepidotus gilberti*, суммарная доля которых составляла 71,4 % от численности всех пойманных представителей ихтиофауны. У двух первых из них в августе проходил массовый нерест, о чём можно было судить по наличию в уловах готовых к вымету икры самок. Ранее, в июне повсеместно в прибрежье Авачинского залива, очевидно, протекал нерест рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus*, подтверждением чему является нахождение её взрослых половозрелых особей в период с конца мая до начала июля в зоне прибрежного мелководья и погибших отнерестившихся рыб в береговых выбросах, а позднее, в июле, на глубинах 5-8 м – мальков различного возраста.

В приливно-отливной зоне в мае-сентябре 2021 г. повсеместно абсолютно доминировал представитель отряда Perciformes бурый морской петушок *Alectrias alectrolophus* (табл. 2), доля которого в Авачинской губе, где было выполнено наибольшее количество наблюдений, в различные годы варьировала от 96,0 до 100% [8]. Как и в прошлые годы, в этом биотопе обнаружены лишь единичные особи двух видов отряда Scorpaeniformes – появляющаяся здесь обычно с середины июля молодёжь мраморного керчака *Myoxocephalus stelleri* размером свыше 34-40 мм и один из липарисов, подобный липарису Кузнецова *Liparis cf. kusnetzovi* длиной 74-128 мм.

Таблица 2 – Относительное количество (в % от числа пойманных рыб) представителей семейств Cottidae и Liparidae отряда Scorpaeniformes в разные годы в приливно-отливной зоне Авачинской губы (май-сентябрь 2014-2021 гг.)

Семейство, вид	Годы							
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Cottidae								
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	0,32	-	-	0,26	-	-	0,32	0,30
Liparidae								
<i>Liparis cf. kusnetzovi</i>	-	-	-	0,07	0,11	-	0,05	0,10
Представители отряда Perciformes	99,68	100	100	99,67	99,89	100	99,63	99,60
Общее число пойманных рыб, экз.	313	424	2471	1532	902	307	1900	2760

Имеющаяся информация за прошлые годы позволяет сравнить состав учебных уловов и относительную численность отдельных видов отряда Scorpaeniformes в прибрежье о-ва Старичков до и после воздействия на них неблагоприятной экологической обстановки, вызванной ВЦВ (табл. 3). Как наглядно свидетельствуют приведённые в таблице данные, в период с 1998 г. и до настоящего времени доминирующим видом здесь в летне-осенние месяцы в учебных уловах постоянно являлся зайцеголовый терпуг, доля которого в различные годы варьировала от 47,2 (1998 и 2021 гг.) до 58,1 (2020 г.) % от численности всех выловленных рыб. Причём, согласно данным экспедиционного отчёта о результатах обследования на судне «Анисифор Крупенин» верхней сублиторали юго-восточной Камчатки, каких-либо внешних повреждений и изменений окраски у особей зайцеголового терпуга, широколобого морского окуня и пёстрого получешуйника, пойманных у о-ва Старичков 13 октября 2020 г. во время интенсивного развития ВЦВ, не выявлено, а их пищевая активность была достаточно высока.

Таблица 3 – Доля различных представителей отряда Scorpaeniformes и других рыб в удебных уловах в прибрежной зоне о-ва Старичков в разные годы

Вид	Доля в уловах, в % по численности		
	1998 г., июнь*	2020 г., октябрь**	2021 г., июль
<i>Sebastes glaucus</i>	-	16,1	2,9
<i>Hexagrammos lagocephalus</i>	47,2	58,1	47,2
<i>Pleurogrammus monopterygius</i>	2,8	9,7	2,9
<i>Enophrys dicercaus</i>	1,4	-	2,9
<i>Hemilepidotus jordani</i>	1,4	-	-
<i>Hemilepidotus giberti</i>	9,7	16,1	5,9
<i>Myoxocephalus polyacanthcephalus</i>	12,5	-	2,9
<i>Myoxocephalus stelleri</i>	23,6	-	5,9
Представители других отрядов (Gadiformes, Perciformes и Pleuronectiformes)	1,6	-	29,4
Всего, экз.	72	31	34

Примечания. *По [5]. **Данные из экспедиционного отчёта рейса на судне «Анисифор Крупенин», 2020 г.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что степень негативного воздействия вредоносного цветения водорослей в осенний период 2020 г. на видовой состав и численность прибрежных рыб, обитающих в приливно-отливной зоне, в том числе, представителей отряда Scorpaeniformes, оказалась крайне незначительной. На обследованных участках галечно-валунной литорали, как и в прошлые годы, единично встречалась молодь мраморного керчака, использующая данный биотоп для нагула, и один из видов липарисов. Причём относительное количество этих скорпенообразных рыб в мае-сентябре 2021 г. в приливно-отливной зоне оставалось на том же уровне, что и в предшествующие ВЦВ годы.

Возникшие осенью 2020 г. в прибрежье Юго-Восточной Камчатки неблагоприятные экологические условия практически не повлияли на численность и жизнедеятельность активно перемещающихся представителей прибрежной ихтиофауны, в том числе, таких типичных и массовых в летние месяцы в верхней сублиторали на глубинах от 2 до 25 м видов скорпенообразных рыб, как зайцеголовый и пятнистый терпуги, пёстрый получешуйник, мраморный керчак и широколобый морской окунь, способных избегать участков прибрежной акватории, на которых происходило бурное развитие токсичных одноклеточных водорослей. Как свидетельствуют результаты контрольных удебных обловов, относительная численность этих представителей ихтиофауны на обследованных участках верхней сублиторали Авачинского залива в июле-августе 2021 г. находилась на том же уровне, что и в предыдущие годы исследований, их пищевая активность являлась достаточно высокой, а какие-либо внешние повреждения и изменения окраски отсутствовали. У обоих видов терпугов в августе проходил массовый нерест, о чём можно было судить по наличию в уловах готовых к вымету икры самок. В мае-июне в зону прибрежного мелководья Авачинского залива традиционно подошли на нерест половозрелые особи рыбы-лягушки. Развитие отложенных в прибрежье самками этого вида кладок икры, очевидно, протекало нормально, свидетельством чему служит массовое появление в июле на глубинах 5-8 м его мальков различного возраста.

Благодарности

Автор благодарит за помощь при сборе материалов в мае-августе 2021 г. и предоставленные для анализа фотоматериалы старшего научного сотрудника лаборатории гидробиологии, канд. биол. наук Н.П. Самаян и подводного фотографа А.В. Коробка; за доставку и обеспечение водолазных работ руководство ООО «Подводсервис» и экипаж судна «Ларус», а также всех коллег, принимавших участие в выполнении контрольных удебных обловов рыб в прибрежье Авачинского залива в июле-августе 2021 г.

Библиографический список

1. Сидоров К.С., Бурдин А.М. Исследование кормовых ресурсов камчатской популяции калана // Научно-исслед. работы по морск. млекопитающим сев. части Тихого океана в 1984/85 гг. М.: ВНИРО, 1986. С. 107–116.
2. Сидоров К.С., Акимов С.Е. Полигонные работы по мониторингу прибрежных сообществ в Командоро-Камчатском районе за 1987 г. // Тез. докл. III Всесоюзн. конф. по морск. биологии. Киев: АН УССР, 1988. Ч. I. . 288-289.
3. Van Dolah F.M. Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence // Environ Health Perspect. 2000. Vol. 108. Suppl. 1. № Suppl. 1. P. 133-141. DOI: 10.1289/ehp.00108s1133.
4. Moore S.K., Trainer V.L., Mantua N.J., Parker M.S., Laws E.A., Backer L.C., Fleming L.E. Impacts of climate variability and future climate change on harmful algal blooms and human health // Environ Health. 2008. Vol. 7. Suppl. 2. № Suppl. 2. P. S4. DOI: 10.1186/1476-069x-7-s2-s4.
5. Токранов А.М., Шейко Б.А. К познанию ихтиофауны прибрежных вод острова Старичков. Биота острова Старичков и прилегающей к нему акватории Авачинского залива // Тр. КФ ТИГ ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2009. Вып. VIII. С. 250–262.
6. Токранов А.М., Шейко Б.А. Современный состав ихтиофауны Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Исслед. водных биол. ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2015. Вып. 36. С. 48-54. DOI: 10.15853/2072-8212.2015.36.48-54.
7. Токранов А.М., Мурашева М.Ю. Ихтиофауна литорали Авачинской губы (Юго-Восточная Камчатка) // Вопр. ихтиологии. 2018. Т. 58. № 4. С. 422–427. DOI: 10.1134/S0042875218040161.
8. Токранов А.М., Мурашева М.Ю. Состав литоральной ихтиофауны северо-восточной части Авачинской губы (Восточная Камчатка) в 2014-2021 гг. // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: матер. XXII межд. науч. конф., посвящ. 120-летию известного камч. учёного-ихтиолога, одного из организаторов регулярных исслед. биол. и состояния запасов морск. промысл. рыб у берегов Камчатки, почётного гражданина Петропавловска-Камчатского, канд. биол. наук И.А. Полутова. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2021. С. 168-1729. DOI: 10.53657/9785961004038_168.

Светлана Васильевна Чусовитина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. биол. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Анастасия Александровна Перерва

ФГБУ «Главрыбвод», Гурский рыболовный завод, рыбовод, Россия, Хабаровский край, Комсомольский район, п. Гурское, e-mail: stacey.pererva@mail.ru

**Некоторые черты биологии кеты *Oncorhynchus keta* реки Гур
(Хабаровский край) в 2017-2020 гг.**

Аннотация. Исследованы изменения биологических показателей осенней кеты реки Гур в годы различных по массовости подходов. Установлено, что в 2017-2020 гг. нерестовый ход кеты в реке Гур начинался во второй декаде сентября и заканчивался во второй декаде октября, размерно-массовые характеристики напрямую не были связаны с количеством зашедших рыб.

Ключевые слова: осенняя кета, размерно-массовые характеристики, плодовитость, динамика нерестового хода, река Гур.

Svetlana V. Chusovitina

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: chusovitina.sv@dgtru.ru

Anastasiya A. Pererva

FSBI «Glavrybvod», Gurskoe Fish Factory, Fish Farmer, Russia, Khabarovsk Territory, Komsomolsky district, Gurskoe, e-mail: stacey.pererva@mail.ru

**Some features of chum salmon biology (*Oncorhynchus keta*) in Gur River
(Khabarovsk Territory) 2017-2022**

Abstract. Changes in the biological parameters of the autumn chum salmon of the Gur River in the years of different mass approaches were studied. It was found that in 2017-2020, the spawning run of chum salmon in the Gur River began in the second ten days of September and ended in the second ten days of October; size and mass characteristics were not directly related to the number of fish that entered.

Keywords: autumn chum salmon, size-mass characteristics, fecundity, dynamics of the spawning run, River Gur.

Введение

В бассейне наиболее крупной на территории Дальнего Востока лососевой реки – Амур в XX и XXI вв. происходило значительное изменение уловов, сокращение площадей и заполняемости естественных нерестилищ проходных рыб. В прошлом веке максимальный вылов пришелся на 1910-1915 гг., в XXI в. – на 2012-2016 гг. [1]. К настоящему времени, после очередного пика, численность лососей снижается, значительно сократились нерестилища осенней кеты верхнего и среднего Амура. В определенной мере эти потери компенсируют 5 рыбозаводных заводов, расположенных на разном удалении от устья Амура. Суммарная мощ-

ность заводов составляет 160,0 млн икринок по закладке и 92,4 млн экз. по выпуску молоди навеской 0,5 г [2]. Гурский ЛРЗ, расположенный на расстоянии 200 км от устья реки, более чем за полвека работы, в зависимости от мощности подходов, выпускал от 0,34 до 16,04 млн экз., в среднем 6,1 млн экз.

Цель работы – сравнительная характеристика биологического состояния нерестовой кеты (*Oncorhynchus keta*) реки Гур (Хабаровский край) в 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. В связи с этим было необходимо изучить: динамику нерестового хода, размерно-массовый состав рыб и определить их готовность к нересту.

Материал и методики

В работе использованы материалы, собранные вторым автором на Гурском рыбноводном заводе ФГБУ «Главрыбвод», расположенном на расстоянии 200 км от устья реки Гур в период нерестового хода осенней кеты *Oncorhynchus keta* в 2017, 2018, 2019 и 2020 гг. Биологический анализ 446 экземпляров выполнялся по общепринятой методике.

Результаты исследований и их обсуждение

В 2017-2020 гг. нерестовый ход осенней кеты в реке Гур начинался во второй половине сентября, имел 2-4 волны и продолжался менее 1 мес. (рис. 1, 2). Общее количество особей сокращалось от 2018 г. к 2020 г. В 2020 г. кета появилась раньше обычных сроков, рыб зашло меньше обычного.

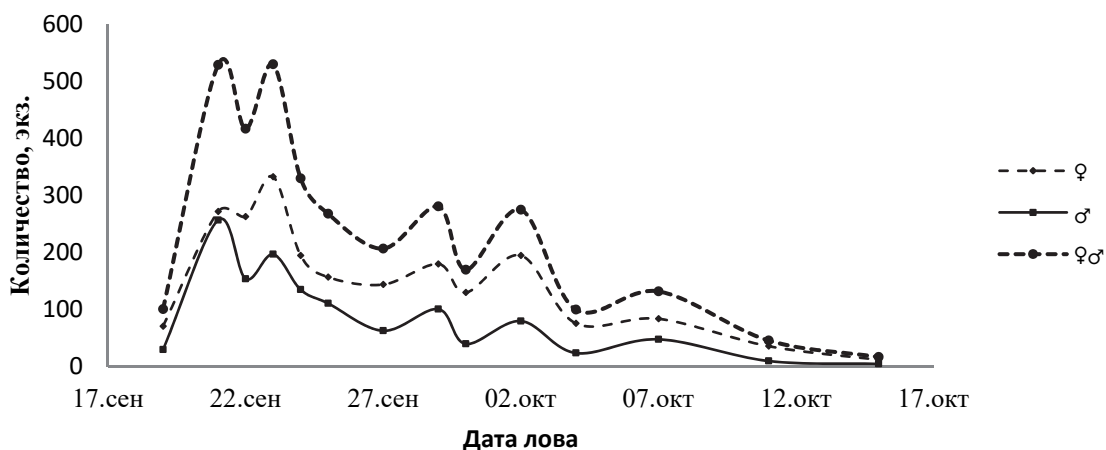


Рисунок 1 – Вылов осенней кеты в р. Гур в 2018 г.

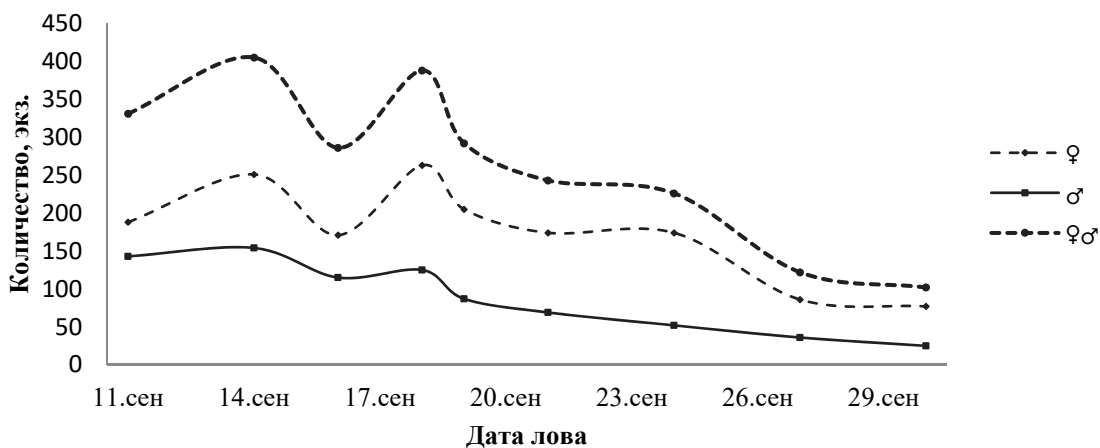


Рисунок 2 – Вылов осенней кеты в реке Гур в 2020 г.

В 2017 г. размерный состав осенней кеты включал рыб от 54 до 71 см, преобладали особи длиной 58-69 см (80 %) (рис. 3). Модальный класс формировала кета от 64 до 66 см (26 %), доля крупных самок (более 67 см) была меньше таких самцов в 2 раза. По средним размерам самцы превосходили самок на 2 см (таблица).

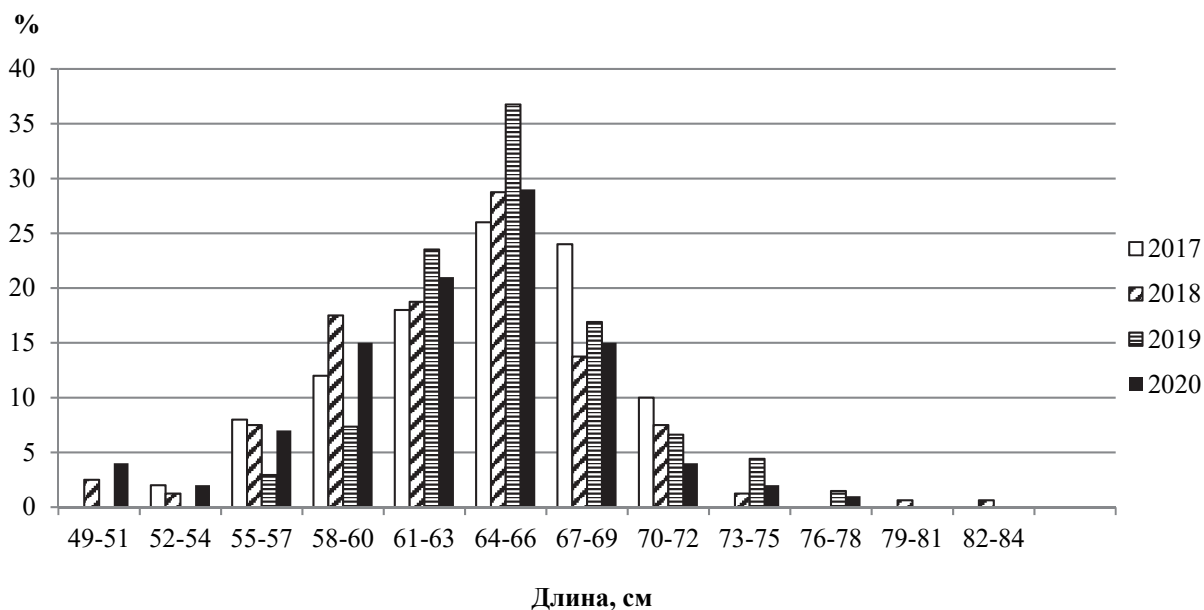


Рисунок 3 – Размерный состав осенней кеты реки Гур в 2017, 2018, 2019 и 2020 гг.

Средние размерные и массовые показатели осенней кеты реки Гур

Год	Средняя длина, см	Средняя масса, г
2017	64±0,6	2966±108,0
♀	63±0,9	2647±128,9
♂	65±0,9	3284±150,1
2018	63±0,4	2704±65,4
♀	62±0,4	2442±54,4
♂	65±0,7	3001±116,1
2019	65±0,3	2861±45,3
♀	64±0,5	2760±63,7
♂	66±0,4	2940±62,4
2020	63±0,5	2652±73,6
♀	63±0,5	2607±79,1
♂	63±0,9	2697±123,6

В 2018 г. по сравнению с 2017 г. размах варьирования размерных показателей увеличился с 17 до 35 см, но средняя длина изменилась незначительно. Преобладали самки длиной 58-66 см, самцы – от 64 до 72 см (66 %). Самые мелкие и наиболее крупные особи были самцами. Средняя длина самцов была на 3 см больше, чем у самок.

В 2019 г. на нерест заходили более крупные особи (см. рис. 3). Средняя длина самок выросла на 2 см, а самцов на 1 см. Размерный состав был представлен особями длиной от 55 до 77 см, преобладали – от 61 до 69 см (см. рис. 3). Модальный класс включал рыб от 64 до 66 см (37 %). Модальные классы самок и самцов совпадали, на долю рыб длиной от 64 до 66 см пришлось, соответственно, 35 и 38 %. Средние параметры самцов превыше таковые самок на 2 см.

Осенью 2020 г. подход кеты к нерестилищам реки Гур был крайне слабым. Длина рыб изменялась от 49 до 76 см. Размах вариации размерных показателей уступал только параметрам рыб нерестового хода 2018 г. Модальную группу формировали особи от 58 до 69 см (80 %).

Средние длины самцов и самок не отличались. Снижение среднего значения по сравнению с предыдущим годом, возможно, объясняет присутствие в уловах 2020 г. рыб менее 50 см.

Исследование массового состава осенней кеты за все время наблюдений выявило доминирование особей от 2001 до 3500 г, в 2017 г. в модальную группу вошли и более крупные экземпляры (3501-4000 г). В 2018 г. массовый ряд был наиболее протяженным, в 2017 г. – самым коротким (рис. 4).

В реке Гур заходила кета в возрасте 3+, 4+ и 5+ и в 2018 г. доля молодых особей была максимальной (53 %).

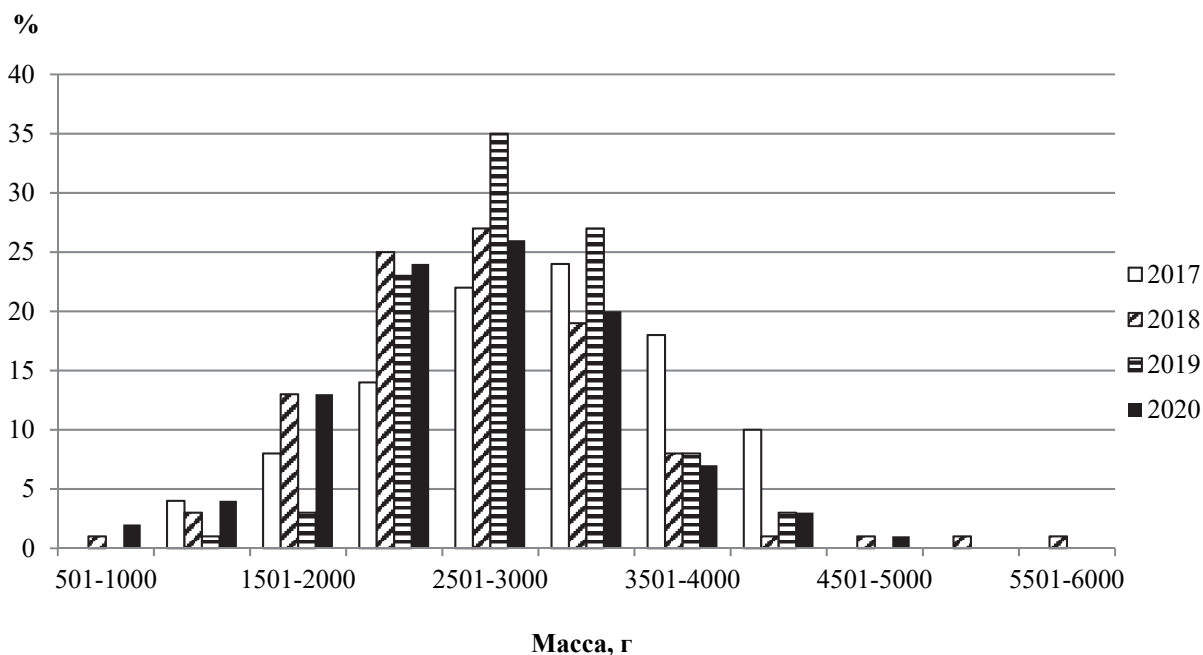


Рисунок 4 – Массовый состав осенней кеты реки Гур в 2017, 2018, 2019 и 2020 гг.

В годы наблюдений зависимость длина – масса кеты р. Гур подчинялась уравнению степенной функции, коэффициент b был близок, но не равен 3, коэффициент корреляции близок к 0,9 (рис. 5). Наиболее полная согласованность в изменение параметров отмечена в 2018 г.

Среди факторов, сказывающихся на размерно-массовых показателях лососей, отмечают место нереста и численность идущих на нерест рыб. Кета Гурского ЛРЗ в среднем превышает по массе одновозрастных производителей природных стад и отличается более ранним созреванием [3]. В возрастной структуре заводского стада по сравнению с природным преобладают рыбы младшего возраста. Средние параметры особей, пойманных в 2017–2020 гг., значительно уступали данным рыб, подходящих к заводу в 2002–2007 гг. Минимальные средние линейные и массовые показатели кеты в годы самого мощного (2018 г.) и самого слабого (2020 г.) по численности подходов, противоречат тенденции доминирования относительно небольших по размерам и массе рыб в годы высокой численности.

К месту вылова подходили самцы и самки с гонадами на стадии текучести или зрелые особи. Только в 2019 г. попадались самки с гонадами на стадии созревания. Производителей содержали в садках, но период подготовки к отбору половых продуктов был коротким, не превышал 2 суток. В годы исследований доля самок (62,3-70,5 %) превышала долю самцов.

Наибольшая вариабельность индивидуальной абсолютной плодовитости отмечена в 2018 г. (1869-5633 шт. икринок), наименьшая в 2020 г. (2740-4181 шт. икринок). Средние показатели изменялись от $3025 \pm 126,5$ (2018 г.) до $3601 \pm 225,0$ шт. икринок (2017 г.). В 2017 г. плодовитость коррелировала с длиной и массой самок ($R^2=0,7$). В 2018-2020 гг. зависимости абсолютной индивидуальной плодовитости от длины и массы не выявлены, коэффициент достоверности аппроксимации не превышал 0,5.

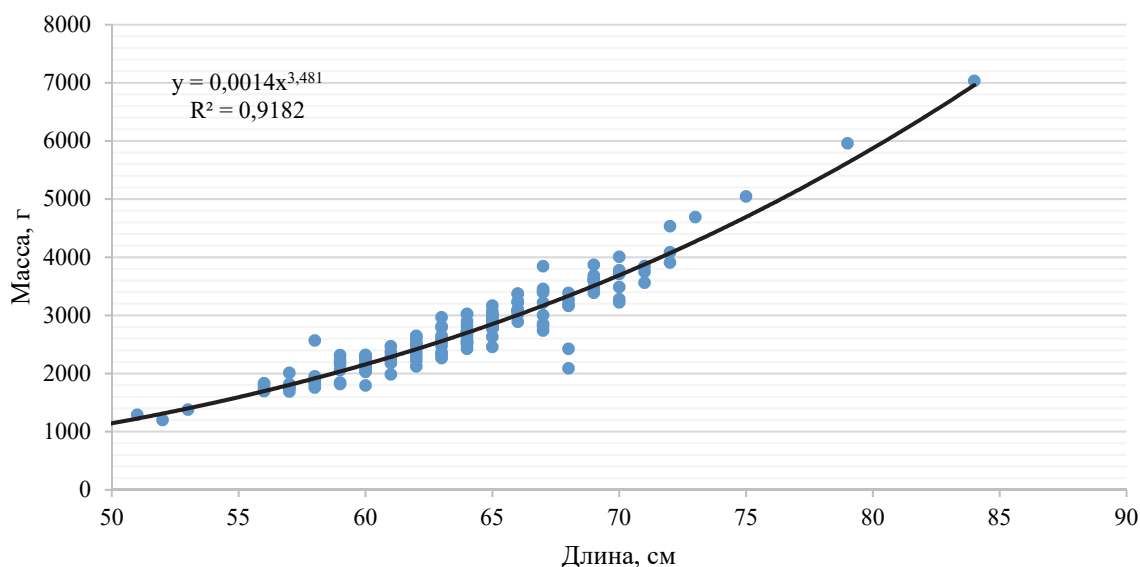


Рисунок 5 – Зависимость длина–масса осенней кеты реки Гур, 2018 г.

Заклучение

Нерестовый ход кеты в реке Гур в 2017–2020 гг. начинался во второй декаде сентября и заканчивался во второй декаде октября, продолжительность в среднем составляла 25 дней. Соотношение полов были близко 1:2, со значительным преобладанием самок. Гонады заходящей на нерест кеты были на IV и V стадиях зрелости, у большинства на V стадии. В год наиболее массового подхода (2018 г.) кета имела минимальное среднее значение индивидуальной абсолютной плодовитости ($3025 \pm 126,5$ шт. икринок).

В годы исследований идущие на нерест особи имели длину 49–84 см и массу 868–7034 г. Наиболее низкими средними размерными и массовыми показателями обладала кета в годы наибольших и наименьших подходов, соответственно в 2018 и 2020 гг. В целом, средняя длина изменялась от $63 \pm 0,41$ см (2018 г.) и $63 \pm 0,53$ см (2020 г.) до $65 \pm 0,33$ см (2019 г.), средняя масса – от $2652 \pm 73,64$ (2020 г.) и $2704 \pm 65,43$ г (2018 г.) до $2966 \pm 108,00$ г (2017 г.). От начала к концу нерестового хода происходило снижение средних показателей. Самцы кеты превосходили самок как по длине, так и по массе.

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. Коцюк Д.В. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей в бассейне реки Амур: история, современное состояние, перспективы // ХабаровскНИРО. 2020. Т. 200. Вып. 3. С. 530–550.
3. Хованский И.Е., Крушанова А.С. Численность и морфо-биологические показатели осенней кеты в базовых реках рыбозаводных заводов – Гур и Аной (бассейн р. Амур) // Современное состояние водных биоресурсов: матер. науч. конф., посвященной 70-летию С.М. Коновалова. Владивосток: ТИНРО-центр, 2008. С. 818–822.

Анна Романовна Шарко

Дальневосточный федеральный университет, студент, ORCID: ID-0000-0003-4457-2628, SPIN: 1710-3732, Россия, Владивосток, e-mail: sharko.a98@mail.ru

Людмила Анатольевна Боцун

Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского Дальневосточного отделения Российской академии наук, аспирант, ORCID: ID-0000-0002-2098-3951, SPIN: 2283-7592 Россия, Владивосток. e-mail: 3615-x@mail.ru

**Исследование рационов для кормовых организмов на примере гарпактицид
(*Tigriopus californicus*)**

Аннотация. Гарпактициды – одна из самых массовых групп мейзобентоса, играют важную роль в разложении органических веществ. Копеподы являются пищей для многих видов личиночных стадий культивируемых гидробионтов, так как имеют довольно высокую питательную ценность. В работе проведена серия экспериментов по изучению динамики численности гарпактициды *Tigriopus californicus* при разной плотности микроводорослей. Было проведено 3 эксперимента, которые показали рост плотности поселения гарпактицид при разной плотности микроводорослей.

Ключевые слова: гарпактициды, микроводоросли, динамика численности, плотность, концентрация.

Anna R. Sharko

Far Eastern Federal University, Student, ORCID: ID-0000-0003-4457-2628, Russia, Vladivostok. e-mail: sharko.a98@mail.ru

Ludmila A. Botsun

A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Graduate Student, ORCID: ID-0000-0002-2098-3951, Russia, Vladivostok, e-mail: 3615-x@mail.ru

**Research of diets for forage organisms on the example of harpacticids
(*Tigriopus californicus*)**

Abstract. Harpacticides are one of the most massive groups of meiozobenthos, play an important role in the decomposition of organic substances. Copepods are food for many species of larval stages of cultivated hydrobionts, as they have a fairly high nutritional value. A series of experiments was carried out to study the dynamics of the number of harpacticid *Tigriopus californicus* at different densities of microalgae. 3 experiments were conducted, which showed an increase in the density of the harpacticid settlement at different densities of microalgae.

Keywords: harpacticids, microalgae, population dynamics, density, concentration.

Веслоногие рачки рода *Tigriopus* Norman 1868, *T. californicus* (рис. 1) принадлежат к подклассу Copepoda, имеющему большое экологическое значение [1]. *Copepoda* – второй по величине таксон ракообразных, и описано около 12000 видов веслоногих ракообразных. Они являются одним из доминирующих таксонов в водных сообществах зоопланктона. Гарпакти-

коиды также играют важную роль в морской мейобентосной пищевой сети, особенно в качестве корма для мальков рыб [2].

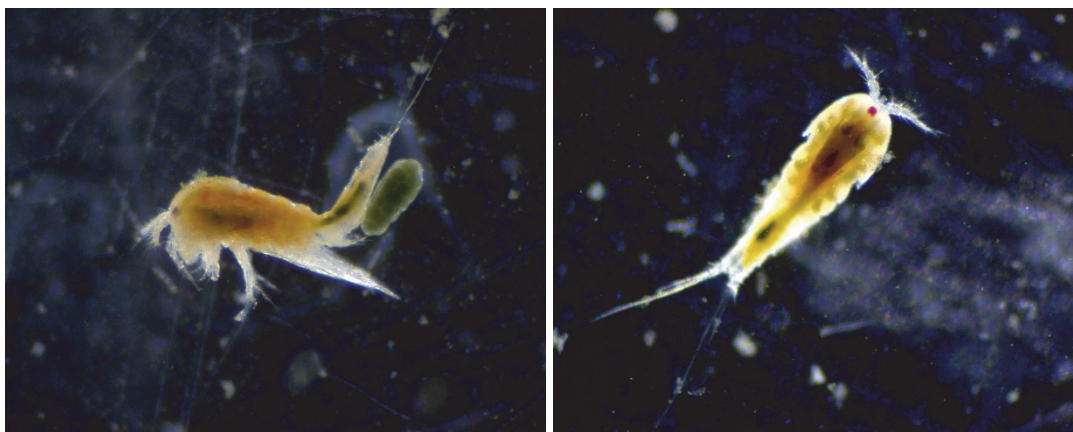


Рисунок 1 – *Tigriopus californicus*, слева самка с яйцевым мешком (увеличение $\times 4$)

На Дальнем Востоке большое количество культивируемых гидробионтов, содержащихся в искусственных системах. Это не только рыбы, но и многие представители беспозвоночных. В связи с необходимостью обеспечения их качественным живым кормом, возникла необходимость освоения методов культивирования морского зоопланктона, в частности, гарпактициды *Tigriopus californicus*. Гарпактикоиды играют важную роль в качестве корма для мальков рыб и других культивируемых гидробионтов.

Гарпактициды богаты высоконенасыщенными жирными кислотами (ВНЖК), которые необходимы для оптимального роста и развития многих гидробионтов. Интересы морской кормовой промышленности заключаются в том, что тигриопус производит астаксантин, незаменимый каротеноид в аквакультуре [2, 3].

К преимуществу микроводорослей, которыми питаются гарпактициды, можно отнести то, что они удовлетворяют требованиям массового культивирования кормовых организмов по множественным параметрам [1, 4]. В отличие от дрожжей они:

- 1) питательны как живой корм, соответствуют по биохимическому составу потребностям личинкам морских рыб для нормального роста и развития;
- 2) находятся в толще воды в подвижном состоянии, а не оседают на дно, как дрожжи, соответственно, не создают благоприятные условия для развития патогенных микроорганизмов, весьма нежелательных при массовом культивировании кормовых организмов, ибо их токсины отрицательно воздействуют на рост культуры, а сами они являются пищевыми конкурентами и создают дефицит кислорода.

Поскольку гарпактициды являются кормом для личиночных стадий многих культивируемых гидробионтов, а микроводоросли как их основной рацион, было решено провести серию экспериментов с разным объемом культуры микроводорослей, с целью выявить, при каком объеме достигается наиболее высокая численность гарпактицид.

Эксперимент по исследованию рационов гарпактицид проходили на МБС «Запад» ННЦМБ ДВО РАН летом 2021 г. Для выявления оптимального объема культуры микроводорослей, при котором достигается наибольшая численность гарпактицид, была поставлена серия экспериментов. Для проведения исследования использовали морскую воду, прошедшую через фильтр в 1 мкм. Гарпактицид рассаживали в 3 емкости по три биологические повторности. В каждую емкость объемом 3,5 л сажали по 10 самок с яйцами (рис. 2). Кормили ежедневно микроводорослями *Tetraselmis viridis* объемом культуры по 160, 200, 240 мл. Содержали гарпактицид в контролируемых лабораторных условиях со средней температурой 21,8 °С. Подсчет численности рачков производили ежедневно в каждой емкости, по три повторности из каждой в камере Богорова под световым микроскопом. Статистическую обработку выполняли с помощью программы Excel.



Рисунок 2 – Эксперимент с разной концентрацией микроводорослей вида *Tetraselmis viridis*

На первый день инокуляции численность самок *Tigriopus californicus* с яйцами при разном объеме культуры микроводорослей была одинаковой, 10 шт. в каждой банке.

На четвертый день во всех емкостях большинство гарпактицид были без яиц. На седьмой день эксперимента, 19 июля, произошло размножение во всех банках.

При кормлении микроводорослями объемом культуры 160 мл численность в третьей емкости резко возросла на девятый день эксперимента в сравнении предыдущим днем на 5 % при среднем значении 467 шт. в емкости и на следующий день резко начала уменьшаться, это может быть связано с каннибализмом гарпактицид (взрослые особи поедают маленьких при нехватке корма).

При кормлении микроводорослями объемом культуры 200 мл на двенадцатый день численность гарпактицид в первой емкости резко увеличилась на 11 %, на следующий день снова уменьшилась, и на четырнадцатый опять возросла на 3 % по сравнению с предыдущим днем. В последний день эксперимента численность гарпактицид резко увеличилась во второй и в третьей банке на 11 % и 7 % соответственно при средних значениях 700 и 466 шт. в емкости.

При кормлении микроводорослями объемом культуры 240 мл на восьмой день эксперимента в третьей емкости численность резко увеличилась на 3 % при среднем значении 233 шт. во всей емкости, далее начала уменьшаться. На двенадцатый и четырнадцатый дни численность резко увеличилась на 5 % и 5,5 % соответственно по сравнению с предыдущими днями (рис. 3).

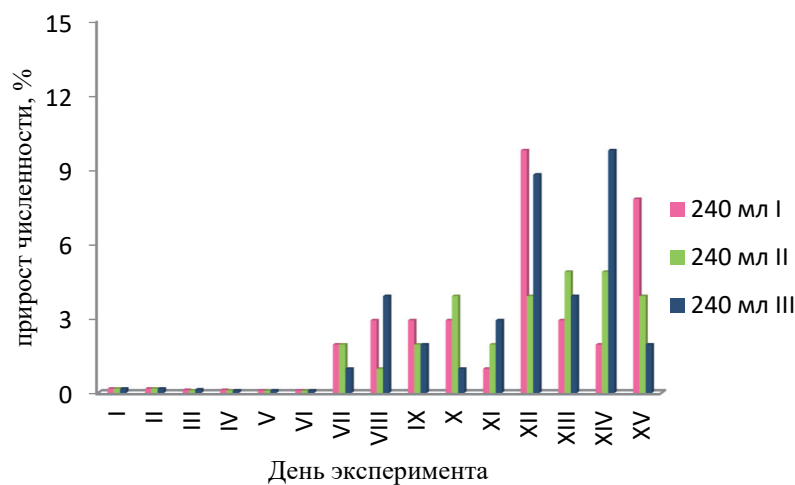


Рисунок 3 – Динамика численности *Tigriopus californicus* при кормлении микроводорослями объемом 240 мл

Проанализировав полученные данные, можно сделать вывод, что наибольшей плотности *Tigriopus californicus* достигла при кормлении микроводорослями объемом культуры 240 мл, то есть при самой высокой концентрации микроводорослей «зеленой воды» в емкости. Так же можно сделать вывод о пробиотическом действии микроводоросли связи с высокой выживаемостью гарпактицид при данной плотности микроводорослей в эксперименте.

Финансирование работы. Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 21-74-30004).

Библиографический список

1. Новоселова, Н.В., Каниева, Н.А. Культивирование морского зоопланктона в поликультуре // Вестник АГТУ. Сер.: Рыб. хоз-во. 2020.- № 1. С. 118–129.
2. Немцева, Н.В. Санитарные аспекты культивирования микроводорослей / Н.В. Немцева // УрО РАН. 2018. 12 С.
3. Новоселова, Н.В., Туркулова, В.Н. К методике культивирования живых кормов для объектов морской аквакультуры: матер. IX Междунар. науч.-практ. конф. Керчь. 2017. С. 144–162.
4. Gouveia, L. Microalgae in Novel Food Products / L. Gouveia, A. P. Batista, I. Sousa, A. Raymundo, N. M. Bandarra // Nova Science Publishers, Inc. 2008. 37 p.

Марина Анатольевна Шебанова

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: marina.shebanova@tinro-center.ru

Наталья Алексеевна Кузнецова

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru

Состояние планктонного сообщества Чукотского моря осенью 2020 г.

Аннотация. В период с 26 августа по 4 сентября 2020 г. в Чукотском море на НИС «ТИНРО» была проведена комплексная экспедиция. Основу биомассы зоопланктона в этот период формировала крупная фракция – 86 %, мелкая и средняя фракции составляли соответственно 8,5 % и 5,5 %. Доминирующими видами в планктоне были эвфаузииды *Thysanoessa inermis* и *Thysanoessa raschii*, щетинкочелюстные *Parasagitta elegans*, веслоногие ракообразные *Calanus glacialis*, *Eucalanus bungii*, *Oithona similis* и *Pseudocalanus newmani*. Общий запас планктона осенью 2020 г. в Чукотском море составил 4245,3 тыс. т, из которых 182,3 тыс. т приходилось на фитопланктон и 4063 тыс.т – на зоопланктон.

Ключевые слова: Чукотское море, фитопланктон, зоопланктон, биомасса.

Marina A. Shebanova

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, PhD of Biology Sciences, Leading Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: marina.shebanova@tinro-center.ru

Natalya A. Kuznetsova

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, PhD of Biology Sciences, Leading Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: natalya.kuznetsova@tinro-center.ru

The state of the plankton community of Chukchi Sea in autumn 2020

Abstract. The complex expedition was carried out on the research station “TINRO” in the Chukchi Sea from August 26 to September 4, 2020. The basis of biomass of zooplankton in the period of research was a large fraction – 86 %, small fraction – 8,5 %, average 5,5 %. The dominant species in the zooplankton were euphausiida *Thysanoessa inermis* and *Thysanoessa raschii*, chaetognatha *Parasagitta elegans*, copepods *Calanus glacialis*, *Eucalanus bungii*, *Oithona similis* and *Pseudocalanus newmani*. The total stock of plankton amounted to 4245,3 thousand tons, of which 182,3 thousand tons were phytoplankton and 4063 thousand tons was zooplankton in the autumn of 2020 in the Chukotsk Sea.

Keywords: Chukchi Sea, phytoplankton, zooplankton, biomass.

Чукотское море является уникальным морским регионом с особенными физико-географическими и климатическими особенностями. Ледовый покров и долгая полярная

ночь, накладывают свой отпечаток на распределение основных групп зоопланктона. Границы районов обитания арктических и бореальных видов смещаются как в теплые, так и в холодные годы, а также при смене биологических сезонов.

В соответствии с Планом ресурсных исследований и государственного мониторинга водных биоресурсов в период с 26 августа по 4 сентября 2020 г. в Чукотском море на НИС «ТИНРО» была проведена комплексная экспедиция, в которой были собраны пробы зоопланктона, для определения состава и структуры планктонного сообщества, численности и биомассы планктонных организмов.

Цель работы – оценить состояние планктонного сообщества в Чукотском море, характеристики по размерным фракциям, группам и видам зоопланктона, а также распределение основных таксономических групп планктона.

Планктон облавливался сетью БСД (капроновое сито с ячейей 0,168 мм, площадь входного отверстия 0,1 м²) в слое 0-дно (рис. 1). Скорость подъема сети составляла 0,7-1,0 м/с. Обработка проб планктона производилась в соответствии с методикой, принятой в ТИНРО–Центре. Численность планктеров мелкой и средней фракции, подсчитывалась в камере Богорова, 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 для планктеров приняты 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; гипериды до 5 мм – 1,5, 5-10 мм – 3, крупнее 10 мм – 5 (Волков, 1984, 1996, 2008). Биомасса рассчитывалась по численности и по сырым весам планктеров (Борисов, Волков, Горбатенко, и др. 2004).

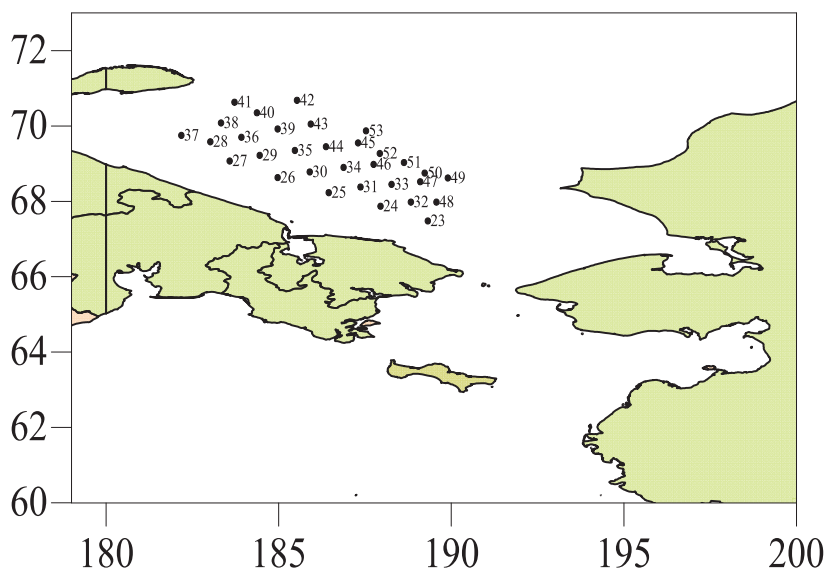


Рисунок 1 – Схема гидробиологических станций в Чукотском море с 26 августа по 4 сентября 2020 г.

В августе-сентябре 2020 г. общая биомасса зоопланктона была 1321,5 мг/м³, биомасса крупной фракции - 86 % (1132 мг/м³). Средняя и мелкая фракции зоопланктона составляли 5,5 и 8,5 % от общей биомассы зоопланктона.

Средняя величина биомассы сетного фитопланктона была 59,3 мг/м³, что соответствует 4,5 % от общей биомассы зоопланктона мелкой фракции. Максимальные концентрации фитопланктона (511-727 мг/м³) находились на юго-востоке района исследований (рисунок 2). Большую часть исследуемого района с высокой концентрацией фитопланктона занимали воды с хорошо прогретым поверхностным слоем, температура которого составляла в среднем 6,7±1,3°С. Низкие значения температуры менее 5°С (минимум 3,36°С) наблюдались в восточной части съемки и обусловлены они апвеллингом в циклоническом вихре, что и сказа-

лось на обилии фитопланктона (Шейбак, 2020). В составе сетного фитопланктона представлены диатомовые водоросли родов *Coscinodiscus*, *Chatoceros* и *Thalassiotrix*. Перидинеи рода *Ceratium* отмечены единично.

Биомасса мелкого зоопланктона в среднем составляла 115,8 мг/м³ это 8,5 % от общей биомассы (рис. 2). Основу мелкой фракции формировали копеподы 102,1 мг/м³, в основном *Pseudocalanus newmani* (44 мг/м³) и *Oithona similis* (33 мг/м³), реже встречались *Pseudocalanus minutus* (6,5 мг/м³) и *Oithona atlantica* (5 мг/м³). Много было молоди копепод родов *Acartia* и *Metridia* (рис. 3). На севере в районе влияния антициклонического вихря доминировали копеподы – 277 мг/м³ и медузы – 104 мг/м³. На юге – при встрече берингово-морских вод с водами Сибирского прибрежного течения основную биомассу создавали копеподы - 134-217 мг/м³, ойкоплевры – 118 мг/м³ и молодь усонюгих раков 10-22 мг/м³ (рис. 3).

Биомасса среднеразмерного зоопланктона занимала 5,5 % от общей биомассы зоопланктона, это в среднем 73,6 мг/м³ (рисунок 2). Более половины биомассы этой фракции приходилось на мелких медуз 1-2 мм и медуз *Aglantha digitale* 2-3 мм. Заметным было количество мелких полихет *Tomopteris pacifica*, сагитт 3-5 мм, ойкоплевр и циприсовидных личинок усонюгих раков. На долю копепод приходилось 23,3 мг/м³, среди них доминировали *Ps. minutus* - 12,7 мг/м³, *Ps. newmani* - 2,55 мг/м³ и *Metridia pacifica* - 3,9 мг/м³. Максимальные значения биомассы средней фракции также как и мелкой наблюдались на юго-востоке района за счет мелких медуз (110-341 мг/м³), копепод (58-108 мг/м³) и ойкоплевр (27 мг/м³), на северо-западе, за счет сагитт (14 мг/м³) (рис. 4).

Средняя биомасса крупной фракции была 1132 мг/м³ это 86 % от всей биомассы зоопланктона. Основу крупной фракции слагали эвфаузииды – 568,7 мг/м³ (50 %) и сагитты - 355,4 мг/м³ (31 %). На долю копепод приходилось менее 10 % (107 мг/м³). Максимальные скопления крупного зоопланктона наблюдались на юго-востоке района исследований, на западе и северо-западе (см. рис. 2).

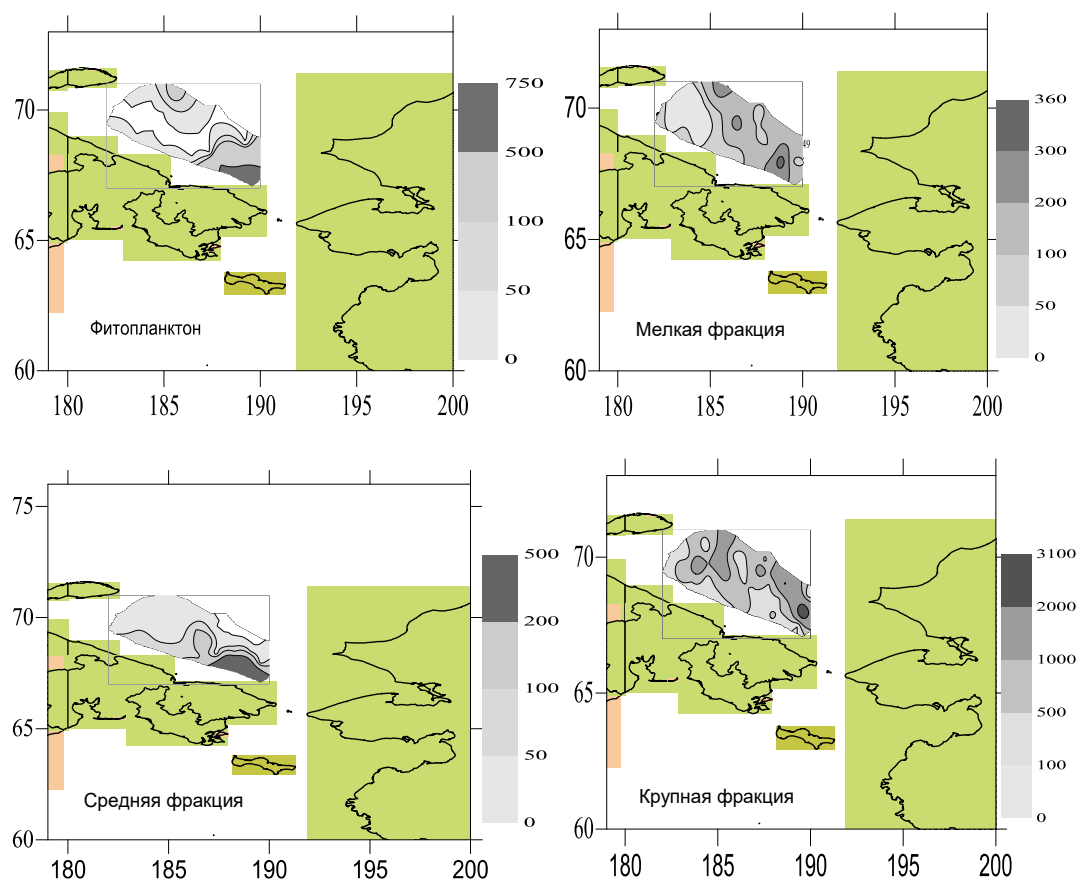


Рисунок 2 – Распределение фитопланктона и размерных фракций зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

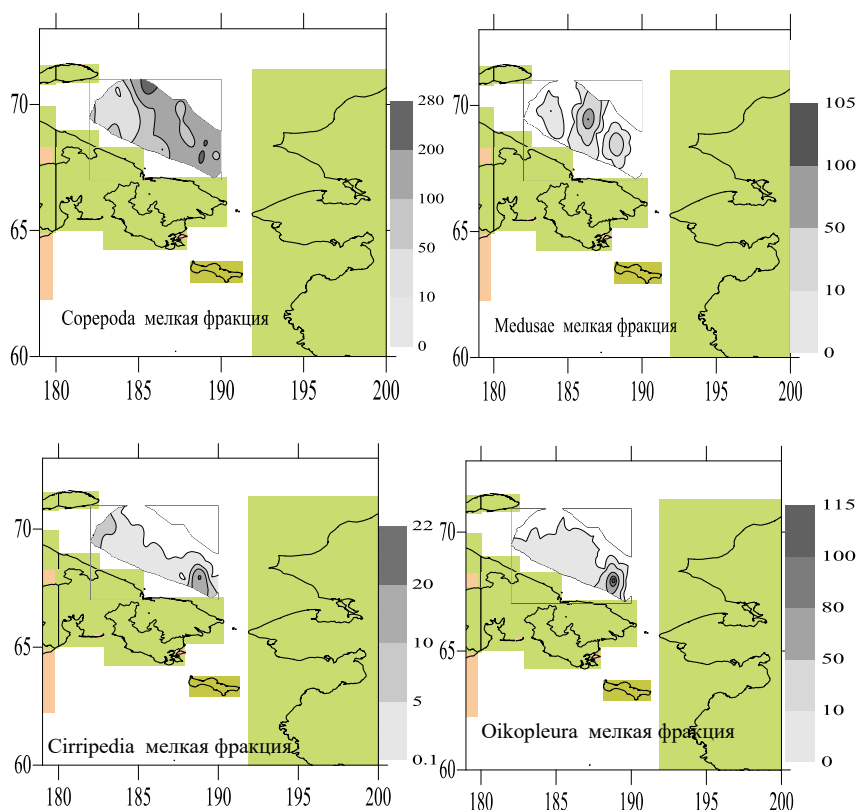


Рисунок 3 – Распределение групп мелкой фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

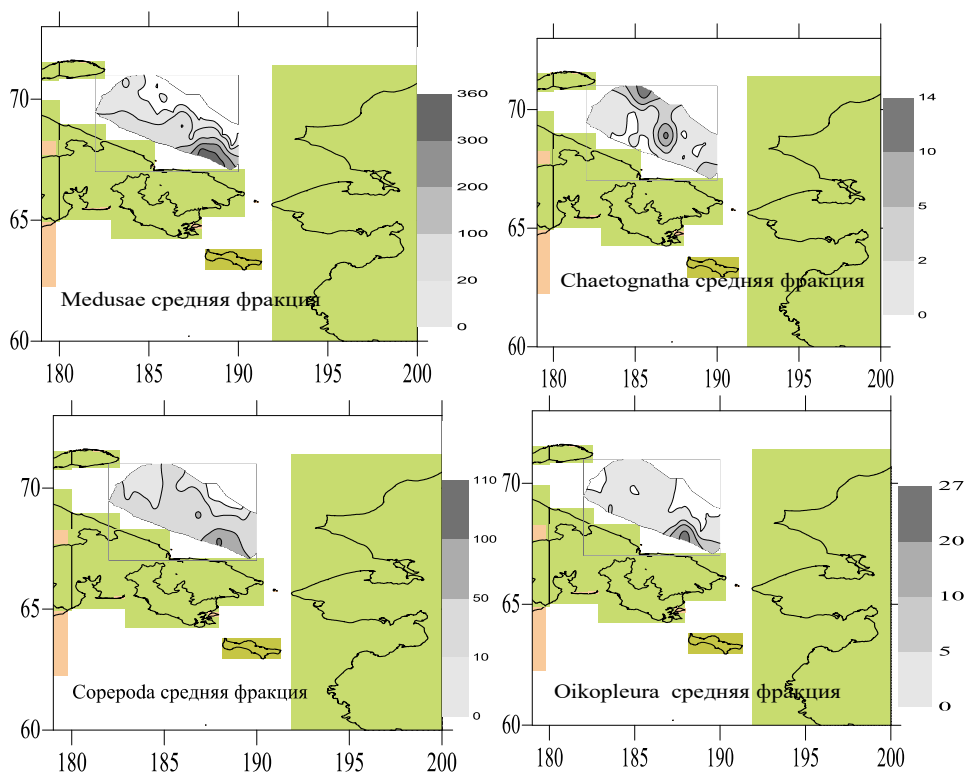


Рисунок 4 – Распределение групп средней фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

Эвфаузииды были представлены преимущественно двумя видами *Thysanoessa inermis* и *Thysanoessa raschii* и их молодью. Причем значительно доминировала эвфаузиида *Th. inermis* (2108 мг/м³). Биомасса *Th. raschii* была на порядок ниже и составила 271 мг/м³. Среди рач-

ков *Th. inermis* доминировали мелкие особи длиной 5-10 и 10-15 мм, вид *Th. raschii* представлен рачками с длиной тела от 5 до 20 мм (рис. 5).

Сагитты были представлены одним видом *Parasagitta elegans*, биомасса их достигала 355 мг/м³. В планктоне щетинкочелюстные представлены всеми размерными группами от 5 до 30 мм, а доминировали особи с длиной тела 15-20 мм - 149,4 мг/м³(рис. 5).

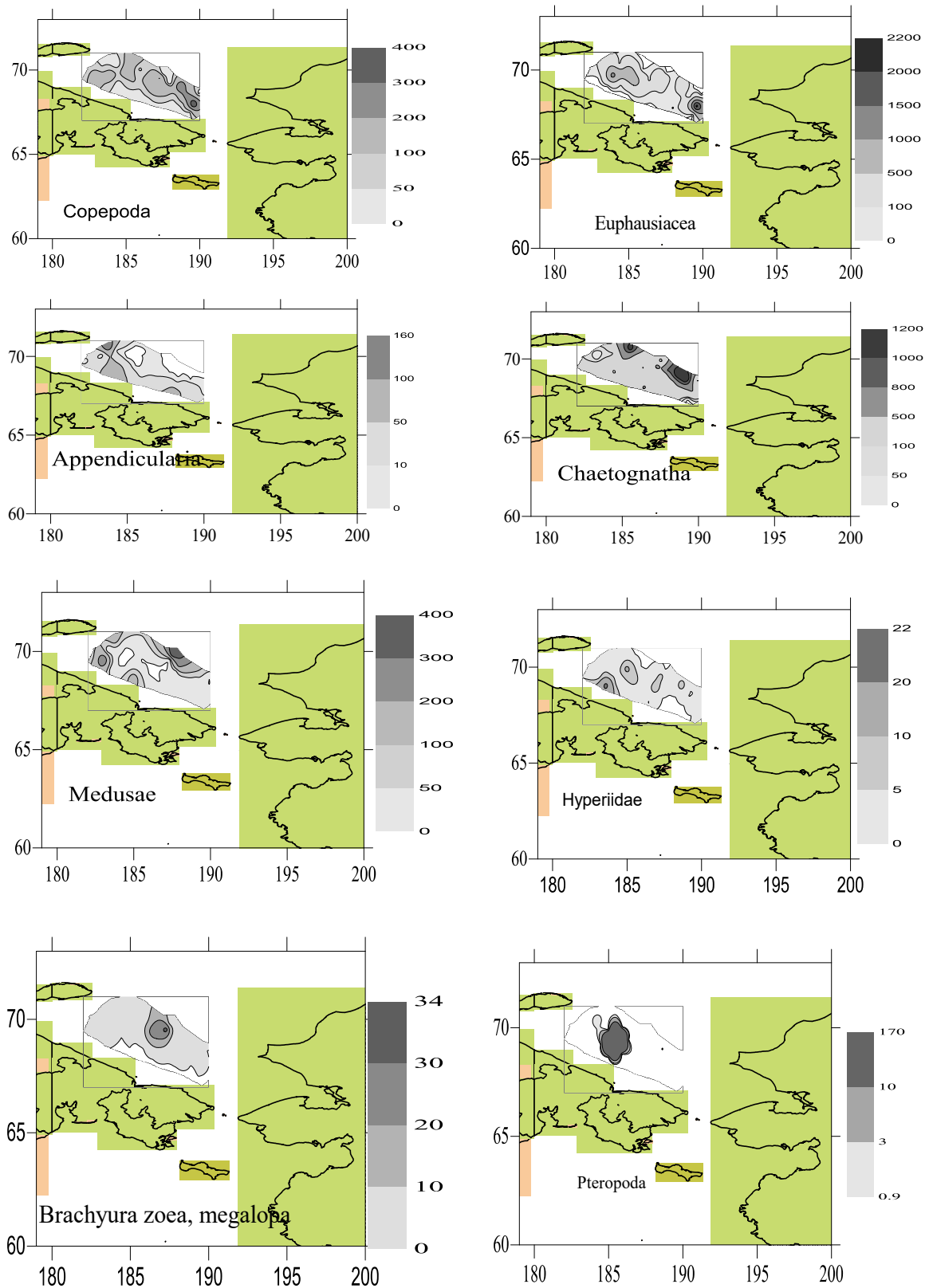


Рисунок 5 – Распределение групп крупной фракции зоопланктона в Чукотском море в 2020 г.

Копеподы были третьей по значимости группой зоопланктона, на долю которой приходилось около 9,5 % биомассы крупной фракции зоопланктона – 107 мг/м³. По биомассе доминировали *Calanus glacialis* – 61,9 мг/м³ и *Eucalanus bungii* – 35,7 мг/м³. В меньших количествах встречались бореальные виды: *Neocalanus cristatus* – 1,2 мг/м³, *N. plumchrus* – 1,6 мг/м³, *Metridia pacifica* – 2,0 мг/м³ и *Calanus finmarchicus* – 4,4 мг/м³, единично отмечены неритические и теплолюбивые *Epilabidocera amphitrites* и *Pleuromamma scutullata* (рис. 5). Другие группы зоопланктона были немногочисленны (рис. 5).

На планктон исследуемого участка Чукотского моря в 2020 г. оказывали влияние теплые и соленые берингоморские воды. Движение воды в пределах исследуемой акватории приурочено к стрижню северо-западного переноса берингоморских вод Центрального течения. Этим потоком берингоморских вод объясняется значительный занос зоопланктона в Чукотское море, в частности эвфаузиид, сагитт, обитающих в северной части Берингова моря.

Максимальные биомассы зоопланктона в Чукотском море в 2020 г. были зарегистрированы в южной части моря в водах тихоокеанского происхождения. В северной части моря находящейся под влиянием вод Арктического бассейна биомасса зоопланктона была значительно ниже. Проникновение берингоморских вод, как наиболее продуктивных, обогащает фауну и улучшает комовые условия зоопланктона в южной части Чукотского моря.

Общий запас планктона осенью 2020 г. в Чукотском море составил 4245,3 тыс. т, из которых 182,3 тыс. т приходилось на фитопланктон и 4063 тыс. т – на зоопланктон. Основную биомассу создавали три группы зоопланктона: эвфаузииды, сагитты и копеподы.

Библиографический список

1. Волков А.Ф. Рекомендации по экспресс-обработке сетного планктона в море. Владивосток: ТИНРО, 1984. 31 с.
2. Волков А.Ф. О методике взятия проб зоопланктона // Изв. ТИНРО. 1996. Т. 119. С. 306–311.
3. Волков А.Ф. Методика сбора и обработки планктона и проб по питанию нектона (пошаговые инструкции) // Изв. ТИНРО. 2008. Т. 154. С. 405–416.
4. Борисов Б.М., Волков А.Ф., Горбатенко К.М., Коваль М.В., Шершнева В.И. 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.
5. Шейбак А.Ю. Рейсовый отчет «О результатах научно-исследовательских работ по оценке биологических ресурсов в Беринговом и Чукотском морях на НИС «ТИНРО» с 7 августа по 31 октября 2020 г.» нач. рейса. Владивосток: ТИНРО-Центр; Архив ТИНРО, 2020. № 28402. 349 с.

Секция 2. ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВ

УДК 656.085

Роман Николаевич Алифанов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Владимир Владимирович Карасев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Использование современных компьютерных технологий для повышения качества подготовки судоводителей-рыбопромысловиков с использованием гидроакустического тренажера

Аннотация. Технический прогресс способствует постоянному совершенствованию и появлению новых образцов техники. Навыки обслуживания и эксплуатации техники требует постоянного обновления. Эта задача решается созданием специальных тренажерных устройств. Компьютерные технологии предоставляют широкий спектр таких возможностей и в данной статье мы хотели рассмотреть один из вариантов подготовки судоводителей-промысловиков к использованию современных рыбопоисковых приборов.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, аварийность, гидроакустика.

Roman N. Alifanov

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

Vladimir V. Karasev

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

The use of modern computer technologies to improve the quality of training of navigators and fishers using a hydroacoustic simulator

Abstract. Technological progress contributes to the constant improvement and the emergence of new models of technology. Maintenance and operation of equipment requires constant updating. This problem is solved by creating special training devices. Computer technologies provide a wide range of such opportunities, and in this article we would like to consider one of the options for training navigators-fishers to use modern fish-searching devices.

Keywords: safety of navigation, accident rate, human factor.

Технический прогресс способствует постоянному совершенствованию и появлению новых образцов техники. Навыки обслуживания и эксплуатации техники требует постоянного обновления. Эта задача решается созданием специальных тренажерных устройств. Компью-

терные технологии предоставляют широкий спектр таких возможностей и в данной статье мы хотели рассмотреть один из вариантов подготовки судоводителей-промысловиков к использованию современных рыбопоисковых приборов. [1].

Гидроакустический рыбопоисковый тренажёр (ГРП), по нашему мнению, должен решать ряд задач [2]: первая – это ознакомление оператора РПТ с интерфейсом реального прибора; вторая задача – подготовка прибора к эксплуатации (практическому использованию). Следующий этап – использование прибора в процессе лова.

На каждом этапе решаются определенные задачи, объём и последовательность решения которых определяется уровнем подготовки оператора и конечной целью обучения. С чем мы сталкиваемся в процессе обучения и какие сложности нам приходится преодолевать. Это сокращение аудиторных часов, проводимое регулярно под лозунгом оптимизации учебного процесса. А в результате – потеря интереса у студентов, отданных на попечение самостоятельных занятий. Безусловно, есть единицы, способные заинтересованно изучать предметы, но и им нужны базовые знания для понимания специальных терминов и понятий. Большая же часть нуждается в благожелательном и профессиональном наставничестве педагога [1].

Следующие трудности возникают в связи с постоянным совершенствованием и усложнением специальной техники на промысловых судах. Грамотная эксплуатация её предполагает понимание принципов работы и теоретических предпосылок, реализованных в технике. Изучение их самостоятельно, без надлежащей трактовки и пояснения педагога – практически тупиковое направление. И выход их этого находят в создании тестовых вопросов с набором ответов, предполагающих выбор правильного. Это тупиковое направление, приводящее к двум способам решения – угадывание и зазубривание правильного ответа [3].

Подготовка к тестированию затрудняется отсутствием современной литературы, описывающей принцип работы прибора, привязанный к конкретному интерфейсу. И кстати, абсолютизация навыков управления конкретным прибором не является показателем высшего образования, как такового. Основные знания, характеризующие теоретический уровень высшего образования, отвечают на вопрос «Почему»? А реализация этих знаний требует ответа на вопрос «Как?». И вот компьютерные технологии, реализованные в тренажных устройствах, позволяют реализовать только второй вопрос. И при этом необходимо напоминать обучаемым о базовых понятиях, позволяющих решать задачу «Как». Это позволит, отработывая базовые решения на конкретном образце техники (например, рыбопоисковом гидролокаторе), говорить о фундаментальных явлениях, характерных для любого образца подобной техники. [1]

Рассмотрим процесс обучения на РПТ по трем этапам, акцентируя внимание на роли преподавателя в каждом случае.

1-й этап – ознакомление студентов с интерфейсом конкретного образца рыбопоискового гидролокатора (рис. 1). На этом этапе предполагается разработка с использованием современных интерактивных технологий на базе HTML5 учебного пособия, реализованного на интерфейсе гидролокатора SX-70. Опыт разработки такого пособия имеется на кафедре и на новой базе позволяет с учетом накопленного опыта создать тренажное устройство, реализующее основные ссылки из технического описания с комментариями [2].

Этот этап можно проводить с минимальным участием преподавателя, вступающего в процесс обучения на заключительном этапе контроля качества освоения интерфейса и понимания студентами назначения основных органов управления прибором.

2-й этап предполагает отработку навыков решения типовые задач: обнаружения косяка, фильтрация (отстройка полезного сигнала, слежение за косяком, оценка промыслового значения косяка), рис. 2, 3 [3].

Реализация этого этапа предполагает разработку интерактивного пособия, описывающего последовательность действий и позволяющего отработать грамотный стереотип действий в различных типовых ситуациях [2].

На этом этапе роль преподавателя заключается в контроле за правильностью отработки ситуации и выдаче разрешения на переход к отработке следующей задачи. Итогом второго этапа является разбор типовых ошибок, без выставления оценок, но с обязательным акцентом на возможные предпосылки результатов неправильных действий.

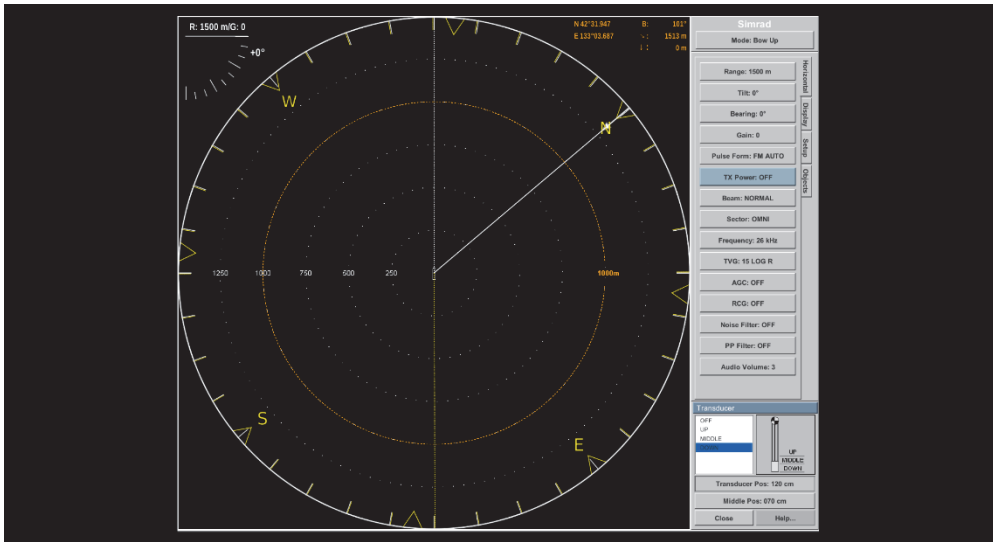


Рисунок 1 – Интерфейс гидролокатора SX-70

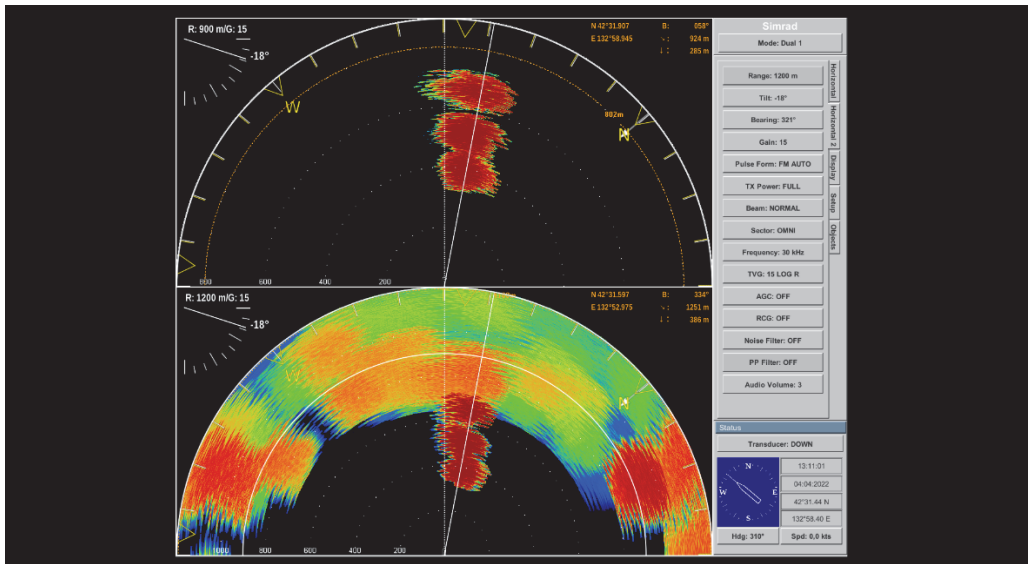


Рисунок 2 – Обнаружение объекта промысла на гидролокаторе SX-70

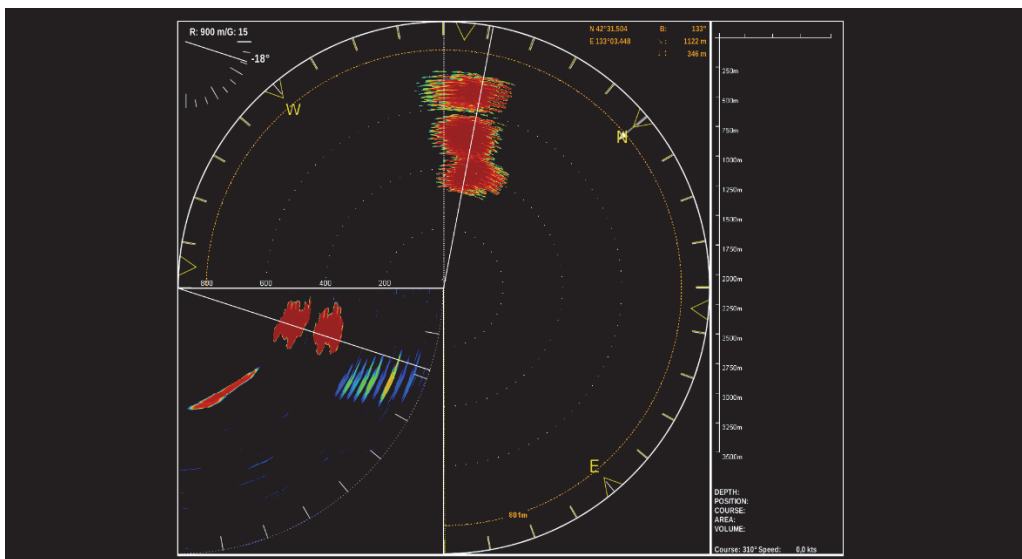


Рисунок 3 – Вертикальная развертка для более детальной информации об объекте промысла на гидролокаторе SX-70

3-й этап предусматривает обработку решения типовых задач в реальном времени. Предусматривается последовательное усложнение задач за счет внедрения помех, мешающих решению задачи промысла, изменение динамики поведения объекта промысла, маневрирование с учетом поведения соседних судов и принятие решений обеспечения навигационной безопасности и сохранности орудий лова. [3]

На рис. 4 представлено выделение объектов промысла для формирования формуляра цели и дальнейшего ее сопровождения, а также получение характеристик.

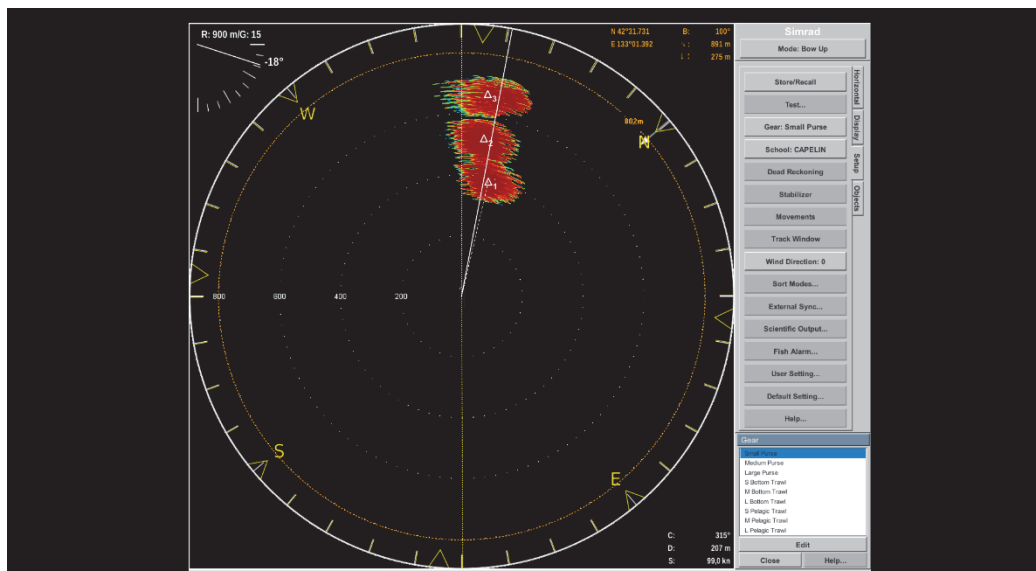


Рисунок 4 – Сопровождение объекта промысла на гидролокаторе SX-70

Рассмотренный перечень задач является необходимым условием повышения качества специальной подготовки выпускников и может рассматриваться как начало статистической оценки подготовки судоводителей промысловиков.

Библиографический список

1. Смирнов Е.Л., Яловенко А.В., Воронов В.В. Технические средства судовождения: Теория: учебник для вузов Т.1. 1996. 544 с.
2. Алифанов Р.Н., Котов Г.Г. Промысловые гидроакустические приборы. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. 102 с.
3. Бакланов Е.Н., Карасев В.В., Алифанов Р.Н., Булах Е.Г., Вовченко Н.В. Учебный тренажер по дисциплине «Радиолокационное наблюдение и прокладка» [Электронное учебное пособие]. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. 102 с.

Виктория Викторовна Бойко

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

Сергей Викторович Самсонов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

Концептуальные основы безопасности судоходства

Аннотация. Международная морская организация (ИМО) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций, главным образом ответственным за содействие механизмам сотрудничества между правительствами государств в предотвращении и контроле загрязнения морской среды. Однако в самом начале своего основания, в 1950-х гг., ИМО не проявляла каких-либо явных амбиций в отношении экологического мандата. Особенность организации была очень ограниченной, и ее функции сводились к узкому кругу консультативно-совещательной деятельности. В наши дни сценарий радикально отличается; ИМО – специализированное учреждение ООН, которое возглавляет вопросы защиты морской среды. В настоящее время - это ведущее глобальное учреждение, занимающееся законотворчеством в области морской окружающей среды.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, МАРПОЛ, загрязнение окружающей среды.

Viktoriya V. Boyko

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

Sergey S. Samsonov

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

Conceptual basis of safety of navigation

Abstract. The International Maritime Organization (IMO) is a specialized agency of the United Nations primarily responsible for promoting mechanisms for cooperation between state governments in the prevention and control of marine pollution. However, at the very beginning of its founding in the 1950s, the IMO did not show any clear ambition for an environmental mandate.

Keywords: safety of navigation, MARPOL, environmental pollution.

Наиболее важными проблемами морской отрасли являются безопасность персонала и предотвращение загрязнения морской среды для бесперебойной перевозки грузов и морских операций в открытом море.

Для достижения этой цели Международная морская организация (ИМО) опирается на два своих очень сильных столпа: СОЛАС и МАРПОЛ – международные конвенции по защите жизни человека и морской среды от всех видов загрязнения и аварий. [1]

Первоначальная стратегия ИМО по сокращению выбросов парниковых газов (ПГ) и ее последующие действия до 2050 г.

В 2015 г. на 21-й Конференции сторон (COP21) Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата представители 196 государств-участников, включая развивающиеся страны, договорились удерживать повышение средней глобальной температуры на уровне значительно ниже 2 °С по сравнению с ранее существовавшими, промышленными уровнями до 1,5 °С.

Это соглашение заменяет Киотский протокол, который, был завершён в 2020 г. и сигнализировал о начале Новой климатической системы. Соглашение требует, чтобы страны представляли добровольные цели по сокращению выбросов парниковых газов, при этом особое внимание уделялось добровольным усилиям, выходящим за рамки Конвенции об изменении климата. Соответственно он также призвал Международную морскую организацию (ИМО) добровольно установить международные стандарты в секторе международного судоходства.

На 62-м заседании (июль 2011 г.) Комитета по защите морской среды (далее МЕРС) ИМО приняла предложенную поправку, добавляющую Главу Приложения к МАРПОЛ, которая делает обязательным EEDI для новых судов, а также SEEMP для всех судов. В конечном итоге это было сделано для сокращения выбросов парниковых газов от международных морских судов и вступило в силу с 1 января 2013 г. для судов валовой вместимостью 400 т [1].

Примечательно, что 70-я сессия КЗМС утвердила план разработки для комплексной стратегии ИМО по сокращению выбросов парниковых газов с судов и, таким образом, разработала планы, включая краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные меры, чтобы принять соответствующую стратегию к 2023 году. В соответствии с утвержденным планом, ИМО (МЕРС72) 2018 приняла первоначальную стратегию ИМО по сокращению выбросов ПГ с судов, а ИМО МЕРС73 2018 разработала последующие программы в соответствии с Исходной.

Международное судоходство охватывает более 80 % мировой торговли, что доказывает, что оно является важным компонентом любой программы будущего устойчивого экономического роста. В настоящее время мир полагается на безопасную, устойчивую и эффективную отрасль международного судоходства, что гарантируется нормативно-правовой базой, разработанной Международной морской организацией (ИМО) – специализированным учреждением Организации Объединенных Наций, отвечающим за безопасность и безопасность судоходства, включая предотвращение загрязнения моря и атмосферы с судов [2].

Несмотря на правила ИМО, загрязнение морской среды с судов по-прежнему является реальностью, так как на него приходится около 20 % общего загрязнения моря, и оно может быть вызвано как авариями, так и повседневной деятельностью судов.

По оценкам, около 80 % общего загрязнения с судов происходит в результате эксплуатационных сбросов (таких как сбросы отработанных масел или операции по очистке танков), произведенных преднамеренно и в нарушение международных правил по ряду причин, в том числе: порты для приема судовых отходов, экономия средств (затраты на доставку на берег могут быть непомерно высокими и могут вызвать значительные задержки судов) или простое удобство экипажа судна. [1]

В настоящее время отработанное масло собирается и выгружается в приемных сооружениях, предоставляемых портовыми властями, но оно может быть преобразовано в судовую мазут, что принесет пользу окружающей среде и сэкономит энергию. Его можно получить с помощью процесса пиролиза, то есть термического разложения органических материалов, происходящего в отсутствие кислорода. Химический процесс производит газообразные, жидкие и твердые соединения. На борту нефть, полученная в результате пиролиза, может использоваться непосредственно в качестве топлива, в то время как газ может питать бортовой котел, а твердые частицы могут быть отправлены в мусоросжигательную установку.

Конвенция МАРПОЛ была принята 2 ноября 1973 года в Международной морской организации (ИМО). Протокол 1978 г. был принят в ответ на серию аварий танкеров в 1976-1977 гг. Поскольку Конвенция МАРПОЛ 1973 года еще не вступила в силу, Протокол МАРПОЛ 1978 года поглотил исходную Конвенцию. Объединенный документ вступил в силу 2 октяб-

ря 1983 г. В 1997 г. был принят Протокол о внесении поправок в Конвенцию и добавлено новое Приложение VI, вступившее в силу 19 мая 2005 г. [2]

Выполнение Конвенции МАРПОЛ является важной частью участия Российской Федерации в предотвращении и сокращении загрязнения воды и воздуха с судов во всем мире. Участие в разработке этих глобальных мер по сокращению загрязнения поможет улучшить стандарты и правила загрязнения в РФ.

Приложения к МАРПОЛ регулярно обновляются путем внесения поправок по техническим вопросам, и возникающие проблемы загрязнения и изменения климата. 1 января 2017 г. вступил в силу Полярный кодекс, в который включены поправки, вносящие в МАРПОЛ более строгие требования к сбросам, включая запрет на сбросы нефти и вредных жидких веществ в арктические воды [1].

Конвенция включает правила, направленные на предотвращение и сведение к минимуму загрязнения с судов как аварийного загрязнения, так и загрязнения в результате обычных операций и в настоящее время включает шесть технических приложений. Особые районы со строгим контролем эксплуатационных сбросов включены в большинство Приложений. Каждое приложение к МАРПОЛ устанавливает особые требования в отношении различных типов загрязняющих веществ, подпадающих под действие судов. Конвенция разделена на шесть приложений, чтобы облегчить борьбу с различными видами загрязнения и предпосылками для судов.

В Приложении I излагаются подробные правила, касающиеся мер по предотвращению загрязнения нефтью, включая такие основные правила, как определения нефти, шлама, резервуаров и т. д. В нем указано, что правила применяются ко всем судам, если не указано иное. Исключения были предоставлены для сброса нефти в море вместо ситуаций, когда это делается для обеспечения безопасности судна или спасения жизни на море, сброс происходит в случае повреждения судна или его механизмов или сброс при борьбе с конкретными случаями загрязнения для минимизировать ущерб от загрязнения, одобренного администрацией. Требования, связанные с освидетельствованием и сертификацией, подробно изложены в правилах с 6 по 10. Разрешается любой сброс за пределы особых районов и арктических вод, если судно находится в пути; смесь проходит через маслофильтрующее оборудование в соответствии с регламентом и содержание масла в стоках без разбавления не превышает 15 ppm. В случае танкеров не происходит из трюмов грузовых насосных отделений и не смешивается с остатками нефтяного груза [1].

Сведения о цистернах изолированного балласта, нефтяных цистернах, двойном корпусе, двойном дне, спецификации грузовых цистерн, отстойных цистерн, сливного манифольда для соединения с приемными сооружениями, трубопроводов и насосов для сброса в море в зависимости от типа и размера судов приведены в части А главы 4. Спецификация оборудования для контроля и мониторинга сброса нефти, детектор границы раздела нефть/вода, требования к промывке сырой нефтью рассматриваются в части В. Требования к приемному устройству, вместимость и стратегические места, где они должны быть предусмотрены, внутри и за пределами специальных зон, рассматриваются в главе 6.

Главы с 8 по 11 содержат правила эксплуатации STS, требования к использованию и перевозке нефти в антарктическом регионе, проверку соблюдения и кодекс для операций в полярных водах.

Приложение II регулирует перевозку вредных жидких веществ (НЖВ) наливом и применяется ко всем судам, сертифицированным для перевозки НЖВ наливом, если иное не указано в каком-либо конкретном правиле. Исключения для сброса NLS в море такие же, как указано в Приложении I. Исключения, касающиеся конструктивных и эксплуатационных характеристик и альтернативных материалов или оборудования, обсуждаются в правилах 4 и 5. NLS подразделяются на четыре типа. Вещества различаются на основе оценки их свойств в результирующем профиле опасности GESAMP.

Правила Приложения III применяются ко всем судам, перевозящим вредные вещества в упакованном виде, если не указано иное. Перевозка вредных веществ допускается только

при соблюдении требований настоящего приложения, за исключением судовых запасов и оборудования. Также подчеркивается, что пустая упаковка, используемая для перевозки вредных веществ, также должна рассматриваться как вредная, если не ясно, что в ней нет остатков, которые могут нанести вред окружающей среде. Что касается содержимого, то для сведения к минимуму опасности должна быть обеспечена надлежащая упаковка.

Эти вещества должны быть надлежащим образом размещены в соответствии с планом размещения вредных веществ, а их декларация должна быть подготовлена в соответствии с кодом IMDG и распространена среди всех соответствующих сторон. Ограничение перевозки веществ, когда это применимо, должно осуществляться с учетом спецификаций судов.

Эти вещества могут быть сброшены только для обеспечения безопасности судна или спасения жизни на море. Глава 2 приложения посвящена проверке соблюдения.

Правила Приложения IV применяются ко всем судам валовой вместимостью более 400 т и судам, сертифицированным для перевозки более 15 чел., совершающим международные рейсы. Сброс сточных вод не допускается для обеспечения безопасности судна, спасения жизни на море или в результате повреждения судна или его оборудования при условии, что всегда принимаются разумные меры предосторожности. В главе 2 рассматриваются требования к освидетельствованию и выдаче свидетельств в связи с Приложением.

Каждое судно, к которому применяется Приложение, должно быть оборудовано утвержденной установкой для обработки сточных вод, или системой измельчения и дезинфекции сточных вод, или утвержденным администрацией сборным резервуаром.

Для соединения с приемными сооружениями должно быть предусмотрено соединение для выпускного трубопровода стандартной спецификации, спецификации фланцев и болтов представлены в правиле 10, альтернативы могут быть приняты администрацией для судов специализированных промыслов [1].

Сточные воды со всех судов, кроме пассажирских судов, находящихся в особом районе, могут сбрасываться в случае их измельчения и обеззараживания на расстоянии более 3 миль от ближайшего берега и более 12 миль, когда они не измельчаются и не обеззараживаются, при условии, что при использовании сборных цистерн их сброс осуществляется, когда судно находится в пути и развивает скорость не менее 4 узлов, или судно использует утвержденную установку для очистки сточных вод. Сброс сточных вод с пассажирских судов в специальные районы запрещается, за исключением случаев, когда действуют утвержденные и сертифицированные очистные сооружения [3].

Стороны конвенции обязаны обеспечить надлежащие приемные сооружения на эксплуатационном, а также ремонтном терминале для безотлагательного приема сточных вод с судов. Проверка соответствия и правила работы в полярной воде подробно описаны в главах 6 и 7 соответственно.

Приложение V регулирует меры по предотвращению загрязнения судовым мусором; правила настоящего Приложения применяются ко всем судам, если прямо не указано иное. Допустимым сбросом мусора за пределами специальных зон являются измельченные или размолотые пищевые отходы, способные пройти через 25-миллиметровое отверстие на расстоянии более 3 миль от ближайшей земли, в противном случае – 12 миль. Безвредные остатки груза, которые не могут быть извлечены с помощью обычных методов разгрузки, могут выгружаться на расстоянии 12 миль от ближайшей суши.

Сброс мусора с любых платформ или судов вдоль борта или в радиусе 500 м запрещен. Только измельченные или размолотые пищевые отходы, способные пройти через сито с размером отверстия 25 мм, разрешается сбрасывать с платформ и судов вокруг них, если платформа находится на расстоянии более 12 миль от ближайшей суши. В специальных зонах разрешается сбрасывать пищевые отходы, не загрязненные каким-либо другим видом мусора, измельченные или размолотые, способные пройти через 25-миллиметровое сито на расстоянии 12 миль и более от ближайшей суши или шельфового ледника. В антарктических

районах запрещен сброс птичьих продуктов, включая домашнюю птицу, если они не являются стерильными. Условия сброса остатков груза в особых зонах подробно описаны в правиле 6.

Правительства сторон обязаны обеспечить надлежащие приемные сооружения для сброса мусора на терминалах, не вызывая неоправданной задержки судов [3].

Требования к сбросу мусора в соответствии с настоящим Приложением должны быть вывешены в виде табличек на соответствующих языках на всех судах длиной 12 м и более. На все суда валовой вместимостью более 100 т, суда, сертифицированные для перевозки 15 или более человек, и все платформы должен быть предоставлен план управления мусором, основанный на соответствующих руководящих принципах с процедурами деятельности, связанной с мусором, и использованием оборудования на борту. Журнал учета мусора должен быть предоставлен каждому судну валовой вместимостью 400 т, судну, сертифицированному для перевозки 15 и более человек, и всем платформам. Записи, которые должны быть сделаны в книге учета, указаны в правиле 10.3. Проверка соответствия и правила работы в полярной воде подробно описаны в главах 2 и 3 соответственно.

Приложение VI регулирует предотвращение загрязнения воздуха с судов. Правила настоящего Приложения применяются ко всем судам, если прямо не указано иное. Выбросы исключаются для обеспечения безопасности судна, спасения жизни на море или в результате непреднамеренного повреждения судна или его оборудования при условии, что всегда принимаются разумные меры предосторожности. Исключения также делаются для выбросов, связанных с разведкой, эксплуатацией и переработкой полезных ископаемых морского дна [1].

Запрещены преднамеренные выбросы озоноразрушающих веществ (ОРВ) из системы или оборудования в ходе технического обслуживания, ремонта или утилизации.

Совсем недавно ИМО приняла систему сбора данных для сбора ежегодных дезагрегированных данных о потреблении топлива и транспортных работах для судов валовой вместимостью 5000 и более т. Эта мера вступит в силу с 1 марта 2018 г.

Обязательный международный кодекс безопасности для судов, работающих в полярных водах (Полярный кодекс), был согласован в 2015 г. Эта поправка к МАРПОЛ ввела более строгий экологический контроль на судах, работающих в полярных водах, и вступила в силу 1 января 2017 г. [3].

Внедрение системы сбора данных является первой частью трехэтапного процесса разработки дальнейших мер по повышению энергоэффективности для всех судов. Государства флага и признанные организации, например, классификационные общества, играют наиболее важную роль в обеспечении соблюдения судовладельцами международных правил. Заинтересованные органы должны проводить проверки, чтобы убедиться в соблюдении предварительных условий конвенций. Владельцы и капитаны судов в конечном итоге несут ответственность за мореходные качества своих судов. Именно они должны действовать и следить за тем, чтобы их суда и оборудование на борту всегда соответствовали кодексам и конвенциям ИМО.

При соблюдении MARPOL первостепенное значение имеют следующие моменты:

1. Все суда должны иметь на борту все оригинальные сертификаты, выданные государствами флага или РО, как того требует конвенция, подтверждающие соответствие судов различным положениям МАРПОЛ.

2. Санкции за нарушение МАРПОЛ должны применяться в соответствии с законодательством штата, под флагом которого плавает судно, независимо от географического положения нарушения [3].

3. Капитан судна несет ответственность за хранение всех сертификатов на борту и доведение до сведения соответствующего отдела в случае возобновления или выдачи сертификатов, он также должен нести ответственность за составление и представление отчетов в случае инцидента.

Для борьбы с загрязнением моря с судов ИМО и местные органы власти приняли различные конвенции и законы, но вся подготовка к решению проблемы в конечном итоге зависит от уровня реализации.

Библиографический список

1. Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ-73/78), Кн. I, II. СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2017. 824 с.
2. Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС-74). Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками. СПб.: АО «ЦНИИМФ», 2021
3. Концептуальные основы безопасности мореплавания. Основные положения / В.П. Топалов и др. Одесса: Астропринт, 2013. 144 с.

Владимир Евгеньевич Вальков

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

Евгений Валериевич Осипов

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

Нина Сергеевна Иванко

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

Анатолий Николаевич Бойцов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент кафедры «Промышленное рыболовство», канд. техн. наук, Россия, Владивосток, e-mail: boitsov_an@mail.ru

**Методы снижения расхода топлива промысловыми судами
при использовании траловых систем, оснащенных гибкими
распорными устройствами**

Аннотация. Одной из основных статей затрат добывающего судна на промысле являются ресурсозатраты на топливо. При тралении судно расходует больше топлива, чем при переходе и стоянке. Огромное влияние на расход топлива имеет номинальная мощность силовой энергетической установки судна и гидродинамическое сопротивление траловой системы при буксировке. Сокращение расхода топлива и соответственно расходов на него для добывающих судов является одной из важнейших задач оптимизации показателей эффективности промысловой деятельности.

Ключевые слова: гибкие распорные устройства, экономия топлива, сопротивление траловой системы.

Vladimir E. Valkov

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

Evgeny V. Osipov

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok, e-mail: oev@mail.ru

Nina S. Ivanko

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

Anatoliy N. Boitsov

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Department of Industrial Fisheries, Russia, Vladivostok, e-mail: boitsov_an@mail.ru

Methods for reducing fuel consumption by fishing vessels when using trawl systems equipped with flexible spacers

Abstract. One of the main cost items of a mining vessel in the field is resource costs for fuel. When trawling, the vessel consumes more fuel than when crossing and parking. The rated power of the ship's power plant and the hydrodynamic resistance of the trawl system during towing have a huge impact on fuel consumption. Reducing fuel consumption and, accordingly, the cost of it for mining vessels is one of the most important tasks in optimizing the efficiency of fishing activities.

Keywords: flexible spacers, fuel economy, trawl system drag.

Одной из основных статей затрат добывающего судна на промысле, являются эксплуатационные затраты на топливо. Сокращение расхода топлива и соответственно расходов на него для добывающих судов, при осуществлении промысловых операций, может быть представлено в виде отношения усилий на буксировку трала к силе сопротивления всей траловой системы. Затраты на топливо является в настоящее время значительной статьей расхода при осуществлении промысла. Особенно это сказывается на режимах траления, которое может составить на отдельных объектах несколько часов.

Одним из решений этих задач является использование гибких распорных устройств (ГРУ). Сопротивление траловой доски составляет 13-25 % от сопротивления всей траловой системы [1]. Результаты исследований гибких распорных устройств показали, что сопротивление гибкого распорного устройства в 12-19 раз меньше сопротивления трала [2], что составляет 5,2-8,3 %. При тралении судно расходует свою мощность не только на движение самого судна, но и на буксировку траловой системы. Тяговые усилия судов типа БАТМ, РТМС при тралении на скорости 5-5,5 уз варьируется в пределах 24,7-26,5 тс.

Исходя из режимов работы судна на промысле может быть определен расход топлива по каждому добывающему судну, который напрямую зависит от нормативов расхода топлива, скорости движения судна в режиме траления, а также усилия буксировки трала. Буксировочное усилие трала зависит от тяговой-скоростной характеристики судна и типа буксируемого трала. Методика определения расхода топлива главным двигателем в зависимости от мощности судна основана на принципе аппроксимации силовой характеристики добывающего судна

$$q = f \cdot (t; v), \quad (1)$$

где q – средний расход топлива при тралении, т/ч; t – время траления, ч; v – скорость судна, уз.

При определении расхода топлива промысловым судном необходимо учитывать различные этапы промысла. Для построения модели определения возможного снижения расхода топлива во время промысла необходимо задать ограничения, являющиеся частью оптимизационной модели по определению снижения расхода топлива при производстве промысловых операций, с учетом усилия необходимого для буксировки трала.

Для определения распределения нагрузок главного двигателя применяются статистические методы, которые имеют преимущества по сравнению с методами теплотехнических испытаний двигателей. В эксплуатации нагрузки главных и вспомогательных двигателей имеют случайный вид, т.е. их нагрузка подлежит временным изменениям в зависимости от условий и режима эксплуатации судна.

Результаты теплотехнических испытаний судовой энергетической установкой (СЭУ) не позволяют получить достоверные данные о нагрузках главных и вспомогательных двигателей, связанные с различными условиями эксплуатации промысловых судов и состоянием их пропульсивного комплекса. Обработка статистических данных по нагрузкам двигателей сводится к расчету средней нагрузки и среднеквадратичного отклонения нагрузки, а объем данных должен обеспечивать заданную достоверность [3].

Зная номинальную мощность главного двигателя и суммарное время его работы можно определить относительную нагрузку

$$\bar{N}_i = \frac{N_i}{N_{\text{НОМ}}}, \quad (2)$$

где N_i – текущее значение мощности двигателя; $N_{\text{НОМ}}$ – его номинальная мощность.

Относительную продолжительность работы двигателя на этой нагрузке

$$\bar{t}_i = \frac{t_i}{T_p}, \quad (3)$$

где t_i – продолжительность работы двигателя, ч; T_p – суммарное время работы двигателя, ч.

$$T_p = \sum_{i=1}^n t_i. \quad (4)$$

Относительная средняя нагрузка на двигатель (математическое ожидание)

$$\bar{N}_c = \sum_{i=1}^n \bar{N}_i \cdot \bar{t}_i. \quad (5)$$

Для расчета параметров распределения нагрузки СЭУ в качестве исходных данных требуются значения текущей мощности. Под текущей мощностью следует понимать значение мощности ДВС в данный момент времени, которое фиксируется по истечению каждого часа времени в машинном журнале.

Показателями, косвенно характеризующими мощность СЭУ, работающих на винт фиксируемого шага, является частота вращения вала главного двигателя, n . По результатам стендовых или теплотехнических испытаний СЭУ находят зависимость $\bar{N}_c = f(n)$, которую используют для определения относительной текущей мощности главного двигателя по частоте вращения вала. Для расчетов приняты результаты теплотехнических испытаний главных двигателей следующих судов: РТМС; БАТМ; РТМ, работающих на промысле дальневосточной сардины (иваси).

Среднюю нагрузку ГД можно определить по значению средней относительной частоты вращения вала по известной зависимости

$$\bar{N}_c = \bar{n}_c^m, \quad (6)$$

где m – показатель степени (для водоизмещающих судов $m \approx 3$).

$$\bar{n}_c = \frac{n_c}{n_{\text{НОМ}}}, \quad (7)$$

где n_c – средняя частота вращения вала; $n_{\text{НОМ}}$ – номинальная частота вращения.

Для определения текущей мощности СЭУ можно принять произведение $n \cdot t_r$ (где t_r – температура выпускных газов) или $n_{\text{ГТН}}$, а также показания ВУШ. По данным стендовых или теплотехнических испытаний находят зависимости:

$$\bar{N}_c = f(n \cdot t_r), \quad \bar{N}_c = f(n_{\text{ГТН}}), \quad \text{или} \quad \bar{N}_c = f(\text{ВУШ}). \quad (8)$$

Полученные значения текущей мощности главного двигателя используют для определения средней статистической нагрузки СЭУ на основных режимах эксплуатации судна. Для определения расхода топлива необходимо знать топливную характеристику двигателя

$$\bar{B}_q = a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c^2, \quad (9)$$

где \bar{N}_c – относительная средняя нагрузка двигателя; a, b, c – постоянные коэффициенты топливной характеристики, имеющие для каждого марок дизеля свои определенные значения, причем их сумма $a+b+c \approx 1$

$$\bar{N}_c = \frac{N_c}{N_{\text{ном}}}, \quad (10)$$

где N_c – средняя мощность двигателя; $N_{\text{ном}}$ – номинальная мощность двигателя.

Для определения коэффициентов топливной характеристики исходными данными являются значения относительной текущей нагрузки и относительного текущего расхода топлива, которые берутся из отчетов стендовых или теплотехнических испытаний дизеля (количество этих значений должно быть не менее четырех пар). Топливная характеристика главного двигателя и его средняя нагрузка дает возможность определить расход топлива для любого режима эксплуатации СЭУ. Часовой относительный расход топлива двигателем судна определяется по формуле

$$\bar{B}_ч = a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c + q \cdot \bar{N}_c. \quad (11)$$

При определении расхода топлива главным двигателем необходимо учитывать долю работы двигателя на i -ом режиме

$$q = \frac{t_i}{T_p}, \quad (12)$$

где t_i – время работы двигателя на данном режиме эксплуатации, ч; T_p – продолжительность режима, ч.

Часовой относительный расход топлива двигателем с учетом доли его работы определяется по формуле

$$\bar{B}_ч = \left(a + b \cdot \bar{N}_c + c \cdot \bar{N}_c^2 \right) \cdot \frac{t_i}{T_p}. \quad (13)$$

Абсолютный часовой расход топлива двигателем определяется

$$B_ч = \bar{B}_ч + B_{\text{ном}}. \quad (14)$$

Суточный расход топлива составит

$$B_{\text{сут}} = B_ч^{\text{сд}} \cdot 24. \quad (15)$$

Определив суточные расходы топлива СЭУ для каждого режима эксплуатации промышленного судна, можно рассчитать суточный расход топлива за эксплуатационный период

$$B_{\text{сут}} = K_{\text{ст.п}} \cdot B_{\text{ст.п}} + K_{\text{ход}} \cdot B_{\text{ход}} + K_{\text{пр}} \cdot B_{\text{пр}} + K_{\text{ст.м}} \cdot B_{\text{ст.м}}, \quad (16)$$

где $K_{\text{ст.п}}$ – доля времени стоянок судна в порту; $K_{\text{ход}}$ – то же переходов в район промысла и обратно в порт; $K_{\text{пр}}$ – то же работы на промысле; $K_{\text{ст.м}}$ – то же стоянок в море.

Для построения математической модели, позволяющей определить экономию топлива промышленными судами при использовании траловых систем, оснащенных ГРУ необходимо:

- разделить работу промышленного судна на задаваемые участки с условно постоянными факторами траления;
- не учитывать элементы набора и снижения скорости, считая ее устоявшейся при каждом тралении;
- в качестве переменных использовать не скорость судна, а время каждого траления, тогда математическая модель задачи имеет вид:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n Q_i &\rightarrow \min, \\ t_{\min} &\leq t_i \leq t_{\max}, \\ \sum_{i=1}^n t_i &= t_{\text{пр}}, \end{aligned} \quad (17)$$

где t_i – время траления на i -ом участке; n – число тралений за все время промысла; Q_i – расход топлива двигателем на i -ом тралении; t_{\min} и t_{\max} – минимальное и максимальное про-

мысловое время на i -ом тралении, которое определяется по ограничительным характеристикам каждого траления.

Для аналитического приближенного решения необходимо аппроксимировать функцию q_i кубическими парабололами

$$Q_i = q_i \frac{t_i^3}{t_i^{min^2}}, \quad (18)$$

где q_i – массовый часовой расход топлива двигателем на i -ом тралении при скорости движения судна, соответствующей времени траления t_i^{min} .

Будем считать, что величины q_i , t_i^{min} и t_i^{max} находятся с использованием метода расчёта характеристик. Тогда решение будет иметь следующий вид:

$$t_n = t_n^{min}, t_m = t_n^{max}, t_j = t_{пр} - \sum_m t_m^{max} - \sum_n t_n^{min} \frac{t_j^{min} \sqrt[3]{q_j}}{\sum_j t_j^{min} \sqrt[3]{q_j}} \quad (19)$$

где конкретный набор индексов m , n и j можно определить с применением следующего алгоритма:

- считаем, что наборы индексов пустые;
- рассчитываются все t_i кроме тех, что находятся в наборах m и n с использованием формулы (19);
- если для некоторого i нарушаются условия (17), то соответствующие индексы следует поместить в набор n или m ;
- в случае, когда все t_i удовлетворяют ограничениям (17), то решение получено, в противном случае необходимо вернуться на шаг 2 данного алгоритма расчета [5].

Применение данной модели ограничено вопросом определения величины участков и времени выполнения непосредственно траления для получения адекватных результатов [5]. При построении данной модели было принято два допущения:

- участки траления считались прямолинейными;
- не учитывались режимы выхода на устоявшуюся скорость траления и остановки судна для выборки тралового мешка.

Таким образом, уменьшение сопротивления траловой системы в диапазоне от 8,6 до 16,3 % при использовании ГРУ позволит получить экономический эффект от снижения расхода топлива при промысловых операциях в пределах от 4,46 до 8,62 %. В данном случае такой подробный расчет позволяет оценить эффект, в то же время использование норм расхода для судов с изменяемым шагом винта не дает ответ о размере экономии топлива.

Библиографический список

1. Габрюк В.И., Бойцов А.Н., Осипов Е.В. Методика определения горизонтального и вертикального раскрытия разноглубинных тралов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: матер. V Междунар. науч.-техн. конф. В 2 ч. 2018. С. 55–64.
2. Кудакаев В.В., Осипов Е.В., Бойцов А.Н. Исследование синтетических нитей с учетом узловых соединений // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: матер. Междунар. науч. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. С. 215–219.
3. Маницын В.В., Музалевский Н.В. Расчет параметров распределения нагрузки двигателя и определение расхода топлива: учеб. пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1989. 84 с.
4. Маницын В.В. Топливные характеристики дизелей «Caterpillar» и их анали // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2007. Т. 19. С. 32–35.
5. Ятчук К.В. Метод корректировки индивидуальных норм расхода топлива по элементам рейса // Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке: матер. IX Междунар. науч.-техн. конф. Новосибирск: Сибирский гос. ун-т путей сообщения, 2017. С. 281–283.

Виталий Витальевич Ганнесен

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент кафедры «Судовождение», Россия, Владивосток, e-mail: gannesen.vv@dgtru.ru

Екатерина Евгеньевна Соловьёва

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель кафедры «Судовождение», Россия, Владивосток, e-mail: soloveva.ee@dgtru.ru

Обеспечение безопасности мореплавания в зонах прибрежного рыболовства у побережья Японии

Аннотация. Представлено исследование специфики аварийности в районах активной добычи морских биоресурсов маломерными судами у берегов Японии. Рассматриваются возможные причины столкновений и даются рекомендации по организации вахтенной службы с учетом рассмотренной специфики плавания.

Ключевые слова: авария, столкновение, радиолокационное наблюдение, условия недостаточной видимости.

Vitaly V. Gannesen

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor of the Department of Navigation, Russia, Vladivostok, e-mail: gannesen.vv@dgtru.ru

Ekaterina E. Solovyova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, Department of Navigation, Russia, Vladivostok, e-mail: soloveva.ee@dgtru.ru

On the issue of ensuring the safety of navigation in coastal fishing areas off the coast of Japan

Abstract. The article is concern to the study of the specifics of accidents in areas of active extraction of marine bioresources by small vessels off the coast of Japan. The article discusses the possible causes of collisions and gives recommendations on the organization of watchkeeping service, taking into account the considered specifics of navigation.

Keywords: accident, collision, radar observation, poor visibility conditions.

Статистика аварийных случаев в зоне прибрежного рыболовства у берегов Японии оперирует ежегодно десятками столкновений рыболовных судов [1], некоторые из которых заканчиваются гибелью людей. Целью данного исследования является изучение причин этих аварий и выработка рекомендаций по организации вахтенной службы при плавании в таких районах с целью уменьшения риска столкновения.

Протоколы расследований серьёзных происшествий с тяжелыми последствиями показывают, что организация несения вахты для предотвращения столкновений во время добычи морских биоресурсов на японских маломерных судах, практически, отсутствует. К такому состоянию приводит то, что при минимуме экипажа на борту все заняты процессами добычи морепродуктов.

При плавании в условиях ограниченной видимости малые рыболовные суда становятся наиболее опасными для судов, проходящих данными районами, так как они, будучи малоза-

метными в таких условиях объектами, зачастую пренебрегают обязанностью подавать звуковые сигналы в соответствии с Правилами предупреждения столкновений судов (МППСС-72) [2]. Возможно, это происходит потому, что подаваемый каждые две минуты звуковой сигнал создает существенный дискомфорт для экипажа. Но независимо от причины факт такого поведения капитанов рыболовных судов регистрируется практически во всех случаях столкновений.

Такую особенность поведения рыболовных судов, занимающихся промыслом, следует учитывать при организации плавания в этих районах. Примером пренебрежения к необходимости учета специфики прохода через районы прибрежного рыболовства у берегов Японии служит столкновение в тумане рыболовного судна СРТМ «АМУР» с японским рыболовным судном «НОККО MARU-8» в Охотском море 26.05.2021, доклад о расследовании которого опубликован Федеральной службой по надзору в сфере транспорта Управления государственного морского и речного надзора[3].

Спецификой данного расследования стало то, что оно производилось только на основании показаний членов команды СРТМ «АМУР» и документов компании-судовладельца, так как японские власти изъяли судовые документы, судовые журналы, карту с прокладкой, курсограмму и прочие источники объективной информации. Поскольку реальные обстоятельства плавания и действия вахтенной службы могут знать только лица, несшие в тот момент вахту, т.е. лица, заинтересованные минимизировать свою вину в произошедшем столкновении, то доверять полностью их показаниям, как минимум, наивно.

СРТМ «Амур», следовавший из порта Корсаков в порт Момбецу (Япония) протаранил «НОККО MARU-8» в координатах Ш=44°29.1N Д=143°34.9 E. В результате столкновения рыболовное судно перевернулось, а экипаж оказался за бортом. Силами экипажа СРТМ «АМУР» 5 японских рыбаков были подняты на борт, трое из которых уже оказались без признаков жизни.

Одним из пунктов, указанных в качестве нарушения СРТМ «АМУР», был недостаточный состав ходовой навигационной вахты. На вахте в момент столкновения были капитан (КМ) и 3-й помощник капитана (ЗПКМ). Однако из протокола непонятно, что дало бы нахождение на мостике третьего судоводителя. У членов ходовой навигационной вахты есть три источника получения информации об окружающей обстановке – визуальное, слуховое и радиолокационное наблюдение (рассчитывать на АИС в данном случае не приходится, так как японские рыболовные суда их устанавливать не обязаны). Если верить показаниям экипажа, то все три источника информации были задействованы: впередсмотрящий на баке обеспечивал визуальное и слуховое наблюдение; ЗПКМ вел радиолокационное наблюдение.

Значительно больше вопросов к квалификации вахтенной службы в части пользования радиолокационным оборудованием. В протоколе расследования отмечается, что ЗПКМ вел радиолокационное наблюдение на 3-мильной и 12-мильной шкалах дальности РЛС, но при этом не заметил рыболовное судно. Вопрос в том, что была ли правильно настроена РЛС в данных обстоятельствах? Попытка списать всё на малозаметность «НОККО MARU-8» малоубедительна. Правильно настроенная РЛС в условиях хорошей видимости в состоянии обнаружить надувные лодки с подвесными моторами на дистанции в несколько кабельтов. Но для этого нужно уметь настраивать РЛС. Как правило, вахтенные помощники приступают к изменению настроек РЛС, когда осознают несоответствие между информацией, полученной из нескольких источников (например, несоответствие изображения на экране и карте района плавания), либо при появлении помех, затрудняющих распознавание целей, о присутствии которых известно.

Специфика плавания в тумане в том, что туман, в отличие от волн, не создает помех, видимых на экране, а просто поглощает слабые сигналы. В итоге создается иллюзия отсутствия навигационных опасностей на чистом экране. И если принять, что ЗПКМ непрерывно вел радиолокационное наблюдение, то можно предположить, что он стал заложником этой иллюзии. В протоколе расследования отмечается, что он вел наблюдение на разных шкалах дальности, но не упоминается, что он переключал диапазоны волн с 3-см на 10-см (X-диапазон и S-диапазон соответственно). А ведь это именно то, что необходимо делать при

попадании в плотный туман. И если для ЗПКМ эту ошибку можно списать на отсутствие опыта, то для капитана оправдание нет.

Другим пунктом, указанным в качестве нарушения СРТМ «АМУР», была скорость 8 уз, небезопасная для таких обстоятельств. Вероятно, такую скорость держали, основываясь на радиолокационной информации, показывающей отсутствие опасностей. И это при том, что правила МППСС-72 напрямую предостерегают от предположений, основанных на неполной информации, и особенно радиолокационной.

Другой проблемой, с которой сталкиваются экипажи транспортных судов, следующих транзитом через районы, в которых ведется промысел морских биоресурсов, является многочисленность и непредсказуемость поведения малых рыболовных судов.

Правила МППСС-72 в общем случае устанавливают, что суда, занятые ловом рыбы не должны затруднять движение судов, следующих по установленным путям. Однако рыбаки ловят там, где есть рыба, и не обращают внимания на это правило. Возможно, проблема не была бы такой острой, если бы не количество промысловых судов, собирающихся одновременно на промысле в одном районе. Количество и плотность маломерных судов, занятых промыслом в районе установленных путей для транзитного прохода, бывает настолько велики, что большому транспортному судну просто невозможно пройти сквозь эти скопления.

Следуя транзитом через скопления рыболовных судов, нужно всегда помнить, что опасность представляет не только прямое столкновение с корпусом, но и зацеп за орудия лова, простирающиеся в сторону от промыслового судна. Определить способ лова и направление выметанных снастей с дальней дистанции – задача трудновыполнимая, а после сближения на малую дистанцию может не хватить времени и пространства для выполнения маневра по уклонению от столкновения с орудиями лова.

Последствиями столкновения с орудиями лова может оказаться зацеп троса (хребтины, ваера и т.п.), прочности которого хватает для опрокидывания рыболовного судна, или затягивания его под борт транспортного судна.

Ярким примером опасности такого рода является столкновение грузового судна «CAPE VERDE» с рыболовным судном «MUNEYOSHI MARU» в заливе Осака (рис. 1).



Рисунок 1 – Залив Осака

Краткое описание аварии. Грузовое судно CAPE VERDE следовало на северо-восток к порту Фукуяма префектура Хиросима под лоцманской проводкой, а рыболовное судно MUNEYOSHI MARU со шкипером и членом экипажа следовало с тралом на северо-восток [1]. Около 08:35 21 декабря 2018 г. судно CAPE VERDE (далее «судно А») столкнулось с рыболовными снастями MUNEYOSHI MARU (далее «судно В») возле маяка Sumoto Offing Light Buoy. В результате столкновения судно MUNEYOSHI MARU опрокинулось, а один из членов экипажа утонул. У судна CAPE VERDE обошлось без жертв.

Опуская подробности, череду событий можно изложить следующим образом (рис. 2).

Примерно в 08:25 с помощью радиолокатора были обнаружено судно впереди справа по курсу на дистанции около 2 миль, а при визуальном наблюдении с помощью бинокля показало, что это рыболовное судно, вымётывающее по корме снасти.

Примерно в 8:26 капитан покинул мостик (по согласованию с лоцманом), чтобы позавтракать. Судно продолжало движение под управлением лоцмана со скоростью 12 уз.

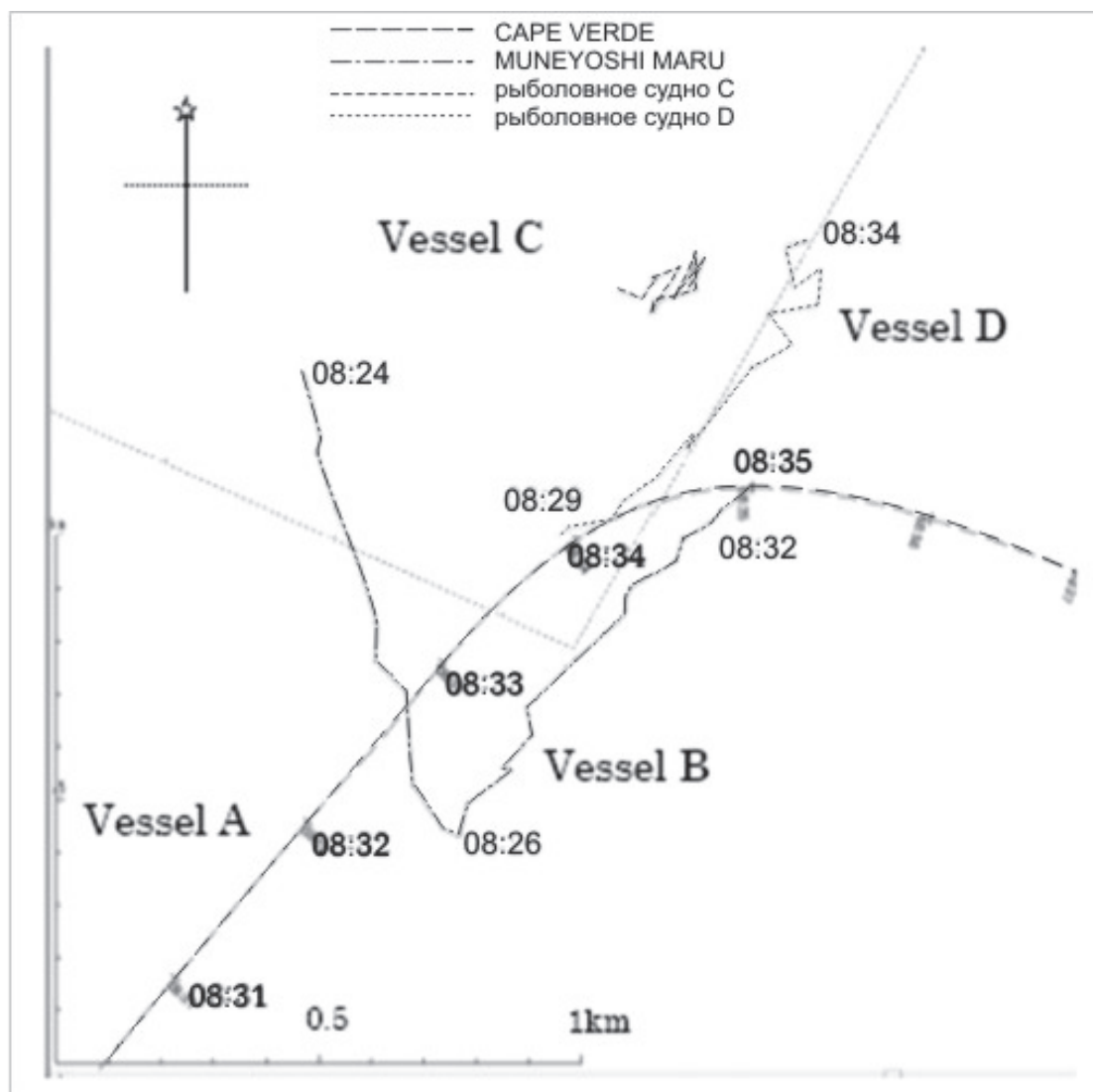


Рисунок 2 – Схема траекторий движения судов перед столкновением

Визуальное и радиолокационное наблюдение за окружающей обстановкой в 08:29 показало, что судно «В» остается по правому борту, судно «С» слева по носу и судно «D» прямо по носу. На основании этих наблюдений лоцман предположил, что судно «В» следует на северо-восток, судно «С» — на северо-северо-запад, а судно «D» — останавливается, и принял

решение, что судно «В» можно обогнать с его левого борта и пересечь пространство между судном «С» и судном «D».

Вахтенный помощник на основании визуальных наблюдений пришел к выводу, что судно «В» и судно «D» движутся в одном направлении по правому борту, а судно «С» – слева по носу от судна «А». О своих наблюдениях вахтенный помощник не сообщил лоцману, поскольку никаких инструкции у него не было, и он не знал о намерении лоцмана маневрировать, а лоцман и стажер лоцмана разговаривали на японском языке.

Примерно в 08:32 лоцман визуально определил, что судно «С» снова находится примерно в 1 миле по носу, предположил, что судно «С», по-видимому, идет кормой на юго-юго-восток, и подумал, что теперь проход через сужающееся пространства между судном «С» и судном «D» будет затруднен. На основании этих наблюдений лоцман дал указание положить руль право 20 для прохода по корме судна «В» над рыболовными сетями.

Обойдя по корме судно «В» лоцман вернул свое судно на первоначальный курс. Наблюдавший за расхождением судов с крыла мостика стажер лоцмана доложил, что судно «В» прошло по левому борту примерно в 40 м.

Лоцман продолжал вести судно на северо-восток, когда около 08:47 он услышал голос, вызывающий судно «А» по радиотелефону. Стажер лоцмана ответил на вызов и узнал, что звонившим было судно, занимавшееся поблизости любительским рыболовством, которое сообщило в береговую охрану Японии об опрокидывании судна «В».

Как показало расследование, грузовое судно, проходя по корме рыболовного судна, зацепило пером руля ваер трала, что привело к опрокидыванию рыболовного судна. Подоспевшее на помощь рыболовное судно «Е» сняло с перевернутого судна шкипера судна «В», который сообщил о пропаже члена своего экипажа. Пропавший член экипажа судна «В» был найден примерно через час после аварии, но в центре неотложной медицинской помощи, куда его доставили, подтвердили его смерть.

Рассмотренный аварийный случай является типичным в зонах скопления большого количества рыболовных судов, ведущих промысел на установленных путях движения транспортных судов.

В заключении хочется еще раз обратить внимание членов ходовой навигационной вахты на специфику плавания по районам, где ведется промысел морских биоресурсов малыми рыболовными судами:

1. Эти суда, как правило, не соблюдают Правила предупреждения столкновений судов ни в части маневрирования, ни в части обозначения своего присутствия в условиях ограниченной видимости.

2. Эти суда являются малозаметными, что требует квалифицированной настройки судовых РЛС в соответствии с внешними условиями.

3. Безопасная скорость должна выбираться исходя из принципа достаточности времени и контролируемого пространства для уклонения от столкновения.

4. Выбор маневра для расхождения судов должен исключать возможность столкновения не только с корпусом рыболовного судна, но и с орудиями лова.

Библиографический список

1. Japan Transport Safety Board. URL: <https://www.mlit.go.jp/jtsb/marrep.html>.
2. Международные правила предупреждения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72). 3-е изд., испр. М.: Моркнига, 2009. 152 с.
3. Анализ и состояние аварийности. М.: Госморречнадзор. URL: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost>.

Людмила Викторовна Костенко

Калининградский государственный технический университет, ведущий специалист отдела интеллектуальной собственности, Россия, Калининград, e-mail: kostenko_1_v@mail.ru

Перспективы цифровых технологий в рыбной отрасли России

Аннотация. Исследовано современное состояние и перспективы развития РХК Калининградской области в цифровой экономике в разрезе трех основных групп предприятий: рыбодобывающих, рыбоперерабатывающих и рыбопроизводящих. Кратко представлен обзор состояния работ по цифровым технологиям в рыбной отрасли. На примере ООО «Вишняй-Русь» показан успех высокотехнологичной компании на примере ГК «За Родину» – преимущества интегрированных в единую сеть компаний, включающих вылов рыбы, переработку и поставку потребителям.

Ключевые слова: цифровизация рыбохозяйственного комплекса, Hi-Tech, стратегия смежного сектора, сетевое производство.

Lyudmila V. Kostenko

Kaliningrad State Technical University, Leading Specialist of the Intellectual Property Department, Russia, Kaliningrad, e-mail: kostenko_1_v@mail.ru

Prospects for digital technologies in the fish industry of Russia

Abstract. The purpose of this work is to study the current state and development prospects of the RCC of the Kaliningrad region in the digital economy in the context of three main groups of enterprises: fishing, fish processing and fish production. An overview of the state of work on digital technologies in the fishing industry is briefly presented. The example of LLC "Vichyuniyai-Rus" shows the success of a high-tech company, using the example of the Group of Companies "For the Motherland" - the advantages of companies integrated into a single network, including fishing, processing and supply to consumers.

Keywords: digitalization of the fishery complex, Hi-Tech, strategy of the related sector, network production.

В последнее десятилетие в Калининградском государственном техническом университете (КГТУ) ведутся активные работы в области цифровых технологий, исследования вопросов перехода предприятий и организаций различных отраслей экономики страны и систем управления в цифровой формат. В 2012 г на Гайдаровском Форуме в Москве сотрудниками университета была организована и проведена секция «Интеллектуальные организации в новой модели роста», а в 2015 г. – первая Национальная конференция «Инновационное предпринимательство», название которой в 2021 г. расширилось с указанием актуальных направлений цифровизации экономики: «Инновационное предпринимательство: Цифровая экспансия».

Креативным продуктом первой конференции стала книга «Инновационные предприятия Калининградской области», вобравшая в себя все лучшие разработки молодых инноваторов региона, участников программ «Умник» и «Старт». Она была издана тиражом в 1500 экз. при содействии правительства Калининградской области [1]. Тогда же сотрудниками университета был подготовлен и прошел широкое обсуждение в Агентстве стратегических инициатив

(АСИ, Москва) аналитический доклад для трека Маринет (морехозяйственной деятельности) Национальной технологической инициативы (НТИ). КГТУ был выбран базовой организацией Маринет по блоку «Образование» и принял активное участие в формировании Дорожной карты Маринет, а ректор университета В.А. Волкогон стал руководителем рабочей группы по образованию.

Обобщающие результаты исследований 2012-2015 гг. нашли отражение в постановке задач для выполнения новых НИОКР по переходу рыбохозяйственного комплекса (РХК) России в цифровую экономику [2-6], ряд из которых были решены в результате выполнения ГосНИР по заказу Росрыболовства [7-11]. Наиболее значительные результаты 2020-2021 гг. докладывались на VII Национальной конференции «Инновационное предпринимательство: Цифровая экспансия» в октябре 2021 г.

Целью данной работы является исследование современного состояния и перспектив развития РХК Калининградской области в цифровой экономике в разрезе трех основных групп предприятий: рыбодобывающих, рыбоперерабатывающих и рыбопроизводящих (аквакультуры). Новая реальность, возникшая в связи с тотальной экономической и технологической блокадой России странами Запада во главе с США, внесла существенные коррективы в процессы применения новых технологий и цифровизации, одним из которых является поворот от глобализированного подхода к необходимости руководства принципом технологической и цифровой независимости Российской Федерации [12, 13].

Как крупный актор национальной экономики РХК России представляет собой разноплановый экономический конгломерат множества предприятий и организаций, индивидуальных предпринимателей и частных лиц, объединенных единой целью добычи и переработки ВБР, поставки продукции внутри страны и за рубеж. Укрупненная структура РХК России представлена на рис. 1. Здесь выделены предприятия Калининградской области, и вопросы использования цифровых технологий в РХК России будут рассматриваться на примере этого региона. Следует отметить специфику российского анклава, которая заключается в высокой доле перерабатывающих предприятий, работающих частично либо полностью (65-100 %) на импортном сырье и комплектующих. Поэтому вопросы международного сотрудничества и транспортной логистики являются крайне важными для Калининградской области.

Кризис 2014 г., затем пандемия Covid-19 с 2020 г. и экономическая блокада с февраля 2022 г. Российской Федерации западными странами, организованная США, оказала существенное влияние на экономику региона, постоянно требуя креативных решений от участников рынка, правительства Калининградской области, поиска и реализации форм поддержки Федеральным центром. Вопросы продовольственной, энергетической и общей безопасности, эффективного использования местных и национальных ресурсов, обеспечения самодостаточности и устойчивого развития в условиях быстро меняющейся внешней среды вышли на первый план.

В короткие сроки, 2018-2020 гг., были построены 4 новых ТЭЦ, закольцованных между собой и существовавшими электростанциями, которые дали кратный запас по энергопотреблению области. Построено подземное газохранилище, терминал регазификации, свыше 1200 км газораспределительных сетей, что позволило обеспечить бесперебойной энергией новые крупные промышленные и сельскохозяйственные предприятия, развить тепличное хозяйство. За последние пять лет, с 2017 по 2021 гг., общий объем инвестиций в сельскохозяйственный и рыбохозяйственные комплексы составил свыше 32 млрд руб. [14]. Начаты крупные инвестпроекты и уже работают первые очереди предприятий по выращиванию зерновых и зернобобовых, элеваторных, тепличных и мясо-молочных комплексов, позволившие Калининградской области стать лидером в части реализации высокотехнологичных проектов в обеспечении продовольственной безопасности.

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 21.01.2020 № 20, сельское хозяйство и рыбная отрасль являются основой обеспечения продовольственной безопасности страны, поэтому интенсивное развитие агропромышленного комплекса региона, решая задачу продовольствен-

ной безопасности, открывает широкие возможности для диверсификации сферы деятельности РХК в концепте «Стратегии смежного сектора» [11], привлекая к тесному сотрудничеству предприятия пищевой промышленности, общего и специализированного питания. В таком разрезе рассмотрим состояние РХК Калининградской области, выделив три основные группы предприятий: рыбодобывающие предприятия, рыбоперерабатывающие производства и рыбопроизводство – аквакультуру.

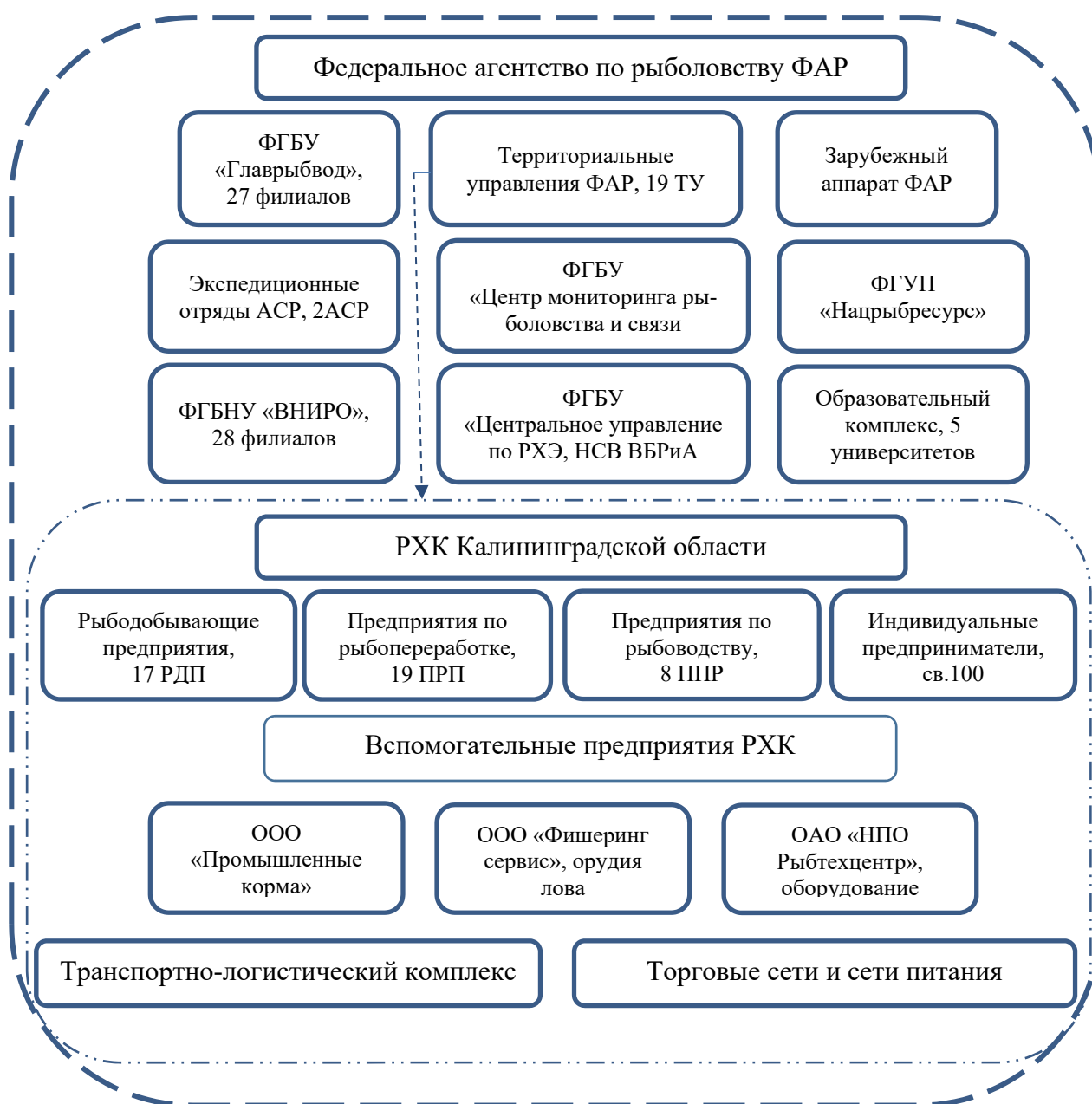
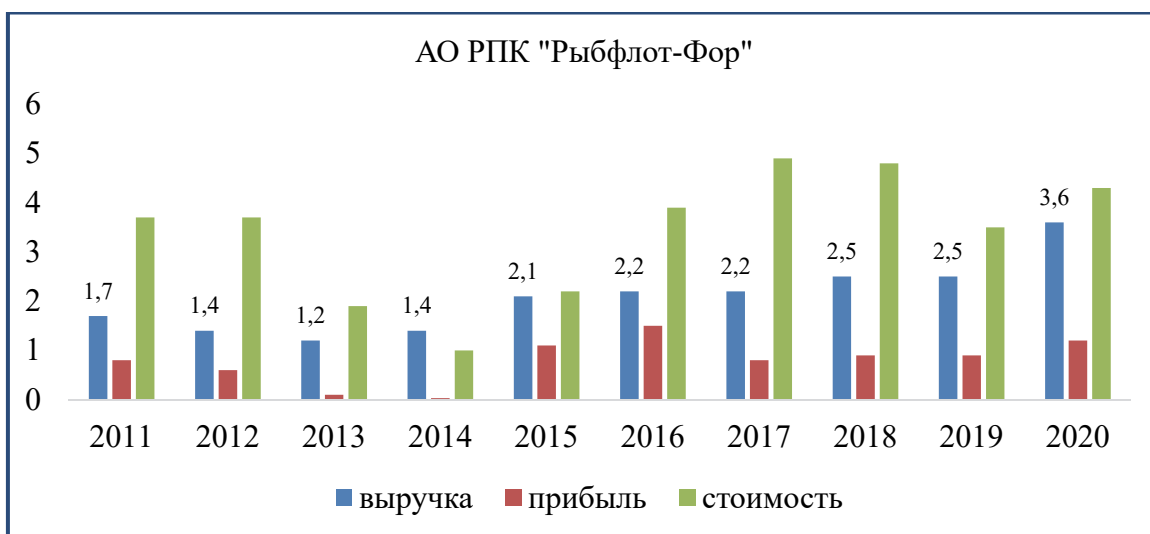
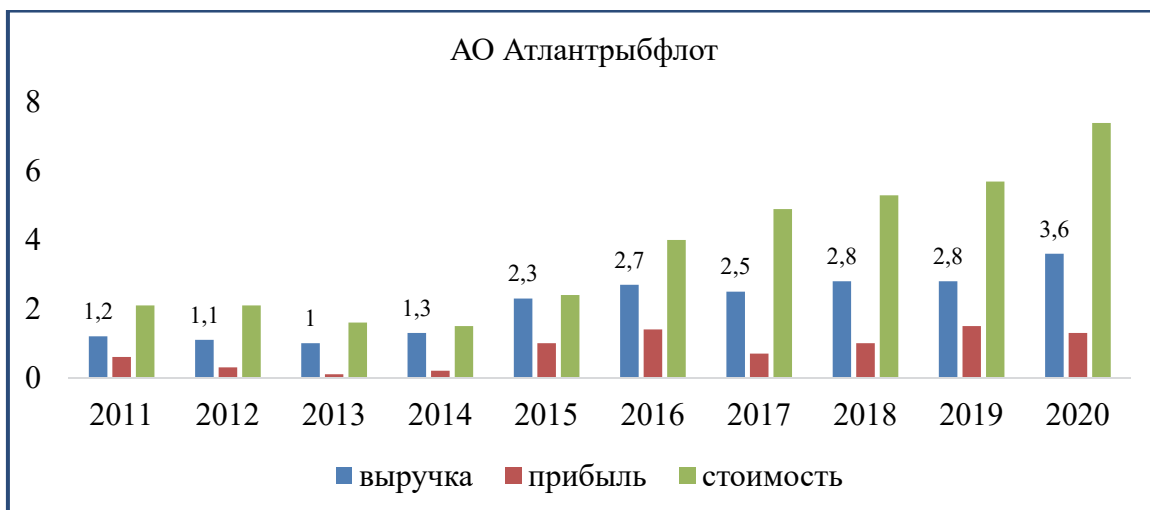
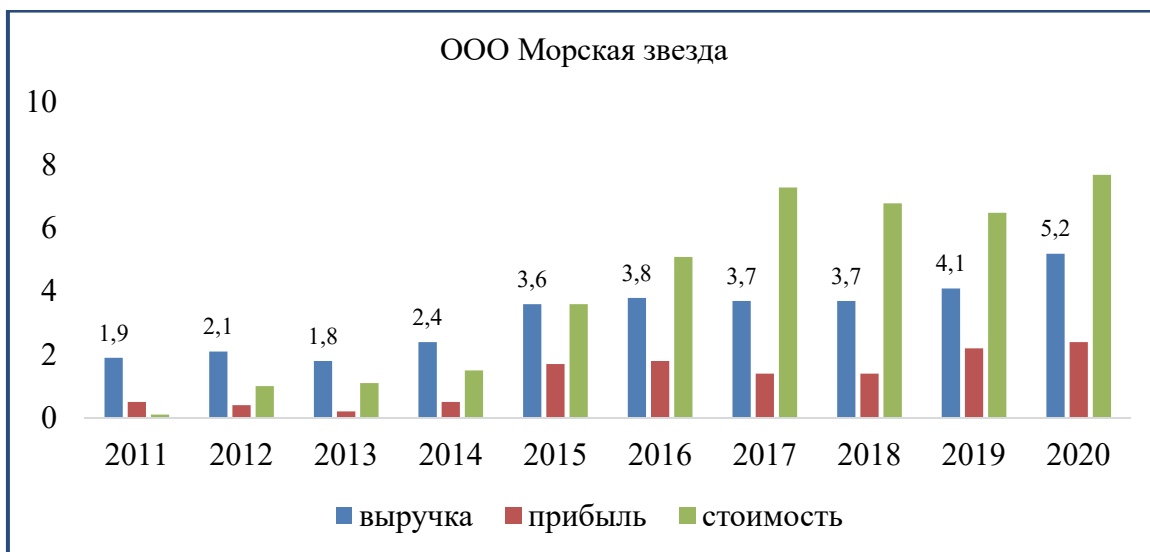


Рисунок 1 – Укрупненная структура РХК России с выделенной Калининградской областью

Выручка, прибыль и стоимость ведущих компаний в Калининградской области в категории рыболовство представлена на рис. 2. Эти предприятия имеют устойчивый рост объемов выручки от 8 до 12 % в год. Ведется строительство новых судов рыбопромыслового флота по инвестпроектам на заводах Калининградской области. Первое головное судно типа МСТР из серии в 4 судна общей стоимостью св. 1,5 млрд руб. планируется спустить на воду в 2022 г. Дальнейшее расширение объемов рыбной продукции в Калининградской области зависит от развития океанического лова, аквакультуры и углубления процессов рыбопереработки с пе-

реходом в рециклинг. Причем в части рециклинга здесь имеется в виду как переработка отходов в рыбную муку, так и развитие Hi-Tech по переработке отходов в высококачественные нутриенты для пищевой промышленности.



Рисункок 2 – Динамика экономических показателей крупнейших рыбодобывающих предприятий Калининградской области

В 70-е гг. прошлого века рыбаки области добывали до миллиона тонн рыбы в год и более, а сейчас в 4 раза меньше вследствие сокращения лова рыбы в Атлантике. Рост объемов производства рыбопродукции в весовом выражении зависит от ускоренного строительства крупных и средних рыболовных судов. Условия для этого сейчас наиболее благоприятные для всего постсоветского времени, так как, во-первых, можно пользоваться возможностями строительства судов под квоты, во-вторых, существенными привилегиями Особой экономической зоны (ОЭЗ), а в третьих, – имеющейся развитой инфраструктурой РХК, включая профессиональную подготовку кадров по всем специальностям рыболовства, рыбопереработки и рыбоводства. Переход РХК Калининградской области от экстенсивного к интенсивному пути развития с использованием современных биотехнологий, разработанных учеными и специалистами научно-образовательного комплекса ФАР, позволит существенно снизить конечные отходы производства. Сегодня они составляют в зависимости от сырья 35-50%, достигая по некоторым видам и до 70 %, в то время как норвежские переработчики рыбной продукции достигли уровня переработки отходов в 87 %, т.е., конечные отходы в этой стране не превышают 13 %.

Для развития аквакультуры в Калининградской области имеются достаточно удобные географические условия в виде мягкого климата без больших морозов и жары, энергообеспеченности региона и трудовых ресурсов. В своем отчете Законодательному Собранию области 29 апреля 2022 г. Губернатор А.А. Алиханов особо отметил актуальность развития аквакультуры и рассказал о планах строительства предприятий по воспроизводству различных видов рыб, в частности, планах строительства уже в этом году инкубационного цеха для воспроизводства щуки и готовность правительства региона оказывать всяческое содействие рыбоводам. Таким образом, в направлении аквакультуры стратегическим ориентиром является развитие промышленного рыбоводства полного цикла – от выращивания мальков и до производств товарной рыбы и продуктов питания на её основе.

С учетом особого значения РХК для экономики Калининградской области идет модернизация существующих производств и интенсивное развитие новых проектов. В частности, ООО «Западная рыбная компания» созданы и введены в строй линия по выпуску мороженой рыбной продукции, рыбофилейный цех, цех утилизации рыбных отходов, но самые большие перемены идут в группе компаний «За Родину», которая ввела в строй самый большой в стране рыбконсервный завод мощностью св. 120 млн банок в год, экономические показатели «За Родину» и ООО «Вичюняй-Русь» представлены на рис. 3.

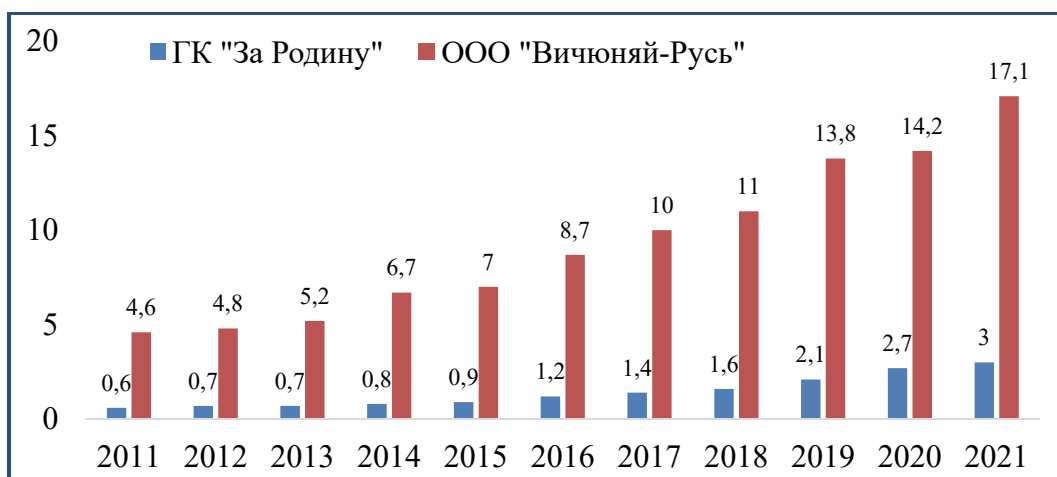


Рисунок 3 – Динамика выручки ГК «За Родину» и ООО «Вичюняй-Русь», млрд руб.

ООО «Вичюняй-Русь» отличается высокой технологичностью перерабатывающего производства и расширением ассортимента выпускаемой продукции. Рассмотрим ГК «За Родину», представляющую собой рыбохозяйственный комплекс полного цикла, от вылова рыбы до

производства готовой продукции, поставки её в торговые сети и продажу продукции через собственную фирменную сеть. Она имеет собственный промысловый флот, работающий на Балтике и Каспии, непрерывно расширяющийся по ассортименту и валовому объёму консервированной продукции перерабатывающий комплекс, цех заморозки, специализированные склады для хранения мороженой продукции. Численность рабочего персонала составляет около тысячи человек. Организация и координация всей технологической цепочки внутри одной группы компаний обеспечивает устойчивость бизнеса и высокое качество продукции за счет исключения потерь времени в скоординированной работе всех звеньев - от вылова рыбы и до поставки её в торговые сети, либо сразу потребителям (см. <https://kaliningrad.cataloxy.ru/firms/www.zarodiny.ru.htm>).

Как уже отмечалось, дальнейшее расширение объемов рыбной продукции в Калининградской области в значительной степени зависит от развития аквакультуры и углубления процессов рыбопереработки с переходом в рециклинг. Развитие новых технологий на современном этапе развития науки и технологий связано с развитием платформенной экономики в контексте Стратегий развития рыбной отрасли и морехозяйственной отрасли России до 2030 года. Необходимость согласованного развития современных производственных технологий с цифровизацией отрасли приводит к необходимости использования цифровых платформ, Ситуационных и Дата-центров, искусственного интеллекта, систем технического зрения, сенсоров, технологий дополненной и виртуальной реальности, цифровых двойников и др. инструментов цифровой экономики. В условиях усложнения техники и технологий, непрерывного роста информационных потоков эти инструменты позволяют обеспечить эффективное взаимодействие между всеми звеньями производственного процесса, оптимальное управление производственной и транспортной логистикой, быстро включаться в цифровые экосистемы смежных предприятий и организаций, обеспечивая реализацию стратегии смежного сектора, выход на новые рынки высокотехнологичной продукции MariNet, FoodNet, SafeNet, HealthNet, TechNet, открывая новые рынки и возможности выхода на международные рынки Hi-Tech продукции РХК.

Заключение

Постоянно вводимые рядом западных стран во главе с США санкции в отношении России с началом специальной военной операции в Донбассе в феврале 2022 г. перешли в настоящую экономическую и технологическую войну, показавшую острую необходимость обеспечения национального суверенитета в области информационных и производственных технологий. Для РХК, являющегося одним из трех основных опор продовольственной безопасности России, наряду с сельским хозяйством и пищевой промышленностью, вопросы ускоренного производственно-технологического перевооружения и цифрового развития являются приоритетными среди задач Национальных проектов. Проведен краткий анализ выполняемых работ по цифровой экономике в рыбной отрасли, формированию сетевой организации добычи, переработки и поставки потребителям рыбной продукции с вовлечением в сотрудничество предприятий и организаций смежных отраслей экономики.

Одним из необходимых условий успешного развития РХК, помимо технологической и цифровой, является интеллектуальная независимость, заключающаяся в защите прав на интеллектуальную собственность, прав на результаты интеллектуальной деятельности (РИД) создаваемых национальных средств добычи, перевалки и переработки ВБР в концепте биоэкономики полного цикла, включая рециклинг. Национальная конференция с иностранным участием «Инновационное предпринимательство: Цифровая экспансия», прошедшая 5-9 октября 2021 г. в Калининграде показала переход исследовательских групп от разрозненных нескоординированных работ в области цифровой экономики к системным исследованиям вопросов цифровизации РХК Российской Федерации с включением в орбиту исследований смежных областей экономики – судостроения, сельского хозяйства, пищевой промышленности, организации общественного и персонализированного питания, профессионального образования, портовой и судовой энергетики и др. Согласованная цифровизация этих направле-

ний экономики позволяет реализовать «Стратегию смежного развития» [10, 11], способную обеспечить синергетическое развитие не только предприятий РХК, но и связанных с ним предприятий и организаций смежных отраслей экономики.

Воздействие экономической войны западных стран против России открыто начатой в 2014 г. [13] на РХК, усиленное влиянием пандемии COVID-19, а затем с февраля 2022 г. – экономической и технологической блокады [12] стимулирует ускоренную цифровизацию РХК, технологическую модернизацию и расширение переработки ВБР в концепте биоэкономики полного цикла.

Библиографический список

1. Инновационные предприятия Калининградской области: сб. статей / под ред. доктора техн. наук А.Я. Яфасова. Калининград: Изд-во «БГАРФ», ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2015, 298 с.
2. Яфасов А.Я., Кострикова Н.А. Развитие приморских территорий Южной Балтики в новых геополитических условиях // Изв. КГТУ. 2015. Т. 37. С. 221–231.
3. Гнатюк В.И., Меркулов А.А., Яфасов А.Я. Универсальная модель организации как инструмент реализации целостного подхода в управлении социально-экономическими системами // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 2. № 2(40). С. 145–156.
4. Яфасов А.Я., Кострикова Н.А. Концептуальные подходы к переходу рыбной отрасли России в цифровую экономику // Морские интеллектуальные технологии / Marine intellectual technologies. 2021. № 1 Т. 1.
5. Сергеев Л.И. Цифровые платформы управления в хозяйственной деятельности // Балтийский экономический журнал. 2019. № 1(25). С. 81–96.
6. Волкогон В.А., Сергеев Л.И. Цифровые платформы в экономике рыбной отрасли // Рыб. хоз-во. 2019. № 3. С. 27–34.
7. Кострикова Н.А., Майтаков Ф.Г., Яфасов А.Я. Современные тренды цифровизации экономики и перспективы их использования в морской индустрии на примере рыбохозяйственного комплекса России // Морские интеллектуальные технологии. 2019. Т. 4, № 4(46). С. 126–139
8. Яфасов А.Я., Меркулов А.А., Поляков Р.К., Майтаков Ф.Г.. Экосистема рыбной отрасли в цифровой экономике // Морские интеллектуальные технологии. 2020. Т. 2, № 4. С. 85–95.
9. Кострикова Н.А., Яфасов А.Я. Формирование новой экосистемы рыбохозяйственного комплекса России в современных условиях // Морские интеллектуальные технологии / Marine intellectual technologies. 2021. Т. 1, № 3.
10. Яфасов А.Я. Перспективы перехода рыбохозяйственного комплекса России в цифровую экономику и формирование отраслевой экосистемы // Рыб. хоз-во. 2021. №6. С. 4–9.
11. Яфасов А.Я., Майтаков Ф.Г., Костенко Л.В.. Концепция экосистемы рыбохозяйственного комплекса России // Морские интеллектуальные технологии / Marine intellectual technologies. 2021. Т. 4, № 4.
12. О мерах Правительства Российской Федерации по обеспечению устойчивости экономики: выступление на 523-м заседании Совета Федерации 1-го заместителя Председателя Правительства РФ А. Белоусова, 13 апреля 2022 г. <http://council.gov.ru/events/news/134980/>.
13. Дисэн Г. Фрагментация и национализация // Россия в глобальной политике. 2022. Т. 20. № 2. С. 224–229.

Алексей Алексеевич Крюков

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель кафедры инженерных дисциплин, Россия, Владивосток, e-mail: aleksey902@mail.ru

Опыт трехмерного газодинамического расчета малорасходной центростремительной турбины

Аннотация. Выполнен трехмерный газодинамический численный эксперимент в современной системе в области моделирования течения газов ANSYS CFX малорасходной центростремительной ступени турбины. Выполнена виртуальная трехмерная модель, выбрана конечно-элементная сетка и заданы исходные данные. Проанализированы значения экспериментального внутреннего коэффициента полезного действия, полученные с применением ANSYS CFX. Созданы поля относительных скоростей и сформулировано заключение о целесообразности применения ANSYS CFX для определения газодинамических параметров трехмерного потока в проточной части ступени.

Ключевые слова: малорасходные турбины, сопловой аппарат, численный эксперимент, расчетная сетка.

Aleksey A. Kriukov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer of Department of Engineering Disciplines, Russia, Vladivostok, e-mail: aleksey902@mail.ru

The experience of three dimensional gas-dynamic calculation of low-consumption centripetal turbine

Abstract. A three-dimensional gas dynamic numerical experiment has been performed in a modern system in the field of gas flow modeling ANSYS CFX of a low-flow centripetal turbine stage. A virtual three-dimensional model is made, a finite element grid is selected and the initial data is set. The values of the experimental internal efficiency coefficient obtained using ANSYS CFX are analyzed. Fields of relative velocities were created and a conclusion was formulated on the expediency of using ANSYS CFX to determine the gas-dynamic parameters of a three-dimensional flow in the flow part of the stage.

Keywords: low-consumption turbines, nozzle diaphragm, numerical experiment, computational mesh.

Введение

Использование малогабаритных турбомашин на современном судне поставило перед инженерным составом ряд целей, главной из которых является снижение потерь энергии ступени. Небольшие размеры таких турбоприводов приводят к технологическим отклонениям при производстве. Это оказывает существенное влияние на эффективность турбины в целом.

В судовых микротурбоприводах повышены относительные толщины кромок входа и выхода и относительная шероховатость поверхности лопаток. Всё это имеет значительный вклад в уменьшение КПД ступени. Возникающие инженерно-технические трудности при профилировании и производстве сопловых и рабочих решеток, приводят к повышению технологической погрешности при изготовлении, что, в конечном счете, отрицательное сказывается на потерях энергии и стоимости изделия.[1]

Цель работы

В силу небольших размеров ступеней до настоящего времени инженерные расчеты турбомашин этого подобного типа производились в одномерной постановке с привлечением различного рода аналогий с классическими ступенями. Использование численного моделирования для проведения трехмерных газодинамических расчетов на основе ANSYS CFX может значительно увеличить качество инженерного моделирования проточной части микро-турбин. [2]

Сравнение результатов физического опыта с трехмерным газодинамическим расчетом позволяет проверить возможность использование современных систем в области моделировании течения газов в качестве виртуального стенда.

Постановка задачи

Рабочие колеса (РК) содержат тридцать четыре лопатки реактивного типа, при этом малорасходная ступень имеет степень радиальности 0,55. Геометрическая модель начерченная в масштабе 1:1 с использованием программных продуктов AutoCAD[3], обеспечивающих возможность 3D моделирования, изображена на рис. 1. Основные геометрические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Геометрические характеристики центростремительной турбины

Характеристика	Значение	Характеристика	Значение
Угол наклона сопел, α_1	16,31 °	Количество лопаток рабочего колеса, z_1	34
Высота сопла, l_1	2,53 мм	Высота лопатки РК вход, l_1	3,29 мм
Шаг сопел, t_{CA}	5,88 мм	Высота лопатки РК выход, l_1	4,3 мм
Ширина горла, a_1	1,45 мм	Ширина горла, a_2	1,5 мм
Количество сопел, z_1	27	Шаг лопаток РК, t_{RK}	2,54 мм
Угол входа потока в РК	90°	Наружный диаметр РК, D_H	50 мм
Угол выхода потока в РК	42°	Внутренний диаметр РК, D_{BH}	27,5 мм

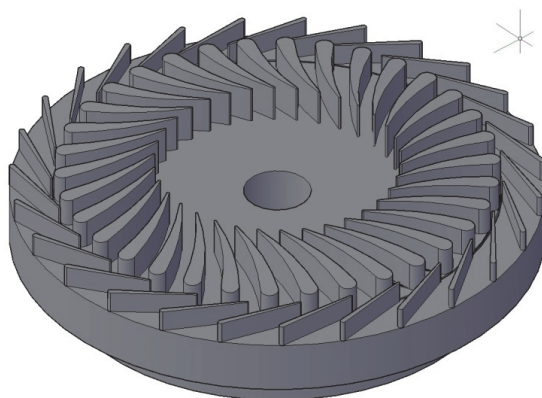


Рисунок 1 – Трехмерная модель турбинной ступени без диска с лабиринтными уплотнениями

Конечно-элементная модель образует комбинацию проточных частей соплового аппарата, рабочего колеса и общей части, состоящей из радиального зазора и уплотнений. Расчетная сетка проточной части соплового аппарата составляет более 2,1 млн узлов, рабочего колеса – более 1,7 млн узлов, зазор – более 1,1 млн узлов. Расчетная сетка создана для численного исследуемой ступени малорасходной турбины, отвечает всем основным критериям для обеспечения требуемой надежности результатов расчета [4]. В численном эксперименте известны следующие исходные данные, отображенные в табл. 2.

Таблица 2 – Граничные условия численного эксперимента

№	Параметр	Обозначение	Единица измерения	Значение
1	Давление рабочего тела на входе	P_0^*	кПа	200
2	Температура рабочего тела на входе	T_0^*	К	293
3	Давление рабочего тела на выходе из РК	P_2	кПа	100
4	Газовая постоянная рабочего тела	R	Дж/кг·К	287
5	Изоэнтروпический показатель рабочего тела	k	---	1,4
6	Частота вращения РК	n	об/мин;	22000 - 85000
7	Модель турбулентности	---	---	SST
8	Способ решения	Стационарная задача Frozen Rotor		

Результаты расчета

На рис. 2 приведены графики зависимости внутреннего коэффициента полезного действия от u/C_0 . На графиках видно, что погрешность между физическим экспериментом и расчетом невелики и не превышают погрешность эксперимента. В табл. 3 также приведены значения окружного коэффициента полезного действия и расчетные коэффициенты скорости для сопловых и рабочих каналов. Задача нестационарного способа позволило бы уточнить результаты решения.

Таблица 3 – Основные результаты трехмерного газодинамического расчета

Параметр	$u/C_0=0,18$	$u/C_0=0,29$	$u/C_0=0,35$	$u/C_0=0,46$	$u/C_0=0,60$	$u/C_0=0,71$
	ANSYS (экспер.)	ANSYS (экспер.)	ANSYS (экспер.)	ANSYS (экспер.)	ANSYS (экспер.)	ANSYS (экспер.)
P_0^* , МПа	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)	0,2 (0,2)
T_0^* , К	293 (293)	293 (293)	293 (293)	293 (293)	293 (293)	293 (293)
G_Σ	0,0398	0,0398	0,04	0,0395	0,0387	0,038
P_1 , МПа	0,109	0,112	0,114	0,116	0,130	0,139
c_1 , м/с	270,95	269,26	272,38	262,89	246,44	228,627
w_1 , м/с	246,43	182,52	167,72	127,91	80,90	65,7
w_2 , м/с	129,68	125,6	123,71	115,19	106,42	98,74
c_2 , м/с	109,156	96,55	92,04	84,23	87,30	97,65
P_2 , МПа	0,0996 (0,1)	0,0996 (0,1)	0,0996 (0,1)	0,0997 (0,1)	0,0997 (0,1)	0,0998 (0,1)
T_2 , К	270	262,056	257,24	251,82	246,8	245,43
ρ_t	0,118	0,157	0,179	0,2	0,359	0,453
φ	0,885	0,898	0,922	0,9	0,944	0,948
ψ	0,479	0,563	0,57	0,59	0,503	0,431
η_u	0,165	0,429	0,488	0,56	0,545	0,453
η_i	0,275	0,419	0,497	0,57	0,615	0,572
η_i^*	0,309 (0,34)	0,459 (0,46)	0,54 (0,56)	0,61 (0,61)	0,66 (0,64)	0,628 (0,62)

Результаты численного моделирования сохраняются в базе данных программы. Целью анализа результатов является определение значений внутренней эффективности ступени и сравнение ее с экспериментальными значениями. Поля скоростей показаны на рисунках 3-5. На основе выходных данных, полученных в ходе численного эксперимента, определены значения искомых параметров.

Особенность поля скоростей определяется геометрией проточной части ступени турбины, естественными свойствами рабочего тела, а также условиями на входе в сопловой аппарат и на выходе из рабочего колеса. Процесс протекания рабочего тела сопровождается потерями энергии, что вызвано вязким трением и турбулентностью потока газа. В процессе численного моделирования была получена информация о поле параметров потока в проточной части ступени [4].

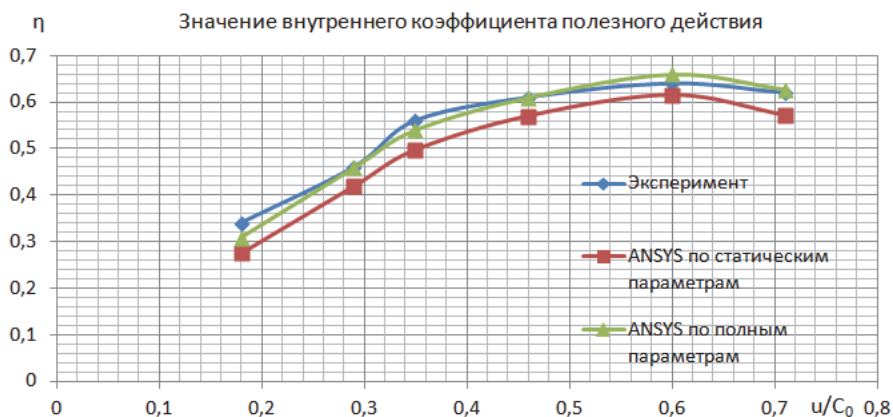


Рисунок 2 – Значение коэффициента полезного действия

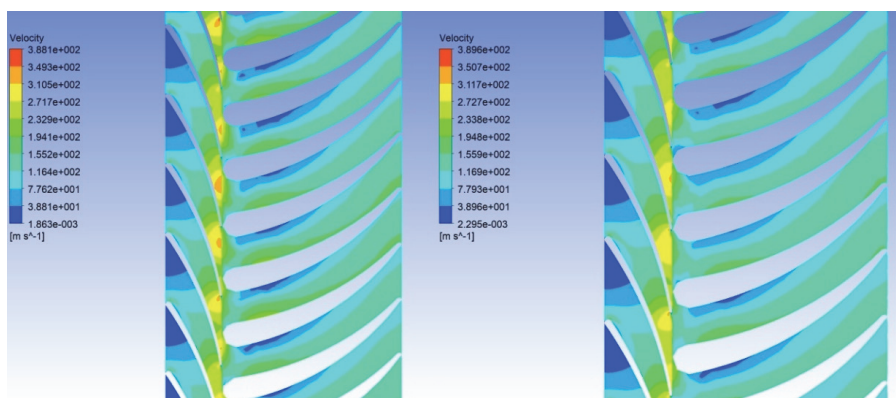


Рисунок 3 – Поле скорости для $u/C_0 = 0,18$ слева и $u/C_0 = 0,29$ справа

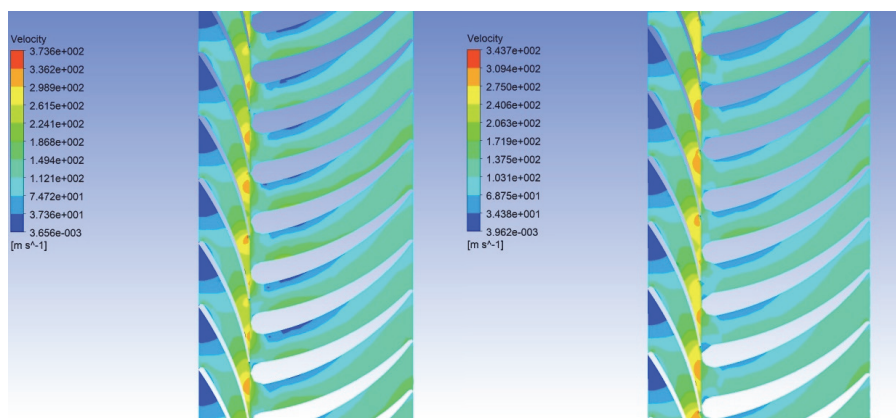


Рисунок 4 – Поле скорости для $u/C_0 = 0,35$ слева и $u/C_0 = 0,46$ справа

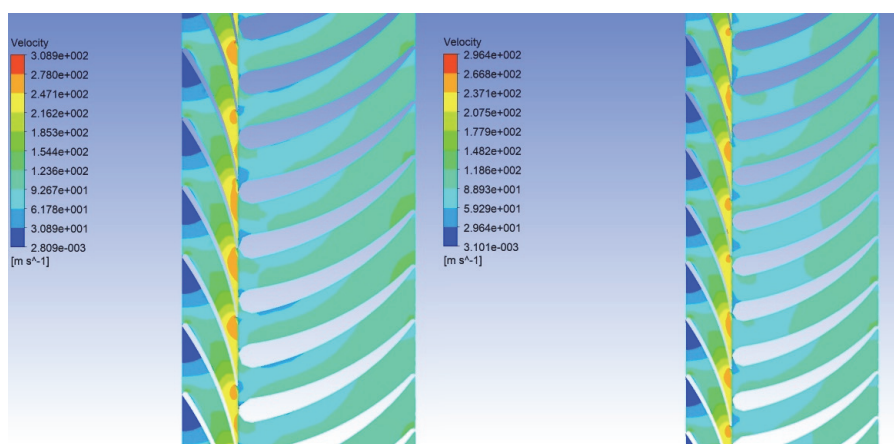


Рисунок 5 – Поле скорости для $u/C_0 = 0,6$ слева и $u/C_0 = 0,71$ справа

Поля скоростей, связанные с рабочим колесом и основными параметрами, имеют особенность, связанную с предположением, что поток в ступени турбины является стационарным, поскольку используется метод соединения Frozen Rotor. В реальной ступени турбины поток в рабочем колесе в относительной системе координат нестационарен [5]. На основе проведенного численного моделирования получены следующие выводы:

- разница между расчетами и опытными данными невелики, что позволяет рассматривать современные системы в области моделировании течения газов для проведения экспериментов с газодинамическими процессами [6];
- внедрение сторонних систем автоматизированного проектирования (САПР, CAD) обеспечивает облегчение и ускорение работы по моделированию турбинной ступени;
- технические значения конечно-элементной сетки и исходные параметры, выбранные на этапе моделирования, позволили получить выходные данные с хорошей сходимостью.

Библиографический список

1. Крюков А.А. Особенности нестационарного трехмерного газодинамического эксперимента малорасходной турбины // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности российской федерации: матер. V Национальной науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. С. 221–225.
2. Крюков А.А. Трехмерный газодинамический расчет соплового аппарата малорасходной центростремительной турбины // Вестник Астраханского гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2019. № 4. С. 89–95.
3. Крюков, А.А. Численное исследование течения потока в ступени центростремительной турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса / А.А. Крюков, С.В. Чехранов // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 4–1(50). С. 114–120.
4. Себелев, М.В. Исследование особенностей течения в малорасходных турбинных ступенях конструкции ЛПИ / Н.А. Забелин, Г.Л. Раков, В.А. Рассохин, А.А. Себелев, М.В. Смирнов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 1(166). С. 45–53.
5. Сулинов А.В., Шаблий Л.С. CFD-моделирование автономных осевых турбин турбонасосных агрегатов ЖРД в ANSYS CFX. Самара: Самарский гос. аэрокосмический ун-т, 2012. 47 с.
6. Чехранов, С.В. Математическая модель радиальной малорасходной турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса / С.В. Чехранов, Р.Р. Симашов // Транспортное дело России. 2015. № 6. С. 160–164.

УДК 551.579 (265.5)

Людмила Ивановна Мезенцева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. геогр. наук, доцент, ORCID: 0000-0002-8271-0350, Россия, Владивосток, e-mail: LMezenceva@ferhri.ru

Леонид Витальевич Гончуков

Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Россия, Владивосток, e-mail: gonchukov-lv@ferhri.ru

**Генезис необычайно жаркого лета 2021 г. на Дальнем Востоке,
в том числе на акватории дальневосточных морей**

Аннотация. Обсуждается экстремально жаркое лето 2021 г. Явление проявилось в необычайно высоких температурах воздуха и малом количестве осадков на огромной территории Дальнего Востока и экстремально высоких температурах воды в Японском море и западе Охотского в летние месяцы. Причина столь масштабного явления – в комплексе сложившихся климатических факторов: высоком фоне углекислого газа, повышенной солнечной активности, что, в свою очередь, обусловило интенсивный прогрев полушария в начале лета и смещение циркуляционной системы полушария к полюсу.

Ключевые слова: жаркое лето, температура воздуха, температура воды, атмосферная циркуляция, Дальний Восток, дальневосточные моря.

Ludmila I. Mezentseva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Associate Professor, ORCID: 0000-0002-8271-0350, Russia, Vladivostok, e-mail: LMezenceva@ferhri.ru

Leonid V. Gonchukov

Far Eastern Research Hydrometeorological Institute, Russia, Vladivostok, e-mail: gonchukov-lv@ferhri.ru

**The genesis of the unusually hot summer of 2021 in the Far East,
including the water area of the Far Eastern seas**

Abstract. The extremely hot summer of 2021 is being discussed. The phenomenon manifested itself in unusually high air temperatures and low precipitation over the vast territory of the Far East and extremely high water temperatures in the Sea of Japan and the western Sea of Okhotsk the summer months. The reason for such a large-scale phenomenon is in the complex of prevailing climatic factors: a high background of carbon dioxide, increased solar activity, which, in turn, caused intense heating of the hemisphere at the beginning of summer and a shift of the hemispheric circulation system to the pole.

Keywords: hot summer, air temperature, water temperature, atmospheric circulation, Far East, Far Eastern seas.

Экстремально жаркое лето 2021 г. на Дальнем Востоке и, в том числе, на акваториях дальневосточных морей, существенно влияло на все виды деятельности человека, состояние как сухопутных, так и морских видов биоты. Некоторые популяции моллюсков в течение се-

зона претерпели значительные потери численности. Угнеталась растительность. Эти обстоятельства побуждают разобраться в генезисе явления, получившего значительный территориальный и временной масштаб.

Экстремальность явления

Высокий фон температуры воздуха на Дальнем Востоке начал формироваться ещё в начале лета. В мае и июне отмечался значительный прогрев Восточной Азии. На её огромной территории, преимущественно в зоне умеренных и субполярных широт, сформировалось значительное превышение температур воздуха относительно климатической нормы. Аномалии температуры воздуха на территории Якутии в июне достигали $+3...+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 1).

Следует отметить, что начало лето стало жарким для всего северного полушария [1]. Наиболее значительные отклонения от нормы наблюдались на территории Европы, Северной Америки, и Якутии (рис. 2). Во второй половине июня, первой половине июля здесь были установлены новые рекорды тепла.

На территории Приморского и Хабаровского краев самым жарким стал июль, когда температуры воздуха достигали $+35...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, что сочеталось с отсутствием осадков на протяжении полутора месяцев. Лето 2021 г. по оценкам, представленным в работе [1], стало самым жарким для Восточной Азии за весь период инструментальных наблюдений (период около 140 лет).

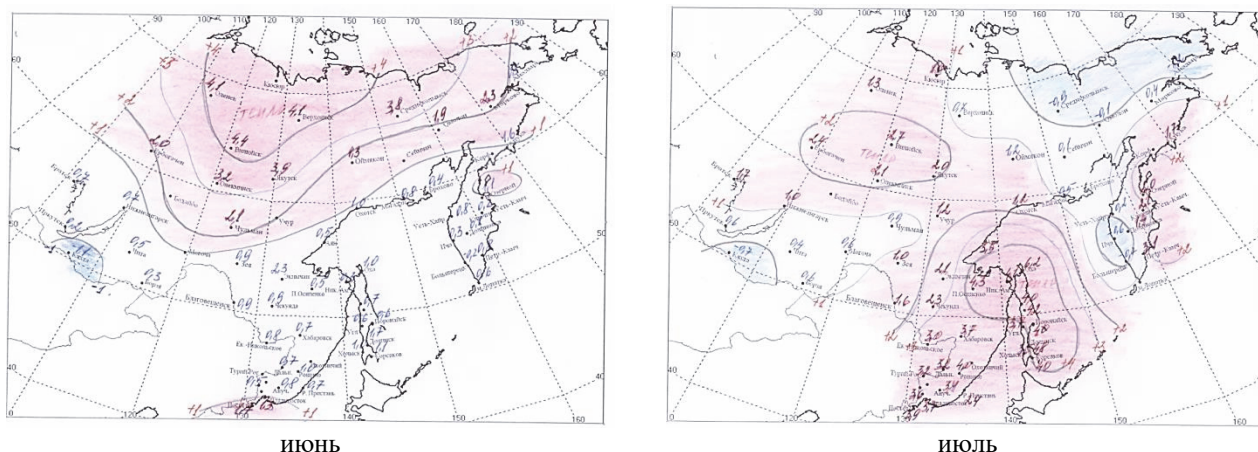


Рисунок 1 – Распределение средних месячных значений температуры воздуха и её аномалий на территории Дальнего Востока в июне и июле 2021 г.

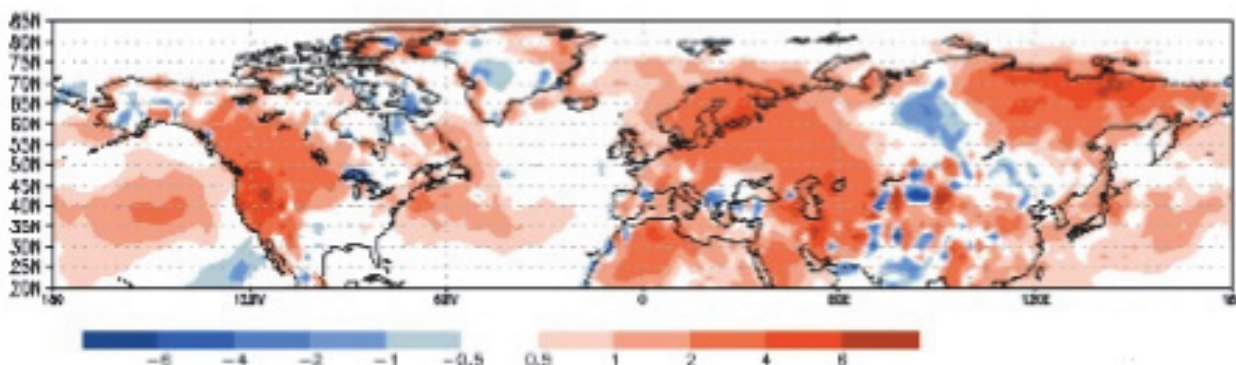


Рисунок 2 – Распределение аномалий приземной температуры воздуха в первой половине лета 2021 г. Аномалии получены с использованием климата 1985–2010 гг. Исходными данными служили поля приземной температуры воздуха реанализа ЕЦСПП (ERA5) [1]

В табл. 1 для пунктов Приморского и Хабаровского краев представлено распределение индекса засушливости S для периода с апреля по август 2021 г. [2]. Индекс учитывает аномалии

мальность температуры воздуха и осадков (использованы данные наблюдений на метеорологических станциях), аномалии нормированы относительно стандартных отклонений. Анализ данных позволяет говорить об экстремальных условиях погоды в июле для территории Приморского края и юга Хабаровского. Индексы засушливости на большинстве станций в июле превышали +4, что следует интерпретировать как экстремально жаркие и сухие условия погоды.

Таблица 1 – Распределение индекса засушливости S^* для пунктов Приморского и Хабаровского краев весной и летом 2021 г.

Приморский край	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Анучино	1,4	0,5	1,4	3,3	1,4
Астраханка	1,8	1,6	0,5	4,2	1,3
Богополь	2,2	-0,7	1,2	4,1	-0,1
Владивосток	2,1	1,6	1,7	4,2	2,7
Дальнереченск	2,0	1,4	0,6	4,6	0,7
Пограничный	1,6	0,5	-0,1	3,3	1,2
Посьет	2,8	2,2	1,5	3,7	0,8
Преображение	2,9	-0,3	1,0	4,7	1,7
Рошино	1,6	1,6	0,4	5,6	1,4
Рудная Пристань	2,4	-1,7	0,4	3,0	-0,6
Сосуново	1,5	-1,1	0,3	3,7	-1,0
Терней	2,7	-0,5	0,6	4,6	-0,3
Тимирязевский	1,1	1,2	1,5	4,2	1,5
Турый Рог	1,0	-4,1			
Хабаровский край	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август
Аян	0,7	-1,2	1,6	2,9	1,8
Гвасюги	1,8	0,3	-0,1	5,1	1,8
Екатерино-Никольское	1,6	0,2	0,5	4,6	1,1
Им, Полины Осипенко	-0,5	-3,8	-1,1	3,2	0,1
Комсомольск-на-Амуре	-0,1	-0,5	-1,4	3,4	1,0
Нелькан	0,1	1,3	2,1	0,2	3,9
Николаевск-на-Амуре	-0,6	0,0	0,7	2,7	1,5
Охотск	-1,7	0,4	0,6	0,7	2,3
Сковородино	0,6	-3,6	-0,4	-1,1	-0,7
Софийский Прииск	0,5	-0,4	0,3	1,8	-0,2
Сутур	0,4	-0,5	-0,5	0,8	1,4
Тумнин	0,3	0,4	-2,9	4,9	1,4
Урми	0,9	-0,8	1,5	3,7	1,4
Усть-Нюкжа	0,3	-1,6	1,0	1,1	-0,7
Хабаровск	1,4	-0,3	-0,5	4,3	0,5
Хуларин	-0,6	-0,5	-1,3	0,2	0,1
Чекунда	-2,4	-1,9	-0,3	1,6	-1,1
Чумикан	1,0	-4,0	1,8	2,2	1,4

Примечание. S^* – индекс засушливости, учитывает степень аномальности температуры воздуха и осадков. Положительные значения характеризуют степень засушливости, отрицательные – степень переувлажнения. Значения индекса выше 2 и ниже -2 соответствуют значительной засушливости либо переувлажнению соответственно.

Акватории Японского моря и западная часть Охотского во второй половине лета также были необычайно прогреты. В среднем поверхность этих акваторий уже в июне была теплее средних многолетних показателей на 0,5–2,0 °С. В июле аномалии температуры поверхности Японского моря достигли рекордных значений – +6,5 °С, на западе Охотского моря достигали +4,0 °С (рис. 3).

Такие значительные положительные аномалии на этих акваториях отмечались впервые в XXI в. [2], и это на фоне общего роста температур воздуха и подстилающей поверхности в целом на полушарии. Очень теплой поверхность указанных акваторий оставалась и в августе (аномалии температуры достигали $+4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), и в осенние месяцы (в октябре и ноябре отклонения от нормы ещё оставались в пределах $+1...+3\text{ }^{\circ}\text{C}$).

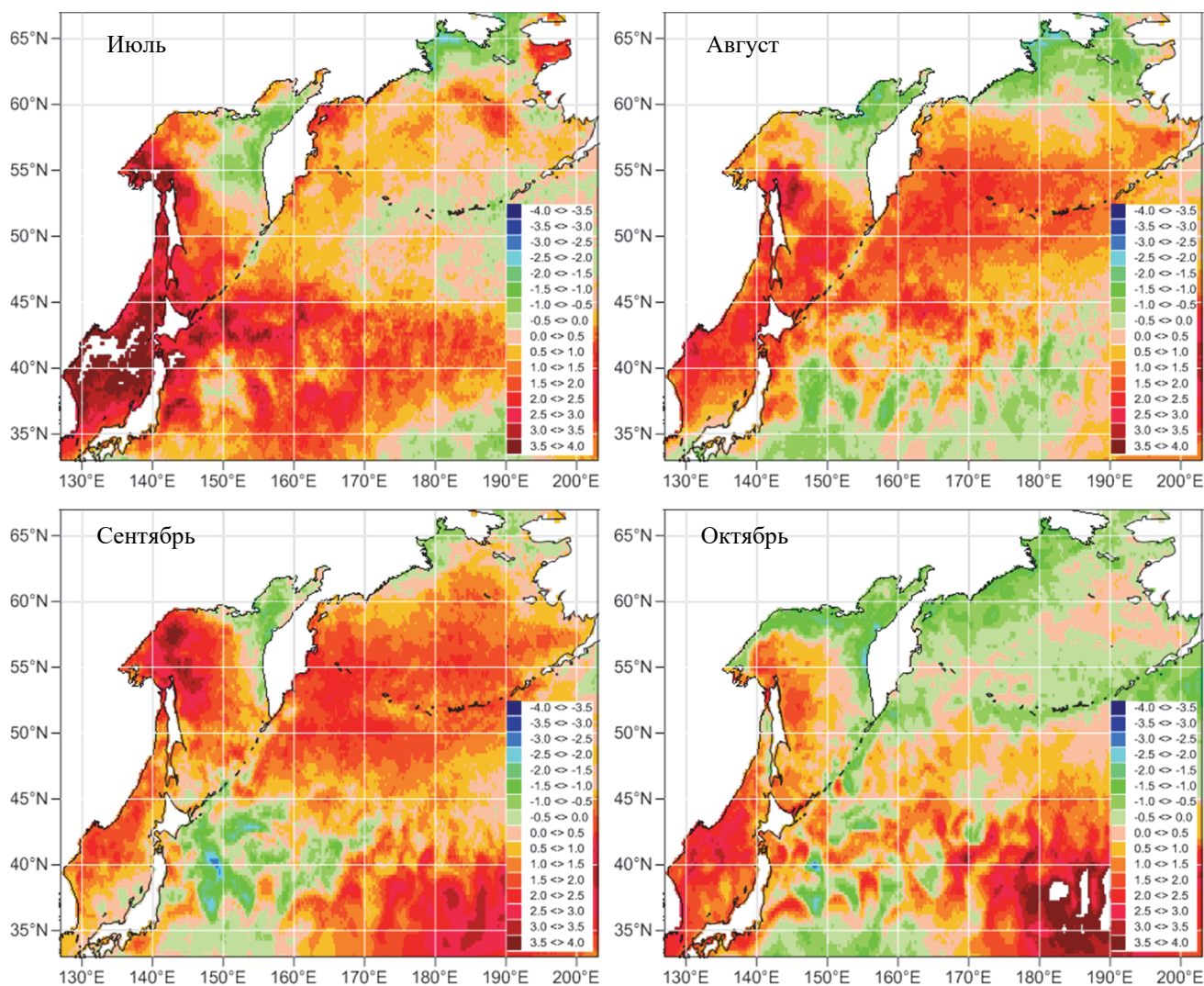


Рисунок 3 – Распределение средних месячных аномалий температуры поверхности океана в июле-октябре 2021 г. на акваториях дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана

Сведения о распределении температуры поверхности дальневосточных морей декадного и месячного разрешения, которые используются в рамках данного исследования, размещаются на официальном сайте Дальневосточного регионального гидрометеорологического института (ФГБУ «ДВНИГМИ») [2]. В свою очередь они получены в результате дешифровки ежедневной спутниковой информации с AVHRR/NOAA и AMSR-E/AQUA, а также измерений температуры поверхности моря (ТПО) с буёв и судов администрацией JMA, в рамках проекта Office of Marine Prediction [3]. Климатические значения средних декадных и средних месячных значений (климат, норма) ТПО в узлах сетки определены в результате усреднения ежедневных данных за период с 1985 по 2015 гг. Средние многолетние данные, в свою очередь, используются для расчета декадных и месячных значений аномалий ТПО, представленных на рис. 3. Работы выполнены в «ДВНИГМИ» гл. специалистом отдела «Региональной океанологии и гидрометеорологии» Перуновой Т.А.

Генезис явления

Исследуя причины аномально теплого лета 2021 г. на Дальнем Востоке, следует начинать с того, что очень жаркой случилась первая половина лета, и не только на Дальнем Востоке, но и в целом на полушарии [1]. В результате прогресса материков Азии и Северной Америки, преимущественно в зоне умеренных и субполярных широт, атмосферная циркуляционная система северного полушария значительно поднялись к полюсу. Это относится как к поясу высокого давления, обычно располагающегося в субтропиках, так и зоне западно-восточного переноса умеренных широт, вытесненной в субполярную климатическую зону. Об этом свидетельствует распределение барических объектов в средней тропосфере и у поверхности земли в июле, представленных на рис. 4. Высотное барическое поле представлено в виде поля геопотенциальных высот изобарической поверхности 500 гПа.

В средней тропосфере отчетливо прослеживается доминирование положительных аномалий геопотенциальных высот поля H_{500} – тропосфера была теплее обычного, над умеренными широтами значительно теплее. Субтропический пояс высокого давления мощнее климатического состояния и приподнят к северу на 5-7 градусов от традиционного положения. У поверхности земли тихоокеанский субтропический антициклон доминировал над всей северной частью Тихого океана. Его отроги распространились на материк, определяя на востоке Азии антициклональный субтропический тип погодных условий. В зоне его влияния территория Приморского края, юг Хабаровского, Японского моря и южная половина Охотского моря.

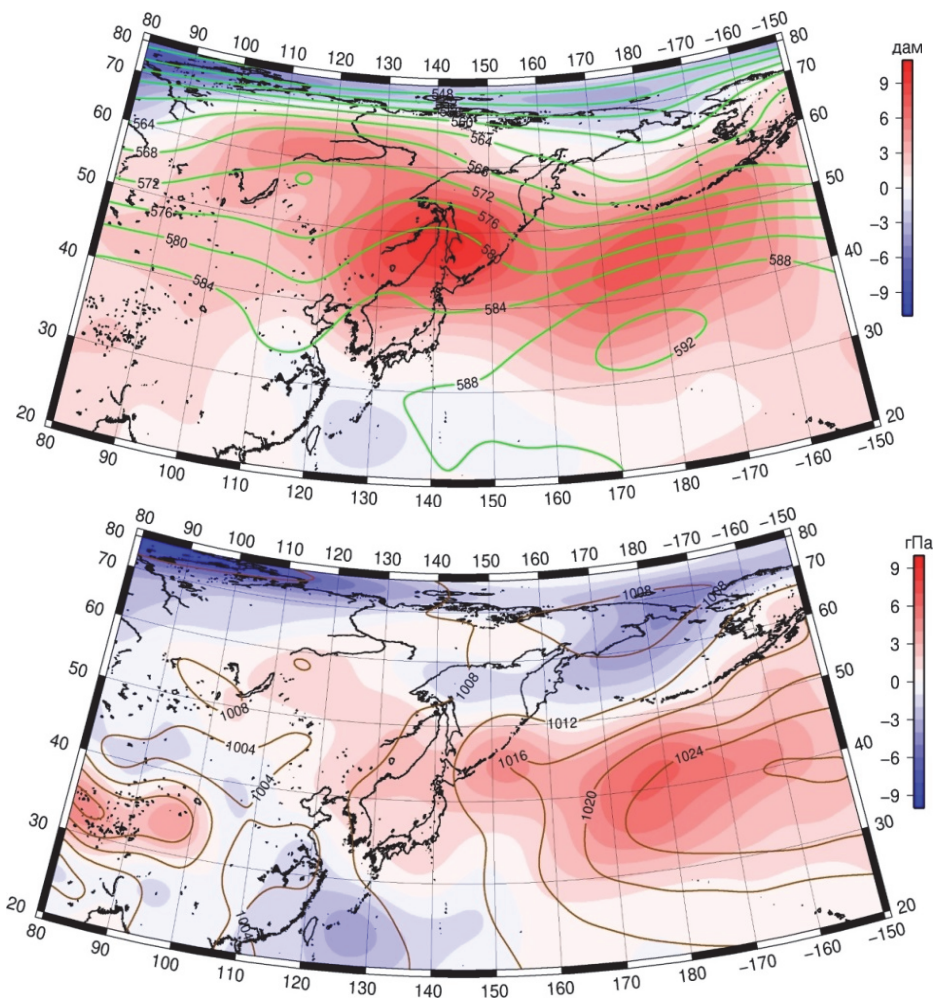


Рисунок 4 – Барические поля средней тропосферы (поле AT_{500}) и у поверхности земли над Восточной Азией и северо-западной частью Тихого океана в июле 2021 г. с аномалиями геопотенциальных высот и атмосферного давления соответственно

Используя интегральные зональные и меридиональные индексы переноса воздуха через выделенные районы региона, можно выявить следующие особенности атмосферной циркуляции в период формирования аномальной жары. Распределение таких индексов над дальневосточными морями: Японским, Охотским и Беринговым морями, и над двумя широтными зонами региона, ограниченными 90 и 180 меридианами, представлено в табл. 2. Техника расчетов подробно обсуждалась в [4].

В июле 2021 г. в широтной зоне 50-70° с.ш. региона отмечался очень активный западный перенос воздуха, его интенсивность превышала климатическую (индексы зонального переноса достигали 1,9–2,3ASTD (где ASTD – стандартизованная аномалия). Зональный поток был также интенсивным над Охотским и Беринговым морями. Эта активность отсекала арктические воздушные массы от вторжений в низкие широты.

Одновременно над умеренными широтами региона на фоне слабой зональности воздушных течений сформировался активный (превышающий норму) меридиональный перенос воздуха положительного знака (с юга). Такое распределение движений воздуха в тропосфере продолжало способствовать формированию и нагнетанию тропического воздуха далеко от района его зарождения.

Таблица 2 – Распределение атмосферных интегральных индексов зонального и меридионального переноса воздуха через выделенные районы

Индекс*	Уровень (высота)	Июнь		Июль		Август		
		значение	ASTD**	значение	ASTD**	значение	ASTD**	
Кz Ям	500 гПа	8717	-0,4	4469	-2,0	9494	-0,7	
Кz Ом		5288	0,1	7625	0,7	5373	-1,7	
Кz Бм		4439	0,1	9454	1,2	6317	-1,0	
Кz 35 50		14050	1,0	7880	-2,0	11746	0,5	
Кz 50 70		4259	-0,7	7677	1,9	4969	-1,1	
Км Ям		788	0,8	1172	0,8	2735	1,1	
Км Ом		-2747	-0,8	-2503	-1,0	-3228	-1,5	
Км Бм		-439	0,2	-166	0,0	423	0,0	
Км 35 50		-227	0,4	396	0,9	571	1,0	
Км 50 70		-395	0,1	-151	0,5	-577	-1,1	
Кz Ям		1000 гПа	2588	0,8	1266	-0,5	23	-0,6
Кz Ом			1330	0,3	2644	1,2	483	-0,9
Кz Бм	448		-0,3	4192	1,8	1734	-0,7	
Кz 35 50	2719		0,9	2146	0,3	1466	0,0	
Кz 50 70	135		0,6	1227	2,3	-161	-0,4	
Км Ям	2568		1,0	2394	0,5	1525	0,7	
Км Ом	653		-0,4	970	-0,3	78	-0,7	
Км Бм	70		-0,1	1059	0,9	348	-0,6	
Км 35 50	506		-1,3	1495	1,3	874	-0,3	
Км 50 70	44		-0,7	420	0,2	-40	-1,0	

Примечания. Кz – интегральный зональный индекс, Км – интегральный меридиональный индекс. 500 гПа – изобарическая поверхность 500 гПа (средняя тропосфера), 1000 гПа – изобарическая поверхность 1000 гПа (нижняя тропосфера, вблизи поверхности земли). Положительные значения индексов характеризуют перенос воздуха с запада на восток и с юга на север, соответственно для Кz и Км. ASTD – стандартизованная аномалия.

Некоторым побочным эффектом сложившихся циркуляционных условий в регионе стало ослабление тропического циклогенеза на северо-западе Тихого океана [2]. Он был локализо-

ван в небольшой зоне вблизи юго-восточного побережья Азии (на приземной карте погоды в этой зоне сформировались отрицательные аномалии атмосферного давления, см. рис. 4). Пояс высокого давления к тому же надежно отсекал выход тропических циклонов в умеренные широты. На рис. 5 приведены треки тропических циклонов, которые выходили на дальневосточные моря в 2021 г. и, для сравнения, в 2019 г.

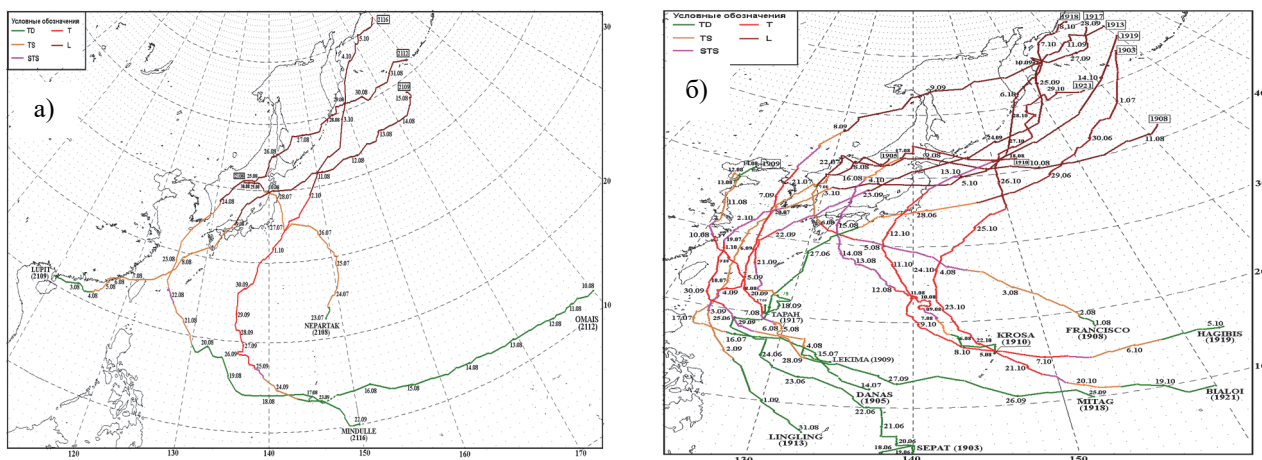


Рисунок 5 – Траектории тропических циклонов, оказавших прямое или косвенное воздействие на погоду дальневосточных морей и прилегающие территории России: а – в 2021 г.; б – в 2019 г.

Библиографический список

1. Куликова И.А., Круглова Е.Н., Сумерова К.А., Хан В.М. Волны тепла и блокирующие антициклоны летом 2021 года в прогнозах и наблюдениях // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2022. № 1(383). С. 7–21.
2. Ежемесячный гидрометеорологический бюллетень ФГБУ «ДВНИГМИ» [Электронный ресурс]. URL: <http://ferhri.org/napravleniya-rabot/proekty/2017-07-28-00-41-16.html> (дата обращения: 05.05.2022).
3. Ежедневные данные температуры поверхности Мирового океана [Электронный ресурс]. URL: <https://www.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro.html>. (дата обращения: 15.04.2022).
4. Мезенцева Л.И., Федулов А.С. Климатические тенденции атмосферной циркуляции на Дальнем Востоке // Изв. КГТУ. 2017. № 46. С. 175–183.

Андрей Алексеевич Мосунов

Севастопольский государственный университет, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник НИЛ «Молекулярная и клеточная биофизика», ORCID: 0000-0002-1390-5832, WoSID: R-5570-2016, Scopus ID: 36802573200, SPIN-код: 6602-4100, AuthorID: 1000970, Россия, Севастополь, e-mail: aamosunov@sevsu.ru

Юрий Олегович Веляев

Севастопольский государственный университет, канд. техн. наук, доцент кафедры пищевых технологий и оборудования, старший научный сотрудник НИЛ «Молекулярная и клеточная биофизика», ORCID: 0000-0003-0372-2458, ResearcherID: D-5067-2015, Scopus ID: 54279746600, SPIN-код: 2932-6788, AuthorID: 803350, Россия, Севастополь, e-mail: yovelyaev@sevsu.ru

Владислав Павлович Евстигнеев

Севастопольский государственный университет, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник НИЛ «Молекулярная и клеточная биофизика», ORCID: 0000-0003-3064-2613, SPIN-код: 8739-5204, AuthorID: 753669, Россия, Севастополь, e-mail: vpevstigneev@sevsu.ru

Способы исследования модифицированных наночастицами матриц покрытий гидротехнических сооружений

Аннотация. Изложены результаты исследования потенциального антиобрастающего покрытия, представленного органической матрицей, заполненной металлическими наночастицами. Исследование полученного покрытия проводилось методами атомно-силовой и растровой электронной микроскопии. Показано, что с увеличением массовой доли частиц в матрице происходит заметная их агломерация, а превышение концентрации выше 20 % приводит дополнительно к их неравномерному распределению по органической матрице.

Ключевые слова: наночастицы, растровая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия, полимерная матрица антиобрастающего покрытия, агломерация.

Andrey A. Mosunov

Sevastopol State University, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Research Laboratory «Molecular and Cellular Biophysics», Russia, Sevastopol, e-mail: aamosunov@sevsu.ru

Yuriy O. Velyaev

Sevastopol State University, PhD of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technologies and Equipment, Senior Researcher of the Research Institute «Molecular and Cellular Biophysics», Russia, Sevastopol, e-mail: yovelyaev@sevsu.ru

Vladislav P. Evstigneev

Sevastopol State University, PhD of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher of the Research Institute «Molecular and Cellular Biophysics», Russia, Sevastopol, e-mail: vpevstigneev@sevsu.ru

Methods of investigation of nanoparticle modified coating matrices of hydraulic structures

Abstract. The paper presents the results of a study of a potential antifouling coating represented by an organic matrix filled with metal nanoparticles. The obtained coatings were studied by atomic force and scanning electron microscopy. It is shown that with an increase in the mass fraction of particles in the matrix, their noticeable agglomeration occurs, and exceeding the concentration above 20 % leads additionally to their uneven distribution over the organic matrix.

Keywords: nanoparticles, scanning electron microscopy, atomic force microscopy, polymer matrix of antifouling coating, agglomeration.

Проблема биообрастания судов, гидротехнических сооружений и, шире, любых поверхностей, помещенных в воду известна с давних времен [1,2]. Вызываемые этим эффектом эксплуатационные издержки вызвали возникновение различных способов борьбы с прикрепляющимися гидробионтами. В настоящее время, одним из основных методов борьбы является покрытие целевой поверхности специальным составом, содержащим в своем составе значительный объем агентов, препятствующих развитию живых организмов на обработанной поверхности. Одним из основных действующих веществ в современных составах являются соединения меди (в первую очередь, ее закись) [3]. Исследования показывают, что данное вещество, несмотря на свою эффективность, оказывает заметное негативное воздействие на «нецелевых» гидробионтов. В этой связи, возникает задача поиска новых действующих веществ или подходов, которые, обладая сравнимой с ныне используемыми эффективностью, будут оказывать меньшее побочное действие.

Нашим коллективом, в сотрудничестве с коллегами из Института физики прочности и материаловедения СО РАН было предложено в качестве такого агента использовать наночастицы различных металлов и их оксидов. В последние несколько лет мы проводим исследование эффективности различных составов, содержащих наночастицы в полимерной матрице на морском полигоне в Севастопольской бухте. В ходе работы мы столкнулись со следующим техническим ограничением: с повышением концентрации наночастиц наблюдается их повышенная агломерация, что приводит к неоднородности покрытия и изменчивости его свойств от точки к точке. При этом, в стандартных противообрастающих покрытиях процент биообрастания агента доходит до 30, и это не влияет на качество получаемой поверхности. В параллельном эксперименте (данные готовятся к публикации) мы показали, что концентрация в 10% не обеспечивает эффективную борьбу с обрастанием, что говорит о необходимости дополнительных исследований в данном направлении.

Полимерная органическая матрица в нашей работе была представлена акрилатной смолой, состоящей из аксопола и ксилола, используемого в качестве растворителя. Навески частиц определенной массы вносились в растворитель, после чего подвергались диспергированию при помощи ультразвукового диспергатора модели UP200Ht Hielscher. Мощность излучения составляла 25 Вт, а продолжительность обработки – 1 час. После этого, полученную суспензию наночастиц в ксилоле смешивали в соотношении 50/50 с акрилатной смолой, при постоянном перемешивании. Затем приготовленную смесь наносили на полимерную подложку, сушка которой осуществлялась при комнатной температуре на протяжении 48 часов в изолированном от внешней среды контейнере.

В данной работе мы описываем результаты исследования полученных покрытий, содержащих от 5 до 30 % наночастиц CuO-FeCuO методами растровой электронной (РЭМ) и атомно силовой микроскопии. Для работы использовалось оборудование ЦКП «Перспективные технологии и материалы» и «Молекулярная структура вещества» Севастопольского государственного университета. Морфология образцов изучалась на растровом электронном микроскопе Phenom ProX при ускоряющем напряжении 5 кВ. Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) проводили на этом же микроскопе при ускоряющем напряжении 15 кВ. Для

получения данных АСМ использовался микроскоп Ntegra Spectra, где в работе применялся кантилевер НА_FM/W₂C+/50, режим сканирования – контактный, с постоянной силой прижима зонда.

Данные атомно-силовой микроскопии показывают монотонный рост средней размерности кластеров наночастиц в полученных покрытиях. В табл. 1 представлены средние значения размеров кластеров наночастиц, измеренных по 10 точкам и значения среднеквадратичного отклонения соответствующих результатов.

Таблица 1 – Средние значения размеров кластеров наночастиц в зависимости от концентрации в покрытии

	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
По области 100×100 мкм						
Средний размер кластеров наночастиц, нм	602.937	157.235	268.853	327.020	1072.544	271.607
Среднеквадратичное отклонение, нм	77.798	15.644	23.152	29.445	87.105	24.070
По области 10×10 мкм						
Средний размер кластеров наночастиц, нм	76.880	435.542	177.088	129.622	84.048	111.964
Среднеквадратичное отклонение, нм	5.718	73.542	16.211	11.180	7.470	11.951

Отсутствие какой-то закономерности при измерениях размеров кластеров наночастиц по области 10×10 мкм может объясняться тем, что по этой области несколько раз прошла игла кантилевера, и нанесла ей определенные повреждения. Это связано с тем, что размер области сканирования последовательно уменьшался в следующем порядке: 100×100, 50×50, 30×30 и 10×10 мкм. В тоже время, при измерениях по области 100×100 мкм можно увидеть монотонное возрастание размеров кластера (за исключением наименьшей и наибольшей концентрации). Причину такого странного поведения двух крайних точек мы планируем установить в ходе дальнейших исследований. Для иллюстрации на рис. 1 приведены несколько изображений покрытия, полученных методами атомно-силовой микроскопии.

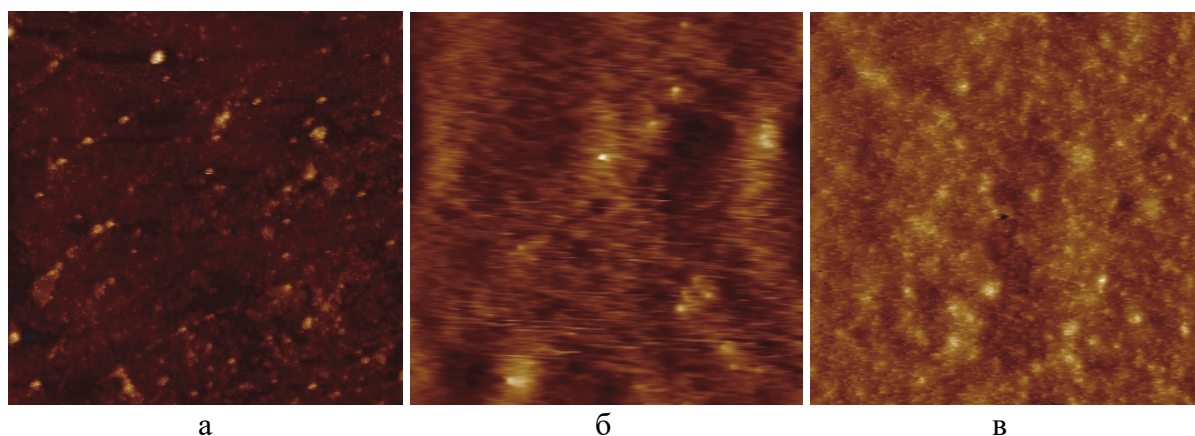


Рисунок 1 – Покрытия, полученные методами атомно-силовой микроскопии: а – область 10×10 мкм, концентрация наночастиц CuO-FeCuO 5 %; б – область 10×10 мкм, концентрация наночастиц CuO-FeCuO 15 %; в – область 100×100 мкм, концентрация наночастиц CuO-FeCuO 10 %

Данные по морфологии полученных покрытий представлены на рис. 2. На приведённых данных хорошо заметно увеличение концентрации в поверхностном слое органической матрицы металлических включений, что хорошо коррелирует с данными РСМА, приведёнными в табл. 2. Также исследования РЭМ показали, что с увеличением концентрации наночастиц CuO-FeCuO в органической матрице происходит, видимо, их межмолекулярное агломерирование, которое приводит к образованию на поверхности отдельных, заметных и значительных скоплений этих частиц. Причём такие крупные агрегаты начинают проявляться при использовании для получения покрытий концентраций CuO-FeCuO свыше 20%.

Таблица 2 – Элементный состав полученных композиционных покрытий

Концентрация частиц в образце, %	Массовое содержание элемента, %			
	Углерод	Кислород	Железо	Медь
5	56.18	41.76	2.06	0.00
10	52.56	33.78	3.04	10.62
15	47.00	32.83	3.42	16.75
20	43.11	32.58	3.91	20.39
25	38.43	35.05	5.13	21.39
30	37.41	34.76	5.50	22.33

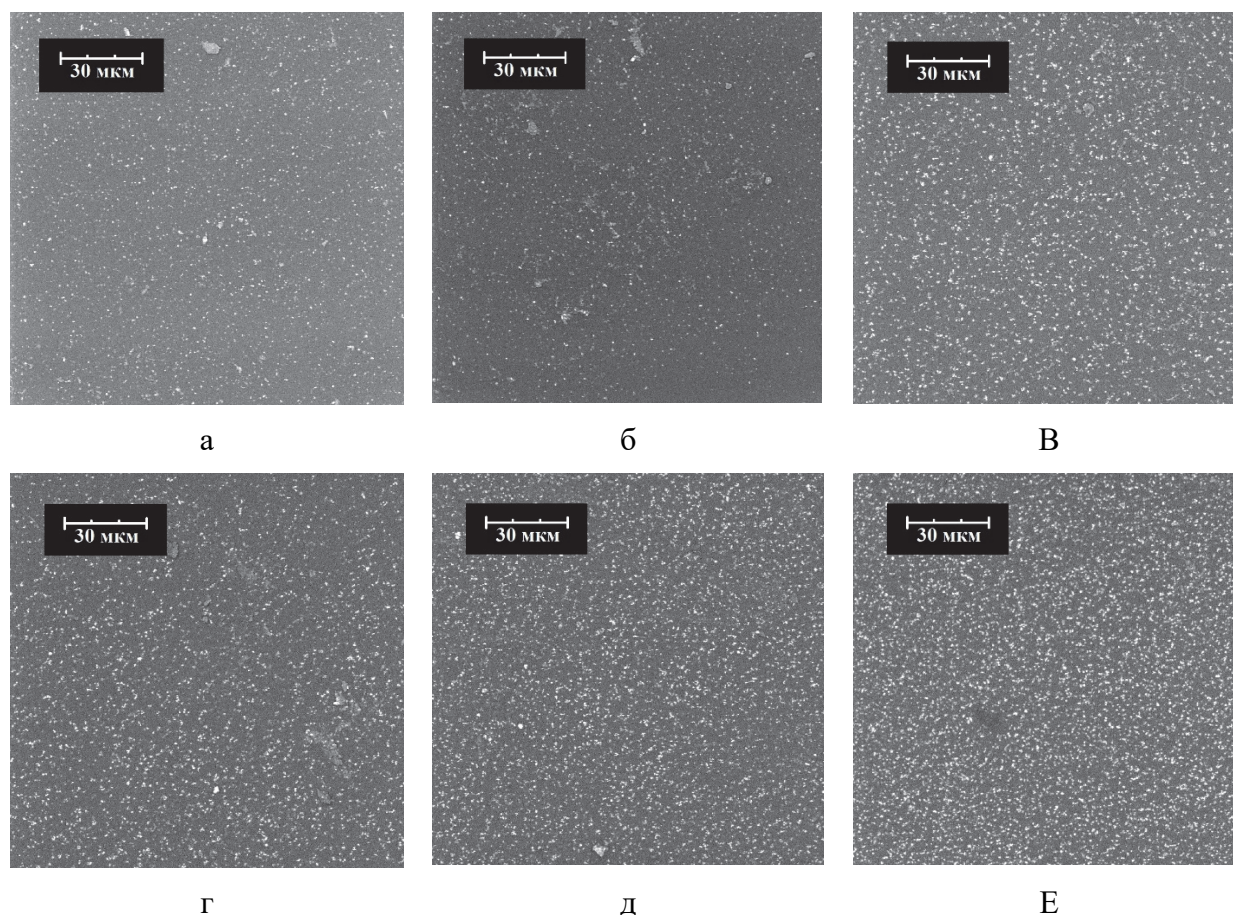


Рисунок 2 – Морфология полученных композиционных покрытий, где массовое содержание частиц CuO-FeCuO соответствует, %: а – 5; б – 10; в – 15; г – 20; д – 25; е – 30

Таким образом, можно сделать общее заключение, что для обеспечения концентрации наночастиц, которая потенциально может оказывать заметный противообрастающий эффект, придётся использовать концентрации текущего вводимого элемента в интервале от 10 до 20%, либо проводить модификацию используемого протокола изготовления покрытия, что в настоящее время и реализуется нашим коллективом.

Библиографический список

1. Loxton J., MacLeod A.K., Nall C.R., McCollin T., Machado I., Simas T., Vance T., Kenny C., Want A., Mille R.G. Setting and agenda for biofouling research for marine renewable energy industry // *International Journal of Marine Energy*. 2017. No. 19. P. 292–303.
2. Macleod A., Stanley M., Day J., Cook E. Biofouling community composition across a range of environmental conditions and geographical locations suitable for floating marine renewable energy generation // *Biofouling*. 2016. No. 32(3). P. 261–276.
3. Смирнова Л.Л., Аннинская И.Н. Распределение соединений меди в морской среде и донных осадках портовых акваторий // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон*. 2003. Т. 9. С. 106.

УДК 639.2.3:33;639.2.3:658

Борис Иванович Покровский

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, канд. техн. наук, профессор, зав. сектором экономических разработок, Россия, Владивосток, e-mail: boris.pokrovskiy@tinro-center.ru

Дмитрий Леонидович Шабельский

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru

Александр Михайлович Кайко

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

Методы подготовки данных для исследования вариантов эффективного развития внутреннего рынка продукции переработки морских биологических ресурсов

Аннотация. Изучены вопросы разработки структуры базы данных для хранения информации и обслуживания аналитических исследований, связанных с решением нового класса задач – анализа условий формирования оптимальных цепочек добавленной стоимости продукции из водных биоресурсов для оценки ресурсного потенциала развития внутреннего рынка рыбопродукции. По предварительной оценке вариантов переработки рыбного сырья объектов морского промысла и выпуска высококачественной продукции с добавленной стоимостью прирост выручки от ее реализации может составить более 30 %.

Ключевые слова: рынок рыбной продукции, маркетинговая информация, добавленная стоимость.

Boris I. Pokrovskiy

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, PhD of Technical Science, Professor, Head of the Sector of Economical Development Projects, Russia, Vladivostok, e-mail: boris.pokrovskiy@tinro-center.ru

Dmitriy L. Shabelsky

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru

Alexander M. Kaiko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of Economical Science, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: kaiko.am@gmail.com

Marketing data processing for researching tasks of domestic fish products market development

Abstract. This paper is prepared for researching of key items in developing of data base structures for storage and servicing fish products marketing information using for projecting of cost added chain products and also researching of better ways for developing of fish products domestic market According preliminary estimations additional income could reach up to 30 %.

Keywords: fisheries products market, marketing information, cost added values.

Целью является изучение возможностей эффективного развития внутреннего рынка рыбопродукции, разработка концепции и алгоритмов моделирования вариантов эффективного развития рынка продукции из водных биологических ресурсов, в соответствии со «Стратегией развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» [1].

Задачи исследования:

- разработка структуры хранения и обслуживания базы данных, необходимой для решения нового класса задач по формированию оптимальных цепочек добавленной стоимости продукции из водных биоресурсов и оценки ресурсного потенциала для развития внутреннего рынка рыбной продукции;

- формирование базы данных целевой маркетинговой информации за последние 10 лет, сегментирование информации с учетом мотивации основных категорий типовых покупателей;

- обработка данных для решения задач исследования динамики временных рядов сегментированных данных.

Объект исследования. Внутренний рынок продукции переработки морских биологических ресурсов РФ.

Предмет исследования. Моделирование базы данных для хранения информации и обработки статистических данных, связанных с развитием внутреннего рынка рыбной продукции.

Актуальность исследования определяется необходимостью решения нового класса задач по развитию российского рынка продуктов из водных биоресурсов, сформулированных в стратегии развития рыбохозяйственного комплекса России до 2030 г., а именно изучение и реализация наиболее эффективных вариантов формирования добавленной стоимости рыбной продукции [2, 3].

Научная новизна исследования состоит в разработке и реализации методов и средств исследования вариантов формирования добавленной стоимости рыбопродукции, выпускаемой для отечественного рыбного рынка с учетом требований «Стратегии 2030» [1] о повышении эффективности эксплуатации рыбных ресурсов Российской Федерации.

Описание процедур обработки исходной маркетинговой информации

1. Исходные данные. Исходными данными для разработки структуры и формирования базы данных (БД), являются электронные таблицы издания «Рыбный курьер Профи».

1.1. Для приведения исходных данных к стандартному виду, без которого невозможно импортирование данных в структурированную базу данных применено преобразование и форматирование исходных данных. Для работы с базами данных (хранение данных и проведение выборок) была использована программа Microsoft Office Access 2007.

1.2. Проведение выборок из БД по регионам, видам сырья («Лосось», «Мидии»), типу переработки («Филе», «Консервы рыбные»), наименованиям рыбо- и морепродукции в исследуемом интервале дат, включающем цены и списки наименований продукции. Выборки производятся в программе Microsoft Access. Выбранные данные переносятся в программу Microsoft Excel для последующего анализа, формирования статистических таблиц и построения графиков для визуализации результатов.

Извлечение количественных данных (вес упаковки продукции) из неструктурированных текстово-цифровых данных со смешанным содержанием. Производится с использованием алгоритмов обработки, реализованных для отдельных видов сырья и типов переработки на языке Бейсик во встроенном в программу Microsoft Excel модуле Visual Basic (VBA).

2. Претензии к данным, хранящимся в электронных таблицах «РК Профи».

2.1. Несоблюдение форматирования, препятствующее непосредственному импорту данных в БД. Необходимо преобразование формата даты (столбец «ДАТА ЦЕНЫ») в стандартный формат, поддерживаемый базой данных. В столбце «ЦЕНА» данные внесены в таблицы РК Профи с использованием как правильного, так и неправильного десятичного разделителя, что также требует приведения данных к единому формату.

2.2. Претензии к столбцу «Единица измерения»: многочисленные ошибки, не позволяющие использовать данные из этого столбца. Например, наличие в этом поле данных, указывающих на то, что цена продукта дана в килограммах, часто оказывается ошибкой, т.к. про-

дукция предлагается в упаковке, и величина цены ясно даёт понять, что столько может стоить только упаковка намного меньше чем килограмм.

2.3. В столбце «ВЕС УПАКОВКИ» находятся «плохие» данные: чаще всего нет данных, а в большинстве оставшихся случаев в этом поле действительно внесен вес упаковки, но, во-первых, не единичной упаковки продукта, а некоторого контейнера (ящика и т.п.) с единичными упаковками, например «коробка 5 кг», и во-вторых, данные внесены в произвольном формате, не позволяющем строго выявить этот вес и, соответственно, использовать эту цифру, например «5-10», «картонный короб 32 шт.», «~ 30 кг», встречаются данные и без цифр: «кг/шт.», «г/шт.» и даже «см»! В существенном количестве случаев встречается некоторое описание, типа «мешок», «коробка», «фунт/шт.». Самое главное, что хотелось бы увидеть в этом поле – вес единичной упаковки продукции, но такая цифра в этом поле встречается чрезвычайно редко.

2.4 В столбце «РАЗМЕРНЫЙ РЯД» также большинство записей пустые. Данные могут содержать размерный ряд в произвольном формате, например, «100-500», «150+», «90/120», «L1». Интерпретация и соответственно использование таких данных предельно затруднено и чаще всего невозможно.

2.5. В столбце «НАЗВАНИЕ, ОПИСАНИЕ» действительно может входить и название продукции, и её описание, причём в это описание может входить произвольное количество, как качественных, так и количественных данных продукта, а иногда и рекламная информация. Например: «Кета неразделанная, штучная заморозка, серебро, навеска 2,5-3,5 кг, мешок, авг. 2021, срок 8 мес., 100 % ПЕРЕРАБОТКА: х/к, г/к, филе ломтики, стейки и т.д.». Ещё один пример: «Икра кижуча слегка влажная, зерно нежное, без горечи, соль 3,3 %». Изредка встречается очень краткий вариант названия рыбопродукции: «Красноперка». К сожалению, именно в этом столбце хранится подавляющая часть данных по весу единичной упаковки, например, баночки консервов. И выделить этот вес, т.е. вес единичной упаковки, которой должна соответствовать цена, указанная в столбце «Цена», автоматизированным путём чрезвычайно сложно, а вручную весьма трудоёмко из-за огромного количества данных.

2.6. Значение цифры, расположенной в столбце «Цена», не привязано к весу единичной упаковки. Искомый вес чаще всего указан среди прочей информации в столбце «НАЗВАНИЕ, ОПИСАНИЕ», но изредка может быть обнаружен в столбцах «РАЗМЕРНЫЙ РЯД», «ВЕС УПАКОВКИ» или «ПРИМЕЧАНИЕ». Из-за отсутствия отдельного столбца, содержащего вес единичной упаковки, при массовой статистической обработке данных невозможно узнать цену одного килограмма продукции.

2.7. В электронных таблицах «РК Профи» отсутствует информация о количестве продукции, указанной в столбце «НАЗВАНИЕ, ОПИСАНИЕ», произведённой производителем, указанным в поле «ПРОИЗВОДИТЕЛЬ» или проданной продавцом, указанным в поле «ПРОДАВЕЦ». Информация о количестве продукции позволила бы существенно расширить круг аналитических задач.

3. Задачи, решаемые с помощью анализа информации в БД [4].

3.1. Анализ динамики цен на тысячи наименований рыбо- и морепродукции с 2009 г. по настоящее время с дискретностью 1 сутки.

3.2. Группировка продукции в соответствии с разнообразными критериями, включая сегментирование по ценовому признаку.

3.3. Оценка количества предложений продукции с разным типом переработки, и, соответственно, разной глубиной переработки в результатах деятельности рыбной (пищевой) отрасли.

Исследование динамики процесса появления и ухода с рынка как отдельных предложений, так и групп морепродукции.

4. Результаты, включая сегментирование.

Для составления графиков цен на рыбопродукцию, проводились следующие операции:

1. Выборка данных по видам сырца и типу переработки («консервы») в отдельную таблицу.

2. Разбиение списка продукции по цене на 3 сегмента и выделение каждого из них в отдельные таблицы.

3. Составление таблиц со средними ценами на продукцию по каждой дате в периоде.
 4. Построение графиков на основе таблиц с усреднёнными ценами.
- Примеры результатов обработки маркетинговой информации представлены в табл. 1-4.

Таблица 1 – Структура ассортимента продукции из сардины иваси в 2018-2021 гг., %

Ассортимент продукции	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%
Готовая продукция	24	0,62	12	0,29	-	-	-	-
Икра	-	-	-	-	4	0,11	1	0,03
Консервы рыбные	185	4,77	159	3,85	114	3,07	102	3,12
Копченая рыба	55	1,42	164	3,97	151	4,07	52	1,59
Мука рыбная	43	1,11	3	0,07	-	-	1	0,03
Пресервы рыбные	55	1,42	89	2,16	30	0,81	9	0,28
Свежемороженая, мороженая рыба и морепродукты	1397	36,00	1365	33,06	1133	30,51	941	28,77
Соленая рыба	97	2,50	302	7,31	257	6,92	142	4,34
Стейки	-	-	2	0,05	1	0,03	-	-
Сушеная и вяленая рыба и морепродукты, снеки			14	0,34	3	0,08	2	0,06
Филе	7	0,18	-	-	-	-	-	-
ИТОГО	3881	100	4129	100	3713	100	3271	100

Изучение маркетинговой информации и общий анализ результатов обработки данных показывает, что первую позицию в потреблении рыбной продукции на внутреннем рынке занимает минтай. Его вылов составляет величину около 1830 тыс. т, с учетом экспорта его потребление соответствует 3,66 кг на душу населения в год, что составляет около 17 % потребления рыбы в России.

Вторую позицию потребления рыбной продукции занимает сельдь. Вылов сельди в 2020 г. составил 409,6 тыс. т, что соответствует 2,66 кг на душу населения в год, и соответственно составляет около 12,3 % потребления рыбы в России. Сельдь является массовым традиционным продуктом с длительной историей потребления. Можно считать, что потребительские предпочтения продукции из сельди займут первое место. Важное место в потребительской корзине занимают лососёвые. Их вылов составляет величину порядка 400 тыс. т, что соответствует 2,7 кг на душу населения в год и около 9,2 % от объёмов потребления рыбы в России.

В последнее время скумбрия стала важным промысловым объектом. Ее вылов составляет около 80 тыс. т. Потребление в сырце составляет около 0,542 кг на душу населения, что соответствует 2,5 % потребления рыбы в России.

Стабильно из года в год, в отличие от сайры, скумбрии и прочих объектов, имеющих большие флюктуации численности, добывается треска. Ее вылов составляет 171,8 тыс. тонн. Потребление в сырце соответствует 1,14 кг на душу населения в год, что составляет около 5,3 % потребления рыбы в России.

Производство и переработка сельди, по данным коммерческих источников за 2016-2021 гг., выглядит следующим образом: это практически 100 % блочная заморозка сырца с выпуском филе сельди (направление сырца на этот вид продукции составляет около 16 %), которое частично направляется на производство пресервов и частично реализуется в мороженном виде, направление сырца и филе на производство консервов и пресервов составляет около 40 %, направление сырца на производство соленой и копченой продукции (выпускаемой по мере реализации товарных запасов) составляет около 34 % [5].

Таблица 2 – Структура ассортимента выпускаемой продукции из скумбрии в 2016-2021 гг., %

Ассортимент продукции	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%
Готовая продукция	1051	8,0	688	4,6	522	3,1	46	0,2	25	0,2	32	0,4
Жир рыбный									7			
Консервы рыбные	206	1,6	984	6,6	1354	7,9	1201	6,5	1030	6,8	728	8,3
Копченая рыба	2294	17,5	2055	13,8	2422	14,2	2863	15,4	1600	10,6	708	8,1
Мука рыбная		0,0			1		3					
Охлажденная рыба и морепродукты	20	0,2	52	0,3			1					
Полуфабрикаты рыбные	43	0,3	47	0,3	1	0,006	12	0,1	10	0,1	41	0,5
Пресервы рыбные	934	7,1	545	3,7	496	2,9	503	2,7	388	2,6	149	1,7
Рыбные отходы							1					
Свежемороженая, мороженая рыба и морепродукты	8269	62,9	9975	66,9	11468	67,1	12933	69,7	11356	75,3	6729	77,1
Соленая рыба	219	1,7	450	3,0	675	4,0	831	4,5	538	3,6	303	3,5
Стейки	3		8	0,1					2		1	0,0
Сурими					3							
Сушеная и вяленая рыба и морепродукты	16	0,1	32	0,2	34	0,2						
Сушеная и вяленая рыба и морепродукты, снеки					18	0,1	43	0,2	25	0,2	11	0,1
Филе	81	0,6	64	0,4	88	0,5	124	0,7	103	0,7	28	0,3
ИТОГО	13136	100	14900	100	17082	100	18561	100	15084	100	8730	100

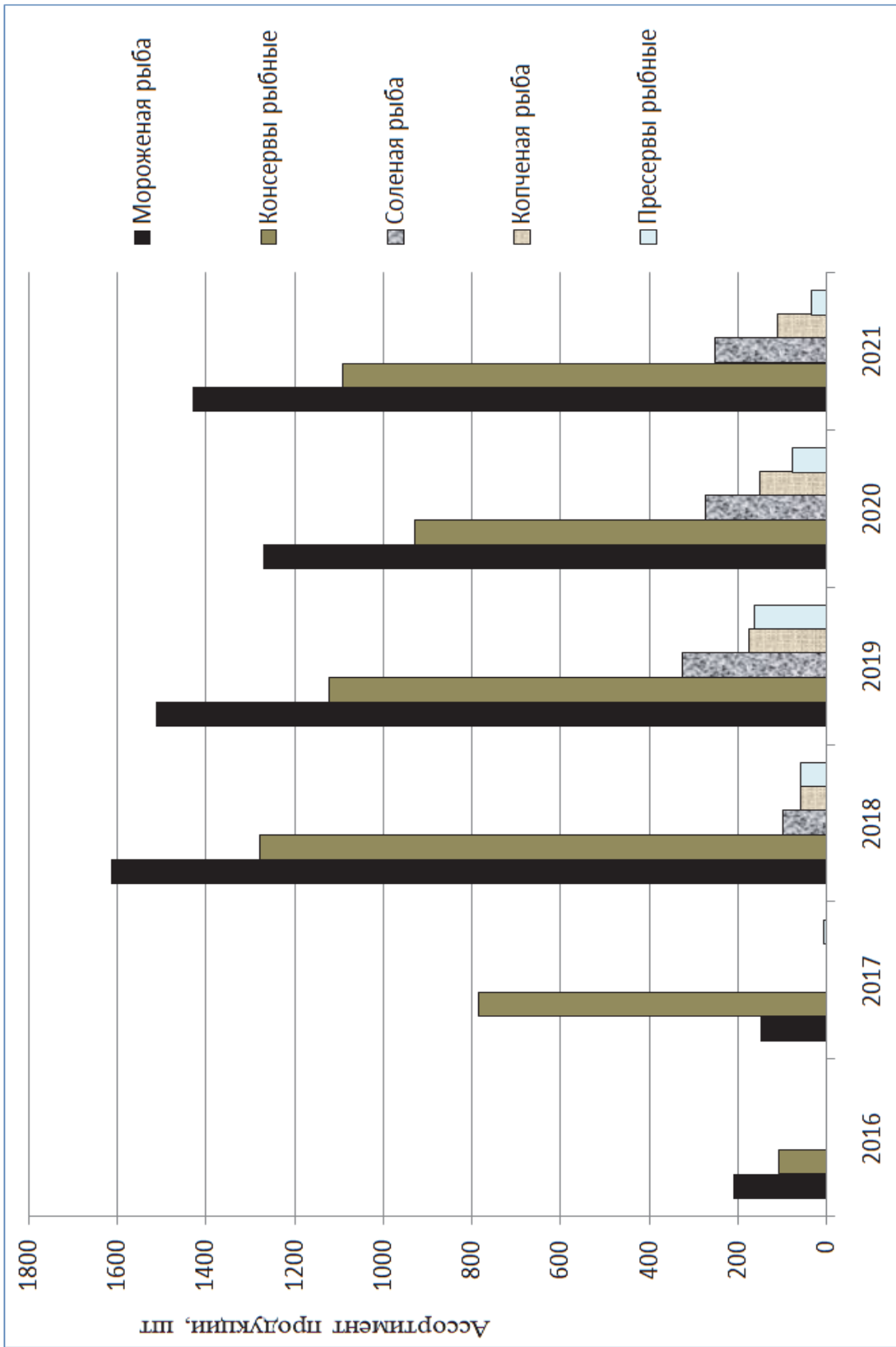


Рисунок 1 – Гистограмма распределения ассортимента основных видов продукции из сардины иваси

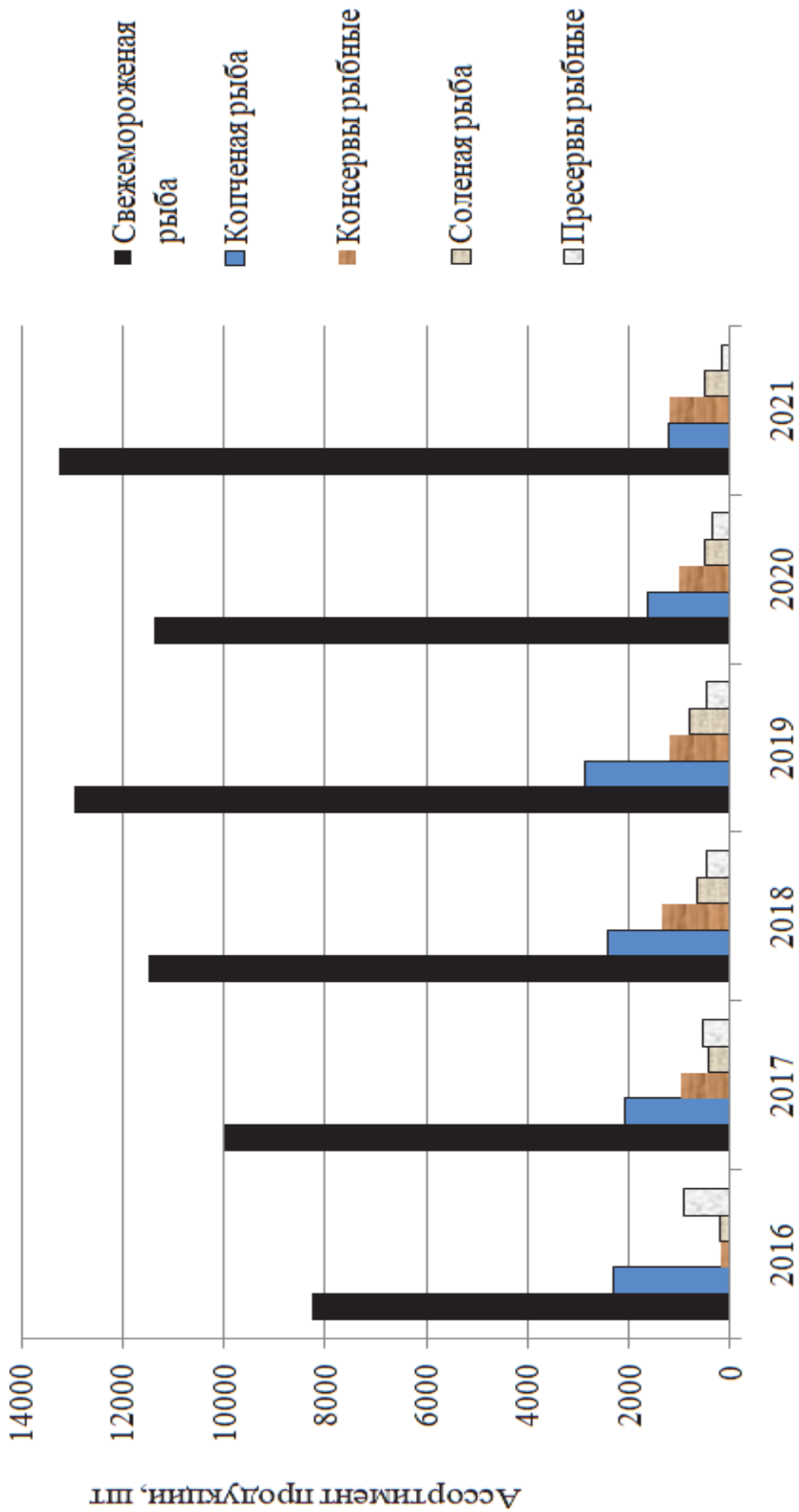


Рис. 2 – Гистограмма распределения ассортимента основных видов продукции из скумбрии

Таблица 3 – Структура ассортимента продукции из сайры в 2016-2021 гг., %

Ассортимент продукции	2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%	КОЛ-ВО	%
Консервы рыбные	482	27,3	574	34,4	1173	51,6	988	48,3	587	63,5	435	85,1
Копченая рыба	312	17,7	220	13,2	212	9,3	145	7,1	89	9,6	34	6,7
Свежемороженая, мороженая рыба и морепродукты	969	55,0	875	52,4	890	39,1	914	44,7	249	26,9	42	8,2
ИТОГО	1763	100	1669	100	2275	100	2047	100	925	100	511	100

Таблица 4 – Обобщенная структура ассортимента продукции по всем видам рыб в 2016-2021 гг.

Год	Свежемороженая, мороженая рыба и морепродукты	Филе	Готовая продукция	Соленая рыба	Копченая рыба	Пресервы рыбные	Икра	Общий итог
2016	10670	1184	1523	432	748	1651	138	16346
2017	9861	1495	1013	1621	650	737	295	15672
2018	9861	1275	747	2458	841	766	516	16464
2019	8272	1566	35	3055	859	617	513	14917
2020	8594	1600	22	2205	494	625	152	13692
2021	9946	1519	5	2251	418	442	337	14918
Общий итог	57204	8639	3345	12022	4010	4838	1951	92009

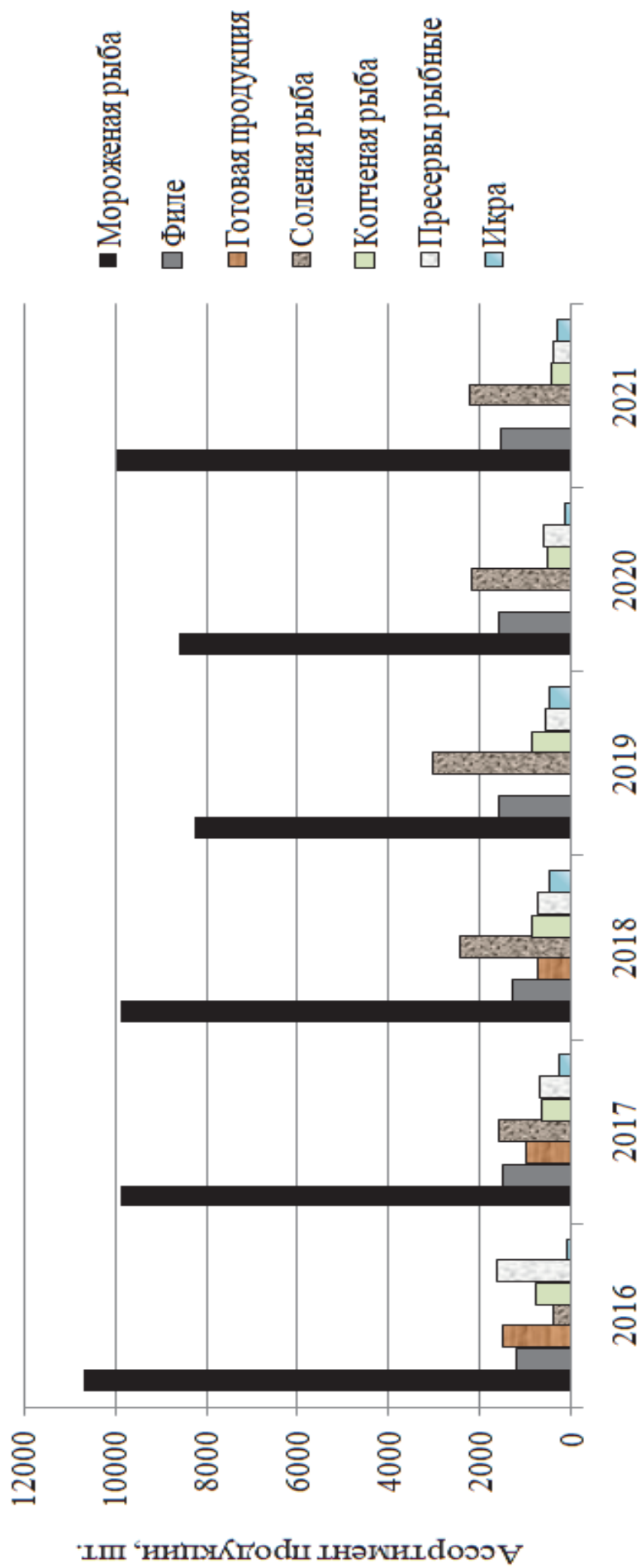


Рисунок 3 – Гистограмма обобщенной структуры ассортимента продукции по всем видам рыб

Анализ ассортимента продукции переработки рыбного сырца объектов морского промысла говорит о преобладании выпуска продукции простейшей переработки. При этом направление такого вида переработки рыбы сырца на экспорт (в наибольшей степени это относится к экспорту минтая и трески как наиболее востребованных на внешнем рынке видам) отдает импортеру весь потенциал добавленной стоимости экспортируемого продукта.

Основные виды морской рыбопродукции целевых видов промысла: минтай, сельдь, лососевые, скумбрия. Минтай – при общем ежегодном вылове более 1,8 млн т, объем продукции простейшей переработки составляет более 720 тыс. т (приблизительная оценка стоимости потенциального сырца для переработки выпуска продукции с добавленной стоимостью 6 млрд 970 млн руб., а в случае перехода по цепочке с добавленной стоимостью к продукции с 25 % рентабельностью эта цифра составит 132 млрд 840 млн руб.); сельдь – при ежегодном вылове более 400 тыс. т, объем продукции простейшей переработки которой составляет 160-170 тыс. т (с потенциальной стоимостью 18 млрд 4540 млн. руб., а в случае перехода по цепочке с добавленной стоимостью к продукции с 25%-й рентабельностью эта цифра составит порядка 16 млрд 400 млн руб.).

Из общего вылова лососёвых на внутренний рынок направляется порядка 300 тыс. т, объем продукции простейшей переработки составляет 60-70 тыс. т (с потенциальной стоимостью 15 млрд 600 млн руб., а в случае перехода по цепочке с добавленной стоимостью к продукции с 25%-й рентабельностью эта цифра составит порядка 19 млрд 300 млн руб.). Треска - при годовом вылове порядка 170 тыс. т, объем продукции простейшей переработки составляет 65-75 тыс. т (с потенциальной стоимостью 9 млрд.20 млн. руб., а в случае перехода по цепочке с добавленной стоимостью к продукции с 25%-й рентабельностью эта цифра составит порядка 11 млрд 480 млн руб.).

Скумбрия – при годовом вылове порядка 80 тыс. т, объем продукции простейшей переработки составляет более 40 тыс. т (с потенциальной стоимостью порядка 3 млрд 690 млн руб., а в случае перехода по цепочке с добавленной стоимостью к продукции с 25%-й рентабельностью эта цифра составит порядка 4 млрд 428 млн руб.) [6].

По результатам сформированной базы данных с использованием целевой маркетинговой информации за период последних 10 лет произведено сегментирование первичных данных с учетом мотивации основных категорий типовых покупателей, проанализированы тенденции развития рынка рыбопродукции.

По предварительной оценке вариантов развития рыбопереработки и выпуска высококачественной продукции с добавленной стоимостью, прирост выручки от ее реализации может составить более 30 %.

Полученные результаты будут использованы для моделирования вариантов эффективного развития рынка продукции из водных биологических ресурсов РФ.

Библиографический список

1. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года (с изменениями на 17 декабря 2021 года): Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2019 года № 2798-р.

2. О применении маркетинговых оценок для выбора эффективных вариантов эксплуатации биоресурсов пресноводных водоемов Российской Федерации / Покровский Б.И., Шабельский Д.Л., Шаповалов М.Е., Кайко А.М. // Междунар. сельскохоз. ж. 2021. Т. 64, № 2(380). С. 52–57.

3. Алгоритмы подготовки данных для маркетингового анализа вариантов эффективного развития рыболовства пресноводных водоемов Российской Федерации / Покровский Б.И., Шабельский Д.Л., Шаповалов М.Е., Кайко А.М. // Электронная наука, International Agricultural Journal. № 6\2020 Свидетельство о публикации № 279 ВАК от 22.12.2020. С. 289–309.

4. О применении методологии стратегических маркетинговых оценок водных биологических ресурсов в задачах биоэкономической оценки и анализа перспективных направлений эксплуатации рыбных ресурсов внутренних водоемов на примере озера Ханка. №5-2021.01.2021 // Депонированная научная работа (внеплановая). Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»). Владивосток, 2021. Библиотечный указатель ВИНТИ РАН № 1, 2021,6/0, 112 с., библ. 12.

5. Обзор состояния рынка рыбопродукции. Скумбрия, сардина иваси, сайра. Путинный прогноз. Владивосток: Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»). 09.2021.

6. Обзор состояния рынка рыбопродукции. Сельдь тихоокеанская. Путинный прогноз. Владивосток: Тихоокеанский филиал «ВНИРО» («ТИНРО»). Внутренний рынок. 09.2021.

Борис Иванович Руднев

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, профессор, доктор техн. наук, Россия, Владивосток, e-mail: povalichina@mail.ru

Ольга Владимировна Повалихина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: povalichina@mail.ru

**Локальные тепловые потоки на поверхности крышки цилиндров
высокооборотного дизеля**

Аннотация. Представлены экспериментальные данные по локальным суммарным и радиационным тепловым потокам на поверхности крышки цилиндров высокооборотного дизеля. Получены зависимости для расчета параметров рабочего процесса, теплового и напряженно-деформированного состояния деталей камеры сгорания на стадии проектирования.

Ключевые слова: высокооборотный дизель, тепловой поток, экспериментальные данные.

Boris I. Rudnev

Far Eastern State Technical Fisheries University, Professor of Department of Refrigeration Equipment, Condition and Heat Transfer, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: povalichina@mail.ru

Olga V. Povalikhina

Far Eastern State Technical Fisheries University, Assistant Professor of Department of Refrigeration Equipment, Condition and Heat Transfer, Russia, Vladivostok, e-mail: povalichina@mail.ru

Local heat fluxes on surface head of cylinders high speed diesel

Abstract. Experimental data from local total and radiative of heat fluxes on surface of heat cylinders high speed diesel are given. Equations for calculation of parameters of work process, thermal and power deformable condition in details of combustion chamber in designing represented in the article.

Keywords: high speed diesel, heat flux, experimental data.

Одним из главных факторов, сдерживающих повышение среднего эффективного давления в цилиндрах современных дизелей, является высокий уровень тепловой напряженности деталей камеры сгорания (КС). Отмеченное заставляет исследователей уделять вопросам теплообмена в цилиндре дизелей все большее внимание с целью разработки надежных методик задания граничных условий со стороны рабочего тела и при оценке теплового и напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей КС.

В связи с этим одним из авторов доклада было проведено экспериментальное исследование локального теплообмена в цилиндре высокооборотного дизеля 8 ЧН 13/14 с дифференцированной оценкой составляющих теплового потока. Обработка результатов опытов выполнена авторами доклада совместно.

В основу проведения опытов была положена методика, основанная на измерении колебания температуры в поверхностном слое деталей КС железоникелевыми термоприемниками специальной конструкции [1]. Мгновенное значение плотности суммарного теплового потока определялось на базе известного решения дифференциального уравнения теплопроводности для твердого тела без внутренних источников тепла с граничными условиями первого рода [2, 3].

Параметры теплообмена измерялись на пяти режимах нагрузочной характеристики ($n = 1700$ об/мин., $P_{me} = 0,12 : 0,36 : 0,49 : 0,61$ МПа) и четырех режимах внешней характеристики ($n = 1200, 1300, 1500, 1700$ об/мин), а также при «чистом» сжатии (в исследуемом цилиндре была отключена подача топлива, $n = 1700$ об/мин).

На рис. 1, представлены кривые колебания температуры в четырех точках головки цилиндра на режиме $P_{me} = 0,61$ МПа, $n = 1700$ об/мин. Точки 1П, 2П, 3П и 4П расположены на расстоянии соответственно 30, 45, 53 и 57 мм от оси цилиндра. Величина колебания температуры в указанных точках составляет 14,2; 6,7; 4,8; 3,8 °С. Наибольшая величина температурных колебаний зарегистрирована в точки 1П на режиме максимального крутящего момента 14,4 °С. При этом в точке 2П, 3П и 4П колебания температуры соответственно равны 6,9; 6,5; 6,0 °С. На режиме «чистого» сжатия $n = 1700$ об/мин (номинальная частота вращения коленчатого вала), в указанных выше четырех точках колебания температуры составляют 5,1; 3,3; 3,0 и 1,7 °С.

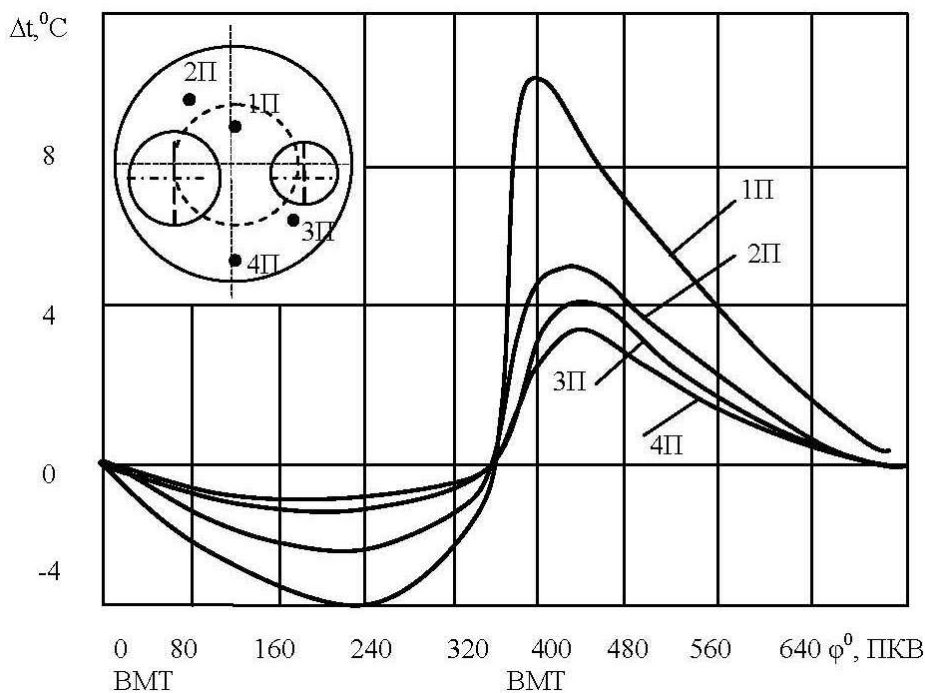


Рисунок 1 – Колебания температуры на поверхности крышки цилиндров

Максимальной величины температурные колебания при испытании двигателя по нагрузочной и внешней скоростной характеристикам достигают в районе 23-30° ПКВ после ВМТ. У кривых колебаний температуры, полученных при «чистом» сжатии, максимум располагается в пределах 30-35° ПКВ после ВМТ.

Анализ осциллограмм температурных колебаний показывает, что характер протекания кривых $t=t(x,\tau)$ зависит от места установки термоприемника. Для термоприемника, расположенного в точке 1П, кривые $t=t(x,\tau)$ имеют крутой передний фронт и, как правило, острые вершины в месте своего максимума (18-20°ПКВ после ВМТ). В то же время кривые $t=t(x,\tau)$, полученные от термоприемников, расположенных дальше от оси цилиндра (за кромкой КС в поршне), имеют менее крутой передний фронт и достигает своего максиму-

ма в передачах 25-35⁰ПКВ после ВМТ. Учитывая, что динамические свойства термодатчиков, обусловленные величиной эффективной глубины расположения горячего спая примерно одинаковы, (величина $x \approx 20$ мкм) снижение крутизны кривой $t=t(x,\tau)$, характер протекания ее в течение цикла и величину размаха колебаний в зависимости от места термодатчика можно объяснить различными условиями взаимодействия рабочего тела с отдельными участками тепловоспринимающей поверхности, температурными состояниями этих участков и их ориентацией относительно топливных факелов.

Изменение максимального размаха колебаний температуры от нагрузки показано на рис. 2. Из него следует, что интенсивность теплообмена возрастает с увеличением нагрузки во всех точках замера, однако темп роста в различных местах неодинаков. Наиболее сильное увеличение амплитуды колебаний температуры наблюдается в центральной части головки, к периферии темп увеличения колебаний снижается. Такое различие является следствием особенностей КС дизелей ЯМЗ и влияния газодинамических факторов на интенсивность теплообмена и еще раз подтверждает необходимость учета локального характера распределения плотности теплового потока даже для одной поверхности.

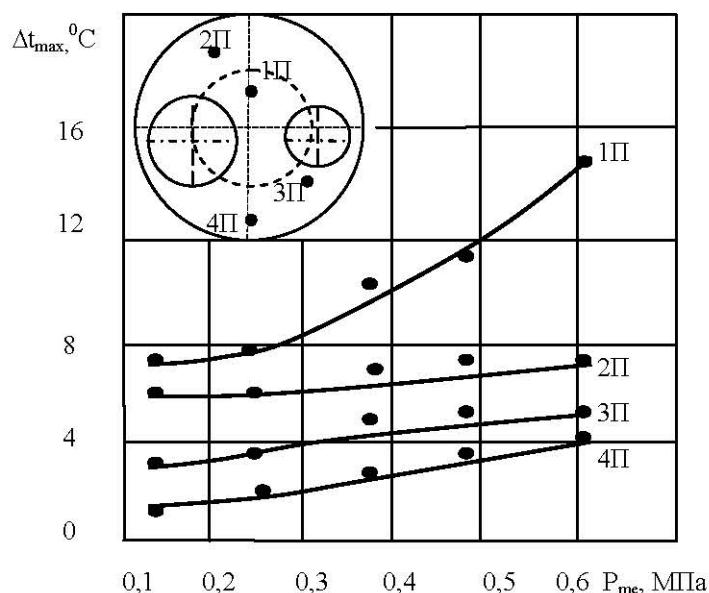


Рисунок 2 – Зависимость максимального размаха колебаний температуры на поверхности крышки цилиндров от нагрузки, $n = 1700$ об/мин

Полученные в результате обработки осциллограмм на ЭВМ данные $q_{\Sigma}=f(\varphi)$ в четырех точках поверхности головки цилиндров при испытании дизеля по нагрузочной характеристике при «чистом» сжатии представлены на рис. 3, 4.

Анализ этих зависимостей позволяет отметить ряд особенностей протекания кривых $q_{\Sigma}=f(\varphi)$ в зависимости от места установки термодатчика и изменений нагрузки. Для точки 1П кривые $q_{\Sigma}=f(\varphi)$ имеют, как в $t=t(x,\tau)$ крутой передний фронт и достигают своего максимума в передачах 10-20⁰ ПКВ после ВМТ, причем этот угол практически сохраняется независимо от величины нагрузки и частоты вращения. Тепловой поток меняет свое направление в районе 260-280⁰ ПКВ, максимальная плотность теплового потока, равна $29,5 \cdot 10^5$ Вт/м², зарегистрирована в точке 1П на режиме $P_{мг} = 0,61$ МПа, $n = 1700$ об/мин. С удалением от центра КС максимум плотности теплового потока быстро снижается и для указанного выше режима в точке 4П составляет $5,3 \cdot 10^5$ Вт/м². При этом кривые $q_{\Sigma}=f(\varphi)$ для периферийных точек имеют пологий передний фронт и достигают своего максимального значения в районе 30-40⁰ ПКВ после ВМТ. Увеличение нагрузки от $P_{мг} = 0,12$ до 0,61 МПа вызывает рост плотности теплового потока для точки 1П от $13 \cdot 10^5$ до $29,5 \cdot 10^5$ ВТ/м²,

в то же время для периферии головки цилиндров (точка 4П) изменения составляют от $1,6 \cdot 10^5$ до $5,3 \cdot 10^5$ Вт/м². Изменения частоты вращения коленчатого вала от 1200 до 1700 об/мин приводит к увеличению максимума плотности теплового потока для точки 1П в пределах от $24 \cdot 10^5$ до $29,5 \cdot 10^5$ Вт/м².

Максимальное значение плотности теплового потока, полученное при «чистом» сжатии ($n = 1700$ об/мин) составляет для точки 1П $7,4 \cdot 10^5$ Вт/м². Интересно, отметить, что кривые $q_{\Sigma} = f(\varphi)$ в этом случае имеют практически идеальный характер протекания независимо от места измерения и отличаются лишь по величине, максимум плотности теплового потока располагается в районе $18-20^\circ$ ПКВ после ВМТ. Величина средних за цикл плотностей тепловых потоков определялись численным интегрированием $q_{\Sigma} = f(\varphi)$. Их изменения в функции радиуса цилиндра при испытании по нагрузочной характеристике показано на рис. 5. Как видно из этого рисунка, наблюдается падение значений q_{cp} от центра головки к периферии. Максимальная величина средней за цикл плотности теплового потока соответствует точке 1П и равняется на режиме $P_{me} = 0,61$ МПа, $n = 1700$ об/мин, $q_{cp} \approx 2,1 \cdot 10^5$ Вт/м².

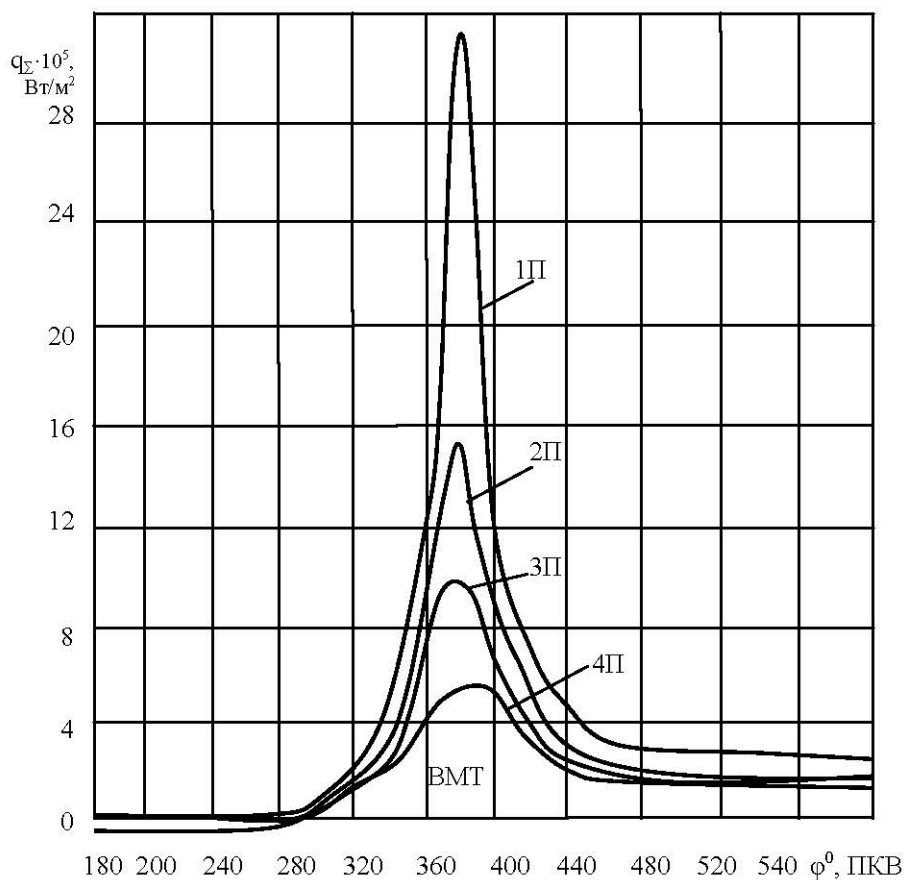


Рисунок 3 – Изменение плотности тепловых потоков по углу ПКВ на режиме $P_{me} = 0,61$ МПа, $n = 1700$ об/мин

Анализируя полученные в данной работе опытные данные по радиационному теплообмену, необходимо отметить следующее. Величина радиационного теплового потока является сугубо локальной. Это объясняется двумя факторами.

Во-первых, датчик радиационного потока устанавливается в каком-то определенном месте КС (в выполненных работах, как правило, в головку цилиндров или реже во втулку) и во-вторых, датчик имеет определенный «угол зрения» (величину угла, отсекаемого отверстием диафрагмы). В этих условиях, учитывая различное расположение факелов топлива, КС (если таковая расположена в поршне), скоростей движения газов относительно каждой из тепловоспринимающей поверхностей, различие их степеней черноты и температуры (последние для фактора определяют собственное излучение поверхностей, образуя-

щих полость КС) нельзя рассчитывать на одинаковую плотность радиационного теплового потока по отношению к каждой из поверхностей и даже отдельных участков конкретной тепловоспринимающей поверхности.

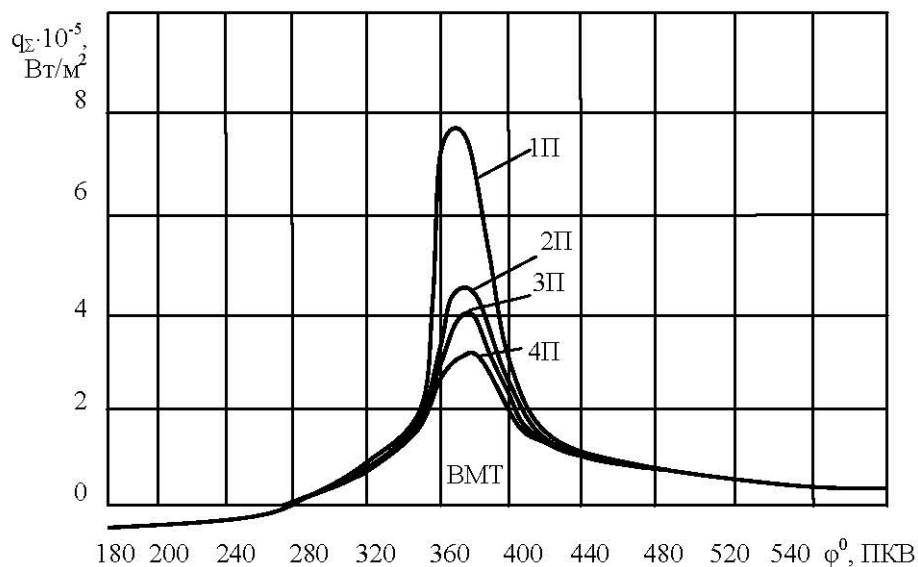


Рисунок 4 – Изменение плотности тепловых потоков по углу ПКВ при «чистом» сжатии

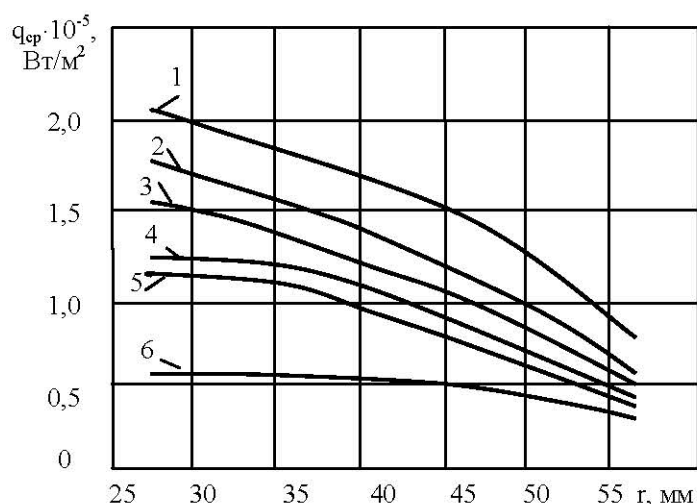


Рисунок 5 – Изменение средней за цикл плотности теплового потока в функции радиуса цилиндра:
 1 – $P_{ме}=0,61\text{МПа}$, 2 – $P_{ме}=0,49\text{МПа}$, 3 – $P_{ме}=0,36\text{МПа}$,
 4 – $P_{ме}=0,24\text{МПа}$, 5 – $P_{ме}=0,12\text{МПа}$, 6 – «чистое» сжатие

В случае использования в опытах одного датчика радиационного теплового потока можно констатировать экспериментально зарегистрированное отношение $q_{л}/q_{\Sigma}$, справедливое лишь для данной поверхности, где был вначале установлен датчик, а затем обычный поверхностный термоприемник. Предложение о том, что величина $q_{лср}/q_{\Sigmaср}$ или $q_{лmax}/q_{\Sigmamax}$ остается примерно одинаковой для всех точек, исследуемой поверхности теплообмена, не является обоснованным.

В настоящей работе результаты по радиационному тепловому потоку получены с помощью специального датчика [2], расположенного в точке 4П головки цилиндра. Ампли-

туда колебаний температуры, зафиксированная этим датчиком на режиме $P_{me}=0,61\text{МПа}$, $n=1700\text{ об/мин}$, составляет $\Delta t \approx 0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимум плотности радиационного теплового потока равен $2,2 \cdot 10^5\text{ Вт/м}^2$ и располагается в районе 30° ПКВ после ВМТ. Продолжительность радиационного теплообмена по углу ПКВ составляет около 90° , причем с уменьшением нагрузки она сокращается до $75-80^{\circ}$ ПКВ. Отношение $q_{лmax}/q_{\Sigma max}$ практически одинаково на всех исследованных режимах и составляет $\approx 0,4$. Характер изменения $q_{л}/q_{\Sigma}$ в функции угла ПКВ иллюстрируется на рис. 6. Форма кривой $q_{л}/q_{\Sigma}=f(\varphi)$ полностью объясняется особенностями КС ЯМЗ и местом расположения датчика. Величина средней за цикл плотности радиационного теплового потока определялась, как и в случае с q_{Σ} численным интегрированием $q_{л}=f(\varphi)$, отношение $q_{лср}/q_{\Sigma ср}$ в пределах точности определения $q_{л}$ не зависит от нагрузки и равняется $\approx 0,19 - 0,20$.

Полученные результаты экспериментального исследования по мгновенным локальным суммарным и радиационным тепловым потокам очень трудно интерпретировать с количественной точки зрения. Бесспорно, что имеются значительные отличия от точки к точке в КС, обусловленные локальными условиями движения рабочего тела, его температуры и распределением очагов сгорания.

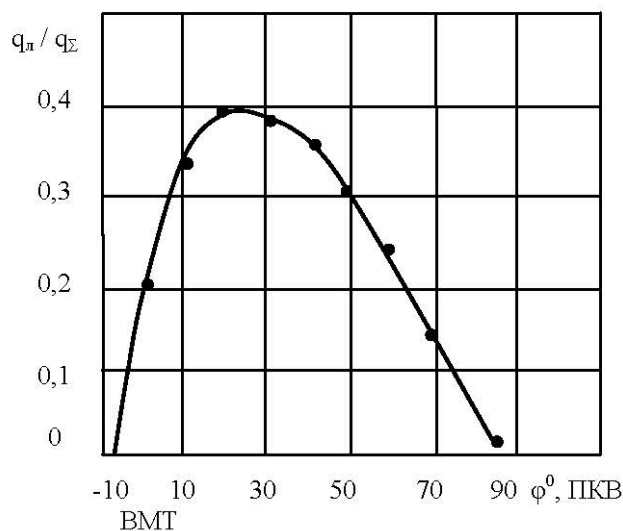


Рисунок 6 – Изменение средней за цикл плотности теплового потока в отношении $q_{л} / q_{\Sigma}$ по углу ПКВ на режиме $P_{me}=0,61\text{МПа}$, $n=1700\text{ об/мин}$

По мнению авторов, доклада представляется целесообразным проанализировать полученные результаты с двух точек зрения. Во-первых, представить их в виде, допускающем применение с целью моделирования рабочего процесса дизелей данного типа. Во-вторых, дать зависимость, описывающую изменение плотности тепловых потоков от радиуса цилиндра (для крышки цилиндров), которая могла бы использоваться при расчете оценки тепловой и напряженно-деформированного состояния деталей КС.

Исходя из этого, была проведена комплексная обработка на ЭВМ всего экспериментального материала, при этом локальные суммарные тепловые потоки осреднялись по поверхности головки цилиндров с учетом «веса» площади, занятой каждым термоприемником [2, 3]. Учитывая опытные данные по радиационному теплообмену, получено следующее выражение для осредненной по поверхности крышки цилиндров плотности суммарного теплового потока.

$$q_{\Sigma} = 17,4 \frac{C_m^{0,7} P_2^{0,7}}{D^{0,3} T_2^{0,16}} (T_2 - T_w) + \sigma_0 \left[1 - \exp\left(-0,7 \cdot 10^{-4} P_2 T_2 l\right) \right] \cdot T_n^4, \quad (1)$$

где C_m – средняя скорость поршня; P_z, T_z – давление и температура газа в цилиндре; D – диаметр цилиндра; T_w – осредненная по поверхности температура стенки; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; l – эффективная длина пути луча; T_n – температура пламени.

Температура дизельного пламени находится с использованием результатов, полученных в [4]. Сопоставление экспериментальных и рассчитанных по уравнению (1) значение плотности суммарного теплового потока позволяет сделать вывод о хорошем (до 10-15 %) совпадении расчетных и опытных кривых $q_{\Sigma}=f(\varphi)$ на участке 300-460⁰ ПКВ, в течение которого происходит основной теплообмен между рабочим телом и стенками КС. Уравнение (1) можно использовать для моделирования рабочего процесса дизелей данного типа. Тепловые потери в поршень и втулку можно найти, основываясь на многочисленных литературных данных о распределении тепловых потоков по поверхностям КС [5].

В работе [5] предложено уравнение, описывающее относительное изменение плотности суммарного (среднего за рабочий цикл) теплового потока по радиусу крышки цилиндров. Используя структуры этого уравнения при обработке опытных данных по исследованному дизелю 8 ЧН 13/14 позволило получить зависимость вида

$$\frac{q(r)}{q_{max}} = 0,96 - 0,65 \frac{r}{R} + 256 \left[0,05 + 0,65 \frac{r}{R} \right] \cdot \left[\left(\frac{r}{R} \right)^{0,89} - \left(\frac{r}{R} \right)^{1,75} \right]^4, \quad (2)$$

где $q(r)$ – текущее значение плотности теплового потока на поверхности крышки цилиндров; q_{max} – максимальное значение указанной выше плотности теплового потока.

Зависимость (2) можно использовать при расчетной оценке теплового и НДС деталей КС. Таким образом, при моделировании рабочего процесса дизелей данного типа или двигателей со сходными параметрами можно рекомендовать зависимость (1), а при расчетной оценке теплового и НДС крышки цилиндров в качестве граничных условий второго рода использовать уравнение (2).

Уравнение (1) и (2) являются результатом математической обработки на ЭВМ обширного экспериментального материала, полученного при испытании дизеля 8 ЧН 13/14. В пределах этого опытного материала зависимости (1) и (2) дают достоверное описание процесса теплообмена от рабочего тела стенкам КС и распределения плотности теплового потока по радиусу цилиндра.

Использование полученных результатов на стадии проектирования двигателей позволяет более обосновано подходить к заданию граничных условий со стороны рабочего тела при оценке теплового и НДС деталей КС, и вопросам моделирования рабочего процесса дизелей данного типа. Дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования в этой области будут способствовать проверке достоверности полученных зависимостей для других типов дизелей.

Библиографический список

1. Костин А.К., Михайлов Л.И., Руднев Б.И. Термоприемник для исследования колебаний температуры в деталях ДВС. М.: НИИинформтяжмаш, 1977. 4-77-16. С. 16–19.
2. Руднев Б.И. Процессы локального радиационно-конвективного теплообмена в камерах сгорания судовых дизелей: дис. ... доктора техн. наук: 05.08.05, 05.04.02. Владивосток, 1998. 437 с.
3. Квасов Е.Е., Костин А.К., Руднев Б.И., Степанов В.Н. Исследование теплового потока в головке цилиндров при пуске быстроходного дизеля // Двигателестроение. 1979. № 4. С. 5–7.
4. Дьяченко Н.Х., Батулин С.А., Ложкин В.Н. Исследование температуры и излучательной способности турбулентного сажистого пламени в циклических процессах сгорания // Тр. ЛПИ. 1977. № 358. С. 96–100.
5. Костин А.К., Ларионов В.В., Михайлов Л.И. Л.: Машиностроение, 1979. 222 с.

Андрей Евгеньевич Савченко

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: tral-azimut@mail.ru

Михаил Алексеевич Мизюркин

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: mizmih@mail.ru

Дмитрий Леонидович Шабельский

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: Dmitriy.Shabelsky@tinro-center.ru

Никита Леонидович Ваккер

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, зав. сектором орудий лова лаборатории промышленной гидроакустики, технологий лова и технических средств аквакультуры, Россия, Владивосток, e-mail: nikita.vakker@tinro-center.ru

Виктор Михайлович Волотов

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Россия, Владивосток, e-mail: victor.volotov@tinro-center.ru

Относительные изменения линейных характеристик сетематериалов при хранении в различных условиях

Аннотация. Представлены материалы исследования относительного изменения линейных характеристик отрезков канатов, которые хранились в различных условиях в период с февраля 2021 г. по февраль 2022 г. Канаты изготавливались из полиамида, полипропилена и полиэтилена и были разбиты на три группы. Первая группа была контрольной и хранилась в не отапливаемом металлическом ангаре. Вторая и третья группы хранились на открытом воздухе. При этом на канаты второй группы не попадали солнечные лучи, а третья группа подвергалась воздействию всех метеорологических факторов, возникающих в течение календарного года. С этими группами имитировали технологию хранения в течение года в различных условиях.

Ключевые слова: изменение линейных характеристик, полиамид, полипропилен, полиэтилен, технология хранения.

Andrey E. Savchenko

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: tral-azimut@mail.ru

Mikhail A. Mizurkin

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Russia, Vladivostok, e-mail: mizmih@mail.ru

Dmitriy L. Shabelsky

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: dmitriy.shabelsky@tinro-center.ru

Nikita L. Vakker

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Post of Acting Head of Sector, Russia, Vladivostok, e-mail: nikita.vakker@tinro.ru

Vicktor M. Volotov

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, PhD, Leading Scientific Officer, Russia, Vladivostok, e-mail: victor.volotov@tinro-center.ru

**Relative changes in the liner characteristics of network
Materials during storage under various conditions**

Abstract. The paper presents research materials on the relative change in the linear characteristics of rope segments from February 2021 to February 2022. The ropes were made from polyamide, polypropylene and polyethylene, and were divided into three groups. The first group was the control group and was kept in an unheated metal hangar. The second and third groups were kept outdoors. At the same time, the rays of the sun did fall on the ropes of the second group, and the third group was exposed to various meteorological factors that occur during the calendar year. With these groups, the storage technology was simulated during the year under various conditions.

Keywords: change in liner characteristics, polyamide, polypropylene, polyethylene, storage technology.

В настоящее время при изготовлении тралов в основном применяют полиамидные, полипропиленовые, полиэтиленовые и другие синтетические материалы, которые обладают высокой прочностью и эластичностью, но сильно подвержены изменению линейных размеров в процессе эксплуатации [1] как в сторону увеличения, так и уменьшения [2]. Все это может повлиять на линейные размеры элементов трала. Как оказалось, на изменение линейных размеров элементов трала существенно влияют условия их хранения, как в судовых условиях, так и на берегу [3]. В этой связи мы провели исследования по определению изменения линейных характеристик сетематериалов при хранении в различных условиях.

Методика

В период с февраля 2021 г. по февраль 2022 г. были проведены исследования относительно изменения линейных характеристик канатов, изготовленных из капрона, Дан-Лайна и полиэтилена, которые были разбиты на три группы. С этими группами имитировали технологию хранения в течение года в различных условиях. Стандартные метровые отрезки всех испытуемых канатов изготавливали из сухого материала в помещении с постоянной положительной температурой и постоянной влажностью.

Первая группа не подвергалась воздействию морской воды, солнечных лучей и хранилась в металлическом ангаре, в котором температура и влажность воздуха зависели от параметров внешней среды. В этой группе при определении относительного удлинения отрезков канатов брали среднюю длину отрезков, полученную в помещении лаборатории при температуре 20,5 °С и нагрузке 5 кг [4] за эталон и с ней сравнивали результаты промеров канатов, хранящихся в ангаре.

Следующие две группы четверо суток выдерживали в ёмкости с морской водой, которая находилась в помещении фабрики орудий лова. После этого образцы канатов вынимали из воды и промеряли их при нагрузке 5 кг непосредственно в помещении фабрики при температуре воздуха 10,9 °С. В дальнейшем при определении относительного удлинения отрезков канатов среднюю длину отрезков, полученную в помещении фабрики при нагрузке 5 кг, брали за эталон и с ней сравнивали результаты промеров канатов. По завершении промеров всех канатов обеих групп их снова поместили еще на трое суток в емкость с морской водой. После этого образцы канатов вынимали из воды и промеряли их при нагрузке 238 кг, что составляло 39,0 % от разрывной нагрузки для полиамида, 43,3 % – для полипропилена и 59,5 % – для полиэтилена. Следует отметить, что при работе с полиэтиленовыми канатами в начале эксперимента два первых каната не выдержали нагрузку в 238 кг и разорвались, хотя разрывная нагрузка для полиэтиленового каната диаметром 6 мм составляет 400 кг [5]. В дальнейшем с полиэтиленовыми канатами работали с нагрузкой 119 кг, что составляло 29,8 % от разрывной нагрузки, заявленной в справочнике. Далее отрезки освобождали от нагрузки и хранили на открытом воздухе под воздействием на них всех метеорологических условий (температура, влажность, туман, снег, дождь и т.д.). При этом канаты второй группы были размещены так, что на них не попадали солнечные лучи. На канаты третьей группы воздействовали вышеперечисленные метеорологические условия и солнечные лучи.

В дальнейшем хранящиеся канаты в ангаре и под открытым небом промеряли через определенные промежутки времени (не реже 2 раз в месяц) непосредственно на месте их расположения при нагрузке 5 кг [4], фиксируя во время эксперимента температуру и влажность воздуха, а в интервале между экспериментами заносили в журнал наблюдений точные изменения погодных условий, используя информацию из интернета.

Результаты исследований

На рис. 1 показаны относительные изменения среднего значения длин капроновых канатов, которые хранились в различных условиях. После размещения 3 февраля 2021 г. канатов 1-й группы из лаборатории в металлический ангар отмечено их относительное удлинение в каждом цикле измерений в течении всего года наблюдений. Минимальным оно было в первый день измерений и составило 0,7 %, максимальным – 1,9 % 14 декабря 2022 г. В среднем канаты 1-й группы удлинились на 1,4 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 2,8 до 4,9 и в среднем оно составило 3,9.

Промеры капроновых канатов 2-й группы при нагрузке 238 кг показали увеличение относительного удлинения на 24 %. Эти измерения проводили 13 февраля 2021 г. в помещении цеха орудий лова при температуре воздуха 12,1 °С и влажности 55 %. По завершении промеров канаты разместили на открытом воздухе, где на них не попадали солнечные лучи, как описано в методике эксперимента. Следующие измерения осуществили через 13 дней 25 февраля при температуре воздуха -1,3 °С и влажности 43 %. За это время относительный линейный размер канатов уменьшился на 25,3 % и относительное изменение линейных характеристик капроновых канатов составило 1,3 % (рис. 1). Дальнейшие исследования относительного изменения линейных характеристик капроновых канатов 2-й группы показали, что в течение года наблюдений отмечались значительные колебания этой характеристики, и эти колебания в основном происходили в период выпадания осадков в виде дождя или снега с дождём, но в целом отмечено их относительное уменьшение. Максимальное значение относительного удлинения отмечено 24 марта и составило 1,3 %, а максимальное значение относительного укорочения произошло 26 ноября 2021 г. и составило 7,9 %. В среднем канаты 2-й группы уменьшились на 1,9 %, показав значительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 3,6 до 8,5 и в среднем оно составило 5,2.

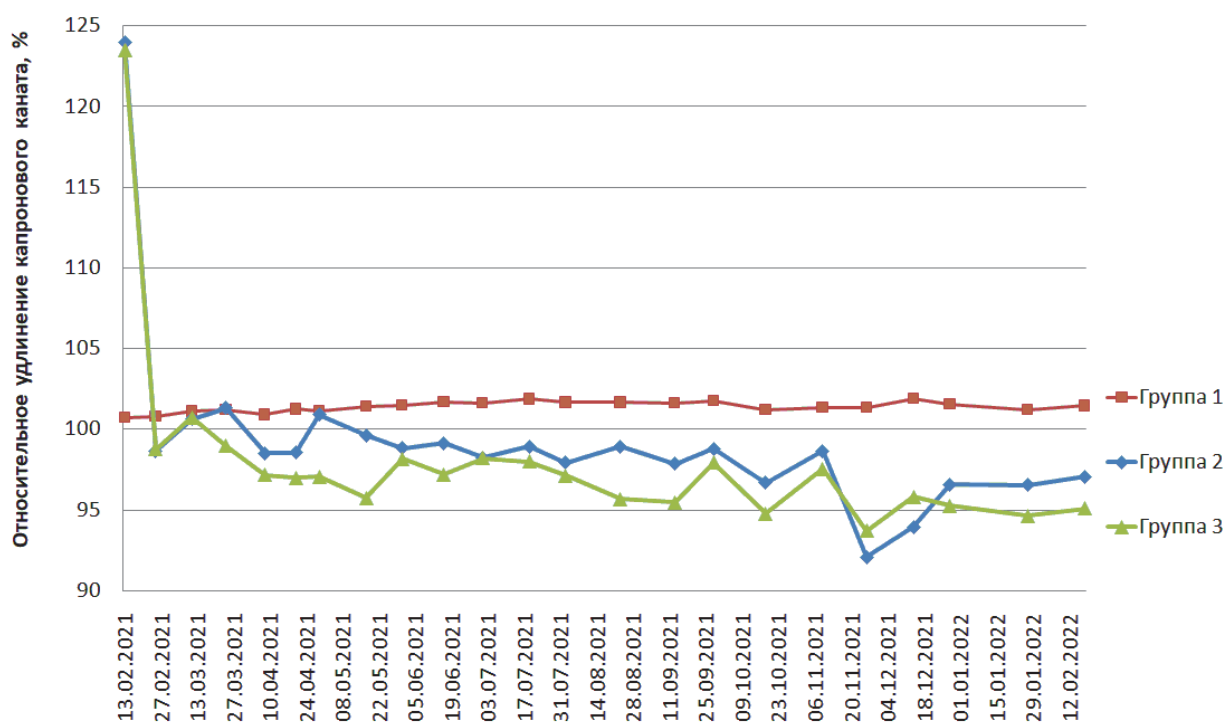


Рисунок 1 – Относительное изменение линейных характеристик капроновых канатов при их имитации хранения в различных условиях

Промеры капроновых канатов 3-й группы при нагрузке 238 кг показали увеличение относительного удлинения на 23,5 %. Эти измерения проводили в тех же условиях и в то же время, что и с канатами 2-й группы. При измерении канатов 25 февраля относительный линейный размер канатов уменьшился на 24,7 % и относительное изменение линейных характеристик капроновых канатов составило 1,2 % (см. рис. 1). Исследования относительного изменения линейных характеристик капроновых канатов 3-й группы показали, что в течение года наблюдений отмечались значительные колебания этой характеристики, и эти колебания в основном происходили в период выпадания осадков в виде дождя или снега с дождем, но в целом отмечено их относительное уменьшение, как и у канатов 2-й группы. Максимальное значение относительного удлинения отмечено 11 марта и составило 0,7 %, а максимальное значение относительного укорочения произошло 26 ноября 2021 г. и составило 6,3 %. В среднем канаты 3-й группы уменьшились на 3,2 %, показав значительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 3,0 до 8,9, в среднем оно составило 5,0.

Обобщая в целом относительное изменение линейных характеристик капроновых канатов при их имитации хранения в различных условиях, можно отметить, что в течение года относительное укорочение канатов 2-й группы по сравнению с контрольной (1-я группа) уменьшилось в среднем на 3,3 %, а канатов 3-й группы – 4,6 %.

На рис. 2 показаны относительные изменения среднего значения длин канатов Дан-Лайн, которые хранились в течение года в различных условиях. После размещения 3 февраля 2021 г. канатов 1-й группы из лаборатории в металлический ангар отмечено их относительное удлинение в каждом цикле измерений в течении всего года наблюдений в пределах 0,1-0,2 %. При этом из 23 осуществленных наблюдений в 15 случаях отмечено относительное удлинение канатов Дан-Лайн на 0,1 %, в остальных 8 случаях – 0,2 %. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 0,7 до 2,0 и в среднем оно составило 1,3.

Промеры канатов Дан-Лайн 2 группы при нагрузке 238 кг показали увеличение относительного удлинения на 6,8 % (рис. 2). Эти измерения проводили 13 февраля 2021 г. в помещении цеха орудий лова в тех же условиях, что и капроновые канаты 2-й группы. По

завершению промеров канаты Дан-Лайн разместили на открытом воздухе, где на них не попадали солнечные лучи. Следующие измерения осуществили 25 февраля. За это время относительный линейный размер канатов уменьшился на 5,5 % и относительное изменение линейных характеристик канатов составило 1,3 % (рис. 2). Дальнейшие исследования относительного изменения линейных характеристик канатов Дан-Лайн 2-й группы показали, что в течение года происходило относительное уменьшение их длины от максимального значения 1,3 % 25 февраля 2021 г., до значения 0,9 % 18 февраля 2022 г. В среднем канаты 2-й группы показали увеличение относительного удлинения на 1,0 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 1,1 до 3,1, в среднем оно составило 1,6.

Промеры канатов Дан-Лайн 3 группы при нагрузке 238 кг показали увеличение относительного удлинения на 6,8 %, как и канаты 2-й группы (рис. 2). Эти измерения проводили в те же дни и в тех же условиях, которые описаны выше. Далее канаты Дан-Лайн разместили на открытом воздухе, где на них попадали солнечные лучи. Следующие измерения осуществили 25 февраля. За это время относительный линейный размер канатов уменьшился на 5,4 % и относительное изменение линейных характеристик канатов составило 1,4 % (рис. 2). Дальнейшие исследования относительного изменения линейных характеристик канатов Дан-Лайн 3-й группы показали, что в течение года происходило их относительное уменьшение от максимального значения 1,4 % 25 февраля 2021 г., до минимального значения 0,3 % 18 февраля 2022 г. В среднем канаты 2-й группы показали увеличение относительного удлинения на 0,8 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 1,4 до 3,3 и в среднем оно составило 2,1.

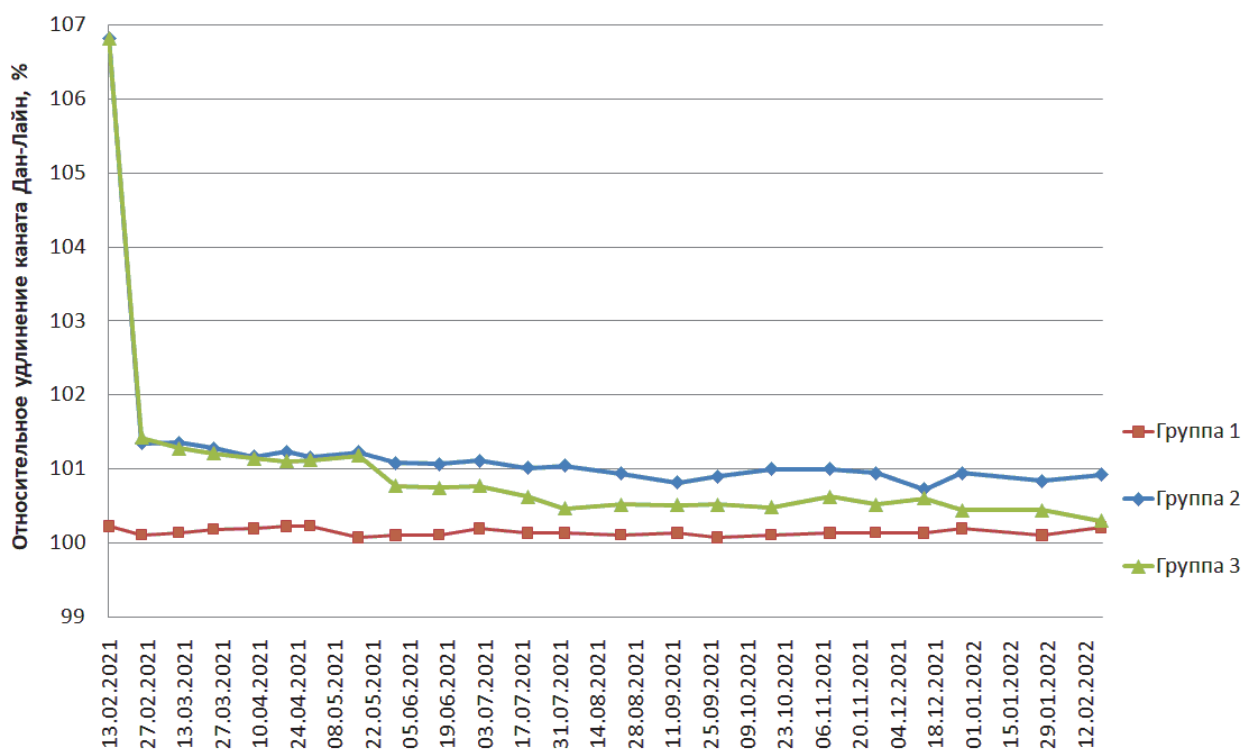


Рисунок 2 – Относительное изменение линейных характеристик канатов Дан-Лайн при их имитации хранения в различных условиях

Обобщая в целом относительное изменение линейных характеристик канатов Дан-Лайн при их имитации хранения в различных условиях, можно отметить, что в течение года относительное удлинение канатов 2-й группы по сравнению с контрольной (1-я группа) увеличилось в среднем на 0,9 %, а канатов 3-й группы – 0,7 %.

На рис. 3 показаны относительные изменения среднего значения длин полиэтиленовых канатов, которые хранились в течение года в различных условиях. После размещения 3 февраля 2021 г. канатов 1 группы из лаборатории в металлический ангар отмечено их относительное укорочение на 0,1 % 18 февраля и 17 мая 2021 г. В остальных случаях наблюдали относительное удлинение линейных характеристик канатов в каждом цикле измерений в течении всего года и максимальное значение относительного удлинения 0,3 % отмечено в 5 случаях. В среднем, полиэтиленовые канаты 1-й группы удлинились на 0,1 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 1,3 до 3,8 и в среднем оно составило 2,8.

Промеры полиэтиленовых канатов 2 группы при нагрузке 119 кг показали увеличение относительного удлинения на 9,0 % (рис. 3). Эти измерения проводили 13 февраля 2021 г. в помещении цеха орудий в тех же условиях, что и капроновые канаты 2-й группы. По завершению промеров канаты разместили на открытом воздухе, где на них не попадали солнечные лучи. Следующие измерения осуществили 25 февраля. За это время относительный линейный размер канатов уменьшился на 8,0 % и относительное изменение линейных характеристик канатов составило 1,0 % (рис. 3). Дальнейшие исследования относительного изменения линейных характеристик полиэтиленовых канатов 2-й группы показали, что в течение года происходило их относительное уменьшение от максимального значения 1,0 % 11 марта 2021 г., до значения 0,0 % 18 февраля 2022 г. В среднем, канаты 2 группы показали увеличение относительного удлинения на 0,3 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 2,4 до 4,7 и в среднем оно составило 3,6.

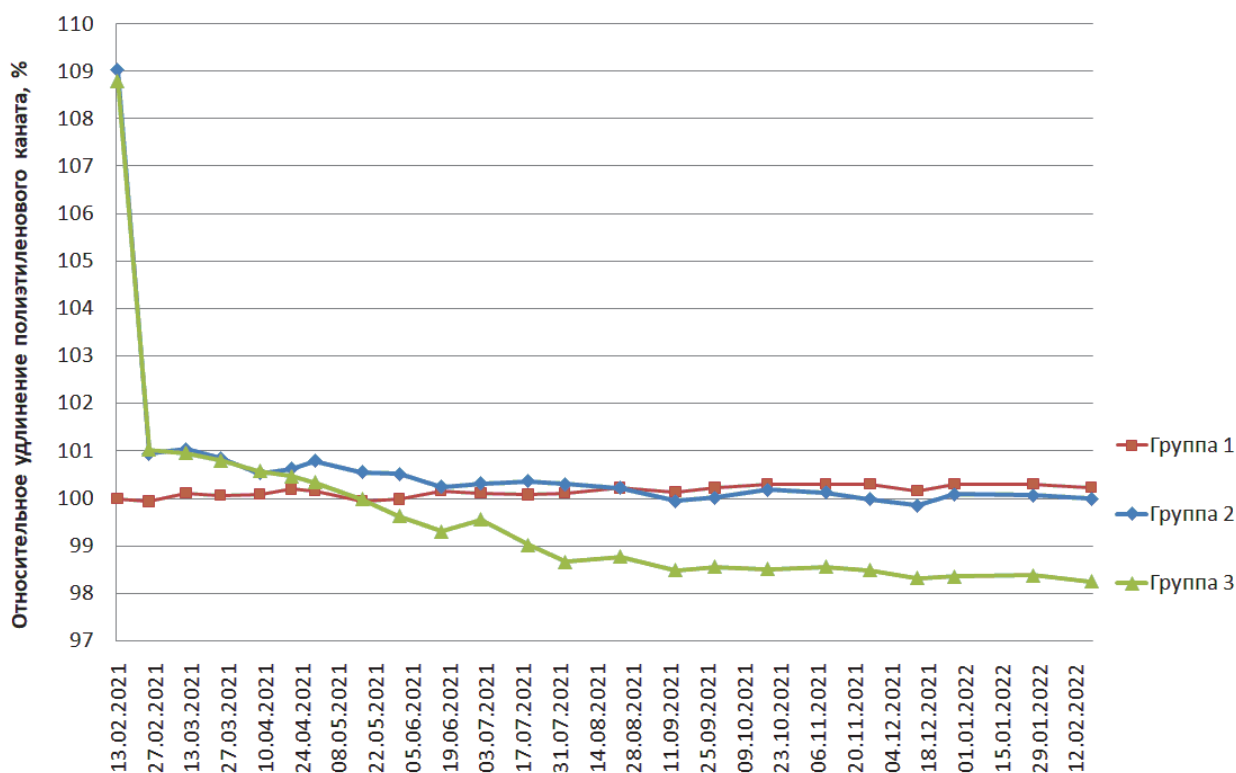


Рисунок 3 – Относительное изменение линейных характеристик полиэтиленовых канатов при их имитации хранения в различных условиях

Промеры полиэтиленовых канатов 3-й группы при нагрузке 119 кг показали увеличение относительного удлинения на 8,8 %. Эти измерения проводили в те же дни и в тех же условиях, которые описаны выше. Далее полиэтиленовые канаты разместили на открытом

воздухе, где на них попадали солнечные лучи. Следующие измерения осуществили 25 февраля. За это время относительный линейный размер канатов уменьшился на 7,8 % и относительное изменение линейных характеристик канатов составило 1,0 % (рис. 3). Дальнейшие исследования относительного изменения линейных характеристик полиэтиленовых канатов 3-й группы показали, что в течение года происходило их относительное уменьшение от максимального значения 101 % 25 февраля 2021 г., до минимального значения 98,2 % 18 февраля 2022 г. В среднем, у канатов 3-й группы уменьшение относительного удлинения составило 0,7 %, показав незначительные колебания от среднего значения. Стандартное отклонение в период наблюдений изменялось от 1,7 до 4,5 и в среднем оно составило 3,1.

Обобщая в целом относительное изменение линейных характеристик полиэтиленовых канатов при их имитации хранения в различных условиях, можно отметить, что в течение года относительное удлинение канатов 2-й группы по сравнению с контрольной (1-я группа) увеличилось в среднем на 3,3 %, а канатов 3-й группы уменьшились на 0,8 %.

Заключение

Проведенные исследования относительного изменения линейных характеристик сетематериалов при хранении в различных условиях показали, что у капроновых канатов при их имитации хранения в течение года относительное укорочение канатов, хранящихся в тени (2-я группа), по сравнению с контрольной группой, хранящихся в металлическом ангаре (1-я группа) уменьшилось в среднем на 3,3 %, и канатов, хранящихся под открытым небом (3-я группа), так же уменьшилось на 4,6 %. У канатов Дан-Лайн, хранящихся в различных условиях в течение года, относительное удлинение канатов 2 группы по сравнению с 1-й группой увеличилось в среднем на 0,9 %, а канатов 3-й группы на – 0,7 %. У полиэтиленовых канатов в течение года произошло увеличение относительного удлинения канатов 2-й группы по сравнению с коноотольной (1-я группа) в среднем на 3,3 %, а канаты 3-й группы уменьшились на 0,8 %.

Заявленный вклад авторов:

Савченко А.Е. – разработка метода сбора материалов по изменению линейных характеристик элементов трала, организация сбора материалов по изменению линейных характеристик элементов трала. Мизюркин М.А. – научное руководство, обработка материалов, написание статьи. Шабельский Д.Л. – сбор материалов, подготовка данных, обработка материалов, оформление статьи. Ваккер Н.Л. – организация сбора материалов. Волотов В.М. – сбор материалов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Claimed contribution of the authors:

Savchenko A.E. – development of a method for collecting materials for changing the linear characteristics of trawl elements, organization of collecting materials for changing the linear characteristics of trawl elements. Misurkin M. A. – scientific management, handling materials, writing articles Shabelsky. D. L. – collection of materials, preparation of data, processing of materials, article design. Vakker. N .L. – organization of collection of materials. Volotov V. M. – collection of materials.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Библиографический список

1. Ломакина Л.М. Технология постройки орудий лова. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 208 с.
2. Савченко А.Е., Мизюркин М.А., Кручинин О.Н., Шабельский Д.Л., Ваккер Н.Л., Захаров Е.А. Исследование линейных характеристик ячеи и канатных элементов, формиру-

ющих оболочку трала 104/576 м: материалы VI Междунар. науч.- техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 125–137.

3. Савченко А.Е., Мизюркин М.А., Шабельский Д.Л., Захаров Е.А., Ваккер Н.Л. Исследование удлинения канатов, применяемых в современных тралах, в процессе имитации хранения и эксплуатации в холодное время года // Научно-практические вопросы регулирования рыболовства: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 41–48.

4. Войниканис-Мирский В.Н. Технология постройки орудий промышленного рыболовства. М.: Пищ. пром-сть, 1971. 272 с.

5. Справочник по сетеснастным материалам и промысловому вооружению. Владивосток: НПО «Дальрыбсистемотехника», 1989. 211 с.

Екатерина Евгеньевна Соловьёва

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

Виталий Витальевич Ганнесен

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: gannesen.vv@dgtru.ru

Иван Сергеевич Карпушин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: pillers@mail.ru

К вопросу обеспечения устойчивости рыбопромысловых судов

Аннотация. Важным аспектом эксплуатации любого судна является безопасность мореплавания, особенно в открытом море. Для рыболовных судов вопрос обеспечения устойчивости является наиболее актуальным, учитывая специфику ведения промысловых операций в неблагоприятных погодных условиях морей Дальневосточного региона.

Ключевые слова: потеря устойчивости, безопасность мореплавания, промысловое судно.

Ekaterina E. Soloviova

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

Vitaly V. Gannesen

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

Ivan S. Karpushin

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

Ensuring the stability of fishing vessels

Abstract. An important aspect of the operation of any ship is the safety of navigation, especially on the high seas. For fishing vessels, the issue of ensuring stability is the most relevant, given the specifics of fishing operations in adverse weather conditions in the seas of the Far East region.

Keywords: fishing, accident, statistical analysis, accident rate, fishing vessel.

Вопрос обеспечения устойчивости рыбопромысловых судов является наиболее актуальным, учитывая специфику ведения промысловых операций особенно в неблагоприятных погодных условиях.

Международная комиссия по расследованию морских аварий CIAIM в своих отчетах сообщила, что основным техническим фактором, связанным с морскими авариями рыбо-

промысловых судов, являются ограничения на остойчивость судов. За последние несколько лет 50-60 % несчастных случаев, с рыболовными судами произошли в результате опрокидывания судна из-за затопления и потери остойчивости. Более того, в 2005 г. было обращено внимание на то, что большее количество несчастных случаев с рыболовными судами произошло во время осуществления промысловых операций, при постановке и выборке орудий лова, а не во время плохих погодных условий.

Международная конвенция о грузовой марке 1966 г. (с Протоколом к ней 1988 г. с внесенными в нее поправками) и СОЛАС требуют, чтобы все суда, регулируемые этими конвенциями, должны иметь при себе актуальные данные об остойчивости (в виде буклета по остойчивости) для обеспечения их безопасной эксплуатации. Подробная информация содержится в резолюции ИМО MSC.267(85), Международном кодексе по неповрежденной остойчивости 2008 г.

Обеспечение остойчивости включает в себя ряд факторов, таких, как:

- размеры корпуса судна и его форма;
- возвышение центра масс порожнего судна над основной плоскостью;
- возвышение центра масс загруженного судна над основной плоскостью (следует отметить, что данный фактор должен быть определен грузовым планом и постоянно контролироваться);
- воздействие окружающей среды (особенно эксплуатация в неблагоприятных погодных условиях);
- действия экипажа при осуществлении промысла и выполнении грузовых операций [1].

Согласно установленным требованиям Регистра Судоходства РФ остойчивость рыбопромысловых судов должна проверяться в следующих условиях:

- при выходе на промысел с 100 % запасов;
- возвращение с промысла с полным уловом в трюме и с 10 % запасов;
- возвращение с промысла с 20 % улова в трюме и 10 % запасов;
- выход из района промысла с полным грузом и с количеством запасов, обеспечивающим осадку судна по грузовую марку [3].

По данным, опубликованным на сайте Ространснадзора, в период с 2015 по 2021 г. было зафиксировано 26 аварийный случай по причине потери остойчивости (рис. 1). [2]



Рисунок 1 – График потерь остойчивости судов в период с 2015 по 2021 г.

Из наиболее серьезных аварий можно отметить следующие:

1 апреля 2015 г. БАТМ "Дальний Восток" во время промысла в Охотском море, при выборке трала получил крен порядка 30° на левый борт, в результате чего через шпигаты стала поступать забортная вода, судно потеряло плавучесть и как следствие затонуло. Погибли 69 моряков.

В результате расследования было установлено, что после того, как был затоплен рыбообработывающий цех, а также помещения холодильных машин и машинное отделение (рис. 2), осадка судна носом составляла 3.57 м, кормой 13.55 м, крен 56° на ЛБ.

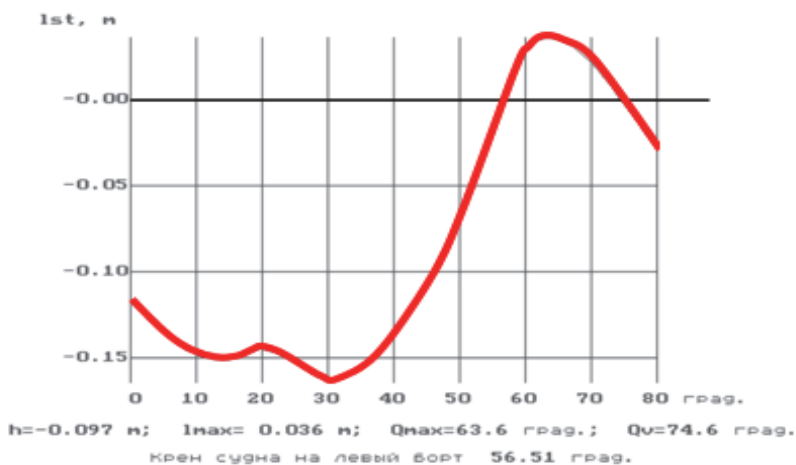


Рисунок 2 – Диаграмма статической остойчивости после затопления рыбообработывающего цеха, помещения холодильных машин и машинного отделения

По причине конструктивных изменений приведших к уменьшению остойчивости и нарушению условий непотопляемости, было отмечено превышение водоизмещения по действующую грузовую марку, и как оказалось экипаж не был готов к борьбе за живучесть судна, и не предпринял необходимых мер для предотвращения поступления забортной воды внутрь судна.

5 января 2018 г. судно "Восток" во время перехода из порта Донхэ Республики Корея в порт Холмск Сахалинской области, находясь в акватории Японского моря, попало в неблагоприятные погодные условия и подверглось обледенению. Находясь под воздействием штормового ветра и волнения судно потеряло остойчивость и затонуло, 20 членов экипажа погибли. В результате расследования было установлено, что экипаж не был должным образом проинструктирован и не имел практических навыков по борьбе за живучесть судна.

28 декабря 2020 г. судно р/с «Онега», находясь в Баренцевом море, затонуло по причине обледенения, проникновению забортной воды внутрь корпуса судна и как следствие потери остойчивости. На рис. 3 представлена диаграмма статической остойчивости на момент гибели судна в условиях попадания внутрь корпуса 25 т забортной воды и обледенении.

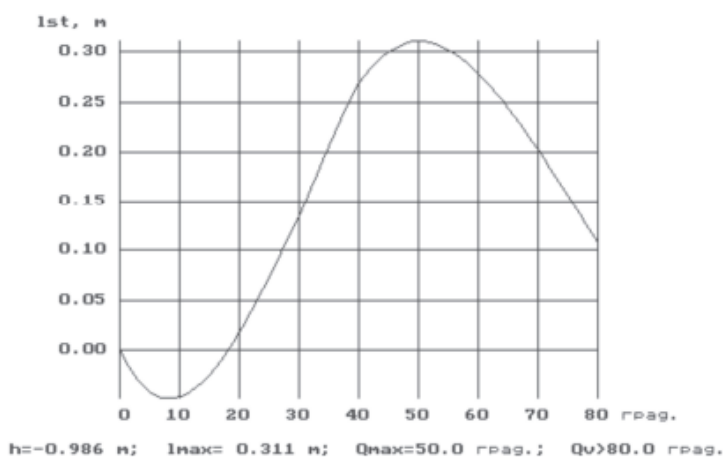


Рисунок 3 – Диаграмма остойчивости р/с «Онега»

Причиной гибели судна послужили нарушение капитаном требований безопасного мореплавания, чрезмерный и неоправданный риск при ведении промысла в условиях обледенения, отсутствие должного контроля за обеспечением остойчивости, и невыполнение мер по борьбе за живучесть судна.

02 февраля 2021 г. судно «АКВАНАВТ» в результате поступления забортной воды внутрь корпуса судна потеряло остойчивость и затонуло. Погиб старший механик.

В результате расследования было установлено, что судно имело крен 12° на левый борт и водоизмещение превышающее водоизмещение по действующую грузовую марку. Действия капитана не обеспечили надлежащего контроля за остойчивостью.

Анализ данных аварийных случаев позволяет сделать вывод, что в результате ведения промысловых операций возникает множественное количество факторов влияющих на остойчивость судна, помимо неблагоприятных погодных условий.

Выборка трала, подъем улова на палубу, слив улова – все это существенно влияет на остойчивость.

Контроль остойчивости осуществляется путем расчета водоизмещения, координат центра тяжести судна и метацентрической высоты.

Расчетные значения не должны превышать допустимые, приведенные в Информации об Остойчивости судна.

Ни в коем случае судно не должно превышать различные ограничения, предписанные в руководстве по погрузке [1].

С целью быстрого определения остойчивости возможен ее контроль по периоду бортовой качки судна, который производится за период десяти последовательных колебаний и затем делится на десять, либо рассчитывается по капитанской формуле:

$$T_{\theta} = C \frac{B}{\sqrt{h}}$$

Остойчивость судна в рейсе регулярно меняется, повысить остойчивость можно следующими способами:

- удалить груз выше ватерлинии;
- принять груз ниже ватерлинии;
- устранить свободную поверхность в помещениях с жидким грузом.

Как следствие уменьшить остойчивость можно:

- удалив груз ниже ватерлинии;
- приняв груз выше ватерлинии;
- наличием свободной поверхности;
- подъем улова на палубу (включая орудия лова).

Потеря остойчивости, нередко приводит к опрокидыванию судна. В результате анализа причин потери остойчивости рыболовных судов можно выделить следующие:

- снижение или потеря остойчивости, при нахождении корпуса судна на гребне волны;
- низкий надводный борт (с целью обеспечения остойчивости необходимо всегда иметь достаточный надводный борт для данного района и вида работ, а также текущих и ожидаемых (прогнозируемых) погодных и морских условий);
- наличие свободной поверхности в помещениях с жидким грузом (как показывает статистика, наиболее часто потеря остойчивости происходит из-за отрицательных сил эффекта свободной поверхности). Перегородки во всех бортовых танках, таких как топливные танки и танки с пресной водой, минимизируют эффект свободной поверхности и помогают свести к минимуму снижение остойчивости;
- относительно высокий центр тяжести судна, в результате загрузки судна;
- постоянный угол крена обусловленный способом ведения промысла (бортовое траление);
- обледенение.

Следует отметить, что воздействие окружающей среды, приводящее к снижению остойчивости, в свою очередь, может не зависеть от действий экипажа, как, например, при обледенении судна, скопление льда на снастях, надстройках, поручнях и т. д. приводит к повышению центра тяжести судна и уменьшению его надводного борта, неизменно снижая его остойчивость.

В зависимости от обстоятельств, лед, который накапливается неравномерно, также может создавать крен, который еще больше усугубляет снижение остойчивости. Кроме того, скопившийся лед может заблокировать штормовые люки или вывести из строя запорные устройства штормовых люков, задерживая воду на палубе. Этот дополнительный вес, наряду с эффектом свободной поверхности, еще больше ухудшит остойчивость. По возможности следует избегать обледенения на малых рыболовных судах, внимательно следя за морским прогнозом погоды и метеорологическими предупреждениями. Если условия обледенения становятся неизбежными, то следует:

- Приостановить промысловые операции.
- Если возможно, изменить курс, чтобы свести к минимуму скопление льда.
- По возможности переместить снасти и другие предметы с верхних палуб в рыбный трюм, чтобы свести к минимуму скопление льда и понизить центр тяжести.
- Палубные лебедки и другое оборудование должно быть закрыто, чтобы свести к минимуму скопление льда.
- Если возможно, откидные крышки штормовых люков должны быть закреплены в открытом положении, чтобы вода могла стекать с палубы.

Всякий раз, когда судно эксплуатируется в сезон обледенения, необходимо иметь на борту соответствующий запас инструментов для удаления льда.

При сильном обледенении судно может накрениться из-за опасного подъема центра тяжести и перевернуться. С целью предотвращения потери остойчивости необходимо соблюдать следующие требования:

Весь улов при подъеме на борт должен быть должным образом уложен и закреплен.

Судно должно иметь достаточный надводный борт в зависимости от района эксплуатации, погодных условий и времени года.

Работы по подъему и буксировке орудий лова должны быть приостановлены при неблагоприятных погодных условиях или в условиях обледенения.

При вероятности обледенения во время осуществления промысловых операций на судне должны иметься соответствующие инструменты для удаления льда, и поддержания достаточной остойчивости судна.

Остойчивость судна является критически важным вопросом безопасности судна, экипажа и груза. Как следствие, требования к остойчивости судов были всесторонне регламентированы, а стандарты подготовки капитана и вахтенных помощников обеспечивают требования к компетентности в соответствии с ПДНВ. Однако, несмотря на то, что принимаются достаточные меры профессиональной подготовки, инциденты и потери остойчивости судов продолжают иметь место.

Библиографический список

1. Самсонов С.В. Теория судна: учеб. пособие. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021.
2. Анализ и состояние аварийности. Госморречнадзор.
URL: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost>.
3. 3. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Гл. IV. Остойчивость. М.: Транспорт, 2021.

УДК: 656.612

Илья Николаевич Ханькович

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

Сергей Валентинович Чехранов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, Россия, Владивосток, e-mail: turboroom@yandex.ru

Рафаиль Равильевич Симашов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: forsimashov@yandex.ru

Утилизация теплоты ГД на крупных современных рыбодобывающих судах

Аннотация. Рассмотрены современные крупные суда, выпускаемые на российских верфях, проведен анализ их энерговооружения и даны рекомендации для применения систем утилизации вторичных энергоресурсов на них, а также произведен количественный анализ выбранных систем утилизации теплоты ГЭУ, по результатам которого сделаны выводы.

Ключевые слова: современные добывающие суда, утилизация, вторичные энергоресурсы.

Илья Н. Khankovich

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

Sergey V. Chehranov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: turboroom@yandex.ru

Rafail R. Simashov

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: forsimashov@yandex.ru

Utilization heat of main engine on large modern fishing vessels

Abstract. In this article, modern large vessels produced at Russian factories are considered, their power equipment is analyzed, and recommendations are given for the use of secondary energy resource utilization systems on them, as well as a quantitative analysis of the selected heat recovery systems of the main engine is made, according to the results of which conclusions are drawn.

Keywords: modern mining vessels, recycling, secondary energy resources.

В рамках государственной программы Российской Федерации направленной на обновление судов флота рыбной промышленности так называемые «квоты под киль» уже спущено на воду не малое количество судов. Однако изначально были выбраны самые «лако-

мые» направления квот – вылов краба. В рамках данного направления были построены множество современных энергоэффективных рыбодобывающих судов, но специфика данного промысла, такова, что суда, предназначенные для него как, правило не имеют большого водоизмещения и как следствие развитого энерговооружения, мощность главных энергоустановок таких судов как правило не превышает 2000 кВт, что оставляет не так много места для маневра с поиском решений в повышении топливной экономичности этих энергоустановок. Сам факт, столь малых значений мощности главных энергетических установок (ГЭУ) говорит, о том, что окупаемость их систем утилизации теплоты если технически и осуществима, то окупаемость их вызывает серьезные опасения [1].

Между тем, на подходе к сдаче в эксплуатацию наметилось уже не мало крупных добывающих судов, а часть из них уже даже сдана заказчику. Так, например, Выборгский судостроительный завод уже спустил на воду головное судно проекта КМТ 01 и на очереди еще три таких, эти суда относят к классу траулер-процессор.

В Санкт-Петербурге на «Северной Верфи» готовятся к постройке несколько крупных траулеров проекта 170701. А их коллеги из «Адмиралтейских верфей» приступили к выполнению крупного заказа по постройке серии больших морозильных траулеров проекта ST-192.

Так же в Отрадном завод «Пелла» готовит к спуску серию траулеров-процессоров проекта 03095, которые так же можно отнести к крупным добывающим судам.

Мощность главных энергетических установок этих судов составляет от 4640 кВт до 9280 кВт, данный факт говорит о том, что на судне могут быть применены различные схемы утилизации вторичных энергоресурсов, наиболее известными из которых являются «обычная» и «глубокая» схемы утилизации вторичных энергоресурсов судовых дизельных установок (СДУ).

В «обычной» схеме основной упор делается на утилизацию тепловых потерь с уходящими газами, а в качестве главного «утилизатора» устанавливается паровой котел, пар генерируемый в утилизационном котле (УК) подается на потребителей пара и в результате происходит экономия топлива судовой котельной установки (СКУ).

В «глубокой» схеме так же основной упор делается на утилизацию тепловых потерь с уходящими газами, для чего так же устанавливается утилизационный котел, но при этом пар не только подается на судовые потребители пара, но и на паровую турбину, которая отдает свою энергию генератору тока, а тот в свою очередь включается в судовую электросеть и разгружает штатные агрегаты судовой электростанции, что позволяет полностью или частично экономить их топливо.

Помимо вышеперечисленных схем на данных судах так же возможна утилизация тепловых потерь СДУ отводимых от надувочного воздуха, в первую очередь это связано с тем, что на данных судах установлены современные высокофорсированные дизеля с турбокомпрессорами с высокой степенью сжатия, а это в свою очередь обуславливает очень высокую температуру воздуха за его компрессором 150-200 °С.

Так же все рассматриваемые суда оборудованы утилизационными опреснителями, но потенциал тепловых потерь отводимых с пресной водой из рубашки охлаждения может быть не полностью освоен, данными опреснителями, и установка дополнительных различных подогревателей вполне возможна.

Мощность главных установок, а так же наличие у них современных турбокомпрессоров с высоким КПД предполагает возможность использование для них ткрбокомпаундной схемы утилизации вторичных энергоресурсов.

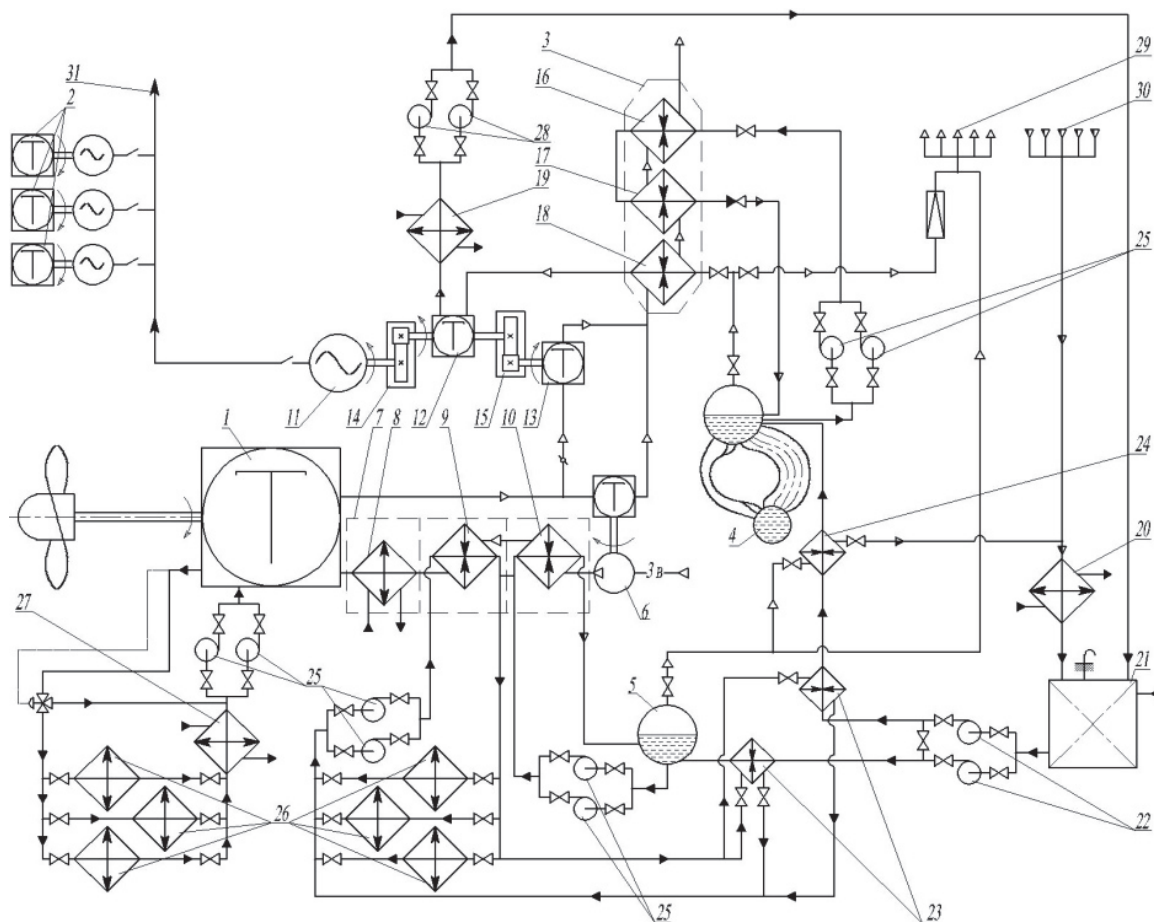
Следует отметить, что рациональность применения «обычной» схемы утилизации вторичных энергоресурсов не вызывает сомнений, однако для оценки возможности установки дополнительных утилизационных агрегатов которые в полной мере позволят повысить энергоэффективность судна, необходимо произвести дополнительные расчеты, для чего можно воспользоваться методикой [2].

В методике рассчитываются выше описанные схемы утилизации вторичных энергоресурсов СДУ, принципиальная схема данных схем утилизации представлена на рисунок.

При проведении расчетного анализа приняты следующие допущения:

- эксплуатационная нагрузка главной энергетической установки – 90 %;
- теплотворная способность топлива главного двигателя, а также агрегатов судовой электростанции и судовой котельной установки – 40500 кДж/кг (мазут);
- период работы рыбомучной установки (РМУ), потребность судна в паре значительно возрастает, для удовлетворения которой необходим производственный ресурс СКУ, что значительно влияет на расход топлива последнего, в результате чего меняется расход топлива на установку в целом. Однако при подобной работе СКУ весь пар, вырабатываемый в УПК целесообразней «срабатывать» в РМУ, в результате чего прирост экономии топлива СКУ будет существенно снижением экономии топлива СЭС;
- эксплуатационный период судна составляет 6000 ч/г;
- работа РМУ – 3000 ч/г.

Результаты расчетов, а также основные параметры исследуемых судов сведем в таблице (применяемые индексы в таблице соответствуют: х – ГЭУ, у – СЭС, z – СКУ).



- Принципиальная схема системы утилизации теплоты СДУ: 1 – ГЭУ;
 2 – вспомогательный дизель генератор; 3 – «газовый» УК; 4 – вспомогательный паровой котел;
 5 – сепаратор пара; 6 – турбокомпрессор; 7 – трехсекционный воздухоохладитель ГЭУ;
 8 – низкотемпературная секция воздухоохладителя; 9 – среднетемпературная секция воздухоохладителя; 10 – «воздушный» УК; 11 – генератор тока; 12 – утилизационная паровая турбина; 13 – утилизационная газовая турбина «турбокомпаундная»; 14 – 15 – редуктор;
 16 – экономайзер; 17 – парообразующий пучок; 18 – пароперегреватель; 19 – вакуумный конденсатор; 20 – атмосферный конденсатор; 21 – теплый ящик; 22 – питательный насос;
 23 – подогреватель питательной воды 1 ступень; ; 24 – подогреватель питательной воды 2 ступень;
 25 – циркуляционный насос; 26 – потребители тепловой энергии; 27 – охладитель пресной воды ГЭУ; 28 – конденсатный насос; 29 – насыщенный пар на потребителей; 30 – пар от потребителей;
 31 – электроэнергия на потребителей

Результаты расчетного анализа систем утилизации теплоты ГЭУ крупных добывающих судов

	Траулер проекта КМТ 01 [3]	Траулер проекта 170701 [4]	Траулер проекта 03095 [5]	Траулер проекта ST-192 [6]
1	2	3	4	5
Основные сведения о судне				
Водоизмещение, рег. т	5560	5500	3730	11800
Скорость, уз	15	15	14,5	15
Производительность РМУ (по сырцу), т/с	150	150	100	350
Основные сведения о СЭУ				
ГЭУ – количество × мощность, кВт	1×4640	1×6000	1×5220	1×9280
Удельный расход топлива ГЭУ, кг/(кВт × ч)	0,188	0,184	0,195	0,189
ВДГ – количество × мощность, кВт	1×1000, 1×520	2×1800	2×1800	2×1800, 1×500
Валогенератор – количество × мощность, кВт	1×3250	1×2000	1×2800	1×3000
Среднесуточная нагрузка СЭС, кВт	1960	1800	1800	1440
СКУ, - количество × производительность, кг/ч (пар)	1×6000	1×6000	1×4000	2×8000
Эксплуатационная нагрузка ВПК на ходовых режимах (без РМУ), (%) кг/ч	(22) 1320	(25) 1500	(35) 1400	(23) 1840
Утилизационный опреснитель, т/с	1×20	1×30	1×20	1×40
Результаты расчетного анализа схем использования ВЭР СЭУ (при $\eta_{ГД}$ 90 %)				
Расход топлива ГД, кг/ч	413	696	600	1334
Расход топлива СЭС, кг/ч	435	349	369	286
Расход топлива СКУ, кг/ч (без РМУ)	101	115	107	141
Возможная производительность пара газ. УК, кг/ч	1047	1492	886	2180
Возможная производительность пара возд. УК, кг/ч	717	586	976	1467
Расход пара возд. УК на подогрев тяжелого топлива перед агрегатами СЭУ, кг/ч	43	35	49	82
Расход пара на дополнительный подогрев питательной воды газ. УК, кг/ч	104	147	137	210
Производительность ССВО, кВт (кг/ч пара ВПК)	667 (≈960)	462 (≈665)	935 (≈1346)	1362 (≈1962)
Количество теплоты, отводимое от ГД с пресной водой, кВт (кг/ч пара ВПК)	1150 (≈1650)	1542 (≈2221)	1443 (≈2007)	1779 (≈2561)
Количество теплоты, необходимое для подогрева морской воды в опреснителе, кВт (кг/ч пара ВПК)	625 (900)	937 (1350)	625 (900)	1250 (≈1800)
Избыток теплоты, отводимой от ГД с пресной водой, кВт (кг/ч пара ВПК)	525 (756)	605 (871)	818 (1177)	529 (≈761)

1	2	3	4	5
Мощность УТГ (без отбора пара на потребители), кВт	142	207	163	434
Мощность УТГ, кВт	146	158	130	147
Дополнительная нагрузка СЭС (насосы), кВт	6	7	6	10
Коэффициенты замещения элементов СЭУ				
ГД, K_x	0,035	0,029	0,028	0,018
ВДГ, K_y (без отбора пара на потребители)	0,061	0,109	0,191 (0)	0,304 (0)
СКУ, K_z (при работе РМУ)	1	1	1	1
Прирост КПД СЭУ				
КПД СЭУ, %	49,4	49,9	48,0	48,9
для K_x , %	0,502	0,89	0,75	0,66
для K_y (без отбора пара на потребители), %	1,43	1,69	1,46	2,38
для K_z , %	5,9	5,5	5,32	4,25
Часовая экономия топлива СЭУ				
для K_x , кг/ч	14,4	20,4	16,6	23,5
для K_y (без отбора пара на потребители), кг/ч	26,7 (0)	38 (0)	31,8 (0)	82 (0)
для K_z , кг/ч	101	115	107	141
Годовая экономия топлива СЭУ (работа СЭУ 6000 ч/г, 3000 ч/г работа РМУ)				
для K_x , т/г	75	161	87	123
для K_y (без отбора пара на потребители), т/г	139	255	166	427
для K_z , т/г	527	601	560	734

По итогам расчетов можно сделать следующие выводы:

- применение «обычной» схемы утилизации теплоты дает самый ощутимый прирост КПД СЭУ (около 5 %) и при относительно не больших затратах самую лучшую топливную экономичность судна;

- применение системы «турбокомпаунд» позволит повысить экономичность ГЭУ на 0,5 – 0,9 % и в целом экономить в год до 75-123 т топлива ГЭУ;

- экономия потерь с охлаждением воздуха ГЭУ показала очень высокие результаты по производительности утилизационных агрегатов, в целом производительность воздушных котлов уступает производительность «газовым» котлам лишь на 20-30 %, а с учетом теплоты среднетемпературной секции воздухоохладителя суммарная мощность этих «утилизаторов» превышает мощность «газового» котла;

- запас теплоты отводимой из рубашки охлаждения ГЭУ так же существенен и может быть использован для удовлетворения нужд в тепловой энергии судовых потребителей.

Библиографический список

1. Ханькович И.Н. Анализ возможности утилизации теплоты ГД на современных рыбодобывающих судах с мощностью установки от 700 до 3500 кВт // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации: матер. IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 351–356.

2. Соболенко А.Н., Симашов Р.Р. Судовые энергетические установки: дипломное проектирование: учеб. пособие для вузов. Ч. 2. М.: Моркнига, 2015. 478 с.

3. Проект КМТ 01 большого кормового морозильного траулер-процессора типа «Баренцево море». Морское инженерное бюро [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meb.com.ua/fish/КМТ01.html>, свободный (дата обращения: 28.11.2021).

4. Проект 170701 (Исландия), тип «Капитан Соколов» // Водный транспорт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fleetphoto.ru/projects/6241/>, свободный (дата обращения: 13.012.2021).

5. Полунин А. Рождение «Андромеды». Как создаётся траулер проекта 03095. Sudostroenie.info [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sudostroenie.info/novosti/26396.html> (дата обращения: 29.11.2021).

6. Проект большого морозильного траулера типа ST-192RFC /СТ-192, тип «Владимир Лиманов» // Водный транспорт [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fleetphoto.ru/projects/7353/>, свободный (дата обращения: 29.11.2021).

Виктор Павлович Щербатюк

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

Александр Михайлович Иванов

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

Человеческий фактор в обеспечении безопасности мореплавания

Аннотация. Морская отрасль по-прежнему является отраслью, ориентированной на человека, несмотря на новейшие технологии, которые разработаны для снижения аварийности на море, человеческие ошибки вызывают морские аварии чаще, чем неисправное оборудование. Эти аварии вызывают катастрофические последствия для жизни людей и морской среды. В данной статье проведено исследование влияния человеческого фактора на безопасность мореплавания.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, аварийность, человеческий фактор.

Viktor P. Scherbatuk

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

Aleksandr M. Ivanov

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

The human factor in ensuring the safety of navigation

Abstract. Maritime fame is still an authoritative, human-centered, despite progressive technology developed to improve maritime recovery, natural errors cause more frequent illnesses than improper equipment. These accidents cause catastrophic consequences for human life and the marine environment. This article conducted a study of human disease on the safety of navigation.

Keywords: safety of navigation, accident rate, human factor.

Контроль за безопасностью судоходства является сложным по ряду причин:

- международные, региональные и национальные законы и правила;
- контроль, осуществляемый рядом учреждений;
- различные жизненные циклы судна.

Человеческая ошибка является основной причиной морских инцидентов, таких как столкновения, посадка на мель и затопление и др. По данным многочисленных исследований и анализа международной морской организации ИМО, было также признано, что почти от 70 до 80 % морских происшествий вызваны человеческими ошибками. Так, плохая наблюдательность, т.е. одна из ошибок в ситуационной осведомленности, указывается как основная причина столкновения судов, путем расследования аварийных случаев при столкновении. Для того чтобы оценить меры безопасности для предотвращения столкно-

вений, вызванных плохой наблюдательностью, необходимо понимать фоновые факторы, так называемые «контексты», ошибок в понимании ситуации независимо от возникновения коллизий. [1]

Одним из ключевых элементов, согласно ИМО, при определении повышения безопасности является анализ аварийных случаев. Так, согласно данным, опубликованным на сайте Ространснадзора [2], за 2015-2021 было отмечено следующее количество аварийных случаев:

Показатель	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Аварии	67	82	84	67	46	30	33
Очень серьезные аварии	5	4	8	3	7	3	2
Всего аварийных случаев	72	78	76	64	39	27	31
Погибшие	86	22	22	6	16	5	3

По видам аварийные случаи распределились следующим образом:



В настоящее время расследование морских происшествий является очень важным инструментом для выявления проблем, связанных с человеческим фактором, и может способствовать предотвращению аварий и повышению безопасности на море.

При разборе факторов обуславливающих ошибки человека, были выделены следующие:

коммерческое давление судовладельцев компании

Поскольку судоходство функционирует в условиях жесткой конкуренции, судовладельцы и/или операторы вынуждены искать пути экономической эффективности, иногда за счет сокращения численности экипажа судна. Поскольку моряки пытаются справиться с возросшими требованиями из-за сокращения численности экипажа, они, следовательно, вынуждены работать в более тяжелых условиях;

Эксплуатационные аспекты, связанные с судоходством, становятся более проблематичными по сравнению с другими отраслями по таким причинам, как торговые схемы, длина морского перехода, ротация портов и короткий период времени, в течение которого судно остается в порту, что способствует сокращению периодов восстановления моряков. Все более интенсивный характер судоходных операций означает, что морякам приходится работать сверхурочно и ненормированно в течение длительных периодов времени, и они часто подвергаются стрессу - ограниченный и прерывистый сон, быстро меняющиеся смены, высокая рабочая нагрузка, неправильное питание, социальная изоляция и отсутствие четкого разделения между работой и отдыхом. [3];

новые технологии

Каждая новая технология, цель которой увеличить безопасность мореплавания подразумевает новые навыки и новое обязательное обучение, такое как ARPA Radar и обучение ECDIS. Новые процедуры (такие как процедуры ISM и ISPS), требуют больше бумажной работы и создают дополнительную нагрузку на штурманов;

плохие погодные условия

Тяжелые гидрометеорологические условия, такие как штормовой ветер и густой туман, увеличивают загруженность штурманов и капитана. Также, Морская болезнь является фактором, повышающим умственную и физическую усталость, которая напрямую снижает работоспособность.

Нынешние требования на борту судна и организация работы в море в настоящее время рассматриваются как проблематичные, создающие ситуацию, которая не дает морякам адекватных возможностей для отдыха и сна. Чаще всего моряки готовы работать в состоянии сильной усталости, потому что это считается «профессиональным» занятием.

Широко распространенное мнение о том, что усталость «приходит с работой», хотя и не характерно для морской отрасли, безусловно, широко распространено в ней, что мешает морякам признать усталость проблемой и принять соответствующие меры. Это «вынуждает» экипаж попасть в ловушку несоблюдения требований, поскольку они чувствуют себя ответственными за то, чтобы справляться со своей усталостью на борту, что делает существующие подходы к управлению утомляемостью неэффективными;

усталость штурманов

Усталость штурманов играет большую роль в этих человеческих ошибках и морских авариях. Усталость можно определить, как временную потерю сил и энергии в результате тяжелой физической или умственной работы. Есть несколько факторов, влияющих на утомляемость штурмана. Усталость связана с плохим качеством сна, негативные факторы внешней среды, высокие требования к работе и высокий уровень стресса.

Возможные пути снижения утомляемости:

1. Сокращение срока действия контракта моряка. Эта ситуация снижает хроническую усталость моряков с учетом Кодекса ПДНВ (ПДНВ, 1995 г.).

2. Эргономичный дизайн мостика и жилых помещений судов новой постройки: проблемы с эргономикой становятся более популярными в судостроительной отрасли. Эргономичный дизайн мостика обеспечивает безопасный обзор и снижает нагрузку на капитана и штурманов [3].

3. Усовершенствования технологий: Новые технологии в навигации или кораблестроении позволяют уменьшить загруженность штурманов.

Что касается международного регулирования то, вступившая в силу в 2002 г. Конвенция Международной организации труда (МОТ) № 180 о продолжительности рабочего времени моряков и укомплектовании судов экипажем предусматривает максимальную продолжительность работы 14 часов в любой 24-часовой период и до 72 часов в любой 7-дневный период.

Минимальная продолжительность отдыха должна быть не менее 10 часов в любой 24-часовой период и 77 часов в любой 7-дневный период. Часы отдыха могут быть разделены не более чем на 2 периода, один из которых должен иметь продолжительность

не менее 6 часов, а интервал между последовательными периодами не должен превышать 14 часов.

Другие конвенции МОТ 92, 133, 140, 141 и 147 вводят дополнительные минимальные требования к обитаемости на борту судов, такие как контроль шума и кондиционирование воздуха.

Документы ИМО, касающиеся утомляемости, включают Кодекс Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (ПДНВ), который требует внимательности к факторам, которые могут способствовать утомлению, включая чрезмерное или неразумное общее рабочее время, а также к частоте и продолжительности отпусков. в качестве материальных факторов, препятствующих накоплению усталости с течением времени [3].

В Международном кодексе управления безопасностью (ISM) говорится, что если усталость, чрезмерная продолжительность работы или отсутствие достаточного отдыха очевидны, капитан и руководство компании должны вмешаться, чтобы немедленно устранить проблему.

В Кодексе подтверждается важная роль капитана судна, но также указывается, что компания не снимает с себя ответственности, делегируя ответственность за обеспечение безопасности на борту капитану. Компания также несет ответственность за то, чтобы их хозяева контролировали и управляли своим временем работы/отдыха, чтобы они не страдали от усталости.

Компания должна гарантировать, что капитан, офицеры и команда имеют надлежащую квалификацию, опыт, обучение и ознакомление и достаточное количество. Сертификат безопасного укомплектования экипажем определяет необходимое укомплектование экипажем для безопасного управления конкретным судном в конкретное время [1].

Управление персоналом и его часами работы и отдыха должно обеспечивать безопасное выполнение различных задач и предотвращение утомления. Моряки, которые слишком устали, чтобы действовать безопасно, не должны выполнять оперативные задачи, и процедуры должны предотвращать это. Хотя МКУБ не может достичь немедленного совершенства, он должен инициировать цикл непрерывного совершенствования и активных шагов. Это также позволяет использовать реактивный подход, изучая опытные системные сбои, включая предыдущие корректирующие действия.

Заключение

В морской отрасли человеческие ошибки до сих пор вызывают аварии и инциденты, несмотря на последние навигационные технологии. К условиям, которые могли бы способствовать снижению рисков возникновения вышеуказанных нарушений и ошибок необходимо отнести:

- организацию эффективной систематической работы с плавсоставом (подготовка и обучение, тренировка и проверка знаний и навыков);
- обеспечение социальных и экономических условий, способствующих повышению уровня ответственности членов экипажа и командного состава плавсредств (снижение ротации состава, установление бонусной системы за безаварийную работу, отсутствие нарушений требований техники безопасности и фактов несоблюдения служебной дисциплины);
- систематическое подтверждение практических навыков действий плавсостава судов в чрезвычайных ситуациях;
- финансирование и реализация мероприятий, направленных на поддержание технически исправного состояния оборудования и механизмов судов, проведение внеочередных проверок и испытаний противопожарного и спасательного оборудования и средств;
- соблюдение на судах требований трудового законодательства, недопущение нарушений трудового распорядка, отстранение от несения вахты лиц, находящихся в состоянии усталости, недомогания, а тем более под воздействием алкоголя и препаратов, влияющих на психофизическое состояние человека.

- использование дополнительной диагностирующей аппаратуры состояния лиц, исполняющих служебные обязанности на судне;
- установление безусловной ответственности за нарушение требований трудовой и служебной дисциплины, а также ответственности лиц компании, в должностные обязанности которых входит реализация профилактических и предупредительных мер в целях снижения рисков аварийности (безусловное исполнение требований СУБ компании).

Библиографический список

1. Концептуальные основы безопасности мореплавания. Основные положения / Топалов В.П. и др. Одесса: Астропринт, 2013. 144 с.
2. Анализ и состояние аварийности. Госморречнадзор. URL: <https://sea.rostransnadzor.gov.ru/funktsii/rassledovanie-transportny-h-proisshes/analiz-i-sostoyanie-avarijnost>.
3. Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (СОЛАС-74). Консолидированный текст, измененный Протоколом 1988 года к ней, с поправками. СПб.: ЦНИИМФ, 2021.

Андрей Васильевич Якимов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант, Россия, Владивосток, e-mail: applo_o@mail.ru

Артём Андреевич Екимов

Владивостокский базовый медицинский колледж, студент, Россия, Владивосток, e-mail: artem.ekim3@gmail.com

Безопасность мореплавания в современной эпидемиологической обстановке

Аннотация. В настоящее время от распространения новой коронавирусной инфекции страдает и сектор рыбного хозяйства. Особенно опасно появление данного вируса на судах, поскольку там уязвимы люди, работающие в замкнутых условиях без возможности избегания контакта. Здоровье членов экипажа является очень важным с точки зрения безопасности мореплавания, поэтому целью данной статьи является анализ заболеваемости людей на промысловых судах и оценка получаемого ими лечения.

Ключевые слова: безопасность, судно, коронавирус, распространение заболеваний, лечение.

Andrei V. Yakimov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok, e-mail: applo_o@mail.ru

Artem A. Ekimov

Vladivostok state basic college of medicine, Student, Russia, Vladivostok, e-mail: artem.ekim3@gmail.com

Safety of navigation in the modern epidemiological situation

Abstract. Currently, the fisheries sector is also suffering from the spread of a new coronavirus infection. The appearance of this virus on ships is especially dangerous, because people working in closed conditions without the possibility of avoiding contact are vulnerable there. The health of crewmembers is very important from the point of view of navigation safety, therefore, the purpose of this article is to analyze the incidence of people on fishing vessels and evaluate the treatment they receive.

Keywords: safety, ship, coronavirus, spread of diseases, treatment.

Введение

В комплекс мер, направленных на обеспечение безопасности мореплавания помимо улучшения технического состояния судна, входит и создание условий труда для судоводителей и других членов экипажа, с работой в условиях, позволяющих выполнять их должностные обязанности [1].

Согласно различным исследованным статистическим данным, в большинстве случаев причиной аварийности на морском транспорте является человеческий фактор. Более 75 % случаев связаны с ошибками, которые допустили члены командного состава или экипажа,

независимо от причины аварии. Лишь 10 % случаев происходит по неопределённым обстоятельствам и 15 % из-за неудовлетворительного технического состояния судна [2, 3].

Целью обеспечения безопасности судоходства является устойчивое и безопасное функционирование морского транспортного комплекса; защита интересов личности, общества и государства, а также объектов и субъектов морской транспортной инфраструктуры и потребителей транспортных услуг [3].

В большинстве случаев проблема с безопасностью определяется тем, что штурманская работа на судах не организована должным образом. Следует отметить, что в настоящее время причиной различных проблем часто является отсутствие хорошей морской практики, недостаточная профессиональная подготовка судовых экипажей, действия береговых служб управления, некачественное техническое обслуживание и судоремонт. Поэтому причины, приводящие к росту аварийности на морском флоте необходимо учитывать из-за человеческого фактора [2].

Появившаяся в 2019 г. новая коронавирусная инфекция (COVID-19) в настоящее время повлияла на все виды человеческой деятельности. Поскольку безопасность мореплавания напрямую зависит от человеческого фактора, то вспышка инфекции на судне может стать серьёзной проблемой и угрозой для качественной эксплуатации судна

Различные исследования, посвящённые COVID-19 показывают, что течение заболевания в контролируемых условиях проходит хорошо, однако если в некоторых случаях вовремя не проследить осложнения, то это может привести к необратимым последствиям [4].

В современной обстановке пострадал и сектор рыбного хозяйства. Вспышка коронавирусной инфекцией в морских условиях чревата остановкой всего процесса работы, что приведёт к значительным финансовым потерям и простоем на период изоляции. Государство предприняло различные меры, для предотвращения распространения инфекции в том числе и на судах [5, 6, 7, 8].

Материал и методы исследования

Наблюдения проходили на промысловом судне в Охотском море. В среднем численность экипажа 100 человек. При работе судна в промысловом режиме наблюдения за ходом течения болезни лежит на судовом враче.

Для всех пациентов собирались различные данные эпидемиологического анамнеза, наличие клинических симптомов (кашель, одышка, повышение температуры, лихорадка, слабость, потеря обоняния и вкуса, тяжесть в груди). Все члены экипажа были проинформированы об основных различиях симптомов между различными заболеваниями согласно данным Роспотребнадзора для ранней диагностики (табл. 1)

Таблица 1 – Основные различия между симптомами по данным Роспотребнадзора

Симптомы	Коронавирус	ОРВИ	Грипп
Повышенная температура	часто	редко	часто
Усталость	часто	иногда	часто
Кашель	часто (сухой)	иногда	часто
Чихание	нет	часто	часто
Потеря обоняния	часто	иногда	иногда
Боль в суставах (ломота)	часто	иногда	часто
Насморк	иногда	часто	редко
Боль в горле	иногда	часто	редко
Диарея	иногда	нет	редко
Головная боль	часто	иногда	часто
Одышка	иногда	нет	иногда
Искажение вкуса	часто	нет	нет
Заложенность ушей	редко	редко	редко

В исследование включены матросы, имевшие симптомы и положительный результат теста на наличие РНК SARS-CoV-2 методом амплификации нуклеиновых кислот в полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Степень тяжести заболевания определялась в соответствии с формой течения: лёгкая, средняя, тяжёлая и крайне тяжёлая. В карту наблюдений заносилась информация о дне заболевания при обращении в амбулаторию. Если кто-то жаловался на ухудшение состояния, то проводился объективный осмотр с оценкой параметров гемодинамики, дыхательной системы (частота дыхательных движений (ЧДД), частота сердечных сокращений (ЧСС), артериальное давление (АД), SpO₂, степень дыхательной недостаточности). Проходила стандартная оценка состояния здоровья для пациентов с COVID-19 [10]

Результаты и обсуждения

За время наблюдений на судне дважды проходила волна заболеваний коронавирусной инфекцией. Из-за заболевания временно перестали заниматься своими должностными обязанностями капитан, старший помощник, пожарный инспектор. Стоит отметить что судовой врач был в первых рядах заболевших.

В большинстве случаев члены экипажа обращались с жалобами на общее недомогание, быструю утомляемость, потерю вкуса и (или) обоняния, а течение заболевания проходило в лёгкой форме (табл. 2). При этом отмечались единичные случаи осложнений и невозможности пациенту пойти на поправку в амбулаторных условиях на судне. В этом случае больного доставляли на берег, однако в промысловых условиях происходило это не так быстро. Работы проводились в 200-мильной зоне, а вертолёт мог прилететь только в определённый коридор в 40 милях от берега. Летальных исходов за все время течения заболевания коронавирусной инфекцией у экипажа не было.

Таблица 2 – Течение заболевания

Показатель:	Пациенты с лёгким течением	Пациенты со средним течением	Пациенты с тяжёлым течением
Количество заболевших (%)	63,8	33,7	2,5
Возрастная категория	19-53	20-60	<60
Временная нетрудоспособность (чел.)	0	5	1

В среднем симптомы проходили менее чем за 2 недели (11 дней), наблюдались единичные случаи сохранения симптомов в течение месяца. При этом большинство жаловались на потерю вкуса или запаха. Часто отмечалось повышенная утомляемость. При этом типичные симптомы ОРВИ наблюдались редко, в большинстве случаев отсутствовал кашель и заложенность носа.

При этом стоит отметить что на судне работа не останавливалась и заражённые люди продолжали работать и контактировать друг с другом. Решение о заходе в порт может принимать капитан, но по различным экономическим причинам это зачастую не происходит. У большинства течение болезни проходило в лёгкой форме. В единичном случае осложнений с госпитализацией на берег оказался капитан судна. Некоторое время работа не останавливалась, однако потом было принято решение о срочной госпитализации.

Медикаментозная терапия пациентов заключалась преимущественно в симптоматическом лечении (парацетамол). В случае присоединения вторичной бактериальной инфекции использовалось этиотропное лечение (антибиотиками группы макролидов), основанием для этого являлись жалобы больных на озноб, сильную головную боль, нарушение сна, сильную боль в ушах, воспаление горла (табл. 3).

Таблица 3 – Терапия пациентов

Тип получаемой терапии	Только симптоматическая	Симптоматическая, антибактериальная терапия	Симптоматическая, антибактериальная терапия
Длительность (в среднем дней)	12	21	Более 30
Дыхательная недостаточность	-	-	+
Исход	Выздоровление	Выздоровление	Госпитализация, посредством транспортировки с судна, выздоровление

На масштабное распространение вируса среди членов экипажа оказывала работа в изолированных условиях и невозможность избежать контакта друг с другом. Вирус мог проникать и сохраняться благодаря единой вентиляции. Самое массовое место это столовая команды, через некоторое время там была установлена кварцевая лампа, но должной защиты она не обеспечивала. Значительное негативное влияние оказывало и халатное отношение к мерам предосторожности распространения коронавирусной инфекции.

При высоком уровне заболевания командного состава и службы технической эксплуатации судна стоит уделить внимание безопасности мореплавания. Поскольку эти люди непосредственно ответственны за управление и бесперебойную работу всех систем.

В основном в период наблюдений происходили систематические пренебрежения данными Роспотребнадзором рекомендациями, а именно:

- несоблюдение социальной дистанции
- игнорирование ношения масок
- игнорирование средств индивидуальной защиты
- отсутствие регулярной обработки антисептическими веществами мест контакта.

Встречались единичные случаи острого тонзиллита. Заболевшие члены экипажа были временно не трудоспособны. Стоит отметить что при работе в промышленном режиме члены экипажа редко (или очень редко) выходили на палубу (на свежий воздух) в основном работа и обычная жизнь проходила только внутри помещения.

На вспышку заболеваний немаловажную роль оказывает влияние тяжёлых условий труда, когда режим работы и отдыха с интервалом шесть часов. За долгий период нахождения в море ослабевает иммунитет. Всё это сказывается на здоровье членов экипажа промышленного судна.

Заключение

Согласно полученным данным судовладельцам необходимо ужесточить контроль за соблюдением рекомендаций по предотвращению распространения коронавирусной инфекции или других болезней на судах. Пренебрежительное отношение может привести к негативным последствиям в области безопасности мореплавания, жизни и здоровья членов экипажа.

Особо остро стоит вопрос о качестве предоставления медицинской помощи на промышленных и иных судах в открытом море. В современных реалиях распространение инфекции на судне очень опасно, поскольку если заболеет командный состав, ответственный за управление судном, то безопасность мореплавания находится под угрозой.

В 2021 году губернатором приморского края было издано постановление о недопуске лиц не прошедших вакцинацию к работе в море. С этого момента все работники должны

быть привиты, однако подлинность прививки установить возможно не всегда из-за возможности различными незаконными способами подделать документы, что подрывает безопасность других людей. В связи с этим рекомендуется более качественно следить за достоверностью этих данных.

Течение коронавирусной инфекции и её распространение на судне усугубляется небольшой площадью и практически замкнутыми условиями работы. Общая вентиляция способствует значительному распространению вируса. Поэтому перед выходом судна в рейс необходимо предусмотреть все способы по предотвращению распространения различных заболеваний, особенно передающиеся воздушно-капельным путём.

Библиографический список

1. Скороходов Д.А., Борисова Л.Ф., Борисов З.Д. Принципы и категории обеспечения безопасности мореплавания // Вестн. МГТУ. 2010. № 4–1.
2. Францкевич М.С. Вопросы регламентации безопасности мореплавания в рамках международного права // Журнал зарубежного законодательства и сравнительного правоведения. 2021. № 2.
3. Холиков И.В., Сазонова К.Л. Международно-правовые аспекты ответственности государств и международных организаций за распространение эпидемий, пандемий и массовых заболеваний // Военно-медицинский журнал. 2015. № 2.
4. Махматмурадова Н.Н., Ибадова О.А., Шодиев О.О. Факторы риска в развитии неспецифической интерстициальной пневмонии // Вопр. науки и образования. 2021. № 13(138).
5. Временные рекомендации, направленные на безопасное функционирование морского и внутреннего водного транспорта в условиях COVID-19 (утв. Министерством транспорта РФ 25 мая 2020 г.). URL: <https://fish.gov.ru/wp-content/uploads/documents/> (дата обращения: 10.05.2022).
6. О мерах по предотвращению распространению на территории Приморского края новой коронавирусной инфекции: постановление Губернатора ПК от 18 марта 2020 г. № 21-пг. URL: <https://primorsky.ru/events> (дата обращения: 10.05.2022).
7. О мерах по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения на территории Российской Федерации в связи с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19): Указ Президента РФ № 239. URL: <https://www.garant.ru/products/> (дата обращения: 10.05.2022).
8. О проведении профилактических прививок против новой коронавирусной инфекции (COVID-19) отдельным категориям (группам) граждан по эпидемическим показаниям в Приморском крае: постановление Роспотребнадзора по Приморскому краю от 11 октября 2021 г. № 7. URL: <https://primorsky.ru/events> (дата обращения: 10.05.2022).
9. World Health Organization. SARS-CoV-2 Variants. URL: <https://www.who.int/csr/don/31-december-2020-sars-cov2-variants/en/> (дата обращения: 10.05.2022).

Секция 3. ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ПРОЕКТНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПИЩЕВЫХ И ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКТОВ ИЗ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

УДК 664.951

Валерий Дмитриевич Богданов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, ORCID: 0000-0002-0913-780X, Россия, Владивосток, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

Анна Валерьевна Панкина

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток

Андрей Андреевич Симдянкин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель, ORCID: 0000-0001-7242-5356, Россия, Владивосток

Вадим Дмитриевич Мостовой

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант, Россия, Владивосток

Обоснование сроков годности рыбных сосисок геродиетической направленности и разработка нормативной документации на их производство

Аннотация. По результатам исследования изменений микробиологических и органолептических показателей свойств обогащенных рыбных сосисок в процессе холодильного хранения установлен срок их годности, равный шести суткам. При этом температурный режим хранения разработанного нового ассортимента рыбных сосисок должен находиться в пределах минус 1,5 – плюс 6,0 °С.

Разработан и утвержден стандарт предприятия на новый вид продукции – СТО 00471515-087-2021 «Сосиски рыбные, обогащённые сухими концентратами из морепродуктов». Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации», который введен в действие приказом ректора от 29 сентября 2021 г. № 735. Разработанный нормативный документ включает обоснованные требования к технологическому процессу производства, качеству и безопасности продукции, санитарно-эпидемиологические требования и нормы, правила приемки, упаковки, маркировки, транспортирования и хранения, методы контроля, обеспечивающие качество и безопасность жизни и здоровья людей, окружающей среды.

Ключевые слова: сосиски рыбные, срок годности, режим хранения, стандарт организации.

Valery D. Bogdanov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Professor, ORCID: 0000-0002-0913-780X, Russia, Vladivostok, e-mail: bogdanovvd@dgtru.ru

Anna V. Pankina

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, Russia, Vladivostok

Andrey A. Simdyankin

Far Eastern State Technical Fisheries University, Senior Lecturer, ORCID: 0000-0001-7242-5356, Russia, Vladivostok

Vadim D. Mostovoy

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student, Russia, Vladivostok

Justification of expiry dates of fish sausages gerodietic focus and development regulatory documentation for their production

Abstract. Based on the results of a study of changes in microbiological and organoleptic properties of enriched fish sausages during refrigerated storage, their shelf life was set to six days. At the same time, the temperature regime for storing the developed new range of fish sausages should be within the range of minus 1.5 - plus 6.0 ° C.

The enterprise standard for a new type of product was developed and approved – STO 00471515-087-2021 “Fish sausages enriched with dry concentrates from seafood”. Quality and safety requirements. Requirements for production, storage, sale”, which was put into effect by the order of the rector of September 29, 2021. No. 735. The developed regulatory document includes reasonable requirements for the technological process of production, quality and safety of products, sanitary and epidemiological requirements and norms, rules for acceptance, packaging, labeling, transportation and storage, control methods that ensure the quality and safety of life and health of people, the environment environment.

Keywords: fish sausages, expiration date, storage mode, organization standard.

Введение

Рыбные колбасные изделия априорно, вследствие своего уникального химического состава сырья, имеют направленность использования как диетические, лечебно-профилактические продукты, а также продукты детского и школьного питания. При этом следует отметить перспективность расширения ассортимента рыбных колбасных изделий, предназначенных для людей пожилого возраста. Технологии производства таких колбас и сосисок основываются на обогащении рыбных дисперсных систем жизненно важными для организма пожилых людей незаменимыми микронутриентами. Кроме того, в технологиях таких продуктов должны применяться мягкие, щадящие режимы обработки, позволяющие сохранить нативные свойства и биологическую активность основных компонентов сырья, обогащающих добавок, вспомогательных материалов.

В ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» экспериментально обоснованы рецептуры формованных рыбных продуктов (сосисок), включающие функциональные смеси криоконцентратов морепродуктов в количестве 4,0-5,0 %. Использование криоконцентратов морепродуктов улучшает физические, реологические, органолептические свойства формованных изделий, придает им геродиетическую направленность. Они содержат минорные и биологически активные вещества: белки, тритерпеновые гликозиды, каротиноиды, нуклеиновые кисло-

ты, гексоамины и йод. Содержание этих макро- и микронутриентов соответствует рекомендуемым суточным нормам физиологической потребности организма человека, установленным для функциональных продуктов питания.

Разработанные обогащенные рыбные сосиски по физико-химическим и микробиологическим показателям безопасности соответствуют требованиям действующих нормативных документов.

Целью работы являлось обоснование сроков годности новых видов, формованных рыбных колбасных изделий и разработка нормативной документации по их производству.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследований использовали рыбные формованные изделия, обогащенные криоконцентрами морепродуктов и технологию их получения.

Сроки годности новых видов рыбных сосисок геродиетической направленности осуществляли в соответствии с МУК 4.2.1847-04 (Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов) [1].

Техническую и нормативную документацию по производству обогащенных биокорректорами рыбных сосисок геродиетической направленности разрабатывали согласно требований ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Отбор проб сырья и подготовку проб к анализу проводили по стандартным методикам (ГОСТ 31339-06, ГОСТ 7631-08).

Исследование микробиологического состояния по установленным показателям проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 10444.15, ГОСТ Р 52816, ГОСТ Р 52815, ГОСТ 29185, ГОСТ Р 52814, ГОСТ Р 51921, ГОСТ 10444.12.

Органолептические исследования разработанных новых видов, обогащенных криоконцентрами рыбных сосисок, осуществляли в соответствии с терминологией описания признаков, ставшей наиболее распространенной в практике сенсорной оценки продуктов питания [2, 3]. Органолептическая оценка рыбных сосисок геродиетической направленности осуществлялась дегустационной комиссией, состоящей из прошедших подготовку специалистов с использованием разработанных нами балльных (пятибалльные) шкал.

Результаты и их обсуждение

Изготовлена партия обогащенных криоконцентрами морепродуктов рыбных сосисок по разработанным нами рецептурам: из фарша минтая – «Общеукрепляющие»; из фарша горбуши – «Восстановительные».

Для установления сроков годности сосиски помещались в холодильную камеру, где хранились при температуре минус 1,5-плюс 6 °С в течение 8 сут. Периодически, через каждые два дня холодильного хранения, исследовалось изменение качества продукта по микробиологическим и органолептическим показателям.

Результаты исследований микробиологических показателей формованных рыбных продуктов приведены в табл. 1.

Данные приведенные в табл. 1 свидетельствуют, что исследуемые обогащенные рыбные сосиски в течение 8 суток хранения соответствуют требованиям нормативной документации (СанПиН 2.3.2.1078-01 и ТР ЕАЭС 040/2016) по санитарно-показательным характеристикам: общая обсемененность продукта (КМАФАнМ, КОЕ/г продукта), наличие или присутствие бактерий группы кишечных палочек (колиформные бактерии), коагулазоположительных стафилококков в том числе *St. aureus*, патогенных микроорганизмов, в том числе сальмонеллы и *L. Monocytogenes*, а также микроорганизмов порчи – количеству плесневых грибов и дрожжей, КОЕ/г.

Принимая во внимание приведенные в табл. 1 показатели микробиологического состояния продукта в процессе холодильного хранения и учитывая [1] установленный для скоропортящихся продуктов коэффициент резерва, равный 1,15, считаем целесообразным

определить срок годности новых видов рыбных сосисок геродиетической направленности не более 6 сут. При этом температурный режим хранения разработанного нами нового ассортимента рыбных сосисок должен находиться в пределах минус 1,5-6,0 °С.

Таблица 1 – Изменение микробиологических показателей обогащенных рыбных сосисок при хранении

Показатель	Продолжительность хранения, сутки									
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
КМАФАнМ, Допускается ме- нее $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г	Сосиски «Общеукрепляющие»					Сосиски «Восстановительные»				
	$1,2 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$	$4,9 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^3$	$0,7 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^3$	$7,5 \cdot 10^3$	$0,6 \cdot 10^4$
БГКП не допускается в 0,1 г	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют	отсутствуют
<i>S. aureus</i> не допускается в 0,1 г	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Патогенные, в том числе сальмонеллы в 25 г	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
<i>L. Monocytogenes</i> не допускается в 25 г продукта	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Плесени и дрожжи, норма менее 100 КОЕ/г	отсутствуют	отсутствуют	менее 10	менее 20	менее 30	отсутствуют	менее 10	менее 20	менее 30	менее 40

Результаты сенсорных исследований новых видов, обогащенных формованных рыбных продуктов (сосисок) приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 свидетельствуют, что все показатели органолептических свойств обогащенных рыбных сосисок имеют высокие значения в течение периода хранения 6 суток. Они снижаются на восьмые сутки хранения, что выражается в ухудшении внешнего вида, ослаблении запаха, вкуса, консистенции сосисок. К этому сроку хранения комплексная оценка сосисок уменьшается у «Общеукрепляющих» с 4,9 до 4,4 балла, у «Восстанови-

тельных» – от 5,0 до 4,4 балла. Таким образом, оценивая в совокупности изменения микробиологических и органолептических показателей свойств обогащенных рыбных сосисок при холодильном хранении, считаем целесообразным установить срок их годности 6 суток. При этом температурный режим хранения разработанного нами нового ассортимента рыбных сосисок должен находиться в пределах минус 1,5-плюс 6,0 °С.

Таблица 2 – Изменение сенсорных показателей обогащенных рыбных сосисок в процессе холодильного хранения, баллы

Показатель	Сроки экспозиции, сутки									
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Внешний вид	Сосиски «Общеукрепляющие»					Сосиски «Восстановительные»				
	5,0	5,0	4,9	4,8	4,4	5,0	5,0	4,7	4,8	4,4
Цвет	4,8	4,8	4,8	4,8	4,5	5,0	5,0	5,0	4,9	4,5
Запах	4,9	4,9	4,9	4,8	4,3	5,0	5,0	5,0	4,8	4,3
Вкус	4,9	5,0	4,9	4,8	4,4	5,0	5,0	5,0	4,9	4,3
Консистенция	4,8	4,8	4,8	4,8	4,3	5,0	5,0	4,9	4,8	4,5
Комплексная оценка	4,9	4,9	4,9	4,8	4,4	5,0	5,0	4,9	4,8	4,4

На основе результатов полученных исследований нами разрабатывался стандарт организации «Сосиски рыбные, обогащённые сухими концентратами из морепродуктов. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации».

Основным этапом разработки стандарта организации является сбор информации для определения нормативных требований к объекту стандартизации в соответствии с действующей нормативной документацией.

Стандарт организации на производство продукции определяет требования к технологическому процессу производства, качеству и безопасности продукции, санитарно-эпидемиологические требования и нормы, правила приемки, упаковки, маркировки, транспортирования и хранения, методы контроля, обеспечивающие качество и безопасность для жизни и здоровья людей, окружающей среды.

Структурная схема документа включает следующие компоненты: широту применения; терминологию; нормативную базу; показатели качества, физико-химические и микробиологические характеристики безопасности продукции; санитарно-эпидемиологические и экологические требования к производственному процессу готовой продукции; сырьевую базу и технологические вспомогательные средства, используемые в технологическом процессе; технологическую схему производства и ее описание. Также она включает технологические и технические требования к сырью, вспомогательным материалам, таре, оборудованию и инвентарю. Освещаются вопросы гарантий изготовителя, методов контроля и правил приемки компонентов производства и готовой продукции, требований охраны окружающей среды. Отдельно выделяются информационные данные о пищевой и энергетической ценности всего ассортимента готовой продукции, приводится библиография.

Таким образом, разработка стандарта сводилась к поиску нормативной документации, содержащей информацию по отдельным его разделам, анализу этой информации и написанию текста документа.

Действие стандарта охватывает обогащённые рыбные сосиски, предназначенные для реализации в торговой сети, на предприятиях общественного питания непосредственно для употребления в пищу всем категориям населения. Рекомендуются как продукты геродиетического питания. Рыбные сосиски изготавливают из измельченной мышечной ткани горбуши и минтая с добавлением сухих концентратов из кальмара, мантии гребешка, шку-

ры осьминога, кукумарии, молок сельди, ламинарии, а также с добавлением репчатого лука, моркови, яичного белка, сухого молока, рисовой муки, пшеничной муки, сливочного масла, растительного масла, черного молотого перца и поваренной соли.

В разработанном стандарте обогащённые рыбные сосиски получили следующие наименования:

- рыбные сосиски «Новинка», обогащённые сухими концентратами морепродуктов общеукрепляющего действия (рецептура «Общеукрепляющая»);
- рыбные сосиски «Море», обогащённые сухими концентратами морепродуктов минералокорректирующего действия (рецептура «Минералокорректирующая»);
- рыбные сосиски «Норвежские», обогащённые веществами восстановительного действия (рецептура «Восстановительная»);
- рыбные сосиски «Премиум», обогащённые веществами иммуномодулирующего действия (рецептура «Иммуномодулирующая»).

Разработанный нами стандарт устанавливает технические и нормативные требования к технологическому процессу производства обогащенных рыбных сосисок, а также регламентирует показатели их качества и безопасности для здоровья людей.

Заключение

По результатам исследования изменений микробиологических и органолептических показателей свойств обогащенных рыбных сосисок в процессе холодильного хранения установлен срок их годности равный шести суткам. При этом температурный режим хранения разработанного нами нового ассортимента рыбных сосисок должен находиться в пределах минус 1,5-6,0 °С.

Разработан и утвержден стандарт предприятия на новый вид продукции – СТО 00471515-087-2021 «Сосиски рыбные, обогащённые сухими концентратами из морепродуктов. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации», который введен в действие приказом ректора от 29 сентября 2021 г. № 735. Разработанный нормативный документ включает обоснованные требования к технологическому процессу производства, качеству и безопасности продукции, санитарно-эпидемиологические требования и нормы, правила приемки, упаковки, маркировки, транспортирования и хранения, методы контроля, обеспечивающие качество и безопасность для жизни и здоровья людей, окружающей среды.

Библиографический список

1. МУК 4.2. 18704. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов // Санитарные нормы и правила. Продовольственная торговля и общественное питание. М.: Кнорус, 2011. С. 3–20.
2. ГОСТ 7631–2008. Рыба, нерыбные объекты и продукты из них. Методы определения органолептических и физических показателей. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.
3. ГОСТ ISO 13299-2015. Органолептический анализ. Методология. Общее руководство по составлению органолептического профиля. М.: Стандартинформ, 2016. 6 с.

Елена Велориевна Глебова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 740901, Россия, Владивосток, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Сравнительный анализ основных документов по стандартизации для производства пищевой продукции

Аннотация. Виды нормативных документов по стандартизации, действующих на территории Российской Федерации, официально закреплены Федеральным законом «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ, там же приведены их определения, требования и условия их разработки. Однако изменения в составе документов по стандартизации, придание стандартам организации и техническим условиям статуса документов Национальной системы стандартизации требуют проведения определенной разъяснительной работы с производителем. Так как выбор, в соответствии с требованиями какого документа по стандартизации будет осуществляться его производственная деятельность, с учетом тонкостей и нюансов каждого отдельного взятого производителя, без сомнения, может оказывать существенное влияние на эффективность его работы в целом.

Ключевые слова: стандартизация, национальный стандарт, стандарт организаций, технические условия, производство пищевой продукции, требования к качеству, технический регламент.

Elena V. Glebova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 40901, Russia, Vladivostok, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Comparative analysis of main standardization documents for food production

Abstract. The types of regulatory documents on standardization in force on the territory of the Russian Federation are officially fixed by the Federal Law «On Standardization in the Russian Federation» dated 06/29/2015 No. 162-FZ, their definitions, requirements and conditions for their development are also given there. . However, changes in the composition of documents on standardization, giving the organization's standards and technical specifications the status of documents of the National Standardization System require some explanatory work with the manufacturer. Since the choice in accordance with the requirements of which standardization document will be carried out by its production, taking into account the subtleties and nuances of each individual manufacturer taken, the activity can undoubtedly have a significant impact on the efficiency of its production activities.

Keywords: standardization, national standard, organization standard, technical specifications, food production, quality requirements, technical regulations.

В соответствии с главой 4 «Документы по стандартизации» Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ в статье 14 «Виды документов по стандартизации» документами по стандартизации названы:

- документы национальной системы стандартизации;
- общероссийские классификаторы;

- стандарты организаций, в том числе технические условия;
- своды правил;
- документы по стандартизации, которые устанавливают обязательные требования в отношении объектов стандартизации;
- технические спецификации (отчеты) [1].

Основным назначением документов по стандартизации в соответствии с целями и задачами в области стандартизации является обеспечение качества выпускаемой продукции. В соответствии с основными принципами стандартизации любая продукция, выпущенная в соответствии с требованиями документа по стандартизации (национального стандарта (далее ГОСТ Р), стандарта организации (далее СТО) или технических условий (далее ТУ)), должна отвечать требованиям по качеству, заложенным в данном документе.

В этом случае принцип стандартизации, говорящий о добровольности применения стандартов, следует трактовать следующим образом: применение какого-либо стандарта на добровольной основе, означает, что все заявленные в нём требования являются обязательными для исполнения, то есть применяя ГОСТ Р, СТО или ТУ производитель обязан выполнить все содержащиеся в них требования к качеству продукции. Заявляя, что продукция соответствует определённому документу по стандартизации, производитель не может выпускать продукцию по качеству ниже, чем заявленная в данных ГОСТ Р, СТО или ТУ.

Следовательно, выпуская продукцию (выпуск пищевой продукции) производитель может заявить ее соответствие как минимум трем рассмотренным выше видам документов по стандартизации, для понимания чем обуславливается выбор того или иного вида документа необходимо правильно понимать определения документов по стандартизации так как их непонимание приводит к определённым манипуляциям и нарушением их использования.

Определение национальному стандарту (ГОСТ Р) дано в статье 2 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ из данного определения понятно, что это документы, имеющие определённую процедуру утверждения техническими комитетами, то есть данные документы проходят достаточно сложную процедуру разработки, согласования и обсуждения [1]. Следует отметить, что ГОСТ Р утверждаются не часто и как следствие не на все виды пищевой продукции они имеются. Если бы продукция в нашей стране производилась только ГОСТ Р, это привело бы обедненному ассортименту пищевой продукции, быстрый вывод которой на рынок был бы невозможным, что привело бы к отсутствию ее конкурентоспособности и другим нежелательным последствиям.

Именно благодаря тому, что федеральным законодательством в области стандартизации предусмотрена разработка СТО и ТУ в период начала санкционной политики производители пищевой продукции смогли вывести на рынок большой ассортимент продукции для импортозамещения. Так в короткие сроки производителями были разработаны ТУ по производству сыров, колбас по аналогии с итальянской, швейцарской, французской и др. продукцией. Данный процесс был запущен и реализован в достаточно короткие сроки, однако если бы производители ждали выхода ГОСТ Р на подобную пищевую продукцию это могло бы занять годы.

Важным аспектом в правильности понимания документов по стандартизации является понимание отличий СТО и ТУ, определения которых также даны в статье 2 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ [1]. По сравнению с определением национального стандарта, где звучит что ГОСТ Р утверждается и разрабатывается техническим комитетом федерального органа по стандартизации, в определении СТО читается что документ разрабатывается организацией что отражено в самом названии документа. В свою очередь, ТУ в соответствии с определением являются видом СТО, другой ясности по документу ТУ в определении не приводится, очевидно только, что ТУ – это частный случай СТО. Для того чтобы разобраться в основных отличиях рассматриваемых документов, следует проанализировать на соответствие требованиям каких до-

кументов проводится их оценка качества их разработки в случае проведения экспертизы техническими комитетами по стандартизации.

При проведении экспертизы СТО техническими комитетами по стандартизации в экспертном заключении указывается соответствие СТО двум стандартам:

- ГОСТ Р 1.4-2019 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Основные положения. Требования к построению, содержанию, оформлению, обозначению и обновлению» [2];

- ГОСТ Р 1.5-2012 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения» [3].

ГОСТ Р 1.4-2019 содержит общие положения, где указано что СТО могут разрабатываться на применяемые в данной организацией продукцию, процессы, оказываемые услуги, а также на продукцию, создаваемую и поставляемую данной организации на внешний и внутренний рынки и т.д. Второй ГОСТ Р соответствие, которому рассматривается в экспертном заключении является документом, содержащим правила построения, изложения, оформления и обозначения национального стандарта. Это дает ответ на вопрос, почему ГОСТ Р и СТО очень похожи (вид титульного листа, содержание, порядок изложения и т.д.). Это объясняется тем, что разрабатываются они по одному нормативному документу.

Для разработки ТУ на пищевую продукцию применяется ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению», в области определения которого присутствует фраза, определяющая его применение для пищевой продукции, что подтверждается оценкой на соответствие его требований при проведении экспертизы документа ТК [4]. Раздел «Общие требования» ГОСТ Р 51740-2016 дает определение ТУ, которое дает понимание что такое ТУ, для чего они нужны, так же в определении показано что в них заложены принципы формирования группы ассортимента продукции, так как в номере ТУ присутствует код продукции (объекта стандартизации) в соответствии с Общероссийским классификатором продукции по видам экономической деятельности (далее ОКП 2). Данное обстоятельство показывает, что при разработке ТУ производитель ограничен группой продукции, указанной на титульном листе разрабатываемого документа, в то время разработка СТО дает возможность разработать единый документа продукцию с разными кодами ОКП 2. Однако, при этом необходимо понимать, что стандарт в соответствии с принципами унификации должен разрабатываться на однородную группу продукции, так как в противном случае разрабатываемый документ будет противоречить основным принципам стандартизации.

Однако, не смотря на все вышесказанное следует отметить, что на практике возникают случаи, когда разработка ТУ на пищевую продукцию для производителя бывает нецелесообразна. Например, в соответствии с кодом ОКП 2 рыба пресноводная мороженая и рыба морская мороженая относятся к разным классификационным группам, в следствие чего данная продукция должна расходиться по разным нормативным документам, однако по технологии производства данные объекты стандартизации очень близки и характеризуются достаточно близкими показателями качества. Поэтому в соответствии с требованиями к оформлению ТУ мы не можем сформировать ассортимент выпускаемой продукции, включающий рыбу пресноводную мороженую и рыбу морскую мороженую. Возникновение подобных ситуаций объясняет, то случай, что ряд предприятий, производящих пищевую продукцию, продолжают использовать СТО.

Очевидно, что для упорядочения сложившейся ситуации в перспективе руководящие органы по стандартизации уточнят и разъясняют данное обстоятельство, так как в настоящее время запрета на разработку СТО для пищевой продукции нет. Производители пищевой продукции могут разрабатывать оба рассмотренных вида документов по стандартизации, однако с точки зрения большей конкретизации, более определенных условий и критериев написания для целей производства пищевой продукции явное преимущество остается за ТУ, разработанным в соответствии с ГОСТ Р 51740-2016 «Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению».

Библиографический список

1. Федеральный закон. О стандартизации в Российской Федерации от 29.06.2015 № 162-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/ (дата обращения: 11.02.2022).
2. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 1.4-2019. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Основные положения. Требования к построению, содержанию, оформлению, обозначению и обновлению. М.: Стандартинформ, 2019. 41 с.
3. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 1.5-2012. Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101156> (дата обращения: 11.02.2022).
4. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 51740-2016. Технические условия на пищевую продукцию. Общие требования к разработке и оформлению. М.: Стандартинформ, 2017. 35 с.

Елена Велориевна Глебова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 740901, Россия, Владивосток, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Изменения в правовых основах стандартизации

Аннотация. Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ является основным документом, регулирующим деятельность по стандартизации на территории Российской Федерации. Изменения в основных его положениях, а именно: в составе документов по стандартизации затрагивают интересы как производителей, так и потребителей пищевой продукции. Знание видов и категорий документов по стандартизации, а также регламентов по их разработке и правилам применения дают уверенность производителям пищевой продукции в ведении своей хозяйственной деятельности в соответствии с требованиями законодательства.

Ключевые слова: стандартизация, национальный стандарт, стандарт организаций, технические условия, производство пищевой продукции, требования к качеству, технический регламент.

Elena V. Glebova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 40901, Russia, Vladivostok, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Changes in the legal framework for standardization

Abstract. The Federal Law «On standardization in the Russian Federation» dated June 29, 2015 No. 162-FZ is the main document regulating standardization activities in the territory of the Russian Federation. Changes in its main provisions, namely in the composition of standardization documents, affect the interests of both producers and consumers of food products. Knowledge of the types and categories of standardization documents, as well as the regulations for their development and application rules, gives confidence to food manufacturers in conducting their business activities in accordance with the requirements of the law.

Keywords: standardization, national standard, organization standard, technical specifications, food production, quality requirements, technical regulations.

Давно доказано, что развитие нашего общества, направленное на улучшение качества жизни населения страны, повышение качества и конкурентоспособности продукции российского производства достигается использованием механизмов по стандартизации. Деятельность по стандартизации в Российской Федерации имеет глубокие корни, достаточно вспомнить, что СССР был одним из основателей Международной организации по стандартизации (ISO), а должность председателя организации с 1977 по 1979 гг. занимал представитель Госстандарта В.В. Бойцов, который, находясь на данном посту, указал на целесообразность разработки международных стандартов по управлению качеством. Результатом стало принятие через несколько лет комплекса стандартов ISO 9000.

В соответствии с этим традиционно работам по управлению качеством в нашей стране уделяется большое внимание, специалисты различных отраслей промышленности совместно с учеными заняты поиском новых путей повышения качества выпускаемой продукции, повышения эффективности производства вследствие выпуска продукции гарантированно высокого уровня качества, возможности реализации целей устойчивого развития через совершенствование организации производств основанных на их экологической чистоте и на высоком качестве выпускаемой продукции и конечно же в получении этих результатов огромная роль отведена стандартизации.

Подвижность современного рынка в первую очередь пищевой продукции обуславливается изменениями в фокусе требований потребителей, что влечет за собой изменение понятия качества для той или иной продукции, учитывая его комплексность, создает новые реалии его формирования, что естественно не может не отражаться на изменениях в деятельности по стандартизации.

Верхнеуровневым документом регулирующим деятельность по стандартизации в Российской Федерации и определяющим ее правовое поле является Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 № 162-ФЗ [1]. Однако 2020-2021 гг. были богаты на изменения, произошедшие в области состава документов по стандартизации и их применения, выразившиеся в изменениях методологии работ по стандартизации, а именно в принятии Федерального закона от 30.12.2000 № 523-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» [2].

Анализ изменений, представленных в ФЗ № 523 свидетельствует о множестве целей, поставленных перед ним, это и цифровизация деятельности по стандартизации, и разработка умных стандартов и производств, и создание государственной информационной системы в области стандартизации в которую будут включены сведения о планировании работ по стандартизации, формированию и реализации соответствующих программ по разработке, экспертизе, редактированию проектов документов по стандартизации а также деятельности участников работ по стандартизации и тд. Однако с точки зрения производителей пищевой продукции, целесообразно остановиться на более прикладных вопросах, приближенных к производству пищевой продукции и ее реализации.

Одним из ключевых нововведений стало появление новых видов документов национальной системы стандартизации (далее НСС) это в первую очередь технические спецификации (отчёты). Разрабатываться данные документы будут в рамках Технических комитетов по стандартизации (далее ТК) в целях ускоренного внедрения инноваций и их отличия будут заключаться в том, что утверждаться они будут не Росстандартом а непосредственно председателем ТК и при регистрации в Федеральном информационном фонде стандартов станут документами НСС.

Однако наибольший отклик, как у общественности, так и у экспертов по стандартизации на принятые изменения, вызвало то, что Стандарты организации (далее СТО) и Технические условия (далее ТУ) после прохождения экспертизы в ТК могут быть внесены в Федеральный информационный фонд стандартов, что означает их переход из интеллектуальной собственности производителя (разработчика) в достояние общественности, т.е. из простого документа по стандартизации теперь возможен их переход в статус национальных документов по стандартизации с регистрацией в Федеральном информационном фонде стандартов.

Данные изменения имеют важное значение как для потребителей, так и для производителей пищевой продукции. С точки зрения потребителя изменения затрагивают давно сложившийся тренд – недоверие к качеству продукции, выпускаемой в соответствии с СТО и ТУ. К сожалению, потребители на своем практическом опыте знают, что продукция, изготовленная по ТУ на сегодняшний момент может быть хуже по качественным характеристикам, чем продукция, изготовленные в соответствии с национальными стандартами (далее ГОСТ Р). Что в корне неверно, так как сейчас законодательно закреплено что требования в данных документах должны быть выше чем требования документов НСС, следова-

тельно, ТУ и СТО являются «вершиной» документов по стандартизации и в соответствии с этим необходимо всем заинтересованным лицам прививать правильное понимание данных видов документов по стандартизации.

Несомненно, такие нововведения дают большое преимущество производителям (разработчикам) таких документов, которые пользуются ими. Одновременно с этим перед ТК, проводящими экспертизу данных документов, возрастает ответственность перед потребителем, какого же качества будут эти документы.

Для производителей пищевой продукции в первую очередь принятые изменения это преимущества при проведении государственных закупок. Так с введением ФЗ № 162 были внесены изменения в часть 1 статьи 33 Федерального закона от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», а также в пункт 1 части 10 статьи 4 Федерального закона от 18.07.2011 г. № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», обеспечивающие применение законодательства о стандартизации при описании объекта закупки [3, 4].

Суть внесенных изменений заключается в следующем, что в конкурсной документации производители обязаны указывать показатели, требования, условные обозначения, а также применять терминологию в соответствии с законодательством РФ о техническом регулировании и документами разрабатываемыми и применяемыми НСС, в соответствии с законодательством РФ о стандартизации [3, 4]. Следовательно, до принятия ФЗ № 523 при описании объекта закупок нельзя было применять показатели, требования, условные обозначения и терминологию, содержащуюся в СТО и ТУ, так как на законодательном уровне это право было закреплено только за документами НСС.

Последние изменения в законодательстве о стандартизации связанные разрешением регистрации в Федеральном информационном фонде стандартов СТО и ТУ в отношении которых проведена экспертиза в ТК по стандартизации (проектном ТК по стандартизации) разрешает заказчикам в том числе и государственным указывать в описании объекта закупки что продукция должна соответствовать или может быть выпущена по конкретным ТУ или СТО конкретного производителя, что, безусловно, дает дополнительные возможности участникам государственных закупок.

Обобщая все вышесказанное, следует отметить, что изменения, внесенные в Федеральное законодательство в области стандартизации, действующее на территории Российской Федерации, претерпевает изменения в соответствии с появляющимися потребностями обусловленными гибкостью и подвижностью современного рынка в области расширения возможностей и поддержании интересов производителя, обеспечивая при этом надежную защиту права потребителя на приобретение качественной продукции.

Библиографический список

1. Федеральный закон. О стандартизации в Российской Федерации от 29.06.2015 № 162-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_181810/ (дата обращения: 11.02.2022).

2. Федеральный закон. О внесении изменений в Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 30.12.2000 № 523-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202012300063> (дата обращения: 11.02.2022).

3. Федеральный закон. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд от 05.04.2013 № 44-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144624/ (дата обращения: 16.02.2022).

4. Федеральный закон. О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц от 18.07.2011 № 223-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_116964/ (дата обращения: 16.02.2022).

Андрей Юрьевич Глухарев

Мурманский государственный технический университет, младший научный сотрудник НИЛ «Химия и технология морских биоресурсов», ORCID: 0000-0002-6083-546X, SPIN-код: 8485-0558, Author ID: 1102651, Россия, Мурманск, e-mail: GlukharevAYu@mstu.edu.ru

Александра Владимировна Демид

Мурманский государственный технический университет, инженер Центра исследования сырья и продукции кафедры «Технологии пищевых производств», Россия, Мурманск, e-mail: DemidAV@mstu.edu.ru

Анастасия Сергеевна Чурилина

Мурманский государственный технический университет, лаборант Центра исследования сырья и продукции кафедры «Технологии пищевых производств», SPIN-код: 8922-8761, AuthorID: 1005828, Россия, Мурманск, e-mail: ChurilinaAS@mstu.edu.ru

София Игоревна Барабашина

Мурманский государственный технический университет, аспирант кафедры «Технологии пищевых производств», SPIN-код: 7444-7244, AuthorID: 1104411, Россия, Мурманск, e-mail: BarabashinaSI@yandex.ru

Василий Игоревич Волченко

Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Технологии пищевых производств», ORCID: 0000-0001-6454-7919, Scopus ID: 57200379875, SPIN-код: 2505-1928, AuthorID: 290653, Россия, Мурманск, e-mail: VolchenkoVI@mstu.edu.ru

**Исследование качества рыбного фарша из северной путассу
в процессе ферментации с использованием пробиотиков**

Аннотация. Представлено изучение изменения качественных показателей рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с использованием пробиотических бактерий. В качестве источника пробиотических бактерий использовали коммерческую закваску – БАД «Эвиталия». В процессе ферментации оценивали изменение общего количества пробиотических бактерий, физико-химических (рН), биохимических (небелковый и аминный азот), физических (водоудерживающая способность, усилие проникновения) и органолептических показателей образцов рыбного фарша.

Ключевые слова: северная путассу, рыбный фарш, ферментированная рыба, пробиотики, функциональный пищевой продукт.

Andrei Y. Glukharev

Murmansk State Technical University, Junior Research Fellow of Laboratory of Chemistry and Technology of Marine Bioresources, ORCID: 0000-0002-6083-546X, SPIN-code: 8485-0558, Author ID: 1102651, Russia, Murmansk, e-mail: GlukharevAYu@mstu.edu.ru

Alexandra V. Demid

Murmansk State Technical University, Engineer of the Raw Materials and Foodstuffs Research Center of the Department of Food Production Technology, Russia, Murmansk, e-mail: DemidAV@mstu.edu.ru

Anastasia S. Churilina

Murmansk State Technical University, Laboratory assistant of the Raw Materials and Foodstuffs Research Center of the Department of Food Production Technology, SPIN-code: 8922-8761, AuthorID: 1005828, Russia, Murmansk, e-mail: ChurilinaAS@mstu.edu.ru

Sofia I. Barabashina

Murmansk State Technical University, PhD, Postgraduate Student of the Department of Food Production Technology, SPIN-code: 7444-7244, AuthorID: 1104411, Russia, Murmansk, e-mail: BarabashinaSI@yandex.ru

Vasily I. Volchenko

Murmansk State Technical University, PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Production Technology, ORCID: 0000-0001-6454-7919, Scopus ID: 57200379875, SPIN-code: 2505-1928, AuthorID: 290653, Russia, Murmansk, e-mail: VolchenkoVI@mstu.edu.ru

Study of the quality of minced fish from blue whiting in the process of fermentation with the use of probiotics

Abstract. In this paper we present a study of changes in the quality of minced fish from blue whiting during fermentation using probiotic bacteria. The commercial starter culture (dietary supplement «Evitalia») was used as a source of probiotic bacteria. During fermentation, microbiological (changing the total number of probiotic bacteria), physicochemical (pH), biochemical (non-protein and amine nitrogen), physical (water-holding capacity, penetration force) and organoleptic parameters of minced fish samples were evaluated.

Keywords: blue whiting, minced fish, fermenting fish, probiotic, functional food.

Введение

Рыба в питании человека служит ценным источником животных белков, минеральных веществ, жирорастворимых витаминов, антиоксидантов и других биологически активных соединений. Рыбное сырье может быть использовано для разработки и промышленного производства пищевых продуктов с высокой пищевой и биологической ценностью, специализированных и функциональных продуктов, кормов для животных. Однако также известно, что рыбное сырье подвержено быстрой порче вследствие протекания сложных микробиологических и биохимических процессов, оказывающих негативное влияние на вкус, запах, консистенцию готового продукта. Использование химических консервантов и/или различных классических способов обработки, таких как соление, копчение, стерилизация, облучение и др., имеет ряд преимуществ и позволяет существенно замедлить процессы порчи [1, 2]. Несмотря на это в настоящее время наблюдается активное развитие альтернативных способов консервирования пищевых продуктов, среди которых особое место занимают биотехнологические методы обработки. Ферментация рыбного сырья с использованием микроорганизмов позволяет сохранить ценную мышечную массу рыбы, улучшить ее органолептические свойства и повысить питательную ценность и/или усвояемость продукта [3].

Традиционно ферментацию рыбного сырья используют в некоторых Юго-Восточных странах Азии (Филиппины, Таиланд, Индия и др.) для продления срока хранения и получения пищевых продуктов, обладающих уникальными органолептическими качествами [4]. Обычно эти продукты состоят из рыбы и соли – рыбный соус, или смеси рыба/соль/источник углеводов (обычно рис) – *Pla ra* и *Burong Isda*. Наличие в таких продуктах органических кислот (в основном молочной и уксусной кислот), способствует их сохранению в условиях тропического климата в течение длительного времени без охлаждения. Однако при получении этих продуктов обычно используется собственная микрофлора исходного сырья и процесс ферментации осуществляется спонтанно на уровне домашних хозяйств или небольших предприятий, поэтому необходимо принимать во внимание недостаточную безопасность, нестабильный процесс ферментации и низкое качество готового продукта [5].

Использование бактерии с пробиотическими свойствами (лактобациллы, бифидобактерии, пропионовокислые бактерии и др.) в качестве стартовых культур может способствовать быстрому и контролируемому процессу ферментации, обеспечивает получение продуктов с желаемым качеством [6]. Такие стартовые культуры позволяют лучше контролировать конечную микрофлору продукта, тормозят развитие патогенных микроорганизмов и уменьшают вероятность порчи [7]. Однако следует учитывать, что некоторые пробиотические бактерии могут также способствовать порче или некоторой деградации пищевых ингредиентов входящих в состав пищевых продуктов, поэтому важно учитывать их влияние на химические, физические и органолептические параметры качества продукта [8].

Северная путассу (*Micromesistius poutassou*) относится к недоиспользуемым объектам морского промысла, она широко распространена и промышленно вылавливается в Северо-Восточной Атлантике. Её мясо является перспективным сырьевым источником пищевого белка, полноценного по аминокислотному составу [9]. Относительно большие запасы, высокая пищевая и биологическая ценность северной путассу позволяют использовать её для получения широкого ассортимента пищевой рыбной продукции (полуфабрикаты формованных кулинарных изделий, рыбные колбасы и т. д.). Насколько известно, на сегодняшний день нет сообщений об исследованиях ферментации мышечной ткани северной путассу с использованием пробиотиков.

С учетом вышеизложенного актуальная цель исследования состояла в изучении возможности использования пробиотических бактерий для обработки (ферментации) рыбного фарша из северной путассу.

Материалы и методы исследования

Предметами исследования являлись:

- северная путассу (*Micromesistius poutassou*) свежемороженая потрошенная без головы, выловленная в Северо-Восточной Атлантике, отвечающая требованиям ГОСТ 32366-2013, хранившаяся до исследования при температуре не выше минус 18 °С;
- биологически активная добавка (БАД) к пище – комплекс сухих микроорганизмов пробиотиков «Эвиталия», содержащая лиофильно высушенные штаммы *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii subsp. shermanii*, отвечающая требованиям ТУ 10.89.19-001-72003049-2016;
- сахароза (ч.д.а.), отвечающая требованиям ГОСТ 5833-75;
- лабораторные образцы рыбного фарша из северной путассу, полученные с применением БАД «Эвиталия» и сахарозы.

Образцы фарша готовили следующим образом: путассу размораживали и промывали, разделяли на обесшкуренное филе, получали фарш с помощью мясорубки, к фаршу добавляли сахарозу (2 % к массе фарша) и суспензию пробиотических микроорганизмов (до уровня 10⁶ КОЕ/г), смесь равномерно измельчали и перемешивали с помощью кухонного комбайна (в течение 2-3 мин), образцы фарша помещали в термостат и инкубировали их при температуре 37 °С в течение 24 ч. В табл. 1 представлены основные показатели качества и методы исследования образцов рыбного фарша, полученных в процессе ферментации с использованием пробиотических бактерий.

Таблица 1 – Основные показатели качества и методы исследования образцов рыбного фарша, полученных в процессе ферментации с использованием пробиотических бактерий

Показатель	Метод исследования	Используемый прибор
Органолептическая оценка (визуальная)	Описательный метод по ГОСТ 7631-2008	-
Массовая доля белка (ОА×6,25)	Метод Кьельдаля по ГОСТ 7636-85	Аппарат Selecta Block-Digest и установка Pro-Nitro A (J.P. SELECTA s.a., Испания)
Массовая доля небелкового азота (НБА)	Метод осаждения с использованием ТХУ по [10]	
Массовая доля аминного азота (АА)	Метод формольного титрования по [10]	-
Активная кислотность (рН)	Потенциометрический метод по ГОСТ 28972-91	рН-метр-иономер «ЭКСПЕРТ-001» (Эконикс-Эксперт, Россия)
Количество пробиотических бактерий	ГОСТ Р 56139–2014	-
Микробиологические показатели безопасности: Бактерии группы кишечных палочек (БГКП); <i>Staphylococcus aureus</i> ; Бактерий рода <i>Salmonella</i> ; Бактерий <i>Listeria monocytogenes</i> ; <i>V. parahaemolyticus</i>	ГОСТ 31747-2012, ГОСТ 31746-2012, ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002), ГОСТ 32031-2012, МУК 4.2.2046-06	-
Усилие проникновения (УП)	Пенетрометрический метод по [11]	Прочностномер «Food Checker» (Yokogawa, Япония)
Водоудерживающая способность (ВУС)	Метод прессования по ГОСТ 7636-85	-

Полученные результаты и их обсуждение

В результате проведенных испытаний получены экспериментальные данные о росте микроорганизмов пробиотиков в образцах рыбного фарша (табл. 2). Наличие в субстрате (рыбный фарш) питательных веществ и оптимальной температуры способствовало росту пробиотических микроорганизмов. Санитарно-показательные микроорганизмы в фарше во время ферментации отсутствовали.

Таблица 2 – Результаты микробиологических испытаний образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Показатель	Продолжительность ферментации, ч			
	0	5	10	24
Количество пробиотических бактерий, КОЕ/г	$1,2 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$1,0 \times 10^7$	$4,0 \times 10^7$
БГКП, КОЕ/г	Не обнаружено	-	-	Не обнаружено
<i>S. aureus</i> , в 1 г	Не обнаружено	-	-	Не обнаружено
Сальмонеллы, в 25 г	Не обнаружено	-	-	Не обнаружено
<i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	Не обнаружено	-	-	Не обнаружено
<i>V. parahaemolyticus</i> , КОЕ в 25 г	Менее 10	-	-	Менее 10

Постепенный рост пробиотических бактерии (табл. 2) в процессе ферментации характеризует их способность развиваться в нестандартных условиях рыбного фарша, это подтверждает высокую микробиологическую и биохимическую активность штаммов, входящих в состав закваски, и перспективность их использования при разработке рыбопродуктов.

Установлено, что значение рН в процессе ферментации снижалось (рис. 1). Плавное снижение рН связано с накопившейся в результате метаболизма пробиотических бактерий молочной кислоты.

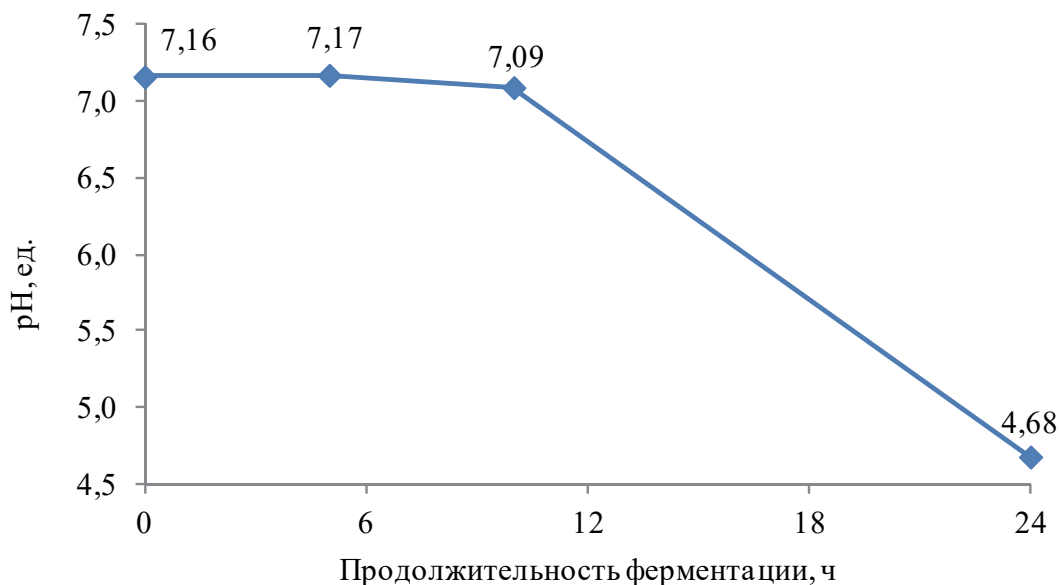


Рисунок 1 – Изменение рН образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

В процессе ферментации установлено снижение ВУС образцов фарша (рис. 2), что объясняется изменениями миофибриллярных белков мышечной ткани, вызванными постепенным смещением рН в кислую среду, до значений близких к изоэлектрической точке белков (рис. 1).

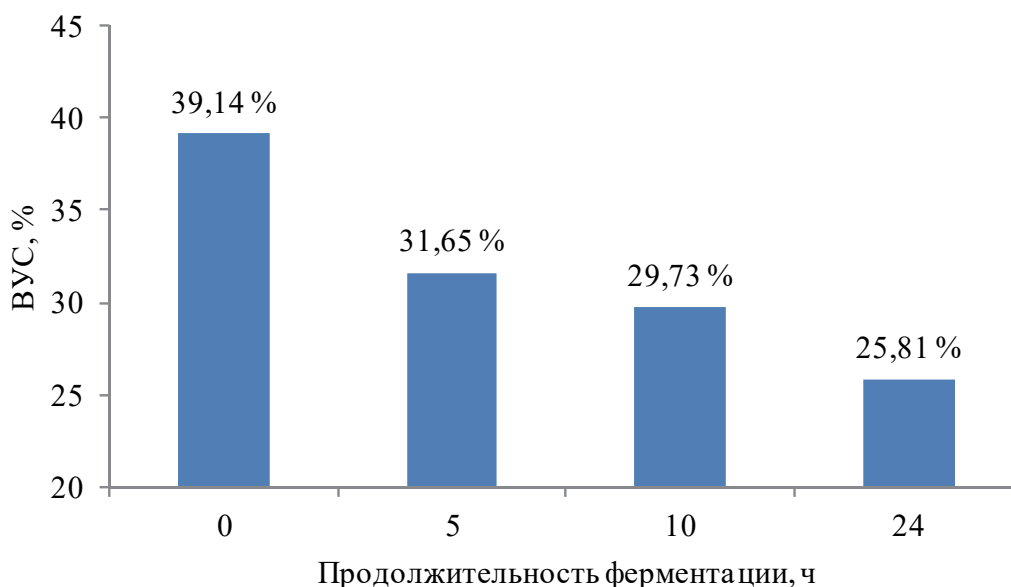


Рисунок 2 – Изменение ВУС образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Изменение консистенции образцов фарша оценивали с помощью испытания на проникновение. С использованием прибора «Food Checker» осуществлялось принудительное

внедрения металлического шарообразного индентора (диаметр 8 мм.) в продукт на заданную глубину (10 мм.) с постоянной скоростью, при котором фиксировалось усилие сопротивления датчиком давления. Определено, что процесс ферментации увеличивает прочность структуры фарша (рис. 3).

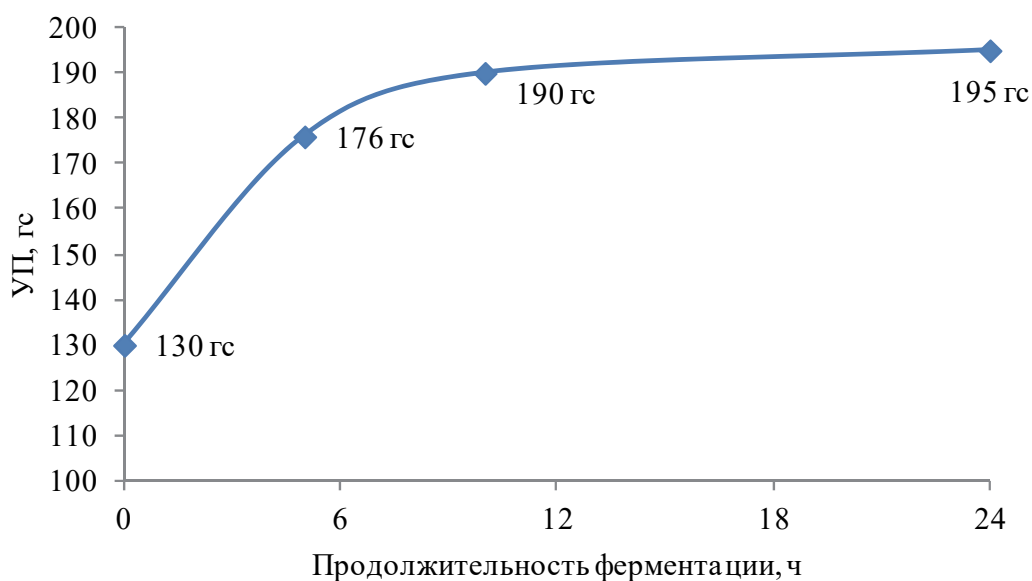


Рисунок 3 – Изменение УП образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Значительную роль при формировании органолептических и физико-химических характеристик ферментированных продуктов играет активность протеолитических ферментов пробиотических бактерий. Под влиянием ферментов пробиотических бактерий ряд животных белков подвергается расщеплению, что приводит к обогащению субстрата пептидами, которые лучше усваиваются организмом человека.

В данных исследованиях наблюдаемый рост количества АА и НБА (табл. 3) в образцах отображает микробиологическую активность и проходящий гидролиз белков, что свидетельствует о протеолитической активности ферментных систем пробиотических бактерий в расщеплении белков фарша рыбы. Образующиеся в результате протеолиза свободные аминокислоты служат источником других азотистых соединений, способствующих улучшению качественных органолептических показателей готовых изделий.

Таблица 3 – Изменение физико-химических характеристик образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Показатель	Продолжительность ферментации, ч	
	0	24
Количество белка, %	15,56±0,48	-
Количество НБА, %	0,31±0,01	0,41±0,02
Количество АА, мг%	1,31±0,03	2,67±0,05

Изменение органолептических показателей (внешний вид, консистенция, цвет, запах, количество отделившейся жидкости) образцов рыбного фарша представлено в табл. 4 и на рис. 4. В процессе ферментации наблюдается выделение межклеточного сока и уплотнение консистенции образцов фарша, отмечается изменение цвета и появление кисломолочного аромата, связанного с накоплением органических кислот (в основном молочной) в продукте.

Таблица 4 – Изменение органолептических показателей образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Органолептический показатель	Продолжительность ферментации, ч			
	0	5	10	24
Внешний вид	Однородная тонко измельченная масса, без частиц кожи и пленки	Однородная тонко измельченная масса, без частиц кожи и пленки	Однородная тонко измельченная масса, без частиц кожи и пленки	Однородная тонко измельченная масса, без частиц кожи и пленки
Консистенция	Плотная, упругая	Плотная, упругая	Плотная, слегка твердая	Твердая
Цвет	Светло-бежевый	Темно-бежевый	Темно-бежевый	Светло-бежевый
Запах	Слабо выраженный запах, свойственный данному виду рыбы	Легкий запах свойственный данному виду рыбы, без постороннего запаха	Легкий запах свойственный данному виду рыбы, без постороннего запаха	Кисломолочный аромат с легким запахом рыбы
Количество отделившейся жидкости	Нет отделившейся жидкости	Имеется небольшое количество отделившейся жидкости	Значительное количество отделившейся жидкости	Фарш полностью находится в выделившейся жидкости, имеется белковый осадок



0 ч



5 ч



24 ч

Рисунок 4 – Фотографии образцов рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с пробиотическими бактериями

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили определить возможность использования пробиотических бактерий (БАД «Эвиталия») для обработки (ферментации) рыбного фарша из северной путассу. Был получен полуфабрикат ферментированного рыбного фарша, содержащий высокое количество жизнеспособных пробиотических бактерий (не менее 1×10^7 КОЕ/г).

Данный полуфабрикат можно использовать для производства колбас, сосисок, ветчин, рыбных палочек, пастовых или фаршевых пресервов и других видов пищевой продукции. Стоит добавить, что использование ферментированного полуфабриката в производстве некоторых пищевых продуктов может позволить ускорить процесс созревания и посола сла-

босозревающих видов сырья, придаст им функциональные свойства за счет жизнеспособных пробиотических бактерий, в том числе их метаболитов.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (ГЗ № 075-03-2021-088/4 от 29.09.2021).

Библиографический список

1. Быков В.П. Изменения мяса рыбы при холодильной обработке: Автолитические и бактериальные процессы. М.: Агропромиздат, 1987. 221 с.
2. Соколова Т.Н., Карташов В.Р. Техническая биохимия: учеб. пособие. Нижний Новгород: НГТУ, 2012. 303 с.
3. Speranza B. Autochthonous lactic acid bacteria with probiotic aptitudes as starter cultures for fish-based products / B. Speranza, A. Racioppo, L. Beneduce, A. Bevilacqua, M. Sinigaglia, M. Corbo // *Food Microbiology*. 2017. № 65. P. 244–253. DOI: 10.1016/j.fm.2017.03.010.
4. Cooke R.D. Lactic-acid fermentation as a low-cost means of food preservation in tropical countries / R. D. Cooke, D. R. Twiddy, P. J. Alan Reilly // *FEMS Microbiology Reviews*. 1987. Vol. 3, № 3. P. 369–379. DOI: 10.1111/j.1574-6968.1987.tb02473.x.
5. Twiddy, D.R. Parameters involved in the production of lactic acid preserved fish-starchy substrate combinations / D.R. Twiddy, S.J. Cross, R.D. Cooke // *International Journal of Food Science & Technology*. 1987. Vol. 22. P. 115–121. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1987.tb00465.x.
6. Casquete R. Use of autochthonous *Pediococcus acidilactici* and *Staphylococcus vitulus* starter cultures in the production of "chorizo" in 2 different traditional industries / R. Casquete, M. J. Benito, A. Martín, S. Ruiz-Moyano, E. Aranda, M. G. Córdoba // *Journal of Food Science*. 2012. Vol. 77, № 1. P. 70–79. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2011.02461.x.
7. Erichsen I. Fermented fish and meat products: the present position and future possibilities // *The Society for Applied Bacteriology Symposium Series No. 11*. 1983. P. 271–286.
8. Ghanbari M. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria – A review / M. Jami, K.J. Domig, W. Kneifel // *Journal of LWT – Food Science and Technology*. 2013. Vol. 54, № 2. P. 315-324. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.039.
9. Технохимические свойства промысловых рыб Северной Атлантики и прилегающих морей Северного Ледовитого океана. ПИНРО / ред. Ф.М. Трояновский. Мурманск: ПИНРО, 1997. 183 с.
10. Волченко В.И., Николаенко О.А., Шокина Ю.В. Методы исследования рыбы и рыбных продуктов: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: Лань, 2020. 148 с.
11. Куранова Л.К. Использование прибора Food Checker для исследования структурно-механических свойств пищевых продуктов // *Наука и образование: матер. междунар. науч.-техн. конф.* Мурманск: МГТУ, 2011. С. 908–911.

УДК 338.1

Анастасия Андреевна Гурко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистрант, Россия, Владивосток, e-mail: anastasiya.gurko@yandex.ru

Евгения Петровна Лаптева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, Россия, Владивосток, e-mail: lapteva.ep@dgtru.ru

Елена Велориевна Глебова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 740901, Россия, Владивосток, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

**Повышение эффективности деятельности предприятия
на основе процесса управления персоналом**

Аннотация. Рассмотрены этапы процесса управления персоналом. Определены и обоснованы этапы, показатели и критерии оценки его результативности.

Ключевые слова: качество управления, результативность, кадровый резерв, мотивация, геймификация, квалификация кадров, обучение персонала.

Anastasia A. Gurko

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's Student, Russia, Vladivostok, e-mail: anastasiya.gurko@yandex.ru

Evgenia P. Lapteva

Far Eastern State Technical Fisheries University, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Russia, Vladivostok, e-mail: lapteva.ep@dgtru.ru

Elena V. Glebova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 40901, Russia, Vladivostok, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

**Improving the efficiency of the company's activities based
on the personnel management process**

Abstract. The article discusses the stages of the personnel management process. The stages, indicators and criteria for evaluating its effectiveness are defined and justified.

Keywords: quality of management, performance, personnel reserve, motivation, gamification, personnel qualification, personnel training.

В рыночных условиях хозяйствования одним из основных способов оказывать воздействие и влиять на поведение работников является именно мотивация работников. В связи с этим возникает необходимость исследования сложностей создания и установления норм правового регулирования организационного поведения кадрового состава, определения

факторов, его мотивирующих, а также поиске действенных методов мотивации персонала у любой компании.

Потенциальный эффект от развития методов работы с персоналом заключается в росте социальных и экономических показателей деятельности компании.

Одной из слабых сторон предприятий является персонал и управление им. От качества управления персоналом предприятия зависит удовлетворенность потребителей. Ведь от работы именно персонала зависит дальнейшая заинтересованность потребителей в возвращении к продукции и услугам предприятия.

В результате неграмотного управления персоналом появляется проблема недостаточной эффективности предприятий. Для ее устранения необходимо улучшать процесс управления персоналом.

Одной из угроз для предприятий является низкий уровень управления персоналом [1]. Вместе с тем, в настоящее время отсутствует обобщенная программа оценки эффективности предприятия общественного питания на основе управления персоналом.

Актуальность данной работы заключается в том, чтобы определить, как оценить результативность процесса управления персоналом, что в свою очередь позволит повысить эффективность самого предприятия.

Целью работы является разработка предложений повышения эффективности предприятия на основе управления персоналом.

Для достижения поставленной цели необходимо будет решить следующие задачи:

- 1) исследовать особенности найма и подбора персонала;
- 2) исследовать системы повышения квалификации и обучения персонала;
- 3) исследовать охрану труда на предприятии;
- 4) проанализировать систему мотивации персонала;
- 5) с учетом полученных сведений разработать программу оценки результативности процесса управления персоналом.

Первым этапом развития системы управления персоналом будет включение в действующую систему отдельного направления по работе с кадрами - их подбора.

В управлении человеческими ресурсами «подбор персонала» — это процесс поиска и найма лучшего и наиболее квалифицированного кандидата на вакантную должность своевременным и экономически эффективным способом. Его также можно определить как процесс поиска потенциальных сотрудников и стимулирования и поощрения их к подаче заявления о приеме на работу в организации. Цель достижения наилучшего качественного результата состоит в том, чтобы иметь наилучшее качество наилучшим образом и в количестве. Набор персонала – это процесс поиска потенциальных кандидатов на фактические или ожидаемые организационные вакансии. Или, с другой точки зрения, это связующая деятельность, объединяющая тех, у кого есть вакансии, которые нужно заполнить, и тех, кто ищет работу [2].

Процесс отбора может состоять из следующих этапов:

- 1) первоначальное собеседование;
- 2) заполнение анкеты;
- 3) всестороннее собеседование;
- 4) предварительное расследование;
- 5) медицинское/физическое обследование;
- 6) окончательное предложение о работе.

Каждый из этих шагов представляет собой точку принятия решения, требующую некоторой положительной обратной связи для продолжения процесса. Каждый шаг в процессе направлен на расширение знаний организации о прошлом кандидата, способностях, мотивации, и это увеличивает количество информации, на основе которой лица, принимающие решения, делают свои прогнозы и окончательный выбор [3].

Однако некоторые шаги могут быть пропущены, если они не дают данных, которые помогают прогнозировать успех, или если стоимость шага не оправдана.

Система повышения квалификации и обучения персонала

Обучение персонала важно для обеспечения компетентного предоставления услуг, независимо от отрасли или целевой аудитории. Кроме того, обучение персонала было определено как наиболее важный фактор сокращения «вращающейся двери» нежелательной текучести кадров; другие факторы включают надзор, оплату труда и удовлетворенность работой [3].

В денежном выражении обучение персонала более экономично, чем текучесть кадров, которая может стоить от 15 до 200 % годовой заработной платы увольняющегося сотрудника. Обучение персонала еще более ценно не только для перспектив карьерного роста персонала, но, что более важно, для пользователя услуг, поскольку навыки и производительность, а также удержание хорошего персонала, очевидно, играет ключевую роль в предоставлении качественных и стабильных услуг.

Обучение персонала - одна из важнейших составляющих кадровой работы в компании, без нее вся система управления персоналом неэффективна, так как без постоянного роста и развития сотрудников их работа быстро становится неэффективной [3]. С помощью обучения можно получить от персонала все самое лучшее, и они становятся еще более продуктивными. Таким образом, достигается удовлетворенность работой, а также удерживается персонал, что позволяет избежать набора персонала. План обучения персонала является важным аспектом бизнеса и должен осуществляться через регулярные промежутки времени [4].

Исходя из знаний, которые получают работники предприятий, предлагается установить соответствующие критерии оценки качества системы управления персоналом на предприятии.

Охрана труда на предприятии

Частота производственного травматизма и заболеваний, связанных с индустриализацией, заметно снизилась после достижений науки и техники, таких как инженерный контроль, средства защиты, более безопасные машины и процессы, а также соблюдение правил и инспекций труда. Однако снижение производственного травматизма и профессиональных заболеваний было незначительным, что привело к росту интереса к системам управления охраной труда и техникой безопасности. Хотя внедрение этих систем привело к дальнейшему снижению частоты производственного травматизма и заболеваний, системы управления охраной труда и гигиеной труда неэффективны на рабочих местах с низкой культурой безопасности.

Ключевым элементом управления безопасностью и гигиеной труда является поощрение культуры профилактики на предприятии [4]. Таким образом, внедрение позитивной культуры безопасности может привести к дальнейшему сокращению производственного травматизма и заболеваний.

Концепция культуры предотвращения неявно основана на концепции культуры безопасности. Оба используют культурный подход. Культура безопасности направлена на снижение рисков, связанных с работой, в то время как культура профилактики направлена на снижение рисков, как связанных с работой, так и не связанных с работой. В культуре безопасности акцент делается на охране здоровья, в то время как культура профилактики подчеркивает как защиту, так и укрепление здоровья.

Уровень рабочего места требует технологических улучшений, таких как инженерный контроль, соблюдение нормативных требований и внедрение систем управления безопасностью и гигиеной труда на производстве, а также управляемых изменений культуры для достижения позитивной культуры безопасности. На национальном уровне необходимо уделять приоритетное внимание охране здоровья работников в национальной повестке дня, а также необходимость национального подхода к охране здоровья работников с участием правительства в целом, что способствует формированию культуры профилактики.

Система мотивации персонала

Основное назначение системы мотивации сотрудников заключается в том, чтобы соединить интересы и потребности сотрудников со стратегическими задачами фирмы [5].

Целевое назначение мотивации:

- сохранение кадровых работников;
- стимулирование производственного поведения каждого работника с тем, чтобы получение наилучших результатов от него стало итогом его собственного желания. Для выполнения данных целей, руководителю необходимо:

Применить позитивное отношение к выполнению своих обязанностей в качестве руководителя. Соблюдение надлежащей производственной практики – это первый шаг к созданию благоприятной рабочей среды, в которой сотрудники могут эффективно выполнять свои обязанности.

Отнестись к каждому рабочему дню как к возможности получить удовлетворение от своей роли. Регулярно напоминать сотрудникам, что это командная работа. Не звуча слишком банально, напомнить им, что при управлении предприятием учитываются усилия каждого [6].

Настроить ротации заблаговременно, чтобы ваша команда знала, в какие смены они работают за три-четыре недели до этого. Работа действительно может принести свои плоды, поэтому информирование сотрудников о сменах поможет им самоорганизоваться и спланировать свою жизнь вокруг работы, а не наоборот.

Оценку результативности системы мотивации персонала можно разделить на два этапа в зависимости от стадии проведения такой оценки (рисунок).



Этапы оценки эффективности системы мотивации

Первичная оценка проводится при приеме на работу сотрудника. Вторичная оценка проводится среди числящихся и работающих сотрудников организации.

В контексте работы понимание мотивации может быть применено для повышения производительности и удовлетворенности сотрудников; помочь установить индивидуальные и организационные цели; оценить стресс в перспективе; и структурировать рабочие места таким образом, чтобы они предлагали оптимальные уровни сложности, контроля, разнообразия и сотрудничества. Исходя из данного критерия, оценивается эффективность самой системы мотивации.

Системы повышения квалификации и обучения персонала может быть оценена через показатель обучение персонала и уровень удовлетворенности услугами предприятия со стороны клиентов с помощью критериев:

- 1) количество курсов повышения квалификации на одного сотрудника в год (не менее 1 раза в три года на каждого сотрудника);
- 2) количество жалоб на работника ПОП (не более 1 в год).

Исходя из вышеизложенного, предлагается повышать эффективность предприятия на основе процесса управления персоналом по следующим направлениям:

- 1) разработка положения о формировании кадрового резерва компании (по показателю найма и подбора персонала);

- 2) утверждение стратегического (на 3 года) плана повышения квалификации и обучения персонала;
- 3) приведение системы охраны труда на предприятии в соответствии с международными стандартами качества;
- 4) разработка политики мотивации персонала.

Перспективными мероприятиями, способствующими улучшению системы мотивации персонала, являются: организация и проведения корпоративных праздников, ведение информационных стендов с освещением достижений и результатов труда отдельных работников, развитие творческой активности молодых работников и их соответствующее материальное или моральное поощрение, сплочение коллектива путем проведения совместных мероприятий и иные методы развития средств материального и морального стимулирования труда.

Также предлагается использовать инновационный подход в области управления персоналом – геймификацию – за счет внедрения ее элементов в систему развития персонала. Геймификация – это процесс использования игровой механики, элементов и принципов, и применения их к неигровым контекстам для лучшего вовлечения пользователей. Смысл геймификации в том, чтобы вдохновлять пользователей взаимодействовать с контентом. Особенно с задачами, которые не доставляют удовольствия, такими как углубленная программа обучения технике безопасности или обучение соблюдению требований.

Критериями и показателями оценки результативности процесса управления персоналом предприятия будут следующие (таблица).

Критерии и показатели оценки результативности процесса управления персоналом предприятия

Элементы анализа	Критерии	Показатели
1	2	3
Особенностей найма и подбора персонала	1. Подбор персонала из кадрового резерва	1) % от общего числа сотрудников за период (год) (не менее 85 %) 2) текучесть резерва, % (не более 35 %) 3) средний срок пребывания в резерве до занятия ключевой должности, мес. (не более 11 мес.)
Системы повышения квалификации и обучения персонала	1. Обучение персонала 2. Уровень удовлетворенности услугами, продукцией со стороны потребителей	1) количество курсов повышения квалификации на одного сотрудника в год (не менее 1 раза в три года на каждого сотрудника) 2) количество жалоб на работника предприятия (не более 1 в год)
Охраны труда на предприятии	Факт функционирования в компании СУОТ	есть / нет
	Соответствие СУОТ нормам ГОСТ Р и внутренней политике охраны труда на предприятии	Соответствует/не соответствует
	3. Качество функционирования системы управления охраной труда	1. Количество несчастных случаев на производстве 2. количество ресурсов на развитие СУОТ 3. количество штрафных санкций за нарушение требований правил ОТ и др.

1	2	3
	4. Оценки результативности достижения целей, выполнения задач (мероприятий) по охране труда, своевременности их корректировки	1. % достижения поставленных целей по сокращению правил ОТ (по плану) 2. Количество выполненных и запланированных мероприятий по ОТ и др.
	5. Учет в дальнейшей работе предыдущих результатов анализа СУОТ	1. % устранения выявленных нарушений правил ОТ 2. Количество ресурсов, вложенных на устранение выявленных недостатков в ОТ
	6. Представления информации по результатам аудитов системы управления охраной труда руководству организации	1. Количество мер административного воздействия 2. количество случаев поощрения за улучшение системы ОТ
Система мотивации персонала	Мотивация персонала	1. Показатель лояльности персонала, % 2. Коэффициент конкурентоспособности зарплат по отрасли 3. Коэффициент текучести кадров.

Таким образом, предложенная оценка результативности процесса управления персоналом на предприятии позволит выявить сильные и слабые его стороны и на основе этого понять пути повышения эффективности самого предприятия. В структуре предлагаемой оценки результативности процесса управления персоналом будут такие направления работы, как оценка особенностей найма и подбора персонала, системы повышения квалификации и обучения персонала, охраны труда на предприятии и системы мотивации персонала.

Библиографический список

1. Беседина, О.И. Инновационные методы в кадровой политике / О.И. Беседина, Д.И. Зновенко, Е.В. Малахова // Экономика. Менеджмент. Инновации. 2019. № 1(19). С. 3–10.
2. Иванов, С.Ю. Социальное управление человеческими ресурсами: учеб. пособие / С.Ю. Иванов. М.: Московский гос. пед. ун-т, 2020. 152 с.
3. Гасанова, А.А. Управление персоналом в системе управления организацией / А.А. Гасанова // Инновационная наука. 2019. № 11. С. 50–53.
4. Елкин, С.Е. Управление персоналом организации. Теория управления человеческим развитием: учеб. пособие / С.Е. Елкин. Саратов: Ай Пи Ар Медиа, 2019. 236 с.
5. Жуков, А.Л. Аудит человеческих ресурсов организации / А.Л. Жуков, Д.В. Хабарова. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2019. 363 с.
6. Вукович, Г.Г. Управление персоналом: теория и методика / Г.Г. Вукович // Экономика. Профессия. Бизнес. 2019. № 4. С. 20–25.

Наталья Валерьевна Дементьева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», SPIN-код: 6077-2641, AuthorID: 938835; ORCID: 0000-0002-5714-385X, Scopus Author ID: 57216617084, WOS Research ID: AAI-3416-2021, Россия, Владивосток, e-mail: dnvdd@mail.ru

Маргарита Игоревна Рослая

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, гр. ТПб-412 (ТМ), Россия, Владивосток, e-mail: rita.roslaya@mail.ru

Разработка рецептуры функционального мясного кулинарного продукта с использованием сырья морского и растительного происхождения

Аннотация. Разработана рецептура функционального мясного кулинарного продукта (пирога с говядиной, креветкой и гранатом). Установлено рациональное количество основных компонентов в составе рецептуры: говядины – 50 %, креветки – 25 %, и граната – 12,5 %. Количество теста к массе начинки не должно превышать 30 %. Определены органолептические показатели качества готового мясного пирога. Использование говядины, креветки и граната в составе кулинарного мясного продукта позволило получить изделия с высокими органолептическими показателями функциональной направленности.

Ключевые слова: функциональный продукт, рецептура, органолептические показатели, пищевая ценность.

Natalia V. Dementieva

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, SPIN-код: 6077-2641, Author ID: 938835; ORCID: 0000-0002-5714-385X, Scopus Author ID: 57216617084, WOS Research ID: AAI-3416-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: dnvdd@mail.ru

Margarita I. Roslaya

Far Eastern State Technical Fisheries University, TPb-412 (TM), Russia, Vladivostok, e-mail: rita.roslaya@mail.ru

Development of a recipe for a functional meat culinary product using raw materials of marine and vegetable origin

Abstract. A recipe for a functional meat culinary product has been developed (beef, shrimp and pomegranate pie). A rational amount of the main components in the composition of the recipe has been established: 50 % beef – 50 %, shrimp – 25 %, and pomegranate – 12.5 %. The amount of dough to the mass of the filling should not exceed 30%. The organoleptic quality indicators of the finished meat pie were determined. The use of beef, shrimp and pomegranate as part of a culinary meat product will allow you to obtain products with high organoleptic functional orientation.

Keywords: functional product, formulation, organoleptic parameters, nutritional value.

Функциональные продукты питания содержат нутриенты, которые оказывают положительное действие на здоровье человека и/или предотвращают то или другое заболевание. Поэтому при производстве таких продуктов предусматривают повышенное содержание в них физиологически значимых для человека биологически активных компонентов и/или снижение нежелательных соединений, например, таких как тяжелые металлы, нитраты, пестициды, полициклические ароматические углеводороды, биогенные амины и др. [1-6]

Основным видом сырья при производстве мясных продуктов является говядина и свинина. Как мы знаем, мясо убойных животных является хорошим источником полезных микро- и макроэлементов, а также витаминов. В составе мяса много незаменимых белков и полиненасыщенных жирных кислот, которые являются неотъемлемой частью здорового рациона любого человека. Продукт из такого сырья уже сам по себе является полезным для нашего организма, но чтобы знать, что необходимо добавить или убрать из своего рациона питания, надо понимать полную картину по химическому составу продукта [7].

Основными компонентами говяжьего мяса являются белки и жиры, что обуславливает его высокую пищевую ценность. По сравнению со свининой в говядине содержится больше белков и меньше жира. Содержание этих компонентов зависит от породы, пола, возраста, упитанности животных, условий их кормления и содержания [8].

Биологическая ценность говядины предполагает содержание: незаменимых аминокислот в белке и полиненасыщенных жирных кислот в жире. Чем больше их содержание, тем выше биологическая ценность говядины [9]. Содержание незаменимых аминокислот и высоконепредельных жирных кислот в мясе говядины представлено в табл. 1.

Таблица 1 – Содержание незаменимых аминокислот и высоконепредельных жирных кислот в мясе говядины

Незаменимые аминокислоты	Содержание аминокислот, мг/100 г	Высоконеопредельные жирные кислоты	Содержание ВНЖК, мг/100 г
Валин	1035	Мононенасыщенные:	7,42
Изолейцин	782	C _{14:1} (миристолеиновая)	0,25
Лейцин	1478	C _{16:1} (пальмитолеиновая)	0,91
Лизин	1589	C _{18:1} (олеиновая)	6,26
Метионин	445	Полиненасыщенные:	0,56
Треонин	803	C _{18:2} (линолевая)	0,04
Триптофан	210	C _{18:3} (линоленовая)	0,14
Фенилаланин	795	C _{20:4} (арахидоновая)	0,02

За счет содержания в говядине незаменимых аминокислот в белке оно характеризуется высокой биологической ценностью. Белок говядины считается близким к полноценному, так как среди всех незаменимых аминокислот отсутствуют лимитирующие аминокислоты. В большем количестве в белке присутствуют: валин, лейцин и лизин. Содержание в липидах таких полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), как линолевая, линоленовая и арахидоновая, так же повышает биологическую ценность сырья.

Говядина содержит в значительных количествах витамины: В₁₂, ниацин, фолацин и холин, и минеральные вещества: калий, серу, фосфор, железо и цинк [8].

С точки зрения питательности и пользы, говядина является весьма ценным продуктом. При употреблении даже небольшого количества мяса, организм заряжается энергией на довольно длительный срок. Общеизвестный факт, что белковые продукты дают насыщение нашему организму быстрее, нежели углеводные. Дополнительно, если соединить мясо (белок) с овощами (клетчаткой), то состояние сытости продлится еще дольше [10].

Мясо говядины способно к нейтрализации соляной кислоты, пищеварительных ферментов и других раздражителей, которые содержатся в желудочном соке. Поэтому его ре-

комендуют людям, у которых имеются нарушения кислотности желудка и кишечника. Говядина способствует нормализации баланса, помогает восстановить естественную микрофлору желудочно-кишечного тракта и снизить неприятные проявления патологии. Установлено, что усвоение говядины происходит быстрее, чем овощей, фруктов и злаков. Наш организм легко усваивает необходимые ферменты, и мясо быстро переваривается. В связи с этим в кишечнике не накапливаются гниющие и бродящие элементы. Если в кишечнике все-таки остаются отходы, то маленькая нагрузка мяса дает ему время на дополнительную очистку [9].

Но одного компонента в продукте в виде говядины мало, необходимо продукт наполнить новыми вкусовыми и физико-химическими составляющими. Такими могут быть как растительное сырье, так и различные морепродукты.

Как известно, рыба и морепродукты богаты белками и различными витаминами и минеральными веществами. В свой продукт мы решили добавить в качестве функционального ингредиента – креветку [11, 12].

Мясо креветки считают кладезем полезного белка, который необходим для формирования коллагена, сохраняющего упругую молодую кожу и поддержания мышц тела. Наличие в мясе креветки кислот Омега-3 способствует укреплению костной ткани, кровеносной системы. Креветки среди других гидробионтов являются признанными поставщиками йода. Также креветка богата минеральными веществами: кобальтом, марганцем, молибденом, магнием, натрием, кальцием, калием. В креветках присутствуют провитамин А, витамины D, E, C, группы PP, B [11].

У креветки очень нежное и вкусное мясо, которое считается деликатесом. В нем содержится небольшое количество жиров, богатых ненасыщенными жирными кислотами, низкое содержание углеводов.

Наличие в составе мясного продукта сырья растительного происхождения, например граната позволит разнообразить вкус и его химический состав. Гранат, как известно, имеет плотные сочные зерна, которые не имеют способности саморазрушаться под действием тепловой обработки. Следовательно, они будут сохранять свою целостность и после приготовления, а значит, их кисло-сладкий вкус не потеряется среди сладости говядины и креветки [13, 14].

Гранат богат витаминами, минеральными веществами и имеет весьма разнообразный химический состав. Количество в составе граната сахаров может значительно отличаться, в зависимости от сорта (а бывают кислые и сладкие сорта), от этого зависит калорийность и сочность фрукта. Сок граната содержит дубильные и азотистые вещества, флавоноиды, катехины. В соке присутствуют около 15 аминокислот, до 20 % жирного масла. В масле содержатся линолевая, олеиновая, пальмитиновая, стеариновая и некоторые другие кислоты. Научные исследования фармакологической активности веществ, входящих в его состав, рекомендуют его использование в профилактических и терапевтических целях для снижения артериального давления, нормализации уровня холестерина и глюкозы в сыворотке крови, устранения оксидативного стресса и воспалительной активности [14].

Таким образом, использование говядины, креветки и граната в составе кулинарного мясного продукта позволит получить изделия с высокими органолептическими показателями и сделать его по настоящему, функциональным.

Целью научно-исследовательской работы являлось разработка функционального мясного кулинарного продукта, с использованием сырья морского и растительного происхождения. Разработана рецептура мясного пирога с говядиной, креветкой и гранатом. Экспериментально подобрано рациональное соотношение компонентов в составе мясной начинки, так чтобы сырье гармонизировало друг за другом, не перебивая вкус другого. Рецептура мясного пирога с говядиной, креветкой и гранатом представлена в табл. 2.

В начинке пирога содержится 50 % говядины, 25 % креветки, и 12,5 % граната. Количество теста к массе начинки не должно превышать 30 %. В таком содержании в продукте все компоненты получают в правильном вкусовом соотношении. В итоге по органолеп-

тическим показателям наш пирог получается в меру жирный и сочный, благодаря говядине, в меру сладковатый, благодаря креветке и имел хороший кисло-сладкий оттенок из-за граната. Органолептические показатели мясного пирога с говядиной, креветкой и гранатом представлены в табл. 3.

Таблица 2 – Рецептúra мясного пирога с говядиной, креветкой и гранатом

Компоненты начинки:	Содержание сырья в кг, на 100 кг начинки
Говядина (фарш)	50
Креветка	25
Гранат	12,5
Лук	7
Соль	5.5
Компоненты теста:	Содержание сырья в кг, на 100 кг теста
Тесто:	
Яйцо	12
Мука пшеничная	60
Масло сливочное	10
Вода	12
Соль поваренная	5
Сода пищевая	1

Таблица 3 – Органолептические показатели мясного пирога с говядиной, креветкой и гранатом

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	
Теста:	Хорошо держит форму, корочка золотистая
Начинка:	В виде фарша, с кусочками креветки и целыми зернами граната
Запах	Мясной, с оттенком креветки и граната
Вкус	Мясной, без постороннего привкуса, сладковатый, с оттенком креветки и кисло-сладким привкусом граната
Консистенция	
Теста:	Плотное, прожаренное, без вкраплений муки
Начинки:	Сочная, однородная

Таким образом, можно сделать вывод, что мясное сырье хорошо сочетается с морепродуктами, а именно с креветкой, и очень гармонирует с фруктами. Например, как в нашем случае, гранатом. Вкусовые качества не только не ухудшились, но и добавилась отличная изюминка в виде сочной, кисло-сладкой нотки, играющей на контрасте с мясным сырьем. Хочется отметить так же, что креветка, из-за своей сухости, взяла часть сока на себя, тем самым продукт получился в меру жирный, и при этом довольно сочный. А также пищевая ценность повысилась в несколько раз, что хорошо в дальнейшем будет сказываться на потребительском спросе. Ведь благодаря богатому химическому составу, количество потребляемого продукта можно снизить в разы, при этом доза витаминов и различных микроэлементов останется именно в том количестве, которое необходимо для организма человека.

Библиографический список

1. Студенцова Н.А. Функциональные продукты питания из гидробионтов // Пищ. пром-сть. 2003. № 11. С. 80–81.
2. Тихомирова Н.А. Технология продуктов функционального питания. М.: ООО «Франтэра». 2002. 213 с.
3. Аслонова М.А., Деревицкая О.К., Дыдыкин А.С. и др. Функциональные мясные продукты: проблемы и перспективы // Мясная индустрия. 2018. № 3. С. 8–11.
4. Доронин А.Ф. Функциональные пищевые продукты. М.: Дели принт, 2009. 286 с.
5. Патракова И.С. Технология функциональных мясопродуктов: учеб.-метод. комплекс. Кемерово: Кемеровский технол. ун-т. 2007. 128 с.
6. ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М., 2002. С. 2
7. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Общая технология получения и переработки мяса. М.: Колос, 2001. 278 с.
8. Крюков Н.А. Мясо и мясные продукты. СПб.: Мысль, 1992. 24 с.
9. Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов. Кн. 1. Общая технология мяса. 2009. С. 21–22.
10. Фейнер Г. Мясные продукты. Научные основы, технологии, практические рекомендации. 2010. 274 с.
11. Григорьев, А.А. Введение в технологию отрасли. Технология рыбы и рыбных продуктов: учеб. пособие. М.: КолосС, 2013. 179 с.
12. Бойцова Т.М., Прокопец Ж.Г. Гидробионты как сырье для создания продуктов пробиотической направленности // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 4. С. 52–55.
13. Нестерова Д.В. Необыкновенные блюда из консервированных и замороженных продуктов. Мясо, рыба, морепродукты, овощи. М.: Книга по требованию, 2014. 264 с.
14. Богушева В.И. Технология приготовления пищи. М.: Феникс, 2016. 384 с.

Евгений Александрович Заяц

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант гр. ПЭа-112 кафедры «Технологии продуктов питания», ORCID: 0000-0003-4935-0872, РИНЦ: 1080142, Scopus: 57301368400, WOS: AAI-6290-2021, Россия, Владивосток, e-mail: zaiats.ea@dgtru.ru

Эдуард Николаевич Ким

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление техническими системами», ORCID: 0000-0001-7691-8959, РИНЦ: 341865, Scopus: 57300934200, WOS: AAI-6369-2021, Россия, Владивосток, e-mail: kim.en@dgtru.ru

**Разработка модели процесса формирования канцерогенности
копченой рыбной продукции**

Аннотация. Целью настоящей работы является модель процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции. Была разработана модель формирования канцерогенности копченых рыбных продуктов, позволяющая проанализировать процесс формирования канцерогенности и минимизировать протекание этого процесса. В ходе анализа рисков процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции было выявлено, что основным этапом, на котором формируется канцерогенность, – дымогенерация. С целью минимизации рисков процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции предложено осуществлять дымогенерацию при 450-500 °С. Обработка полуфабрикатов копильным дымом рекомендуется ламинарным потоком дымовоздушной смеси.

Ключевые слова: копченая рыбная продукция, канцерогенность, модель, полиароматические углеводороды, процесс, копильный дым, дымогенерация, оценки канцерогенности, формирование канцерогенности.

Evgeny A. Zayats

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student of the PEa-112 group of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0003-4935-0872, РИНЦ: 1080142, Scopus: 57301368400, WOS: AAI-6290-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: zaiats.ea@dgtru.ru

Eduard N. Kim

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Management of Technical Systems», ORCID: 0000-0001-7691-8959, RSCI: 341865, Scopus: 57300934200, WOS: AAI-6369-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: kim.en@dgtru.ru

**Development of a model of the process of formation of carcinogenicity
of smoked fish products**

Abstract. The purpose of this work is a model of the process of formation of carcinogenicity of smoked fish products. A model of the formation of carcinogenicity of smoked fish products has been developed, which allows analyzing the process of formation of carcinogenicity

and minimizing the course of this process. During the risk analysis of the process of formation of carcinogenicity of smoked fish products, it was revealed that the main stage at which carcinogenicity is formed is smoke generation. In order to minimize the risks of the formation of carcinogenicity of smoked fish products, it is proposed to carry out smoke generation at 450-500 °C. It is recommended to process the semi-finished product with copiled smoke with a laminar flow of a smoke-air mixture.

Keywords: smoked fish products, carcinogenicity, model, polyaromatic hydrocarbons, process, smoky smoke, smoke generation, carcinogenicity estimates, carcinogenicity formation.

Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. предусматривает обеспечение населения качественной и безопасной продукцией. Одним из важнейших критериев безопасности копченой рыбной продукции является ее канцерогенность, оцениваемая по содержанию в ней канцерогенных соединений, прежде всего, полиароматических углеводородов, наличие которых в пищевых продуктах приводит к онкологическим заболеваниям [1]. Процесс накопления канцерогенных соединений в копченой рыбной продукции малоизучен, что затрудняет анализ и минимизацию рисков производства опасной копченой рыбной продукции. Решение указанной проблемы возможно на основе создания модели формирования канцерогенности копченой рыбной продукции, которая позволит выявить определяющие факторы формирования ее канцерогенности и указать технологические направления ее снижения.

Вопросами содержания ПАУ в копченой продукции посвящены работы таких ученых, как Горелова Н.Д., Дикун П.П., Долгина Н.А., Ким И.Н., Ким Э.Н., Курко В.И., Макарова Н.А., Радакова Т.Н., Федонин В.Ф., Lesage J., Vaga J.A., Ora G., Onaran S., Pottast K. и др., однако в известных работах отсутствует системный подход к изучению закономерностей формирования канцерогенности копченой рыбной продукции. Исходя из этого, целью настоящей работы является модель процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции, основанная на процессном и комплексном подходах к изучению процесса копчения. Для достижения поставленной задачи были сформулированы следующие задачи:

- построить структурно-функциональную модель процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции;
- провести анализ рисков процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции;
- предложить способы минимизации рисков процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции.

Для разработки модели была использована методология IDEF0 в соответствии с Р 50.1.028–2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования [2]. На рис. 1 представлена контекстная диаграмма процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции.

На диаграмме идентифицированы вход и выход процесса, механизм его осуществления и необходимые для его реализации ресурсы. Более детальный анализ рассматриваемого процесса, представленный на рис. 2, показывает подпроцессы, анализ которых позволил выявить наиболее существенный фактор, влияющий на накопление в копченой рыбной продукции канцерогенных соединений – процесс дымогенерации.

Анализ модели процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции показывает, что первоисходным фактором, определяющим результат процесса, является блок А-1 дымогенерация. На этой стадии наряду с коптильными компонентами при термической деструкции составляющих древесины возникают канцерогенные [3]. При этом отдельные коптильные компоненты, например, фенолы обладают канцерогенными свойствами [3]. Однако наиболее сильным канцерогенным действием по сравнению с фенолами и даже с нитрозаминами обладают полиароматические углеводороды (ПАУ).

Образование канцерогенных соединений в процессе сухой перегонки древесины представлено в работе В.И. Курко [3]. Фактором, определяющим образование ПАУ, по мнению автора, является температура. На рис. 3 представлена зависимость концентрации 3,4-бензпирена от температуры сухой перегонки древесины. При этом зависимость не линейна.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции

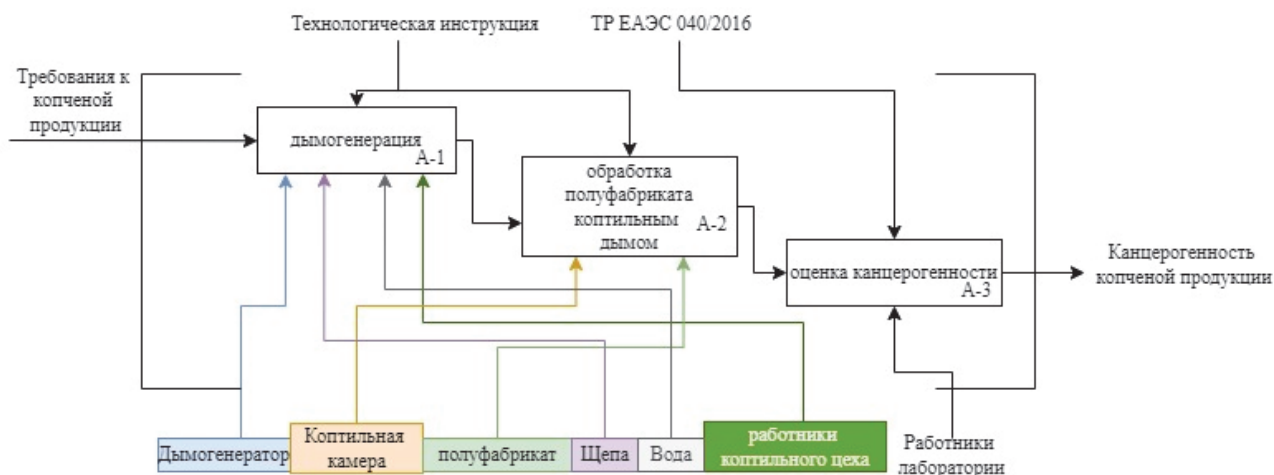


Рисунок 2 – Модель процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции

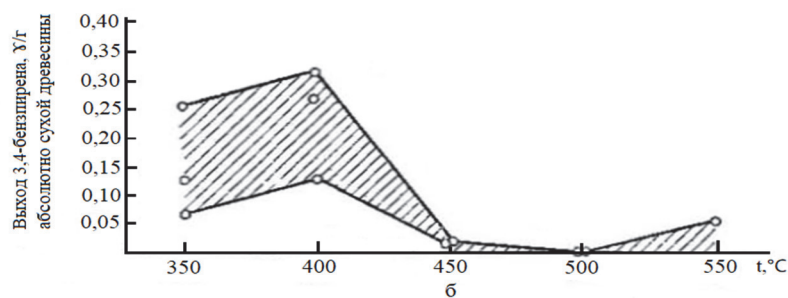
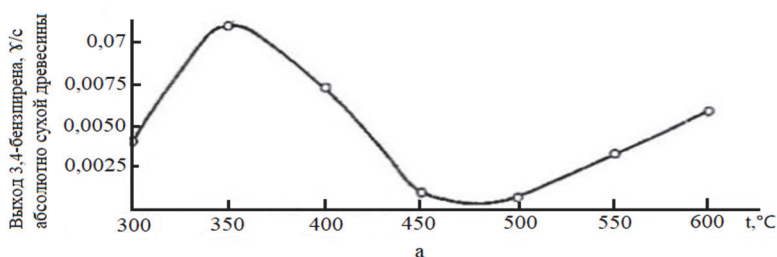


Рисунок 3 – Зависимость выхода 3,4-бензпирена от температуры пиролиза древесины: а – в реторте в процессе непрерывного нагрева, б – в изотермических условиях)

Однако необходимо учитывать отличие процесса дымогенерации от сухой перегонки древесины, а также то, что 3,4-бензпирен является одним из ПАУ, идентифицированным в копильном дыме и копченой продукции. В табл. 1 представлены результаты оценки индивидуальных ПАУ копильного дыма в зависимости от температуры дымогенерации в специально разработанном экспериментальном дымогенераторе, позволяющем регулировать температуру дымогенерации [4].

Таблица 1 – Оценка индивидуальных ПАУ копильного дыма

Температура дымогенерации, °С	Концентрация ПАУ, нг/л							
	Хризен	Бенз(а)антрацен	Бенз(б)флуорантен	Бенз(а)пирен	Бенз(е)пирен	Ди-бенз(а,с)антрацен	Ди-бенз(а,н)антрацен	Ди-бенз(а,і)пирен
300	1123	815	8754	760	7206	1107	2009	85
400	1216	1000	10652	1084	7502	1220	2134	87
500	313	372	2906	264	2103	173	89	32
600	794	604	7890	643	7361	1125	1897	80
700	457	572	8809	1087	7120	1045	2067	78
800	424	564	8736	1132	7487	1302	2136	81

В результате обработки полученных данных, средний коэффициент корреляции значения содержания индивидуальных ПАУ и БП, рассчитанный по известной методике [5], составил 0,64, из чего был сделан вывод о слабой корреляционной зависимости между содержанием индивидуальных ПАУ и БП. В связи с этим оценка канцерогенности продукции только лишь по 3,4-бензпирену не объективна и потенциально приводит к реализации опасной продукции. Минимальное образование индивидуальных ПАУ наблюдается при 450-500 °С.

Для подтверждения зависимости содержания индивидуальных ПАУ в копченой продукции от способа обработки продукта были подготовлены образцы корюшки горячего копчения при одинаковых условиях дымогенерации. Дымогенерация осуществлялась на экспериментальном дымогенераторе [4]. В первом случае образцы обрабатывались турбулентным потоком дымовоздушной смеси, а во втором случае ламинарным потоком, после чего методом высокоэффективной жидкостной хроматографии было определено содержание индивидуальных полиароматических углеводородов в образцах. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Содержание ПАУ в копченой рыбной продукции [6]

Соединение	Содержание соединений ПАУ	
	в рыбе, обработанной турбулентным потоком дыма, нг/кг	в рыбе, обработанной ламинарным потоком дыма, нг/кг
1. Хризен	447	288
2. Бенз(а)антрацен	354	282
3. Бенз(б)флуорантен	4000	2430
4. Бенз(а)пирен	271	236
5. Бенз(е)пирен	2445	2119
6. Дибенз(а,с)антрацен	353	190
7. Дибенз(а,н)антрацен	487	276
8. Дибенз(а,і)пирен	33	12

Всего при обработке турбулентным потоком дыма обнаружено 8390 нг/кг ПАУ, а при ламинарном – 5833 нг/кг. Суммарное содержание ПАУ в рыбе, обработанной турбулентным потоком коптильного дыма, в 1,4 раза больше, чем в рыбе, обработанной ламинарным потоком. При этом, повышается содержание преимущественно тяжелых ПАУ, включающих в свое строение 5 и 6 бензольных колец (бенз(b)флуорантен, дибенз(a,h)антрацен, дибенз(a,i)пирен), тогда как более легкие ПАУ примерно в том же количестве осаждаются на продукт.

Контаминация продукта канцерогенными ПАУ осуществляется в результате массообменных процессов, движущая сила которых зависит от способа обработки продукта дымовоздушной смесью. При обработке турбулентным потоком, в большей степени действуют инерционные силы, что приводит к осаждению преимущественно дисперсной фазы, когда как при обработке ламинарным потоком, действуют диффузионные силы и роль дисперсной фазы снижается.

Исходя из полученных сведений, можно предположить, что содержание индивидуальных ПАУ в копченой продукции зависит от способа и параметров дымогенерации, а так же способа обработки продукта дымовоздушной смесью. Вариативность соотношения индивидуальных ПАУ в полученных образцах позволяют сделать вывод о необходимости расширения перечня контролируемых при оценке канцерогенности копченой продукции соединений.

Для оценки канцерогенности ПАУ в отношении человека, может использоваться коэффициент канцерогенной активности индивидуальных ПАУ – степень доказанности канцерогенных свойств этих соединений по отношению к 3,4-бензпирену. Данные показатели имеются в работах ученых-онкологов [1]. На основе имеющихся сведений предложена следующая модель для оценки канцерогенности копченой продукции [6]:

$$D = \sum C_i k_i ,$$

где C_i – концентрация соединения в копченой продукции или коптильном дыме; k_i – коэффициент канцерогенной активности индивидуального ПАУ; i – номер индивидуального ПАУ.

Для упрощения расчета канцерогенности консервов «Шпроты в масле» было написано программное обеспечение для ЭВМ, представляющее собой алгоритм оценки канцерогенности, переведенный на язык программирования. Для работы с полученным программным обеспечением достаточно ввести в соответствующие окна значения содержания индивидуальных ПАУ в нг/кг (или нг/л) и нажать «Рассчитать». Далее программа самостоятельно выведет на экран оценку канцерогенности продукта, рассчитанную по заложенному в нее алгоритму. Программа позволяет получить значение канцерогенности продукта без дополнительных расчетов, неизбежно влекущих за собой наложение погрешностей и получение недостоверного результата.

Полученная модель детально отображает факторы, влияющие на процесс формирования канцерогенности копченой рыбной продукции, что позволяет сформировать рекомендации для дальнейшего управления содержанием ПАУ в продукции. Блок А-1 не влияет на формирование канцерогенности. Для выполнения этапа блока А-2 необходимо провести детальные исследования с целью разработки рекомендаций к оптимальным параметрам дымогенерации, минимизирующим образование канцерогенных ПАУ в коптильном дыме. Для выполнения блока А-3 необходимо провести исследования с целью разработки оптимальных параметров подготовки полуфабриката, минимизирующих осаждение канцерогенных ПАУ на продукт. Для осуществления блока А-4 предлагается использовать разработанную модель оценки канцерогенности копченых продуктов и соответствующее программное обеспечение, учитывающее широкий перечень канцерогенных ПАУ.

Таким образом, была разработана модель формирования канцерогенности копченых рыбных продуктов, позволяющая проанализировать процесс формирования канцерогенности и минимизировать протекание этого процесса. В ходе анализа рисков процесса форми-

рования канцерогенности копченой рыбной продукции было выявлено, что основной этап, на котором формируется канцерогенность – дымогенерация.

Общее содержание ПАУ при обработке турбулентным потоком дыма обнаружено 8390 нг/кг ПАУ, а при ламинарном 5833 нг/кг. После расчета по предложенной модели оценки канцерогенности, канцерогенность продукции, обработанной турбулентным потоком дымовоздушной смеси, составила 1226,99, тогда как канцерогенность продукции, обработанной ламинарным потоком дымовоздушной смеси, составила 795,79. С целью минимизации рисков процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции предложено осуществлять дымогенерацию при 450-500 °С. Обрабатывать полуфабрикат коптильным дымом рекомендуется ламинарным потоком дымовоздушной смеси.

Статья подготовлена по материалам НИР «Разработка технологии консервов «Шпроты в масле» из рыб Дальневосточного бассейна», выполненной в рамках гранта ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Библиографический список

1. Турусов В.С., Парфенов Ю.Д. Методы выявления и регламентирования химических канцерогенов. М.: Вопросы онкологии, 1986. С. 62–67.
2. S. Kim, K. Jang, Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR, International Journal of Production Economics, Volume 76, Issue 2, 2002, Pages 121–133.
3. Курко В. И. Химия копчения. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 319 с.
4. Пат. № 201949 U1 Российская Федерация, МПК А23В 4/052. Дымогенератор: № 2020128033: заявл. 20.08.2020, опубл. 21.01.2021 / Е.А. Заяц, Э.Н. Ким, В.И. Максимова, Е.Г. Тимчук; заявитель ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».
5. Саадалов Т.Ы., Мырзаibraгимов Р.М., Абдуллаева Ж.Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона и их области применения. Нижневартовск. Бюл. Науки и практики. 2021. С. 270–276.
6. Заяц Е.А., Ким Э.Н. Модель оценки канцерогенности коптильного дыма и копченой продукции // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 10(112). С. 44–49.

Юлия Валериевна Карпенко

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, зав. учебно-лабораторным комплексом, Россия, Владивосток, e-mail: karpenko.iuv@dgtru.ru

Перспективы использования новых промысловых видов двустворчатых моллюсков в технологии пищевых продуктов

Аннотация. Обобщены данные о биологии и пищевом использовании двустворчатых моллюсков сем. Hiatellidae – панопы японской (*Panopea japonica*) и сем. Pholadidae – зирфеи пилсбри (*Zirfaea pilsbryi*). Сделан вывод о необходимости исследования особенностей биологии *P. japonica* и *Z. pilsbryi*, обуславливающие функционально-технологические свойства мяса моллюсков, его пищевую и биологическую ценность. Изучение технохимической характеристики *P. japonica* и *Z. pilsbryi* позволит установить рациональные способы переработки этих моллюсков на пищевые цели. Кроме того, выявление потенциальной биологической активности веществ, содержащихся в мясе и внутренних органов новых промысловых видов, обеспечит разработку функциональных продуктов питания на их основе.

Ключевые слова: двустворчатые моллюски, *Panopea japonica*, *Zirfaea pilsbryi*, гуидак, пищевая технология.

Julia V. Karpenko

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Russia, Vladivostok, e-mail: karpenko.iuv@dgtru.ru

Prospects for the use of new commercial bivalved mollusks in food technology

Abstract. Data on the biology and food use of bivalved mollusks: fam. Hiatellidae – *Panopea japonica* and fam. Pholadidae – *Zirfaea pilsbryi* is analyzed. It was concluded that a detailed study of the features of the biology of *P. japonica* and *Z. pilsbryi* is necessary. The study of the technochemical characteristics of the meat of these mollusks will establish rational methods of its processing for food purposes. In addition, the identification of the potential biological activity of substances contained in shellfish meat will ensure the development of functional food products based on them.

Keywords: bivalves, *Panopea japonica*, *Zirfaea pilsbryi*, geoduck, food technology.

В 2018 г. список водных биоресурсов РФ, которые могут быть освоены рыбной отраслью, пополнился значительным количеством новых видов. В том числе оказались двустворчатые моллюски сем. Hiatellidae – панопы японская (*Panopea japonica*) и сем. Pholadidae – зирфея пилсбри (*Zirfaea pilsbryi*). Эти виды относятся к глубоко зарывающимся моллюскам. Отсюда более распространенное название этих и других родственных видов – гуидаки, или geoduck, заимствованное у индейцев племени Нискволи и буквально означающее «глубоко копающие» [1].

Сем. Pholadidae, к которым относится зирфея пилсбри, – это моллюски, способные проникать в сланец, глину или твердый ил благодаря шероховатой передней части раковины. Из-за высокой защиты, которую моллюск получает, проживая в своей норе, раковина у него достаточно хрупкая [2]. Длина моллюска может составлять 150 мм. Передняя часть

раковины *Z. pilsbryi*, более высокая и шаровидная, чем задняя, не шероховатая часть, и составляет примерно половину всей раковины (рис. 1). Разделяет переднюю и заднюю части вентральная борозда. Задняя часть раковины немного сужается. Створки имеют грубые concentрические гребни, на переднем конце которых расположены напильникообразные выступающие шипы или зубы, которые используются моллюском для рытья. Передний конец створок также часто имеет выступающие шипы или зубцы по краю створки, где расположена щель, через которую выступает ножка. Эта щель не закрывается каллумом даже у взрослых особей. Внутренняя часть створок раковины меловидная с хорошо выраженными мышечными рубцами. Сифон служит для дыхания, передвижения, питания и размножения моллюсков. На основании сифонов может быть виден коричневый периостракум. Цвет сифонов обычно серо-белый, поверхность его имеет мелкие оранжевые хитиновые пятна [3, 4].



Рисунок 1 – Зирфея пилсбри [3]

В отличие от большинства моллюсков сем. Pholadidae, *Z. pilsbryi* может жить вне своей норы в течение длительного периода времени. При бурении моллюск держится ногой за субстрат и раскачивает панцирь вверх и вниз по стенкам норы, попеременно сокращая переднюю и заднюю приводящие мышцы. После каждого удара животное поворачивается примерно на 12 градусов. Чтобы совершить полный круг, требуется около 30 качательных движений, что занимает приблизительно 70 мин. Примерно после одного полного оборота направление вращения меняется на обратное. Периодические сокращения тела создают ток, который выбрасывает отходы из сифона. Живет *Z. pilsbryi* около 8 лет и никогда полностью не перестает рыть нору [3].

Раковина *P. japonica* удлиненная, широко зияющая по всей длине и усеченная сзади. Поверхность створок имеет неравномерные concentрические линии нарастания и покрыта тонким полупрозрачным периостракумом (рис. 2).



Рисунок 2 – Панопа японская [7]

Длина наибольшего экземпляра составляет около 170 мм, а масса тела может достигать 3 кг. Крайне низкий обмен веществ, позволяющий моллюску жить при отсутствии кислорода или его малом содержании несколько недель, обуславливает высокую продолжительность жизни – до 160 лет. Необходимый для жизнедеятельности кислород *P. japonica* может получать путем расщепления особым способом имеющихся в его организме запасов углеводов и жиров [5].

P. japonica обитает на песчаных и песчано-илистых отложениях, в основном на глубинах от 25 м до 35 м [6]. Зарывается в грунт на глубину до 25-30 см, а над поверхностью дна выступает подвижный кончик массивного сифона. Моллюск распространен в Японском море, в южной части Охотского моря, вдоль побережья Хоккайдо и на Южно-Курильском мелководье. Двустворчатые моллюски *P. japonica* на протяжении всей жизни остаются в месте первоначального своего зарывания [7, 8, 9].

Большую часть жизни моллюски проводят зарывшись в слое грунта на 0,3–0,5 м вглубь. *P. japonica* обычно зарывается глубже других видов. Внутри грунта гуйдаки находятся в вертикальном положении. Апикальные части их длинных сифонов с двумя устьями входного и выводного каналов расположены на поверхности грунта [9].

Установлено, что динамика длины раковины с учетом возрастных изменений *P. japonica* и *Z. pilsbryi* имеет различную интенсивность. Скорость роста панопы японской выше, чем зирфеи пилсбри. Кроме того, средние размеры одновозрастных особей *P. japonica* с первого года жизни также превышают таковые у *Z. pilsbryi*. С возрастом происходит усиление данных различий [10].

Проведенный анализ ресурсного потенциала учеными тихоокеанского филиала ВНИРО позволил установить минимальные промысловые размеры длины раковины, составляющие для панопы японской – 80 мм, для зирфеи пилсбри – 60 мм. Достижение таких размеров означает, что большинство особей исследуемых двустворчатых моллюсков будут половозрелыми и хотя бы единожды участвовавшими в нересте [10].

Стоит отметить, что в США и Новой Зеландии широкое распространение получило разведение и выращивание моллюсков сем. Niatellidae на специально созданных морских плантациях (рис. 3). Основным рынком сбыта при этом являются Япония, Китай и Гонконг. Мясо таких гуйдаков имеет более светлый оттенок, размеры раковины и сифона стандартизированы, вес моллюска на 25 % меньше по сравнению с диким видом, также имеет более тонкую оболочку сифона [11].



Рисунок 3 – Разведение моллюсков (США, Сиэтл) [12]

В открытых источниках материалы об использовании описываемых двустворчатых моллюсков в технологии рыбных продуктов носят эпизодический характер. Также отсутствуют рациональные способы переработки этих объектов водных биологических ресурсов на территории РФ. Есть небольшие заметки сегмента NoReCa об использовании гуидаков в пищу, однако систематических данных нет.

Многие авторы отмечают, что эти моллюски широко распространены на рынке стран АТР, США и Канады [13]. Потребление гуидаков в нашей стране носит скорее «экзотический, деликатесный» характер, несмотря на их достаточно широкий ареал в морях дальневосточного региона.

Известно, что в пищу употребляются две основные части гуидака: сифон или шейку, которая свисает из раковины, и мантию (также называемую грудкой), мясистую часть, которая находится внутри раковины [12].

Согласно данным некоторых ритейлеров, текстура мяса гуидаков довольно жесткая. Вероятно, именно с этим связан «американский» способ приготовления, заключающийся в нарезании мяса моллюсков на куски, их тендеризации и обжаривании. В Японии же традиционно мясо гуидаков употребляется в сыром виде с различными соусами и овощами, так называемым сашими, после операций ошпаривания, снятия кожи с сифона и удаления внутренностей. Вкус мяса схож с таковым морского ушка (или галиотиса) – брюхоногого моллюска сем. *Halitidae*, также широко распространённого на рынке Китая и Японии, или более традиционного кальмара [14].

В Китае гуидаки в основном употребляют в составе традиционного горячего горшочка (хого). В корейской кухне моллюски едят сырыми с острым соусом чили, обжаривают или добавляют в супы и тушеные блюда [15].

Школа дальневосточной кухни (РФ, г. Владивосток), которая занимается изучением уникальных свойств объектов растительного и животного происхождения, разработкой рецептов и популяризации кухни дальневосточного региона, рекомендует следующие технологические операции при производстве маринованного гуидака: отделение шеи и сифона от раковины, бланширование в течение 40-60 с для удаления кожи, разрезание сифона на две половины, удаление внутренностей, промывание, тонкую нарезку мяса моллюска, маринование в течение 3-5 мин. Рецепт маринада включает соевый соус, оливковое масло, уксус столовый, тростниковый сахар, сок апельсина, кинзу [16].

Шеф-повар Эндрю Циммерн (USA, WA, Tacoma) предлагает два способа очистки гуидака от жесткой кожи, предусматривающие: 1) бланширование; 2) воздействие открытого пламени горелки. Вкус мяса моллюска он характеризует как «сладко-соленый», текстуру – как «нежную», «хрустящую». Циммерн предлагает использовать гуидака совместно с морской фасолью (лат. *Salicornia*) – еще одним уникальным ингредиентом, – в составе горячего салата [17].

Компания «Zairyo», г. Сингапур, предлагает к реализации тонко нарезанное и подвергнутое шоковой заморозке мясо гуидака (рис. 4), японское название которого – «*mirugai*» (миругай, гигантский моллюск). Срок годности такого продукта составляет 3 месяца в условиях морозильной камеры. Текстура мяса характеризуется как «зубастая, твердая, хрустящая». Под описательной характеристикой «зубастый», видимо подразумевается высокая степень напряжения челюстных мышц во время еды [18].

Таким образом, необходимо дальнейшее исследование особенностей биологии представителей двустворчатых моллюсков сем. *Hiatellidae* – панопы японской и сем. *Pholadidae* – зирфеи пилсбри, обуславливающие функционально-технологические свойства мышечной ткани моллюсков, его пищевую и биологическую ценность. Изучение технхимической характеристики мяса данных моллюсков позволит определить рациональные способы его переработки на пищевые цели в условиях нашей страны. Кроме того, выявление потенциальной биологической активности веществ, содержащихся в мышечной ткани и внутренних органах моллюсков, обеспечит разработку функциональных продуктов питания на их основе.



Рисунок 4 – Вариант промышленной переработки мяса гуидаков [18]

Библиографический список

1. Campbell A. Harvesting and distribution of Pacific geoduck clams, *Panopea abrupta*, in British Columbia / A. Campbell, R.M. Harbo, C.M. Hand // Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 1998. № 125. P. 349–358.
2. Marshall B.A. Comments on some taxonomic changes affecting marine bivalvia of the New Zealand region recently introduced in Huber's Compendium of Bivalves, with some additional taxonomic changes / B.A. Marshall, H. G. Spencer // Molluscan Research. 2013. № 33. P. 40–49.
3. *Zirfaea pilsbryi* Lowe, 1931 [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: https://inverts.wallawalla.edu/Mollusca/Bivalvia/Myoida/Pholadidae/Zirfaea_pilsbryi.html (дата обращения: 20.04.22).
4. Hiebert, T.C. *Zirfaea pilsbryi*. In: Oregon Estuarine Invertebrates: Rudys' Illustrated Guide to Common Species / T.C. Hiebert, B.A. Butler, A.L. Shanks. University of Oregon Libraries and Oregon Institute of Marine Biology, Charleston, OR. 2015.
5. Гуидаки [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <http://smakeev.com/news/77/> (дата обращения: 20.04.22).
6. Contribution to the knowledge of the marine bivalve mollusk fauna of Gangwon Province, Korea / K.A. Lutaenko, R.G. Noseworthy // Journal of Asia-Pacific Biodiversity. 2019. №.12. P. 14–44.
7. Панопея японская – *Panopea japonica* (Adams, 1849) [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: http://www.fegi.ru/primorye/sea/m_dvu22.htm (дата обращения: 20.04.22).
8. Малый атлас двустворчатых моллюсков залива Петра Великого (Японское море) / К.А. Лутаенко, И.Е. Волвенко. Владивосток: ДВФУ, 2017. 140 с.
9. Евсеев Г.А., Яковлев Ю.М. Двустворчатые моллюски дальневосточных морей. Владивосток: Поликон, 2006. 120 с.
10. Соколенко Д.А., Колпаков Е.В. Двустворчатые моллюски *Panopea Japonica* (Hiatellidae) и *Zirfae Pilsbryi* (Pholadidae) – новые объекты промысла для вод России: матер. XII Нац. всерос. науч.-практ. конф. В 2-х ч. Петропавловск-Камчатский: Камчатский гос. техн. ун-т, 2021. С. 134–138.
11. The Market for Geoduck [Электронный ресурс]. 2022. Режим доступа свободный. URL: <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/357429.pdf> (дата обращения: 23.04.22).

12. Everything You Need to Know about Geoducks [Электронный ресурс]. 2022. Режим доступа свободный. URL: <https://www.eater.com/2016/7/17/11691958/what-is-geoduck> (дата обращения: 23.04.22).

13. Ученые рекомендуют ввести в промысел новых моллюсков [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://fishnews.ru/news/33020> (дата обращения: 24.04.22).

14. The Oxford Companion to Food. Alan Davidson. Oxford University Press [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: https://books.google.ru/books?id=RL6LAWAAQBAJ&hl=ru&source=gbs_book_other_versions (дата обращения: 20.04.22).

15. The «phallic» clam America sells to China [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.bbc.co.uk/news/magazine-33261666> (дата обращения: 24.04.22)

16. Школа дальневосточной кухни [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://school.pacificrussiafood.ru/> (дата обращения: 24.04.22).

17. Geoduck with sea beans and porcini recipe [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://fathomseafood.com/blogs/news/geoduck-with-sea-beans-and-porcini-recipe> (дата обращения: 24.04.22).

18. Mirugai sashimi slices [Электронный ресурс]. Режим доступа свободный. URL: <https://www.zairyo.com.sg/mirugai-sashimi-slices-geoduck-slices> (дата обращения: 20.04.22).

Эдуард Николаевич Ким

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Управление техническими системами», ORCID: 0000-0001-7691-8959, РИНЦ: 341865, Scopus: 57300934200, WOS: AAI-6369-2021, Россия, Владивосток, e-mail: kim.en@dgtru.ru

Евгения Петровна Лаптева

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление техническими системами», ORCID: 0000-0002-5360-5594, РИНЦ: 364951, Scopus: 57301076500, WOS: AAN-3376-2022, Россия, Владивосток, e-mail: lapteva.ep@dgtru.ru

Елена Велориевна Глебова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 740901, Россия, Владивосток, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Егор Геннадьевич Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление техническими системами», ORCID: 0000-0003-2473-2081, РИНЦ: 987987, Scopus: 57300934300, WOS: AAI-6311-2021, Россия, Владивосток, e-mail: timchuk.eg@dgtru.ru

Евгений Александрович Заяц

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант гр. ПЭа-112 кафедры «Технологии продуктов питания», ORCID: 0000-0003-4935-0872, РИНЦ: 1080142, Scopus: 57301368400, WOS: AAI-6290-2021, Россия, Владивосток, e-mail: zaiats.ea@dgtru.ru

Повышение экологичности коптильного производства на основе утилизации дымовых выбросов коптильных камер

Аннотация. Коптильное производство связано с риском экологического загрязнения. Установлены физические и химические характеристики коптильных выбросов коптильной камеры Н2ОИК2А, а также состав фенольной фракции дымовых выбросов коптильных камер, показан уровень экологической опасности дымовых выбросов коптильных камер при горячем и холодном копчении, предложены способы утилизации дымовых выбросов коптильных камер.

Ключевые слова: коптильные выбросы, коптильные камеры, горячее копчение, холодное копчение, химический состав, фенольная фракция, полиароматические углеводороды, коптильные препараты.

Eduard N. Kim

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department «Management of Technical Systems», ORCID: 0000-0001-7691-8959, RSCI: 341865, Scopus: 57300934200, WOS: AAI-6369-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: kim.en@dgtru.ru

Evgenia P. Lapteva

Far Eastern Technical Fisheries University, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Management of Technical Systems», Candidate of Technical Sciences, ORCID: 0000-0002-5360-5594; RSCI: 364951, Scopus: 57301076500, WOS: AAH-3376-2022, Russia, Vladivostok, e-mail: lapteva.ep@dgtru.ru

Elena V. Glebova

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD, Associate Professor, ORCID: 0000-0003-4366-3819, SPIN-cod: 9540-4656, AuthorID: 40901, Russia, Vladivostok, e-mail: Glebova.ev@dgtru.ru

Egor G. Timchuk

Far Eastern Technical Fisheries University, Associate Professor, Associate Professor of the Department «Management of Technical Systems», Candidate of Technical Sciences, ORCID: 0000-0003-2473-2081; РИНЦ: 987987, Scopus: 57300934300, WOS: AAI-6311-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: timchuk.eg@dgtru.ru

Evgeny A. Zayats

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student of the PEa-112 group of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0003-4935-0872, РИНЦ: 1080142, Scopus: 57301368400, WOS: AAI-6290-2021, Russia, Vladivostok, e-mail: zaiats.ea@dgtru.ru

Improving the environmental friendliness of smoking production based on the disposal of smoke emissions from smoking chambers

Abstract. Smoke production is associated with the risk of environmental pollution. The physical and chemical characteristics of smoke emissions from the N20IK2A smoking chamber have been established, the composition of the phenolic fraction of smoke emissions from smoking chambers has been established, the level of environmental hazard of smoke emissions from smoking chambers during hot and cold smoking has been shown, methods for utilizing smoke emissions from smoking chambers have been proposed.

Keywords: smoking emissions, smoking chambers, hot smoking, cold smoking, chemical composition, phenol fraction, polyaromatic hydrocarbons, smoking preparations.

Современная стратегия развития рыбохозяйственного комплекса предусматривает создание современных экологически безопасных производств на основе комплексного использования сырья. Одной из основных проблем копильного производства является загрязнение окружающей среды дымовыми выбросами копильных камер.

Перспективным направлением решения указанной проблемы является утилизация дымовых выбросов и производство из них эффективных и экологически безопасных копильных препаратов. Для этого необходимо знать химические и физические характеристики выбросов копильных камер.

При традиционной обработке продукта копильным дымом часть его компонентов осаждается на поверхность продукта и рабочие поверхности копильных камер. Степень осаждения компонентов копильного дыма зависит от различных факторов: температуры копильного дыма, температуры поверхности обрабатываемого продукта, характеристики этой поверхности, скорости потока копильного дыма и др. Однако значительная часть компонентов копильного дыма (до 98 % при горячем копчении рыбы) выбрасывается в

атмосферу, загрязняя окружающую среду. Учитывая, наличие в коптильном дыме таких канцерогенных соединений, как полиароматические углеводороды (ПАУ), дымовые выбросы коптильных камер являются существенным фактором, снижающим экологическую оценку коптильных производств. Известны попытки утилизации дымовых выбросов коптильных камер [1]. Однако предложенные технологии отличаются значительными энергозатратами, а получаемый коптильный препарат из дымовых выбросов недостаточно эффективен при производстве копченой продукции. Исходя из этого, целью настоящей работы являются рекомендации по утилизации дымовых выбросов коптильных камер на основе изучения их химического состава и физических характеристик. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Провести анализ физико-химических характеристик дымовых выбросов коптильных камер.
2. Провести анализ экологической опасности дымовых выбросов коптильных камер.
3. Предложить рекомендации по утилизации дымовых выбросов коптильных камер.

В работе использованы общепринятые методы исследования процесса копчения и копченых продуктов. Отбор проб дымовых выбросов коптильных камер осуществляли с помощью каскада лабораторных ловушек [2]. Общий химический состав дымовых выбросов осуществляли методом группового органического анализа [2]. Анализ фенольного состава – методом газожидкостного анализа с использованием ГЖХ G-1800 фирмы Shimadzu. Анализ ПАУ – методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с использованием колонки Discovery C18 5µm размером 250 мм × 4,6 мм с длиной волны до 254 нм. Кинеметрическую концентрацию дисперсной фазы определяли с помощью каскадного импактора [3]. Для отбора проб использовали аспиратор марки 822, ТУ 9443-043-07618878-2010.

Анализ дымовых выбросов коптильной камеры Н2О-ИК2А, оборудованной дымогенератором Н2О-ИХА.03, позволил установить параметры дымовых выбросов и содержание в них основных коптильных компонентов (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика дымовых выбросах при холодном и горячем копчении рыбы

Показатели дымовых выбросов коптильной камеры Н2О-ИК2А	Величина показателя	
	при горячем копчении рыбы	при холодном копчении рыбы
Объем дымовых выбросов при рециркуляции дыма, м ³ /ч	360-500	340-480
Температура дымовых выбросов, °С	81-92	23-26
Относительная влажность, %	83-93	76-84
Массовая концентрация, мг/ м ³	820-1230	120-186
Содержание фенолов (в пересчете на гваякол), мг/ м ³	25,3-37,8	12,2-19,7
Содержание органических кислот (в пересчете на уксусную), мг/ м ³	230,2-405,4	35,4-142,3
Содержание карбонильных соединений (в пересчете на фурфурол) мг/ м ³	97,5-188,1	25,4-42,5

В процессе горячего копчения рыбы температура коптильного дыма в коптильной камере значительно выше по сравнению с холодным копчением. Исходя из этого, значительная часть коптильных компонентов при холодном копчении находится в дисперсной фазе и осаждается на поверхность рыбы и рабочие поверхности коптильной камеры [4], в результате содержание основных коптильных компонентов дымовых выбросов холодного копчения в 2-6 раз ниже по сравнению с дымовыми выбросами горячего копчения.

Анализ фенольной фракции (важнейших компонентов коптильного дыма для формирования аромата и вкуса копчения, стойкости к микробиальной и окислительной порче) дымовых выбросов коптильных камер в зависимости от вида копчения представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Идентификация фенольных фракций дымовых выбросов коптильных камер

Наименование компонента фенольной фракции	Содержание компонента, % от общей объема фенольной фракции		Температура кипения, °С [5]
	при горячем копчении рыбы	при холодном копчении рыбы	
1	2	3	4
Фенол	1,72±0,16	5,86±0,63	181,75
Циклотен	0,85±0,09	5,87±0,96	162
О-крезол	1,66±0,02	4,63±0,95	185-205
П-крезол	3,47±0,04	7,21±0,32	
М-крезол	1,88±0,02	4,01±0,07	
Гваякол	6,23±0,08	9,54±0,66	205
2,6-диметил-фенол	1,26±0,02	3,55±0,89	212
Веротрол	1,79±0,03	3,44±0,98	206,25
2,5-ксиденол	0,74±0,10	1,66±0,79	211
2,6-ксиленол	1,03±0,02	3,56±0,20	212
Диметилловый эфир гидрохинона	0,58±0,08	3,32±0,56	205
2,4-диметилфенол	0,36±0,05	2,21±0,35	211
2,4-ксиленол	0,64±0,09	2,39±0,48	211
3,5-ксиленол	3,22±0,06	6,28±0,54	219
Фуран	5,38±0,07	8,34±0,88	31,83
3,4-ксиленол	0,77±0,09	0,13±0,02	227
3-этил 5-метил-фенол	0,65±0,09	2,44±0,06	181,75
3-метилпиро-катехин	4,33±0,05	1,12±0,02	246
2,3,5-триметил-фенол	1,87±0,02	0,24±0,05	230
3-метокси-2метилфенол	0,87±0,02	-	231
Тимол	0,47±0,05	0,24±0,07	232,9
2,3,4-триметил-фенол	0,34±0,06	0,18±0,04	234,8
4-метилпиро-катехин	0,27±0,04	0,09±0,01	240
Цис-транс-изоэвгенол	0,64±0,09	-	262
Эвгенол	0,28±0,03	0,07±0,01	252,7
Ванилин	3,65±0,05	1,22±0,02	285
3-изопиро-катехин	0,67±0,06	0,08±0,01	245,9
4-этилрезорцин	1,45±0,02	-	273,8
Сиреневый альдегид	1,89±0,02	3,55±0,02	193
Бензальдегид	0,98±0,02	2,89±0,10	179,2
β-нафтол	2,33±0,03	-	294,8
Ацетосирингон	1,69±0,02	1,07±0,02	261
Пирогаллол	5,56±0,61	0,67±0,10	309
2-ацетилфуран	0,75±0,08	2,54±0,08	173
Неидентифицированные	40,62±3,35	39,09±6,26	

Дымовые выбросы коптильных печей при горячем и холодном копчении содержат практически полный спектр фенольных компонентов, формирующих специфический аромат и вкус копчения, а также стойкость копченого продукта к микробиальной и окислительной порче в процессе хранения [4, 6, 16], что подтверждает гипотезу возможности использования дымовых выбросов для получения коптильных средств. Идентифицированные компоненты фенольных фракций дымовых выбросов коптильных печей содержатся в известных коптильных препаратах и обеспечивают в разной степени их технологические свойства [7].

Некоторые отличия в соотношении индивидуальных компонентов фенольных фракций дымовых выбросов при горячем и холодном копчении можно объяснить влиянию температуры кипения индивидуальных фенольных веществ на процесс конденсации, коагуляции и осаждения их на поверхность обрабатываемой рыбы и рабочие поверхности коптильных

камер [8, 12]. Так температура дымовых выбросов коптильных камер при горячем копчении превышает 80 °С, а при холодном копчении составляет 23-24 °С [6]. Снижение температуры коптильного дыма ускоряет процесс коагуляции частиц дисперсной фазы [8], что способствует их осаждению под действием инерционных сил.

Анализ содержания канцерогенных полиароматических углеводородов (ПАУ) в дымовых выбросах коптильных печей при горячем и холодном копчении приведен в табл. 3.

Таблица 3 – Идентификация фенольных фракций дымовых выбросов коптильных камер

Наименование ПАУ	Содержание ПАУ, нг/л		Температура кипения, °С [9]	Эквивалент токсичности [9]
	при горячем копчении рыбы	при холодном копчении рыбы		
1	2	3		4
1. Бенз(а)антрацен	400	223	438	0,100
2. Хризен	485	265	448	0,010
3. Бенз(б)флуорантен	453	330	382-383	0,010
4. Бенз(а)пирен	541	320	312	1,000
5. Бенз(е)пирен	3527	2110	312	0,010
6. Дибенз(а,с)антрацен	461	142	524	0,010
7. Дибенз(а,h)антрацен	764	223	524	1,000
8. Дибенз(а,i)пирен	46	24	495	1,000

Необходимо отметить значительное количество ПАУ в дымовых выбросах коптильных печей (3637-6627 нг/л), что подтверждает экологическую опасность традиционного коптильного производства и необходимость их ликвидации.

Различия содержания ПАУ в дымовых выбросах коптильных камер может быть объяснено различной температурой. При более низкой температуре ПАУ, имеющие очень высокую температуру кипения, более способны к конденсации и осаждению в составе частиц дисперсной фазы на поверхность продукта и рабочие поверхности коптильной камеры. Для расчета экологической опасности дымовых выбросов предложена модель канцерогенности [10]:

$$D = \sum C_i k_i ,$$

где C_i – концентрация соединения в копченой продукции или коптильном дыме; k_i – коэффициент канцерогенной активности индивидуального ПАУ; i – номер индивидуального ПАУ.

В соответствии с приведенной моделью канцерогенность дымовых выбросов коптильных камер при горячем копчении составляет 1483,91 условных единиц, а при холодном копчении – 617,87, что более чем в два раза ниже.

Среди ПАУ самым опасным канцерогеном до недавнего времени было принято считать бенз(а)пирен БП, который обнаруживается в дыме среди соединений этого класса в наибольших количествах [11, 14, 15]. Необходимо, также отметить, что в дымовых выбросах коптильных печей канцерогенность бенз(а)пирена, по которому регламентирована безопасность копченой продукции составляет только 320-541. Указанный факт показывает целесообразность рассмотрения ПАУ, обладающих наиболее сильной токсичностью, например, дибенз(а,h)антрацен и дибенз(а,i)пирен при оценке экологической безопасности не только дымовых выбросов коптильных печей, но и копченой продукции.

Анализ известных способов очистки дымовых выбросов коптильных камер показывает перспективность абсорбционных способов [12], из которых наиболее экономичным является барботажный, позволяющий при относительно небольших затратах улавливать до 70-80 % органических веществ дымовых выбросов. При этом основная часть ПАУ будет улавливаться водной средой в виде нерастворимых смолоподобных веществ [13], а раствор коптильных компонентов (фенолов, органических кислот, карбонильных соединений, эфиров и др.) может быть использована для производства коптильных препаратов.

Однако для оптимизации процесса утилизации дымовых выбросов коптильных камер целесообразно использовать комбинированные способы и устройства позволяющие максимально утилизировать как канцерогенные компоненты, так и использовать потенциально необходимые для формирования технологических свойств коптильных препаратов, что позволит не только повысить экологичность коптильного производства, но и получать сырье для производства эффективных коптильных препаратов, предназначенных для различной копченой и ароматизированной продукции.

Библиографический список

1. Ким И.Н., Жидков Э.М., Ким Э.Н. Структурное совершенствование получение коптильного препарата типа «Жидкий дым» при очистке дымовых выбросов коптильных камер // Рациональное использование вторичных ресурсов: матер. Междунар. науч. конф. Краснодар: КГТУ, 1997. С. 152–153.
2. Курко В.И. Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов. М.: Пищ. пром-сть, 1977. 191 с.
3. Хван Е.А. Исследование физико-химических основ древесного дыма // Тр. ВНИРО. 1970. Вып. 73. С. 102–121.
4. Курко В.И. Химия копчения. М.: Пищ. пром-сть, 1969. 343 с.
5. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3 т. Т. II. Органические вещества / под ред. Н.В. Лазарева. Л.: Химия, 1976. 624 с.
6. Экологические проблемы при копчении дымовоздушной средой и некоторые аспекты их решения / И.Н. Ким, Г.Н. Ким. Текст: электронный // Изв. вузов. Пищевая технология. 1997. № 6. С. 69–71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-pri-kopchenii-dymovozdushnoy-sredoy-i-nekotorye-aspekty-ih-resheniya/viewer> (дата обращения: 20.03.2022).
7. Исследование химического состава и технологических свойств современных коптильных препаратов / Э.Н. Ким, Е.В. Глебова. Текст: электронный // Изв. ТИПРО. 2008. № 152. С. 356–362. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-himicheskogo-sostava-i-tehnologicheskikh-svoystv-sovremennyh-koptilnyh-preparatov/viewer> (дата обращения: 16.03.2022).
8. Хван Е.А. Некоторые коллоидно-химические свойства коптильного дыма // Тр. ВНИРО. М.: ВНИРО, 1970. Т. 73. С. 102–121.
9. Helmut Greim The MAK-Collection for Occupational Health and Safety // Wiley, 2010. 349 p.
10. Заяц Е.А., Ким Э.Н. Модель оценки канцерогенности коптильного дыма и копченой продукции // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 10(112). С. 47–50.
11. Канцерогенная опасность коптильного дыма / И.Н. Ким, Г.Н. Ким, А.Н. Масаженков. Текст: электронный // Изв. вузов. Пищевая технология. 1998. № 5–6. С. 89–91.
12. Получение коптильных препаратов и их применение в технологии копчения гидробионтов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.04 / Э.Н. Ким. М.: ВНИРО, 1999. 48 с.
13. Ким Э.Н., Ким И.Н., Радакова Т.Н. Оптимизация процесса улавливания компонентами дымовых выбросов в скруббере Вентури // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 1996. Вып. 8. С. 197–200.
14. Rubailo, A. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons as Priority Pollutants / A. Rubailo, A. Oberenko // Institute of Chemistry and Chemical Technology SB RAS. 2008. N 4. P. 344–354. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/polycyclic-aromatic-hydrocarbons-as-priority-pollutants/viewer> (accessed: 16.03.2022).
15. Stolyhwo, A. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – A critical review / A. Stolyhwo, Z. Sikorski // Gdansk University of Technology. 2005. N 91. P. 303–311. URL: https://www.researchgate.net/publication/223071358_Polycyclic_aromatic_hydrocarbons_in_smoked_fish_-_A_critical_review (accessed: 16.03.2022).
16. A Material Perspective of Wood, Smoke, and BBQ / A. Husbans, S. Cranford // Matter of Opinion. 2019. N 5. P. 1092–1095. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259023851930284X> (accessed: 16.03.2022).

УДК 544.777

Дарья Сергеевна Колотова

Мурманский государственный технический университет, канд. хим. наук, зав. научно-исследовательской лабораторией, ORCID: 0000-0002-1700-2323, Россия, Мурманск, e-mail: kolotovads@mstu.edu.ru

Юлия Анатольевна Кучина

Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-3419-1442, Россия, Мурманск, e-mail: kuchinayua@mstu.edu.ru

Николай Георгиевич Воронько

Мурманский государственный технический университет, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-4429-287X, Россия, Мурманск, e-mail: voronkong@mstu.edu.ru

Светлана Ростиславовна Деркач

Мурманский государственный технический университет, доктор хим. наук, профессор, главный научный сотрудник, ORCID: 0000-0002-5871-9320, Россия, Мурманск, e-mail: derkachsr@mstu.edu.ru

Особенности реологического поведения гидрогелей на основе полиэлектrolитных комплексов рыбной желатины и альгината натрия

Аннотация. Исследовано взаимодействие желатины из кожи холодноводных рыб и альгината натрия из бурых водорослей в водной среде с образованием полиэлектrolитных комплексов. Изучены реологические свойства гидрогелей на основе полученных комплексов. Определено соотношение альгинат натрия/желатина, при которых наблюдаются максимальные значения температуры золь-гель перехода, вязкости и модуля упругости.

Ключевые слова: полиэлектrolитные комплексы, рыбная желатина, альгинат натрия, реологические свойства, золь-гель переход.

Daria S. Kolotova

Murmansk State Technical University, PhD, Head of Scientific Laboratory, ORCID: 0000-0002-1700-2323, Russia, Murmansk, e-mail: kolotovads@mstu.edu.ru

Yulia A. Kuchina

Murmansk State Technical University, PhD, Senior Research Fellow, ORCID: 0000-0003-3419-1442, Russia, Murmansk, e-mail: kuchinayua@mstu.edu.ru

Nikolay G. Voron'ko

Murmansk State Technical University, PhD, Senior Research Fellow, ORCID: 0000-0003-4429-287X, Russia, Murmansk, e-mail: voronkong@mstu.edu.ru

Svetlana R. Derkach

Murmansk State Technical University, Doctor of Chemical Science, Professor, Chief Research Fellow, ORCID: 0000-0002-5871-9320, Russia, Murmansk, e-mail: derkachsr@mstu.edu.ru

Features of the rheological behavior of hydrogels based on polyelectrolyte complexes of fish gelatin and sodium alginate

Abstract. In this work, the interaction between fish gelatin and sodium alginate from brown algae in the aqueous media with the formation of polyelectrolyte complexes was studied. The rheological properties of hydrogels based on the obtained complexes have been studied. The characteristic sodium alginate/gelatin ratio corresponding to the maximum values of the sol-gel transition temperature, viscosity, and elastic modulus was determined.

Keywords: polyelectrolyte complexes, fish gelatin, sodium alginate, rheological properties, sol-gel transition.

Полиэлектrolитные комплексы, полученные на основе природных белков и полисахаридов, играют важную роль в биомедицине и фармацевтике, особенно в области инкапсуляции, транспортировки и доставки лекарств благодаря их высокой биосовместимости и потенциально низкой стоимости [1]. Полиэлектrolитные комплексы применяются при разработке систем доставки в течение последних двух десятилетий [2-5]. Популярность метода формирования полиэлектrolитных комплексов обусловлена его относительной простотой, низкой стоимостью и высокой эффективностью по сравнению с обычными процессами, такими как испарение растворителя, эмульгирование, полимеризация и т.д. [6-8]. Кроме того, при образовании полиэлектrolитных комплексов не требуется использование органических растворителей или сшивающих агентов.

При определенных условиях (температура, pH, концентрация компонентов) полиэлектrolитные комплексы могут формировать гидрогели [9]. Однако свойства таких гидрогелей не всегда удовлетворяют требованиям конкретных приложений, следовательно, все больший интерес вызывает разработка стратегий, направленных на модификацию их структуры и, как следствие, физико-химических свойств. Образование полиэлектrolитных комплексов и их физико-химические и реологические свойства зависят от pH реакционной среды, температуры, соотношения полимеров и их молекулярной массы, степени ионизации полимеров, ионной силы и плотности заряда полимера.

Одними из наиболее перспективных на сегодняшний день систем, применяемых для биомедицинских целей, являются системы, содержащие рыбную желатину и полисахариды морского происхождения [10-12]. Это связано с высокой доступностью, низкой стоимостью, безопасностью и биоразлагаемостью данных материалов.

Желатина представляет собой белковое соединение, полученное в результате деструкции нативного коллагена, содержащегося в костях, хрящах и коже млекопитающих и рыб. Наиболее распространенными источниками желатины для промышленного производства являются свиная и бычья кожа, а также кости свиней и крупного рогатого скота. Однако в последние годы наблюдается значительный рост объемов производства желатины из альтернативных источников, к которым относится рыбное сырье. Помимо хорошо известных социально-культурных и ветеринарно-санитарных аспектов [13], существующая проблема рационального использования отходов рыбной промышленности является одной из причин повышенного интереса к рыбной желатине. С каждым годом увеличивается вылов холодноводных рыб из морей Северного бассейна, что делает их привлекательным сырьем для получения желатины. Особый интерес в этом отношении представляет Атлантическая треска, которая является ценным промысловым видом из-за широкого ареала обитания и её питательных свойств. Треска отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот и имеет сбалансированный белково-липидный состав. За последние годы вылов трески в Северном бассейне увеличился на 4% и составил порядка 400 тыс. тонн в год [14].

Значительная часть улова отправляется на переработку с целью получения очищенного от кожи филе, что приводит к накоплению большого количества побочных продуктов, содержащих коллаген. При глубокой разделке рыбного сырья выход коллагенсодержащих

отходов (кожа, чешуя, кости, плавники) составляет от 35 до 60 % от массы рыбы [15]. Значительное количество коллагена содержится в коже рыб – его содержание достигает порядка 90 %.

Желатина, являясь полиамфолитом, может образовывать полиэлектролитные комплексы как с катионными, так и с анионными полимерами, в зависимости от pH среды. В литературе имеется значительное количество работ, посвященное исследованию взаимодействия желатины с полисахаридами различного происхождения, такими как гуммиарабик [16], альгинат натрия [17], κ-каррагинан [18], декстрансульфата и хондроитинсульфата [19] и пр. Одним из наиболее перспективных соединений для образования комплексов с желатиной является альгинат натрия [20], анионный полисахарид, получаемый из бурых водорослей.

Несмотря на то, что многие исследовательские статьи демонстрируют потенциальное применение полиэлектролитных комплексов полисахарид-белок в доставке лекарств, подробные характеристики этих интересных материалов до сих пор не описаны. Особенно интересно с практической точки зрения установление корреляции между структурой таких комплексов и их свойствами.

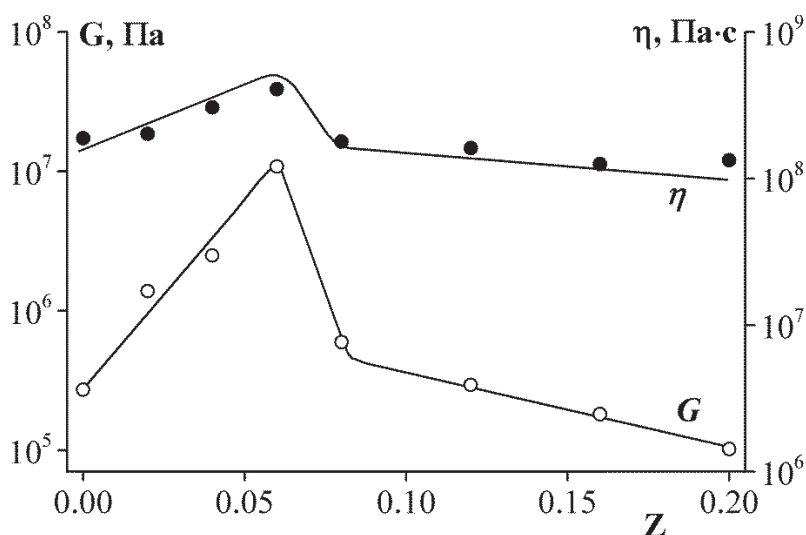
Таким образом, целью данной работы является изучение комплексообразования между желатиной из кожи холодноводных рыб и альгината натрия, полученного из бурых водорослей, а также оценка реологических свойств этих систем, в том числе определение закономерностей гелеобразования. Исследовано влияние массового соотношения альгината натрия и желатины (Z) на характеристики золь-гель перехода и реологические свойства образующихся гелей.

Взаимодействие желатины с альгинатом натрия в водной среде исследовали методом турбидиметрического титрования. Ультрафиолетовые спектры поглощения растворов желатины, альгината натрия и их смесей получали с использованием спектрометра T70 UV/VIS (PG Instruments, Великобритания). Реологические и термические свойства гелей исследовали с использованием модульного компактного реометра MCR 302 (Anton Paar, Австрия), оснащенного измерительной системой конус-плоскость.

Исследовано реологическое поведение гидрогелей гелей на основе полиэлектролитных комплексов рыбной желатины и альгината натрия в широком диапазоне Z . Показано, что для исследуемых систем характерно преобладание модуля накопления над модулем потерь для всех композиций, т.е. системы ведут себя как твердообразные системы. Однако данные, полученные в результате анализа гелей на ползучесть и восстановление, показали, что для всех систем существует сочетание компонентов обратимой и необратимой деформации. Следовательно данные системы представляют собой вязкоупругие материалы или так называемые «мягкие вещества» (soft matter).

Определено характеристическое массовое соотношение альгинат натрия/желатина, при котором наблюдаются максимальные значения температуры золь-гель перехода и реологических параметров. При значениях $Z \leq 0,06$ с ростом концентрации альгината натрия наблюдается увеличение модуля упругости и вязкости за счет увеличения количества полиэлектролитных комплексов, которые играют роль дополнительных узлов сетки геля. При $Z > 0,06$ происходит ухудшение реологических свойств, связанное с образованием растворимых комплексов переменного состава (рисунок).

При Z , приблизительно равном 0,07, наблюдался максимум на зависимости оптической плотности от массового соотношения альгината натрия и желатины. Этот максимум отвечает формированию максимального количества стехиометрических комплексов в результате взаимной нейтрализации зарядов цепи и наиболее эффективного образования ионных пар. Дальнейшее увеличение Z привело к снижению оптической плотности смесей за счет образования растворимых нестехиометрических комплексов альгинат натрия-желатина переменного состава. По мере увеличения содержания альгината натрия, его отрицательный заряд становится некомпенсированным, что приводит к увеличению растворимости комплексов и снижению оптической плотности.



Зависимость модуля упругости (G) и вязкости (η) от Z при 4 °C

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект № 21-73-00191.

Библиографический список

1. Laurienzo P. Marine polysaccharides in pharmaceutical applications: an overview // *Marine drugs*. 2010. Vol, 8. № 9. P. 2435–2465.
2. Dubin P. et al. (ed.). *Macromolecular complexes in chemistry and biology*. Springer Science & Business Media, 2012.
3. Leclercq L., Boustta M., Vert M. A physico-chemical approach of polyanion-polycation interactions aimed at better understanding the in vivo behaviour of polyelectrolyte-based drug delivery and gene transfection // *Journal of drug targeting*. 2003. Vol. 11, № 3. P. 129–138.
4. Kekkonen J., Lattu H., Stenius P. Adsorption kinetics of complexes formed by oppositely charged polyelectrolytes // *Journal of colloid and interface science*. 2001. Vol. 234, № 2. P. 384–392.
5. Shojaei A. H. et al. Buccal mucosa as a route for systemic drug delivery: a review // *J Pharm Pharm Sci*. 1998. Vol. 1, № 1. P. 15–30.
6. Bencherif S. A. et al. Cell-adhesive star polymers prepared by ATRP // *Biomacromolecules*. 2009. Vol. 10, № 7. P. 1795–1803.
7. Ibrahim H. et al. Aqueous nanodispersions prepared by a salting-out process // *International journal of pharmaceutics*. 1992. Vol. 87, № 1–3. P. 239–246.
8. Qi C. et al. Preparation and characterization of catalase-loaded solid lipid nanoparticles protecting enzyme against proteolysis // *International journal of molecular sciences*. 2011. Vol. 12, № 7. P. 4282–4293.
9. Wang C.S. et al. A gelation mechanism for gelatin/polysaccharide aqueous mixtures // *Food Hydrocolloids*. 2018. T. 79. C. 462–472.
10. Karim A.A., Bhat R. Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins // *Food hydrocolloids*. 2009. Vol. 23, № 3. P. 563–576.
11. Siburian W.Z. et al. Fish gelatin (definition, manufacture, analysis of quality characteristics, and application): A review // *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 2020. Vol. 8, № 4. P. 90–95.
12. Szekalska M. et al. Alginate: current use and future perspectives in pharmaceutical and biomedical applications // *International Journal of Polymer Science*. 2016. Vol. 2016.
13. Karim A.A., Bhat R. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects // *Trends in food science & technology*. 2008. Vol. 19, № 12. P. 644–656.

14. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <https://www.fao.org/home/en/> (accessed on 10 November 2021).
15. Wasswa J., Tang J., Gu X. Utilization of fish processing by-products in the gelatin industry // *Food Reviews International*. 2007. Vol. 23, № 2. P. 159–174.
16. Yang Y. et al. Characterisation of interactions between fish gelatin and gum arabic in aqueous solutions // *Food Chemistry*. 2012. Vol. 135, № 2. P. 555–561.
17. Li Y. et al. Sodium alginate–gelatin polyelectrolyte complex membranes with both high water vapor permeance and high permselectivity // *Journal of membrane science*. 2011. Vol. 375, № 1–2. P. 304–312.
18. Haug I. J., Draget K. I., Smidsrød O. Physical behaviour of fish gelatin- κ -carrageenan mixtures // *Carbohydrate Polymers*. 2004. Vol. 56, № 1. P. 11–19.
19. Zorzi G. K. et al. Hybrid nanoparticle design based on cationized gelatin and the polyanions dextran sulfate and chondroitin sulfate for ocular gene therapy // *Macromolecular bioscience*. 2011. Vol. 11, № 7. P. 905–913.
20. Derkach S. R. et al. Rheological properties of fish gelatin modified with sodium alginate // *Polymers*. 2021. Vol. 13, № 5. P. 743.

УДК 664.95

Никита Евгеньевич Котов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, магистрант гр. ТПм-112, Россия, Владивосток, e-mail: nkotov117@gmail.com

Светлана Николаевна Максимова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания», Россия, Владивосток, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Аналитические исследования отходов и потерь при разделке лососевых рыб

Аннотация. Приведены аналитический обзор вылова лососевых рыб в Дальневосточном бассейне, данные отходов и потерь при разделке разных видов лососевых рыб. Сделаны выводы о перспективности использования отходов.

Ключевые слова: водные биоресурсы, лососевые виды рыб, отходы, потери, химический состав.

Nikita E. Kotov

Far Eastern State Technical Fisheries University, Master's Degree Student, Russia, Vladivostok, e-mail: nkotov117@gmail.com

Svetlana N Maximova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Professor, Head of the Department of Food Technology, Doctor of Technical Sciences, Russia, Vladivostok, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Analytical studies of waste and losses during cutting of salmon fish

Abstract. The article provides an analytical review of the catch of salmonids in the Far Eastern experiment, provides data on losses and losses during cutting of different types of salmonids. Conclusions are made about the prospects of using waste.

Keywords: water biological resources, salmon fish species, waste, losses, chemical composition.

На сегодняшний день перед рыбохозяйственным комплексом Российской Федерации остро стоит вопрос о рациональном использовании промысловых видов водных биологических ресурсов (ВБР). Утвержденная постановлением Правительства РФ программа за 2014 г. «Развитие рыбохозяйственного комплекса» определила цели и задачи, решение которых является первостепенными. Так, одной из главных задач является обеспечение перехода от экспортно-сырьевого к инновационному типу развития на основе сохранения, воспроизводства и рационального использования ВБР [1]. В данной области приоритетным направлением является глубокая переработка водных биологических ресурсов, с целью снижения выхода образующихся отходов и расширения ассортимента выпускаемой продукции.

В результате технологической переработки ВБР образуется большое количество отходов. При разделке и переработке рыбы может образовываться до 50 % (от массы рыбы) отходов, богатых полноценным белком, незаменимыми полиненасыщенными жирными кислотами, минеральными веществами и витаминами. Практически все отходы рыбопереработ-

ки можно использовать в дальнейшем для создания вторичных продуктов различного назначения, что позволяет их считать сырьевыми ресурсами. Однако данное вторичное сырье не всегда находит применения в дальнейшей переработке по причине того, что используемые технологии требуют комплексного подхода и, соответственно, значительных дополнительных материальных и экономических затрат, а получаемые продукты имеют низкую рентабельность и не обладают высоким качеством.

Целью работы является расчет и исследование количественного уровня производственных отходов, образующихся в результате разделки ВБР, а также обоснование потенциальной возможности переработки этих отходов для получения пищевой и кормовой продукции.

Наиболее информативными объектами на Дальнем Востоке для анализа являются тихоокеанские лососевые виды рыб. Представленный в таблице 1 фактический уровень вылова за 2018 г. является самым высоким за промежуток от 2015 до 2020 г. и составляет 675,8 тыс. т лососевых (за исключением уходящего 2010 г., данные по которому находятся в обработке) [2]. По этой причине, для наглядности исследования было решено производить последующие расчеты 2018 учетный год.

Таблица 1 – Итоги лососевой путины Дальневосточного бассейна за 2018 год (прогнозируемые и фактические данные) [2]

Вид ВБР	Рекомендованный уровень вылова	Возможный уровень вылова	Фактический уровень вылова	Процент освоения
Горбуша	339 тыс. т		510,4 тыс. т	
Кета	102 тыс. т		111,08 тыс. т	
Нерка	41,2 тыс. т		43,2 тыс. т	
Кижуч	7,7 тыс. т		10,8 тыс. т	
Чавыча	544,5 т		360 т	
Сима	32 т		9 т	
Итого	490 тыс. т		810,5 тыс. т	

Распределение количества вылова по субъектам РФ (относятся к Дальневосточному региону) представлено в табл. 2.

Таблица 2 – Разделение вылова по субъектам РФ [2]

Субъект РФ	Фактический вылов на 2018 год	Отношение к вылову 2016 г.
Камчатский край и Чукотский АО	500 тыс. т	+268, 45 тыс. тонн
Сахалинская область	124, 2 тыс. т	+14,4 тыс. т
Хабаровский край	42,64 тыс. т	-44,2 тыс. т
Магаданская область	7,26 тыс. т	+3,23 тыс. т
Приморский край	1,17 тыс. т	-3,1 тыс. т

Традиционно самыми результативными регионами по количеству выловленных тихоокеанских лососей являются Камчатский край, Чукотский АО и Сахалинская область. Основываясь на приведенных данных, можно сделать предположение о необходимости внедрения инновационных технологий переработки отходов в регионах с высоким выловом лососевых.

Весомую долю из общего количества вылавливаемых лососевых рыб составляет горбуша. В связи с этим, в дальнейших расчетах будут использоваться данные по этому промысловому объекту.

Зная фактический уровень вылова за 2018 г., можно получить приблизительный расчёт технологических отходов для горбуши, учитывая вид разделки – ПБГ (потрошенная без головы) и филе без кожи.

Взяв за основу нормы отходов и потерь, используемых от разделки морских гидробионтов, произведен расчёт составных частей горбуши, с учетом вида разделки («ПБГ» – 90%,

«Филе без кожи» – 6 %, НР – 4 %). Тогда из 510,4 тыс. т выловленной горбуши на ПБГ приходится 459 тыс. тонн, а на филе без кожи – 30,624 тыс. т [3]. Высчитанные данные для каждой составной части при разделке горбуши на ПБГ и на филе без кожи указаны в табл. 3 и 4.

Таблица 3 – Отходы и потери горбуши камчатской, охотской при разделке на ПБГ

	Голова	Внутренности, в том числе:	Икра	Молоки	Печень	Пленки и плавательный пузырь	Итого отходов
%	14,1	17,2	5,2	3,1	3,5	1,1	32,5
тыс. т	64,719	78,948	23,868	14,229	16,065	5,049	148,716

Таблица 4 – Отходы и потери горбуши камчатской, охотской при разделке на филе без кожи

	Голова	Внутренности, в том числе:	Икра	Молоки	Печень	Остальные отходы	Итого отходов
%	14,1	17,2	5,2	3,1	3,5	40,7	72
тыс. т	4,32	5,27	1,59	0,95	1,07	12,464	22,054

Для последующих расчетов и выводов нужно учитывать, что полученные данные об отходах являются предположительными, так как их относят к условно-пищевым отходам, и они могут использоваться в производстве полуфабрикатов. Указанные отходы целесообразно использовать в качестве вторичного сырья для производства готовой продукции. Однако, из-за высокой затратности использования современных технологий изолятов, концентратов, гидролизатов, большая часть этих отходов подвергается утилизации.

Зная химический состав различных частей тела самцов и самок горбуши, добытых в июле-августе в разных районах (западная Камчатка, лиман р. Амура, реки северного Приморья), можно высчитать количество жиров, белков и минеральных веществ (зола) [4], содержащихся во вторичном сырье. Данная информация поможет посмотреть на проблему переработки отходов более углубленно и детально. Химический состав основных составных частей горбуши указан в табл. 5.

Таблица 5 – Химический состав отходов от разделки лососевых видов рыб [4]

Часть тела	Пределы содержания, %		
	жир	белок	зола
Голова	15,2-19,8	14,6-15,3	2,9-4,3
Позвоночник, плавники	8,0-11,1	19,7-21,0	6,1-8,5
Желудок и кишечник	3,0-5,2	15,3-19,1	1,4-1,8
Печень	3,9-8,0	12,7-19,2	1,2-1,8
Молоки	0,3-1,6	13,4-16,5	1,4-2,6
Икра	8,9-14,7	22,9-27,6	1,2-2,0
Кожа	10,5-16,1	-	-

Содержание химических элементов, рассчитанное в весовых единицах для составных частей, указано в табл. 6 и 7.

Таблица 6 – Содержание химических элементов в весовых единицах для разделки ПБГ

Часть тела	Содержание в весовых единицах (тыс. тонн)		
	Жир	Белок	Зола
Голова	9,8373-12,8144	9,449-9,902	1,8769-2,783
Печень	0,6265-1,2852	2,0403-3,08448	0,1928-0,2892
Молоки	0,0427-0,2277	1,9067-2,3478	0,1992-0,3700

Таблица 7 – Содержание химических элементов в весовых единицах для разделки на филе

Часть тела	Содержание в весовых единицах, тыс. т		
	Жир	Белок	Зола
Голова	0,6566-0,8554	0,6307-0,6610	0,1253-0,1858
Печень	0,0417-0,0856	0,1359-0,2054	0,0128-0,0193
Молоки	0,00285-0,0152	0,1273-0,1568	0,0133-0,0247

Как видно из представленных данных, с пищевой точки зрения самыми ценными являются головы лососевых за счет преобладающего содержания белка и жира, в сравнении с другими видами отходов. Их целесообразно использовать для получения пищевой продукции, белковых гидролизатов и рыбного жира. Печень может являться сырьем для производства полипептидных комплексов [5].

Перед отечественным производителем, который занимается выловом и переработкой лососевых рыб, стоит главная задача – максимальное получение выгоды от реализации при минимальных затратах. По этой причине государству необходимо пристально следить и регламентировать деятельность рыбохозяйственного комплекса. При этом принципиально важно работать в направлении обеспечения продовольственной безопасности. Без четкого понимания существующих проблем, связанных с переработкой отходов от разделки промысловых видов рыб, сложно решить задачи правительственной программы.

В связи с этим актуальным направлением является разработка технологий глубокой переработки рыбного сырья, в частности тихоокеанских лососевых видов рыб, с целью получения не только основных видов пищевой продукции, но и продукции на основе вторичных сырьевых ресурсов, таких как отходы от разделки. Научные исследования в данной области позволят как создать новые подходы, так и усовершенствовать классические методы переработки отходов от разделки лососевых видов рыб.

Библиографический список

1. Развитие рыбохозяйственного комплекса: Государственная программа. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/863/events/> (дата обращения: 10.12.2021) [Текст: электронный].
2. Итоги деятельности Федерального агентства по рыболовству в 2018 году. URL: <http://fish.gov.ru/ob-agentstve/kollegiya-rosrybolovstva/> (дата обращения: 10.12.2021). [Текст: электронный].
3. Единые нормы отходов и потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве пищевой продукции из морских гидробионтов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/499053305> (дата обращения: 10.12.2021). [Текст: электронный].
4. Кизеветтер И.В. Технологическая и химическая характеристика промысловых рыб тихоокеанского бассейна: монография. Владивосток: Дальиздат, 1971. 297 с.
5. Способ получения водорастворимого полипептидного комплекса из печени рыб лососевых пород. URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2409291> (дата обращения: 10.12.2021). [Текст: электронный].

Александра Игоревна Крикун

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, канд. техн. наук, доцент, ORCID: 0000-0002-9330-2555, Россия, Владивосток, e-mail: aleksa13@list.ru

Сергей Дмитриевич Руднев

Кемеровский государственный университет, доктор техн. наук, профессор, ORCID: 0000-0003-2506-6121, Россия, Кемерово, e-mail: sdrudnev@yandex.ru

Вероника Вячеславовна Феоктистова

Кемеровский государственный университет, аспирант, ORCID: 0000-0002-7680-2611, Россия, Кемерово, e-mail: feonika13@mail.ru

Исследование современных аспектов фильтрования морской воды

Аннотация. Представлен один из этапов ряда исследований авторов в области изменения свойств механоактивированных воды и суспензий на стеклянной модели и разработанной и сконструированной фильтрующей установке, а именно: этап теоретического исследования современных аспектов процесса фильтрования морской воды, включающий обоснование применения насыпных зернистых перегородок, анализ механических методов обработки воды (с описанием возможных эффектов, а также влияние изменения показателей в процессе воздействия), обсуждение имеющихся результатов и дальнейших исследований.

Ключевые слова: морская вода, механоактивация, фильтрование, опреснение, рыбоперерабатывающие предприятия.

Alexandra I. Krikun

Far Eastern State Technical Fisheries University, PhD of Engineering Sciences, Associate Professor, ORCID: 0000-0002-9330-2555, Russia, Vladivostok, e-mail: aleksa13@list.ru

Sergei D. Rudnev

Kemerovo State University, Doctor of Technical Science, Professor, ORCID: 0000-0003-2506-6121, Russia, Kemerovo, e-mail: sdrudnev@yandex.ru

Veronika V. Feoktistova

Kemerovo State University, Postgraduate Student, ORCID: 0000-0002-7680-2611, Russia, Kemerovo, e-mail: feonika13@mail.ru

Study of modern aspects of seawater filtration

Abstract. This paper presents one of the authors' studies in the field of changing the properties of mechanically activated water and suspensions on a glass model and a developed and constructed filtering equipment, namely the stage of theoretical study of modern aspects of the seawater filtration process, including justification for the use of bulk granular partitions, analysis of mechanical methods of water processing (with a description of possible effects, as well as the impact of

changing indicators in the process of exposure), discussion of available results and further research.

Keywords: seawater, mechanical activation, filtration, desalination, fish processing enterprises.

Ранее авторами на базе двух вузов был проведен ряд экспериментальных исследований изменения свойств механоактивированных воды и суспензий при разных подходах к механическому диспергированию на стеклянной модели и разработанной и сконструированной фильтрующей установке [1]. Результаты проведенных исследований позволили сделать вывод, что наибольший интерес для исследований представляет вибромеханоактивация, поскольку дольше всего сохраняет активированное состояние при минимальном времени активации. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение процесса обработки/фильтрации морской воды, в связи с этим в данной работе необходимо решить следующие задачи:

- обосновать применение насыпных зернистых перегородок;
- проанализировать механические методы обработки воды и описать возможные эффекты, а также влияние изменения показателей в процессе воздействия;
- провести анализ имеющихся результатов и определить последующие этапы исследования.

Обработка морской воды (в данной работе под этим процессом подразумевается комплекс действий, направленных на получение воды заданного качества, посредством механоактивации, фильтрации и опреснения) играет важную роль для определенных сфер деятельности, в особенности для отдаленных береговых и островных пищевых (в частности рыбоперерабатывающих) предприятий, плавбаз, где очистка морской воды и ее опреснение является жизнеобеспечивающим фактором функционирования их деятельности. Зачастую это происходит по причине экономии, недостаточности и/или отсутствия пресных источников водоснабжения, в следствие чего используется морская вода из ближайшей акватории, относящаяся к агрессивным средам и отличающаяся от пресной физико-химическими свойствами [2].

Морская вода представляет собой многокомпонентный раствор электролитов и содержит все элементы, входящие в состав литосферы, такая вода не пригодна для использования в питьевых и хозяйственно-бытовых целях ввиду высокой концентрации растворенных солей [3]. Процесс фильтрации морской воды подразумевает совокупность мероприятий, которые должны быть направлены не только на уменьшение концентрации солей (опреснение), но и удаление посторонних примесей из воды, представляющих собой взвешенное (грубодисперсное), коллоидное и растворенное состояние [2]. В результате данных мероприятий вода должна соответствовать показателям нормативов питьевого водоснабжения и промышленного водопотребления. На сегодняшний день накоплен опыт применения различных технологий как опреснения, так и очистки морской воды, однако для достижения наилучшего результата необходим комплексный подход обработки морской воды, основанный на эмпирическом изучении составляющих данного процесса.

Так технологический цикл может включать разные способы обработки воды, в основе которых лежат механические, физико-химические и биологические методы. Многообразие существующих методов объясняется тем, что ни один из них не может считаться универсальным, приемлемым для конкретных условий и зависит от назначения готовой воды, начальной концентрации солей и наличия других примесей (железо, марганец, сероводород, аммоний, болезнетворные бактерии), заданной производительности оборудования. Наряду с этим немаловажным аспектом является то что без механической очистки остальные методы теряют свою эффективность, что еще раз подчеркивает важность изучения и подбора оптимально возможного решения, учитывающего специфические условия деятельности. Например, резкое колебание состава и расхода воды по часам суток, дням неде-

ли, а также использование в производственном процессе морской воды для дефростации замороженных морепродуктов, санитарной обработки оборудования и помещений, ограниченный период работы предприятий во время путины в течение четырех-пяти месяцев, периодичность или сезонность образования, использование различного сырья даже в течение одного дня, высокое солесодержание стоков делает применение биологических методов очистки невозможным [4].

Таким образом, особый интерес для исследования в условиях Дальневосточного региона представляют береговые рыбоперерабатывающие предприятия и плавбазы, где расход технологической воды на тонну сырья продукции в среднем достигает $14,5 \text{ м}^3$, а используемая вода должна удовлетворять определенным требованиям, поскольку большая часть технологических операций на рыбоперерабатывающих предприятиях (мойка, разделка и мн. др.) неосуществима без наличия воды повышенного качества (связано с прямым контактом воды с сырьем). Требования, предъявляемые к качеству воды, предназначенной для одной и той же технологической цели на рыбоперерабатывающих предприятиях, могут различаться на разных предприятиях и зависеть от оборудования, методов производства и от вида производимой продукции. Однако общие требования к составу и свойствам морской воды определяются совокупностью физических и химических характеристик, к которым относятся: наличие плавающих примесей (веществ), цвет, запахи и привкусы, общее солесодержание, а также жесткость, водородный показатель, активности ионов водорода [2].

Таким образом первой и необходимой стадией подготовки морской воды на рыбоперерабатывающих предприятиях является фильтрование, именно этим обусловлена актуальность исследования данного процесса [2]. Как известно, традиционные методы фильтрования воды предназначены, в основном, для удаления взвешенных и коллоидных веществ, продуктов антропогенного воздействия: хлорорганических соединений, поверхностно-активных веществ, аммония, нитратов, не учитывая качественные показатели состава фильтрата. К числу подобных показателей можно отнести, минерализацию как физико-химический параметр водного раствора, т.к., современные требования к качеству очищенной воды подразумевают необходимое присутствие в питьевой воде ионов солей: кальция, магния, хлоридов, фторидов и т.д. Считается, что фильтровальные установки производят очистку достаточной степени чтобы соответствовать нормативным документам, однако такая вода может быть не сбалансирована по солесодержанию. Это объясняется тем, что при некоторых технологиях, например, обратноосмотическом мембранном способе могут «задерживаться» до 99% содержащихся в воде ионов солей, что на выходе представляет собой дистиллят, не всегда пригодный для использования [5, 6].

Одним из приоритетных направлений, позволяющих достичь максимального эффекта при подготовке воды, является фильтрование через слои зернистых фильтрующих материалов с различными гранулометрическими, физико-химическими и сорбционными свойствами [2]. Также, методами фильтрования может быть достигнуто не только удаление из нее токсичных элементов с целью обезвреживания, но и регулирование процесса опреснения или напротив обогащения воды ионами солей, что зависит от вида используемой зернистой загрузки. Следовательно, целесообразно контролировать содержание большого количества солей в морской воде, которое отрицательно сказывается на оборудовании технологических линий, например, вызывая образование накипи, коррозию, засоление и тем самым выводя его элементы из строя.

Принцип очистки и опреснения морской воды методом фильтрования прост и заключается в пропускании воды через слои фильтрующей загрузки, способной не только задерживать нежелательные примеси, но и обогатить воду необходимыми элементами, сбалансировав фильтрат по минеральному составу [7]. Анализ работ [8-11] и др. ученых, занимающихся исследованием процесса фильтрования через разделительные фильтрующие перегородки, выявил, что: эффективность процесса напрямую зависит от физико-химических свойств твердых механических примесей и характеристик фильтрующей перегородки, представляющей собой основную часть фильтра; в процессе фильтрования через филь-

трующие перегородки на них и в их толщине происходит накопление загрязнений, уменьшается свободный объем пор и возрастает гидравлическое сопротивление загрузки, что приводит к росту потерь напора и снижению пропускной способности, следовательно, перегородка должна иметь минимальное гидравлическое сопротивление и обеспечивать хорошую задерживающую способность твердых механических примесей.

Фильтрующие перегородки классифицируются по следующим признакам: по принципу действия (поверхностные и глубинные); по материалам, из которых они изготовлены (хлопчатобумажные, шерстяные, синтетические, стеклянные, керамические и металлические); по структуре (гибкие и негибкие) [12]. Анализ фильтров с различными видами фильтрующих перегородок [2] показал явное преимущество насыпных и намывных фильтров, перед сетчатыми и ткаными. Поскольку они: эффективно очищают воду от механических примесей при относительно небольшом давлении; имеют фильтрующую загрузку способную длительное время работать без регенерации; имеют простую и надежную конструкцию; устойчивы к агрессивным условиям эксплуатации; наиболее экономичны. Перечисленные особенности обуславливают использование данного типа фильтрования, для водоподготовки на рыбоперерабатывающих предприятиях. Однако сетчатые и тканевые фильтрующие перегородки могут использоваться в качестве вспомогательной перегородки для других видов фильтров (например, быть подложкой для зернистых материалов в насыпных фильтрах).

В последнее время специалистами все большее предпочтение отдается комбинированным методам обработки воды и доведения её свойств до нужных показателей, ввиду того что применение различных методов позволяет вобрать в технологию наиболее эффективные приемы и достичь высокой эффективности, низкой стоимости, простоте обслуживания и низким эксплуатационным затратам. К таким способам относятся возможности механоактивации.

Механоактивация (вибро- и вибромеханоактивация) воды и растворов при фильтровании является сложнейшим, многоступенчатым процессом изменения энергетического состояния жидкости под действием механических воздействий (вибрации, вибромеханических воздействий). Осуществление таких процессов происходит за счет энергии состояния фильтруемой среды, вызванной вибрацией, вибромеханическими воздействиями и разницей давлений в камерах исходной суспензии и готового фильтрата, то есть, над и под разделительной фильтрующей перегородкой. На данный момент ведущими учеными в направлении механоактивации жидкостей [13-16] уже установлено, что данный процесс способен оказывать на них комплексные воздействия, запуская химические реакции.

Непосредственные механические воздействия на молекулярные образования, приводят к неупорядоченному состоянию, ослаблению и разрыву межмолекулярных связей и самоорганизации до достижения энергетического равновесного состояния (гигантские гетерофазные кластеры воды разбиваются на множество кластеров малых размеров), снижают вязкость и поверхностное натяжение. Одним из современных способов механоактивации в пищевой промышленности является виброактивация, а наиболее перспективными в настоящее время являются устройства вибрационного действия [14, 15, 17-22]. Интерес к исследованию изменения таких свойств, как температура и pH в процессе механоактивации (виброактивации) воды и водных суспензий обусловлен тем, что эти показатели являются наиболее значимыми в процессах переработки продуктов питания. Кроме того, водородный показатель напрямую связан с жесткостью воды. Данный показатель приводит к коррозии и преждевременному выходу оборудования из строя и неприменим в ряде технологических процессов [23-25].

Анализ предварительно полученных экспериментальных данных [1] показал, что при перемешивании воды отмечается типичное данному процессу снижение температуры в диапазоне значений от 12 % до 18 %. Согласно закону вязкого трения Ньютона, вязкость воды должна повышаться со снижением температуры, однако обзор литературы и ранее проведенные исследования указывают на ее понижение при механоактивации. Не типич-

ное поведение вязкости объясняется с точки зрения теории кластеров. Этим же объясняется рост температуры механоактивированной мешалкой воды с течением времени. При вибро- и вибромеханоактивации воды и суспензии же наблюдается устойчивый рост и поддержание температуры в диапазоне значений от 12 % до 13 %. Что касается результатов исследования водородного показателя, то он понижался как ниже нейтрального значения (менее 7), принимая кислотное состояние, так и повышался выше нейтрального значения (более 7), принимая щелочное состояние. Однако, данные показатели лежат в допустимых пределах для воды хозяйственно-питьевых и технологических нужд (от 6 до 9).

Вышеперечисленная информация указывает на актуальность исследования возможности получения водных растворов с заданными свойствами путем виброактивации и совместного применения механоактивации и виброактивации – вибромеханоактивации, разработки технологии их получения и внедрения в производственные процессы (в частности в процесс фильтрования, конкретнее виброфильтрования с перегородками). В настоящее время на основе имеющихся теоретических и экспериментальных наработок коллективом авторов (Рудневым С.Д., Крикун А.И., Феоктистовой В.В. и Максимовым В.В.) разработана конструкция намывного фильтра с вибропатронными насыпными перегородками (подача заявка на изобретение). Данное устройство спроектировано с целью повышения производительности и качества фильтрата, а также промывки и регенерации без применения реагентов, сокращения расхода промывной воды и фильтрующих материалов: порошкообразных и насыпных зернистых. Наряду с вышесказанным, фильтр обладает широкой областью применения.

Закономерным этапом является исследование процесса фильтрования морской воды после их вибро- и вибромеханоактивации на стеклянной модели и разработанной и сконструированной фильтрующей установке [1], который должен быть направлен на изучение физических характеристик качества фильтрата с последующим анализом полученных данных. В результате необходимо экспериментально доказать целесообразность применения вибро-, вибромеханоактивации морской воды при фильтровании для повышения пропускной способности с целью интенсификации данного процесса.

Библиографический список

1. Rudnev S.D. Changing properties of mechanically activated water suspensions / S.D. Rudnev, A.I. Krikun, V.V. Feoktistova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Krasnoyarsk: IOP Publishing Ltd. 2021. Vol. 1155. P. 12042. DOI 10.1088/1757-899X/1155/1/012042.
2. Крикун А.И. Совершенствование процесса фильтрования воды на рыбоперерабатывающих предприятиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Крикун Александра Игоревна. Кемерово, 2017. 219 с.
3. Вода в химической промышленности: [Электронный ресурс] // Doc4web – Хостинг документов ученикам и учителям, 2014-2022. Режим доступа: <https://doc4web.ru/himiya/voda-v-himicheskoy-promishlennosti.h-tml?#>.
4. Кунденко С.Б. Технология реагентной очистки стоков с высоким содержанием морской воды рыбоперерабатывающих предприятий // Вестн. ИШ ДВФУ. 2019. № 3(40). С. 123–132.
5. Химическая технология. Курс лекций [Электронный ресурс] // window.edu – Единое окно доступа к информационным ресурсам, 2005-2022. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/078/48078/files/novsu113.pdf>.
6. Поможет ли TDS-метр измерить качество воды [Электронный ресурс] // Аквафор, 2020-2022. Режим доступа: <https://blog.aquaphor.ru/analiz-vody-tds-metr#>.
7. Веселов Ю.С. Водоочистное оборудование. Конструирование и использование / Ю.С. Веселов, И.С. Лавров, Н.И. Рукобратский. Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1985. 232 с.

8. Панов С.Ю. Совершенствование процессов энергосберегающей регенерации фильтровальных перегородок в системах промышленного пылеулавливания: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Панов Сергей Юрьевич. Иваново, 2011. 419 с.

9. Шигапов И.И. Разработка и исследование процесса формирования структур намоток пористых перегородок трубчатых текстильных фильтров: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Шигапов Ильяс Исхакович. М., 2005. 177 с.

10. Ширяева Е.В. Процессы фильтрования суспензий и обезвоживания осадков на промышленных вакуум-фильтровальных установках непрерывного действия: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Ширяева Елена Васильевна. М., 2011. 130 с.

11. Пайметов А.Н. Разработка текстильных фильтров специального назначения, применяемых в ядерной энергетике: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.02 / Пайметов Андрей Николаевич. М., 2016. 154 с.

12. Фильтровальные перегородки. [Электронный ресурс] // Studwood.ru. 2017-2021. – Режим доступа: https://studwood.ru/2142632/tovarovedenie/filtrovalnye_peregorodki.

13. Руднев, С.Д. Изменение свойств воды при её механоактивации / С.Д. Руднев, Т.В. Шевченко, И.Ю. Сергеева // Актуальные направления научных исследований: технологии, качество и безопасность: матер. Нац. всерос. конф. 2020. С. 121–124.

14. Шевченко, Т.В. Особенности строения молекулы воды и способы изменения ее свойств / Т.В. Шевченко Ю.В. Устинова Е.Ю. Теплова // Инновации в пищевой промышленности: образование, наука, производство: матер. ВНК. 2016. С. 147–149.

15. Блехман, И.И. «Аномальные» явления в жидкости при действии вибрации / И.И. Блехман, Л.И. Блехман, Л.А. Вайсберг, В.Б. Васильков, К.С. Якимова // Доклады академии наук. Механика. 2008. Т. 422, № 4. С. 470–474 // Изв. СПбГТИ (ТУ). 2007. № 1(27). С. 110–115.

16. Гончарук, В.В. Кластеры и гигантские гетерофазные кластеры воды / В.В. Гончарук, В.Н. Смирнов, А.В. Сыроешкин, В.В. Маляренко // Химия и технология воды. 2007. Т. 29, № 1. С. 3–17.

17. Руднев, С.Д. Интенсификация процесса получения однородных высококонцентрированных смесей с жидкой фазой в технологии производства хлеба / С.Д. Руднев, А.С. Марков, В.В. Иванов, А.В. Мещанинов, А.В. Прилипко // Международный научно-исследовательский ж. 2017. № 07(61), ч. 3. С. 72–78.

18. Зиновьева, Е.В. Влияние механоактивации на структурные свойства перемешиваемого цементного теста / Е.В. Зиновьева, С.В. Федосов, М.В. Акулова // Вестн. гражданских инженеров. 2015. № 3(50). С. 159–162.

19. Скосарь В.Ю. Возможные механизмы энерговыделения в кавитационных устройствах // Авиационно-космическая техника и технология. 2014. № 7. С. 27–33.

20. Ефремов, И.М. Процесс распространения колебаний в условиях перемешивания смесей / И.М. Ефремов, К.Н. Фигура // Системы. Методы. Технологии. 2010. № 2(6). С. 42–45.

21. Колпаков А.В. Исследование процесса диспергирования жидких сред импульсным гидродинамическим способом // Техника и технологии в животноводстве. 2012. № 3. С. 122–128.

22. Блехман И.И. Что может вибрация? О «вибрационной механике» и вибрационной технике. М.: Ленанд, 2017. 216 с.

23. Кульский, Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды: в 2 ч. / Л.А. Кульский, И.Т. Гороновский, А.М. Когановский, М.А. Шевченко. Киев: Наукова думка, 1980. 1206 с.

24. Биленко Л.Ф. Новый справочник химика и технолога. 8.5. Механическая активация при диспергировании твердых материалов. 8.5.1. Сущность механической активации материалов и области ее использования. [Электронный ресурс] // chemanalytica.com, 2000-2021. Режим доступа: http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_te-khnologa/09_protsesty_i_apparaty_khimicheskikh_tekhnologiy_chast_I/5252.

25. Воробьев Ю.В. Основы теории механоактивации жидких сред // Вестн. ТГТУ. 2013. № 3. С. 608–613.

Вадим Дмитриевич Мостовой

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, аспирант гр. ПЭа-212, Россия, Владивосток, e-mail: vadim_14@inbox.ru

Валерий Дмитриевич Богданов

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор кафедры «Технологии продуктов питания», Россия, Владивосток

Андрей Андреевич Симдянкин

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, старший преподаватель кафедры «Холодильная техника, кондиционирование и тепло-техника», Россия, Владивосток

Технологическое проектирование производства рыбных продуктов, обогащенных геропротекторами

Аннотация. Питание – важный фактор, обеспечивающий здоровье, работоспособность и бодрость человека в течение всей его жизни и особенно в пожилом возрасте. Научно подтверждено, что с помощью питания можно увеличить продолжительность жизни на 25-40 %. Поэтому целесообразно создавать продукты геродиетического профиля с учетом необратимых процессов в физиологии пожилых людей, ведущих к развитию патологии сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, онкологии, диабета и др. Целью данной работы является технологический расчёт и проектирование производства рыбных кулинарных продуктов, обогащённых геропротекторами.

Ключевые слова: геродиетическое питание, обогащённые продукты, рыбные котлеты, технологическая линия, оборудование.

Vadim D. Mostovoy

Far Eastern State Technical Fisheries University, Postgraduate Student IEP-212, Russia, Vladivostok, e-mail: vadim_14@inbox.ru

Valery D. Bogdanov

Far Eastern State Fisheries Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food technology, Russia, Vladivostok

Andrei A. Simdiankin

Far Eastern State Fisheries Technical University, Senior Lecturer of the Department of Refrigeration, air conditioning and heating engineer, Russia, Vladivostok

Technological design of production of fish products enriched with geroprotectors

Abstract. Nutrition is an important factor that ensures the health, efficiency, and vigor of a person throughout his life and especially in old age. It is scientifically confirmed that with the help of nutrition, it is possible to extend life expectancy by 25-40 %. Therefore, it is advisa-

ble to create products of a herodietic profile that take into account irreversible processes in the physiology of the elderly, leading to the development of pathology of the cardiovascular system, musculoskeletal system, oncology, diabetes, etc. The purpose of this work is the technological design of the production of fish culinary products enriched with geroprotectors.

Keywords: herodietic nutrition, enriched products, fish cutlets, processing line, equipment.

Введение

Считается, что биологический возраст человека составляет 90-100 лет. Однако, как показывает статистика, в Российской Федерации очень незначительная часть населения страны доживает до такого возраста вследствие преждевременного старения, обусловленного особенностями жизни каждого конкретного человека. По результатам исследований, почти 75 % пожилого населения Российской Федерации питается неправильно: излишне много употребляет продуктов с высоким содержанием углеводов, жира животного происхождения, рационы имеют атеросклеротическую направленность. В них не хватает молочных продуктов, овощей, фруктов, рыбы и морепродуктов содержащих необходимые эссенциальные, минорные, и биологически активные вещества [1, 2, 3]. Поэтому разработка и производство сбалансированных по химическому составу продуктов геродиетической направленности из сырья водного происхождения важная научно-производственная задача для рыбной отрасли Дальнего Востока.

В ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз» последние три года разрабатывалась криотехнология получения сухих концентратов морепродуктов проявляющих свойства 9 пищевых биокорректоров за счет содержания в них каротиноидов, нуклеопротеидов, аминокислот, коллагена, гексозаминов, гликозидов, минеральных и балластных веществ, полиненасыщенные жирные кислоты, в том числе семейства $\omega 3$ и $\omega 6$. Попадая с пищей в организм человека, они замедляют процессы старения и оказывают корригирующее действие на метаболические процессы, что повышает качество жизни и способствует долголетию.

Разработанные сухие концентраты морепродуктов легли в основу нескольких технологий рыбных продуктов, обогащённых геропротекторами. Одной из таких технологий является производство обогащённых рыбных кулинарных продуктов (рыбных котлет), следующим этапом развития которой должна стать стадия технологических расчётов и технологическое проектирование производства.

Целью данной работы является технологический расчёт и проектирование производства рыбных кулинарных продуктов, обогащённых геропротекторами. Для этого необходимо разработать нормативную документацию на производство рыбных продуктов, обогащённых геропротекторами, произвести расчет потребности сырья в процессе движения по стадиям производства, подобрать оборудование и спроектировать технологическую линию.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась технология производства рыбных кулинарных продуктов, структурная схема которой приведена на рис. 1. В качестве основного сырья используется минтай мороженный, горбуша мороженая, краснопёрка мороженая, сельдь тихоокеанская мороженая, а также смеси сухих концентратов морепродуктов, состав которых представлен в табл. 1.

Для выбора и расчета технологического оборудования участка по производству рыбных продуктов, обогащённых геропротекторами произведен продуктовый расчет с целью определения количества сырья, перерабатываемого на каждой технологической операции и выхода готовой продукции. Установленная производственная мощность участка – 1 т/сут.

Рецептуры рыбных продуктов, обогащённых геропротекторами представлены в табл. 2.

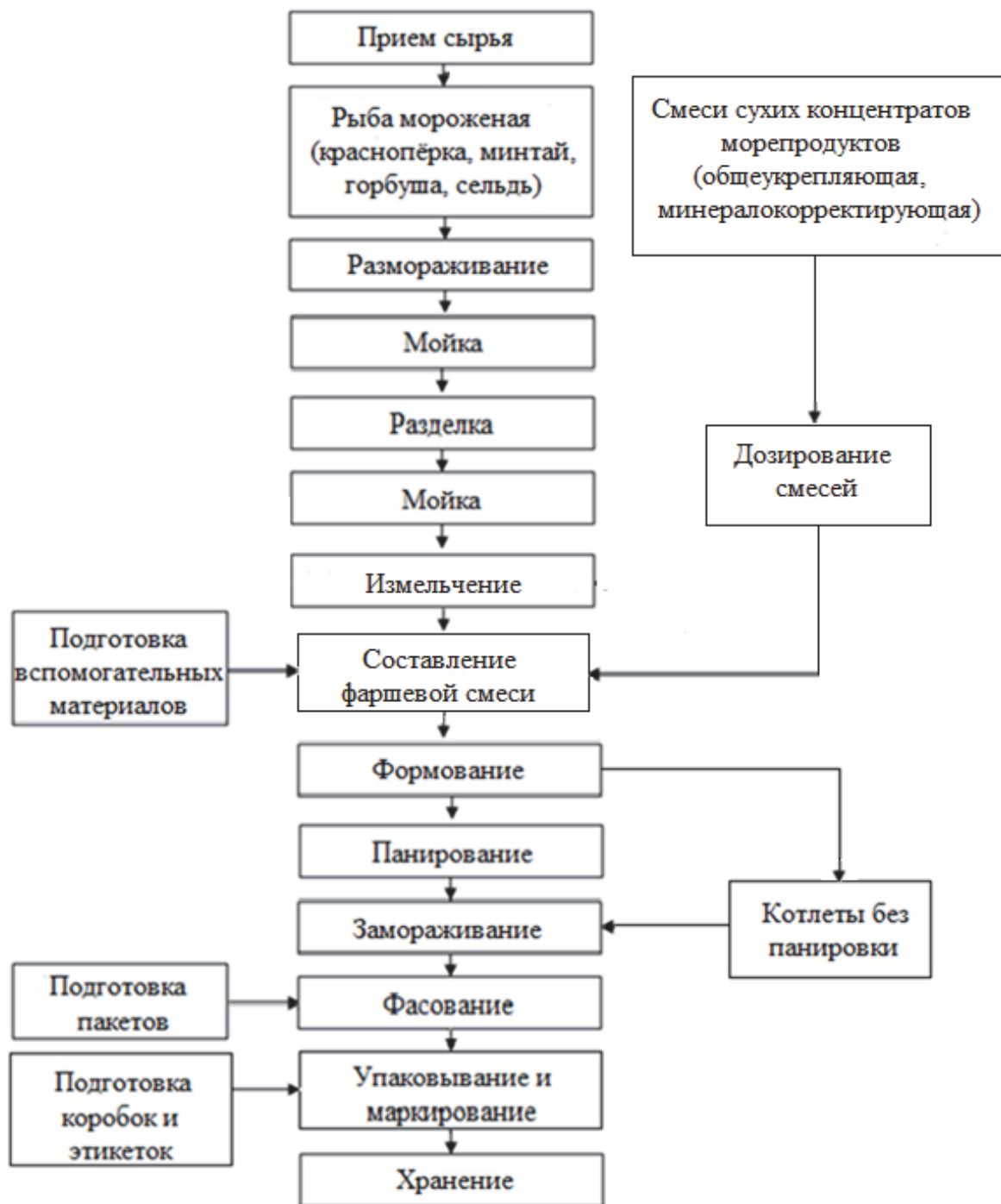


Рисунок 1 – Технологическая схема производства обогащённых рыбных продуктов

Таблица 1 – Смеси сухих концентратов морепродуктов

Название рецептуры	Сырье, %					
	Кукумария	Кальмар тушка	Кожа осьминога	Молоки сельди	Морская капуста	Мантия гребешка
Общеукрепляющая (№ 1)	10	50	10	10	10	10
Минералокорректирующая (№ 2)	15	-	15	-	50	20

Таблица 2 – Рецептуры обогащённых рыбных котлет

Наименование компонентов	Количество компонентов (кг/100 кг фаршевой смеси)			
	«Любительские»	«Особые»	«Лососевые»	«Дальневосточные»
Фарш краснопёрки	20,07	-	-	-
Фарш горбуши	-	-	48,76	48,76
Фарш сельди тихоокеанской	5,73	-	5,73	5,73
Фарш минтая	28,68	54,5	-	-
Смесь криоконцентратов № 1	2,86	-	2,86	-
Смесь криоконцентратов № 2	-	2,86	-	2,86
Лук репчатый	12,28	12,28	12,28	12,28
Морковь	12,28	12,28	12,28	12,28
Хлеб белый	4,91	4,91	4,91	4,91
Яйцо куриное	4,09	4,09	4,09	4,09
Масло сливочное	8,14	8,14	-	-
Масло растительное	-	-	8,14	8,14
Перец черный, молотый	0,05	0,05	0,05	0,05
Соль поваренная	0,73	0,73	0,73	0,73

Для выполнения проектных работ использовали методы анализа, сравнения, синтеза, моделирования. Необходимое количество оборудования непрерывного действия рассчитывали по формуле

$$n = \frac{N}{M} ,$$

где N – часовая производительность на заданной операции в весовых, объемных или штучных единицах; M – часовая производительность одной машины (аппарата) согласно технической характеристике (в тех единицах что и N) [4].

Статистическую обработку данных проводили стандартным методом оценки результатов испытаний для малых выборок. Цифровые величины, приведенные в таблицах и на графиках, представляют собой арифметические средние, надежность которых (P) = 0,95, доверительный интервал (Δ) \pm 10 %. Для построения графиков с выводом формул использовали стандартный пакет программ MicrosoftOffice 2007 и CurveExpert 1.4.

Результаты и их обсуждение

Нами разработан и утверждён стандарт организации СТО 004715 – 080 – 2020 «Полуфабрикаты мороженые рыбные, обогащённые сухими концентратами из морепродуктов. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению, реализации». Разработанный документ устанавливает требования к технологическому процессу производства, качеству и безопасности продукции, а также санитарно-эпидемиологические требования и нормы, правила приемки, упаковки, маркировки, транспортирования и хранения, методы контроля, обеспечивающие качество и безопасность для жизни и здоровья людей, окружающей среды.

По органолептическим, физическим и химическим показателям рыбные продукты, обогащённые геропротекторами должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 3.

По микробиологическим показателям, содержанию токсичных элементов, пестицидов, полихлорированных бифенилов, радионуклидов пищевые сухие концентраты из морепродуктов должны соответствовать требованиям действующих технических регламентов. [5, 6, 7]

Таблица 3 – Органолептические и физико-химические показатели

Наименование показателя	Характеристика показателя			
	«Любительские»	«Особые»	«Лососевые»	«Дальневосточные»»
Цвет	Светло-бежевый с оранжевыми вкраплениями	Тёмно-бежевый с оранжевыми вкраплениями	Тёмно-бежевый с оранжевыми вкраплениями	Серо-бежевый с оранжевыми вкраплениями
Вкус и запах	Гармоничный, приятный, выраженный, свойственный внесённым компонентам			
Консистенция	Мягкая, сочная, плотная			
Массовая доля поваренной соли, % не более	1,0			
Массовая доля панировочных сухарей, % не более	5,0			
Массовая доля белка, %	Не менее 12			
Массовая доля минеральных веществ, %	Не менее 4,0			
Массовая доля жира, %	Не более 10			
Наличие посторонних примесей	Не допускается			

Для выбора и расчета технологического оборудования участка по производству рыбных продуктов, обогащённых геропротекторами произведен продуктовый расчет с целью определения количества сырья, перерабатываемого на каждой технологической операции и выхода готовой продукции. Для выбора и расчета технологического оборудования участка по производству сухих концентратов морепродуктов произведен продуктовый расчет с целью определения количества сырья, перерабатываемого на каждой технологической операции и выхода готовой продукции (см. табл. 2). Продуктовый расчёт производства обогащённых рыбных котлет представлен в табл. 4-6.

Для обеспечения технологического процесса на основании проведённых продуктовых расчётов осуществляли подбор технологического оборудования пооперационно. Подбранное оборудование представлено в табл. 7.

Таблица 4 – Продуктовый расчёт при производстве обогащённых рыбных котлет «Любительские» на 100 кг готовой продукции

Технологическая операция	Отходы и потери в % к массе сырья, поступившего на данную технологическую операцию	Движение сырья и п/ф, кг	
		Поступает	Отходы и потери
Отходы и потери	-	56,01	-
Размораживание	5,0	56,01	2,8
Мойка и разделка	41,3	53,21	23,13
Измельчение	2,0	30,08	1,12
Составление фаршевой смеси	+71,32	28,96	1,12
Формование	1,5	99,16	0,84
Панирование	+5,0	99,16	+2,8
Замораживание	1	101,12	0,56
Фасование	1	100,56	0,56
Выход готовой продукции		100,0	

Таблица 5 – Продуктовый расчёт при производстве обогащённых рыбных котлет «Особые» на 100 кг готовой продукции

Технологическая операция	Отходы и потери в % к массе сырья, поступившего на данную технологическую операцию	Движение сырья и п/ф, кг	
		Поступает	Отходы и потери
Отходы и потери	-	106,74	-
Размораживание	5,0	106,74	5,33
Мойка и разделка	41,3	106,74	44,08
Измельчение	2,0	57,33	2,13
Составление фаршевой смеси	+45,34	55,2	2,13
Формование	1,5	98,41	1,6
Панирование	+5,0	96,81	+5,33
Замораживание	1	102,14	1,07
Фасование	1	101,07	1,07
Выход готовой продукции		100,0	

Таблица 6 – Продуктовый расчёт при производстве обогащённых рыбных котлет «Лосососевые» и «Дальневосточные» на 100 кг готовой продукции

Технологическая операция	Отходы и потери в % к массе сырья, поступившего на данную технологическую операцию	Движение сырья и п/ф, кг	
		Поступает	Отходы и потери
Отходы и потери	-	79,95	-
Размораживание	5,0	79,95	3,99
Мойка и разделка	31,3	75,91	25,02
Измельчение	2,0	50,89	1,59
Составление фаршевой смеси	+51,07	49,3	1,59
Формование	1,5	98,78	1,19
Панирование	+5,0	97,59	+3,99
Замораживание	1	101,58	0,79
Фасование	1	100,79	0,79
Выход готовой продукции		100,0	

Таблица 7 – Оборудование для предприятия по производству обогащённых рыбных котлет

Наименование оборудования	Производительность	Мощность	Габаритные размеры	Количество
Куттер HURAKAN HKN-CL13M	65 кг/ч	2,2 кВт	420x415x820 мм	1
Мешалка для фарша PW 90	Емкость 90 л	1,5 кВт	1110x450x950 мм	1
Жарочный котел Cook&Fry 500	Объём бака 100 л	1,1 кВт	2247x2590x23 70	1
Котлетный автомат La Minerva CE 652, 380/3/50	1000 шт/ч	0,3 кВт	600x395x555 мм	1
Панировочная машина (СУХОЙ ПАНИРОВКИ) EconoCrumb 200	350 кг/ч	1.75 кВт	980x1600x1850 мм	1
Камера шоковой заморозки BCF 20.1. T1	65 кг/цикл	3,5 кВт	1400x1700x 2240 мм	4
Камера холодильная POLAIR KXH-2,94	Объём 2,94 м3	-	1360x2200x13 60 мм	1
«Горячий стол» упаковочный CAS CNW	5-6 упак/мин	0,175 кВт	520x130x600 мм	1
Весы электронные товарные ST-TCS-100, настольные	Наибольший предел взвешивания – 100 кг	-	300x400 мм	1
Весы настольные	Наибольший предел взвешивания –20 кг	0,25 Вт	260x287x237 мм	2
Стол производственный	-	-	1500x700x870 мм	6
Тележка-чан	Объём 100 л	-	500x500x400 мм	3
Платформенная тележка	Нагрузка 500 кг	-	500x800 мм	1

Схема расположения оборудования в цеху по производству обогащенных рыбных котлет представлен на рис. 2.

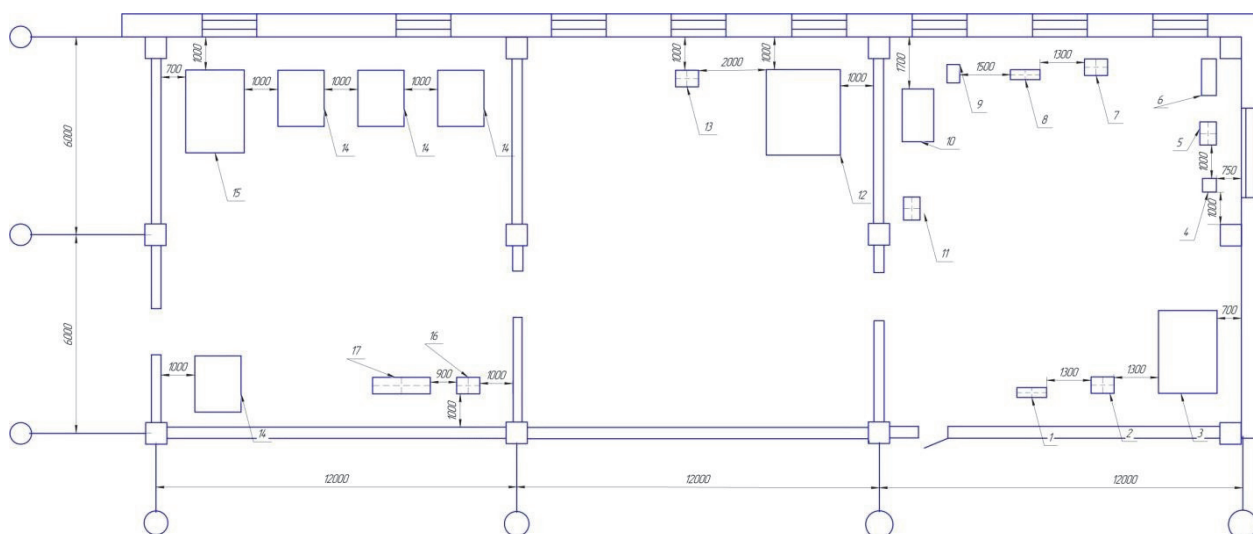


Рисунок 2 – Схема расположение оборудования для производства обогащенных рыбных котлет:

- 1 – весы электронные товарные ST-TCS-100, напольные; 2 – стол производственный;
- 3 – камера холодильная POLAIR KXH-2,94 для хранения сырья; 4 – мешалка для фарша PW 90-Куттер HURAKAN HKN-CL13M; 5 – стол производственный; 6 – мешалка для фарша PW 90;
- 7 – стол производственный; 8 – весы настольные; 9 – котлетный автомат La Minerva CE 652, 380/3/50;
- 10 – нанировочная машина EconoCrumb 200; 11 – стол производственный; 12 – жарочный котел Cook&Fry 500; 13 – стол производственный; 14 – камера шоковой заморозки BCF 20.1. T1;
- 15 – камера холодильная POLAIR KXH-2,94 для хранения готовой продукции;
- 16 – стол производственный; 17 – «горячий стол» упаковочный CAS CNW-520

Заключение

По результатам проведенных исследований разработан и утвержден стандарт предприятия на новый вид продукции – СТО 004715-080-2020 «Полуфабрикаты мороженые рыбные, обогащенные сухими концентратами из морепродуктов. Произведен продуктовый расчет с целью определения количества сырья, перерабатываемого на каждой технологической операции и выхода готовой продукции. Осуществлен подбор и расчет технологического оборудования участка по производству рыбных продуктов, обогащенных геропротекторами его компоновка в производственную линию. Оборудование может быть рекомендовано для проектирования подобных участков по производству рыбных продуктов с целью производства продуктов, обогащенных геропротекторами на других предприятиях, направленных на производство продукции из морепродуктов.

Библиографический список

1. Скавронский В.И. Питание людей пожилого возраста // Журнал Гроденского государственного медицинского университета. 2011. № 4. С. 80–84.
2. Устинова, А.В. Специализированные колбасы для людей с патологией опорно-двигательного аппарата / А.В. Устинова, А.С. Дыдыкин, Е.В. Сурнин, А.П. Попова // Мясные технологии. 2011. № 2. С. 18–20.
3. Касьянов Г.И., Запорожский А.А., Юдина С.Б. Технология продуктов питания для людей пожилого и преклонного возраста. Ростов н/Д: Март, 200. 192 с.
4. Тунгусов Н.Г., Шадрин Е.В., Богданов В.Д. Технологическое обеспечение основных процессов комбинированной технологии производства кормовой добавки из морских звезд // Науч. тр. Дальрыбвтуза, 2017. № 43. С 83–88.

5. ТР ТС 021/2011. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции, утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. 242 с. Доступно через: www.tsouz.ru 29.12.2011.

6. ТР ЕАЭС 040/2016. Технический регламент Евразийского экономического союза 040/2016. О безопасности рыбы и рыбной продукции. Утверждён Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 18 октября 2016 г. № 162. 138 с. Доступно через: www.eaeunion.org 20.03.2017.

7. Богданов В.Д., Дементьева Н.В., Симдянкин А.А. Оценка качества и безопасности сухого концентрата трепанга // Науч. тр. Дальрыбвтуза, 2017. № 41. С 98–104.

УДК 664.951.014

Виктория Игоревна Полещук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, ассистент кафедры «Технология продуктов питания», Россия, Владивосток, e-mail: tym1988@mail.ru

Татьяна Ноевна Слуцкая

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор кафедры «Технология продуктов питания», Россия, Владивосток, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Светлана Николаевна Максимова

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Технология продуктов питания», Россия, Владивосток, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Обоснование и разработка технологии пищевой продукции из сардины тихоокеанской с использованием биорегуляторов

Аннотация. Теоретически и практически обоснованная технология соленой и кулинарной продукции из мороженой сардины тихоокеанской (иваси) с использованием биорегуляторов протеолиза, окисления и микробиальной порчи создает базу для решения приоритетной задачи в рыбной отрасли – расширения ассортимента готовой пищевой продукции высокого качества из мороженой рыбы, характеризующейся ресурсной достаточностью и особенным химическим составом.

Ключевые слова: сардина тихоокеанская (иваси), мороженая рыба, сроки хранения, соленая продукция, растительные ингибиторы, хитозан, кулинарная продукция.

Viktoriya I. Poleshchuk

Far Eastern State Technical Fisheries University, Assistant of the Department of Food Technology, Russia, Vladivostok, e-mail: vichka.babiy.93@mail.ru

Tatyana N. Slutskaya

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology, Russia, Vladivostok, e-mail: t.slutskaya@mail.ru

Svetlana N. Maximova

Far Eastern State Technical Fisheries University, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Technology, Russia, Vladivostok, e-mail: maxsvet61@mail.ru

Substantiation and development of technology for food products from the Pacific sardine using bioregulators

Abstract. Theoretically and practically substantiated technology of salted and culinary products from frozen Pacific sardine (ivasi) using bioregulators of proteolysis, oxidation and mi-

crobial spoilage creates the basis for solving a priority task in the fishing industry - expanding the range of high quality finished food products from frozen fish, characterized by resource sufficiency and special chemical composition.

Keywords: pacific sardine, frozen fish, shelf life, salted products, plant inhibitors, chitosan, culinary products.

Согласно Стратегии развития рыбного хозяйства России до 2030 г. и Федеральному закону «О качестве и безопасности продуктов питания», в ближайшее время предстоит решить ряд задач, которые позволят не только сохранить и рационально использовать водные биологические ресурсы, но и обеспечить высокое качество, безопасность и конкурентоспособность выпускаемой из них продукции. Это предусматривает разработку и применение технологий, регулирующих ее качественные показатели с учетом особенностей сырья, которое отличается разнообразием по размерно-массовым, физико-химическим, биохимическим, структурно-механическим и другим характеристикам.

Это в значительной мере относится к такому массовому биологическому объекту, как сардина тихоокеанская (иваси) (*Sardinops melanostictus*), объем вылова которой в последнее десятилетие ежегодно увеличивается и превышает 300 тыс. т [1-3].

Производство пищевой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) сопряжено с рядом трудностей, связанных с особенностями ее химического состава: высокой активностью протеолитических ферментов внутренностей и мышечной ткани, а также большой долей ненасыщенных жирных кислот в липидах. Это приводит к нарушению структуры тканей за счет протеолиза и увеличению количества токсичных продуктов окисления при получении и хранении готовой продукции.

Данная проблема частично решается использованием повышенного содержания соли с целью уменьшения активности ферментов при хранении соленой продукции, что не соответствует принципам здорового питания, разработанным ВОЗ. Другая проблема связана с развитием рыбопереработки на береговых предприятиях, использующих в качестве сырья мороженую рыбу, которая в процессе холодильного хранения подвержена неблагоприятным изменениям, что отрицательно влияет на качество произведенной из нее продукции [4]. Поэтому существуют ограничения по срокам использования мороженой сардины тихоокеанской (иваси), так для производства стерилизованной и соленой продукции срок годности мороженой рыбы должен составлять от 1 до 4 месяцев. Одним из современных способов, позволяющих уменьшить влияние негативных факторов при использовании мороженой сардины тихоокеанской (иваси) является применение биорегуляторов природного происхождения, замедляющих процессы протеолиза и окисления липидов. К таким биорегуляторам согласно данным литературы относятся ингибиторы протеолиза растительного происхождения [5] и хитозан [6]. В связи с этим поиск новых технологических решений, основанных на использовании природных биорегуляторов, позволяющих получить высококачественную пищевую продукцию из мороженой сардины тихоокеанской (иваси), является актуальной задачей.

Для обоснования использования мороженой рыбы в производстве пищевой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) проводились исследования органолептических, структурно-механических и биохимических показателей мороженой сардины тихоокеанской (иваси) в течение 7-ми месяцев хранения.

Установлено, что с увеличением срока хранения происходит снижение прочностных и структурных характеристик мышечной ткани, что связано с механическими, и биохимическими изменениями.

В мышечной ткани мороженой сардины происходят процессы протеолиза: количество небелкового азота после трех, шести и семи месяцев хранения увеличивается соответственно в 2,0; 2,5 и 2,7 раза по сравнению с первым месяцем; это объясняется, как уста-

новлено, высокой активностью протеаз мышечной ткани и внутренностей, превышающей таковую для большинства промысловых объектов в 2-3 раза.

Исследования показали, что при холодильном хранении происходит накопление малонового диальдегида, количество которого увеличивается на 15, 23 и 30 % соответственно на 3-й, 6-й и 7-й месяцы хранения.

Сопоставление полученных данных позволило сделать заключение, что наиболее заметные изменения показателей происходят через 3 месяца хранения, а к 6-му месяцу дополнительно появляются органолептически определяемые признаки окисления. Это явилось основанием использовать сардину 3-месячного срока хранения для получения кулинарной, а 6-месячного – соленой продукции.

На основе проведенных исследований была обоснована рецептура посольной смеси с использованием низкомолекулярного водорастворимого хитозана и картофельного или рисового ингибитора и рекомендован посол сардины тихоокеанской (иваси) с ее применением.

Последовательность процесса производства соленой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) представляет собой ряд технологических операций (рис. 1), особенностью которого является составление посольной смеси научно обоснованного состава.

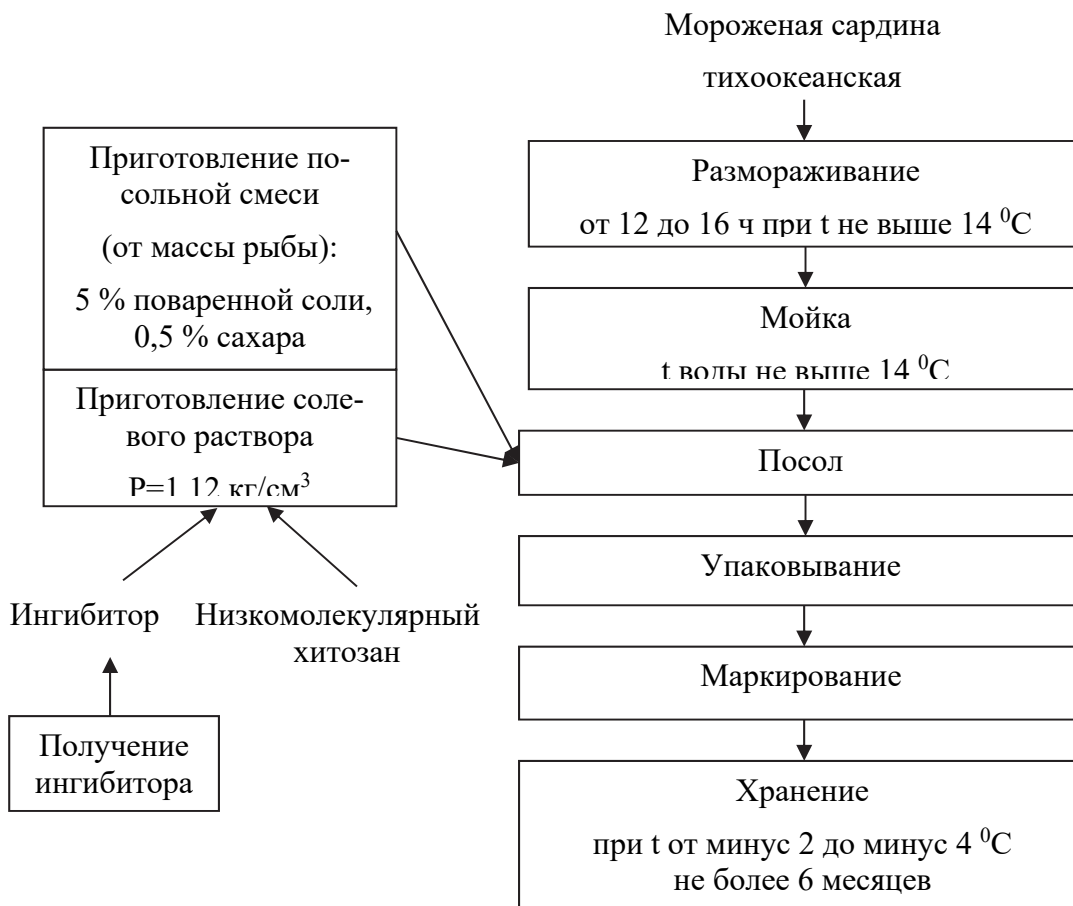


Рисунок 1 – Технология соленой продукции из мороженой сардины тихоокеанской

С учетом проведенных микробиологических и биохимических исследований были установлены сроки годности соленой сардины, которые составили 6 месяцев с учетом коэффициента запаса при температуре от минус 4 до минус 2 °С.

Экспериментально подтверждено, что мышечная ткань сардины тихоокеанской отличается низкими структурно-механическими характеристиками и высокой способностью к окислению. В связи с этим при использовании мороженой рыбы, из которой сложно получить соленый продукт высокого качества, разработана технология кулинарной (формован-

ной) продукции и обоснована целесообразность применения полисахарида хитозана для создания определенных качественных признаков готового кулинарного изделия.

Основные технологические параметры и режимы при производстве кулинарной продукции из сардины тихоокеанской (иваси) соответствовали параметрам, используемым при производстве запеченных рыбных изделий и мясных хлебов. Технологическая схема производства кулинарной продукции из мороженой сардины тихоокеанской представлена на рис. 2.

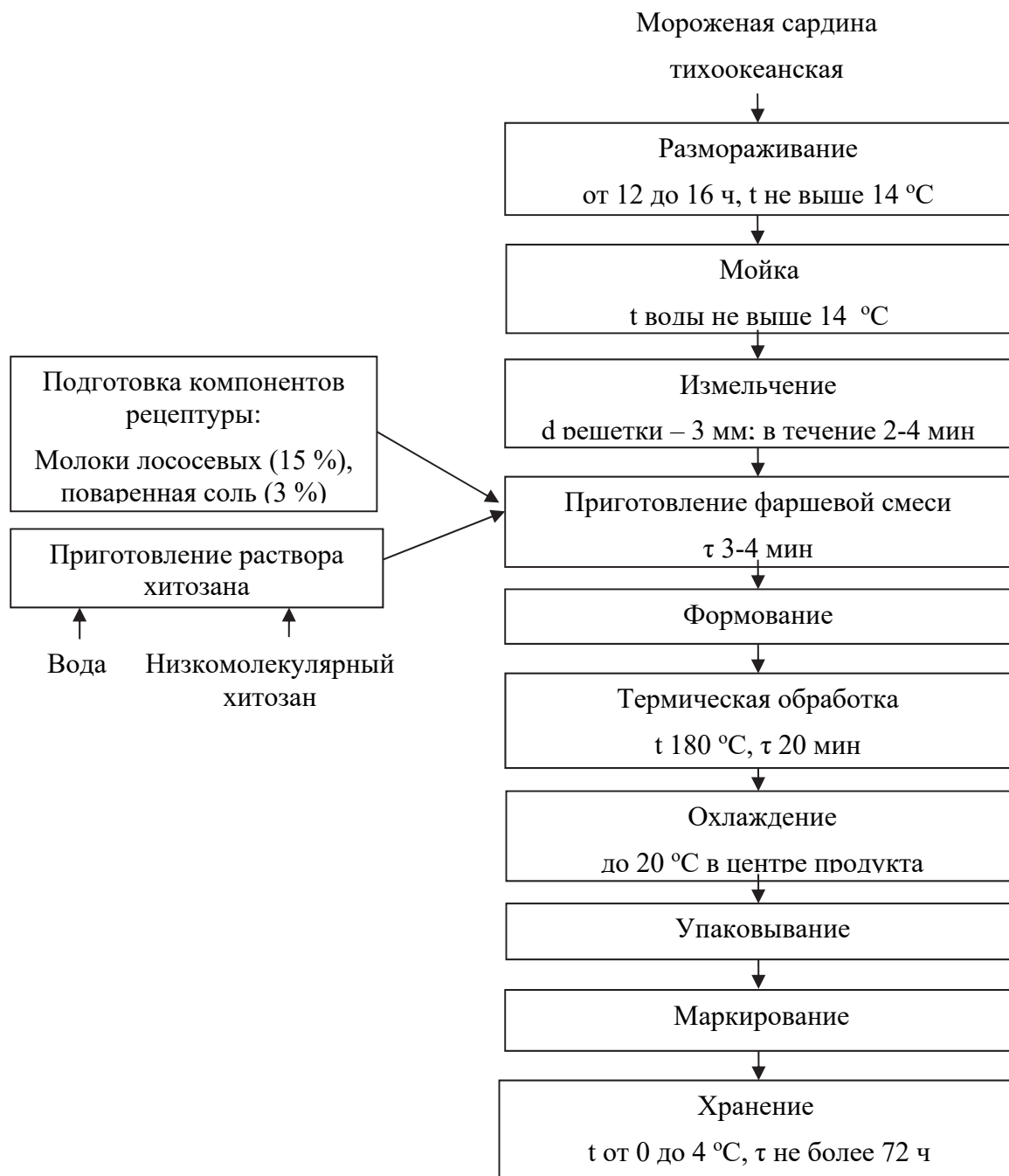


Рисунок 2 – Технологическая схема производства кулинарной продукции из мороженой сардины тихоокеанской

С учетом проведенных микробиологических и органолептических исследований были установлены сроки годности кулинарной продукции из сардины тихоокеанской (иваси) – не более 72 ч с учетом коэффициента запаса при температуре от 0 до $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результатом экспериментальных исследований явилась разработка комплексной технологии пищевой (соленой и кулинарной) продукции из мороженой сардины тихоокеанской (иваси) с дифференцированным использованием биорегуляторов (растительных белковых ингибиторов и хитозана), которые обеспечивают получение:

- слабосоленой продукции из мороженой сардины тихоокеанской длительного срока годности с высокими органолептическими и функционально-технологическими свойствами;
- кулинарной продукции из мороженой сардины тихоокеанской (иваси) с регулируемыми структурно-механическими свойствами.

Схема комплексной технологии пищевой продукции из сардины тихоокеанской (иваси) с использованием биорегуляторов представлена на рис. 3.

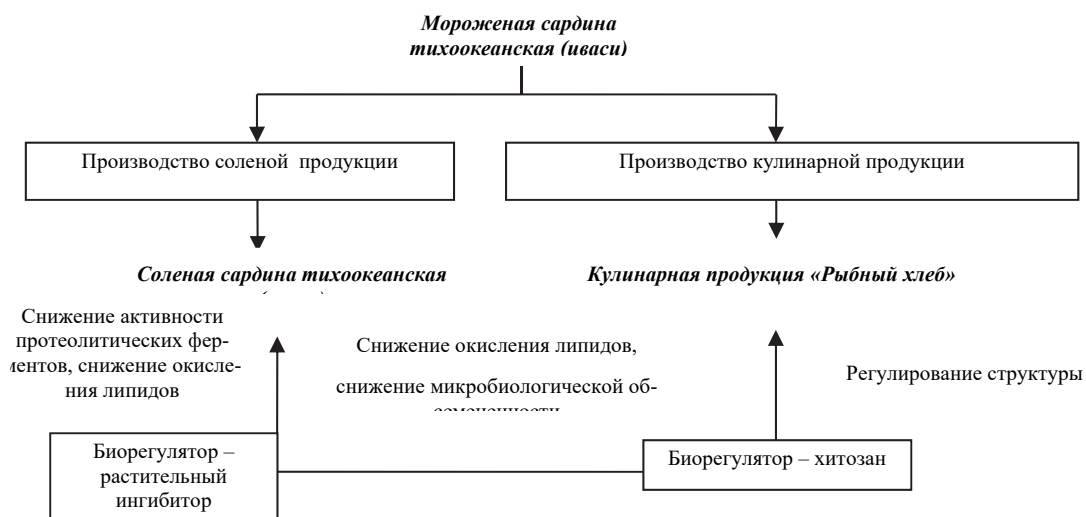


Рисунок 3 – Схема комплексной технологии пищевой продукции из мороженой сардины тихоокеанской (иваси) с использованием биорегуляторов

Библиографический список

1. Ярочкин, А.П. Сардина (иваси) и скумбрия на горизонте / А.П. Ярочкин, В.Н. Акулин, Е.В. Якуш и др. // Рыб. хоз-во. 2015. № 6. С. 78–82.
2. Булатов, О.А. О перспективах новой «сардинной эпохи» в северо-западной части Тихого океана / О.А. Булатов, Б.Н. Котенев, А.С. Кровнин // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 17, № 4. С. 385–405.
3. Бойцов, А.Н. Применение технологий тралового лова на современном этапе возобновления промысла дальневосточной сардины (иваси) / А.Н. Бойцов, В.Е. Вальков // Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : матер. IV Нац. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2021. С. 8–11.
4. Пономаренко, С.Ю. Научное обоснование и совершенствование холодильной технологии водных биологических ресурсов с использованием морских полисахаридов: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 23.04.2021 / Пономаренко Светлана Юрьевна. Владивосток, 2021. 23 с.
5. Слуцкая, Т.Н. Применение белкового препарата из картофеля для замедления созревания соленых рыб / Т.Н. Слуцкая, Н.И. Миленина, Т.Н. Виняр // Изв. Вузов. Сер.: Пищевая технология. 1990. № 5. С. 88–95.
6. Суровцева, Е.В. Разработка технологии малосоленой продукции из лососевых рыб с хитозаном: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 22.06.2010 / Суровцева Елена Викторовна. Владивосток, 2010. 25 с.

Ксения Николаевна Савкина

Мурманский государственный технический университет, младший научный сотрудник, Россия, Мурманск, e-mail: savkinakn2@mstu.edu.ru

Разработка, моделирование и оптимизация рецептов мучных изделий, обогащенных йодом ламинарии беломорской

Аннотация. Представлены результаты маркетинговых исследований, проведенных полем методом на предприятиях розничной торговли в г. Мурманске. Обоснован выбор ламинарии как пищевой добавки для обогащения мучного изделия йодом. Разработана оптимальная рецептура и технология изготовления нового мучного изделия «Хлебцы «Мурманские»», обогащенные йодом. При разработке рецептов использован современный математический аппарат – метод нечеткой логики в программном пакете MatLab.

Ключевые слова: хлебцы, йод, водоросли, обогащенный продукт, ламинария.

Kseniya N. Savkina

Murmansk State Technical University, Yuniор Researcher, Russia, Murmansk, e-mail: savkinakn2@mstu.edu.ru

Development, modeling and optimization of recipes of flour products enriched with iodine

Abstract. The results of marketing research conducted by the field method at retail enterprises in the city of Murmansk are presented. The choice of kelp as a food additive for enriching flour products with iodine is justified. The optimal formulation and manufacturing technology of a new flour product "Murmansk crispbread" enriched with iodine has been developed. When developing recipes, a modern mathematical apparatus was used – the fuzzy logic method in the MatLab software package.

Keywords: crispbread, iodine, seaweed, enriched product, kelp.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью снизить уровень заболеваемости взрослого населения Мурманской области болезнями эндокринной системы, расстройствами питания и нарушения обмена веществ, на протяжении многих лет превышающего среднероссийский уровень [1].

На сегодняшний день количество пациентов с заболеваниями эндокринной системы неумолимо растет. Вредные привычки, отсутствие физических нагрузок, загрязненный воздух и плохое качество воды в крупных городах и населенных пунктах и другие негативные факторы способствуют возникновению и развитию нарушений эндокринной системы в организме человека. Борьба с негативными последствиями перечисленных факторов, в первую очередь, помогает улучшенная диагностика, которая позволяет предотвратить тяжелое течение эндокринных заболеваний путем своевременных лечебных и профилактических мероприятий [2].

Цель проводимого комплексного исследования – расширение ассортимента мучных изделий повседневного спроса, обогащенных йодом для профилактики у населения йододефицитных состояний и зависимых от них социально значимых заболеваний.

На начальном этапе исследований проведен анализ розничного потребительского рынка мучных изделий (хлебцев), в том числе, обогащенных ценными пищевыми компонентами, для обоснования выбора нового ассортимента продукции и исследованы потребительские предпочтения в отношении мучных изделий, обогащенных ценными пищевыми компонентами, в том числе йодом сушеной ламинарии.

Потребительский спрос изучали методами анонимного письменного анкетирования и устного интервьюирования потребителей. Респондентам были заданы вопросы о том, как часто и где они покупают хлебцы, какую марку и производителя они предпочитают, какая категория и упаковка им предпочтительнее и какие факторы являются для них самыми важными при покупке хлебцев. В целом, потребители предпочитают покупать хлебцы в супермаркете или гипермаркете примерно раз в месяц. Около половины потребителей предпочитают покупать продукт у отечественного производителя, для некоторых это не имеет значения, другие покупают импортную продукцию. Чаще всего потребители выбирают хлебцы цельнозерновые (70 %) или хлебцы с добавками (44 %)². Самая популярная марка хлебцев среди потребителей – «Dr Korner» (изготовитель ОАО «Хлебпром»). Их выбрали более половины потребителей (54 %). Максимальная средняя цена одной потребительской упаковки хлебцев массой нетто 100 грамм составила по Мурманску 105,15 рублей. Другими популярными марками являются «Finn Crisp» (Lantmännen Cerealia Oy (Финляндия)) со средней ценой за 100 грамм 92,05 рублей, «Baker House» (ООО «Раменский кондитерский комбинат-Самара») со средней ценой за 100 грамм 79,00, хлебцы от изготовителя ООО «Елизавета +» со средней ценой 74,85 и другие. Данные о средней цене за 100 грамм продукции самых популярных марок, по мнению респондентов, представлены на рис. 1.

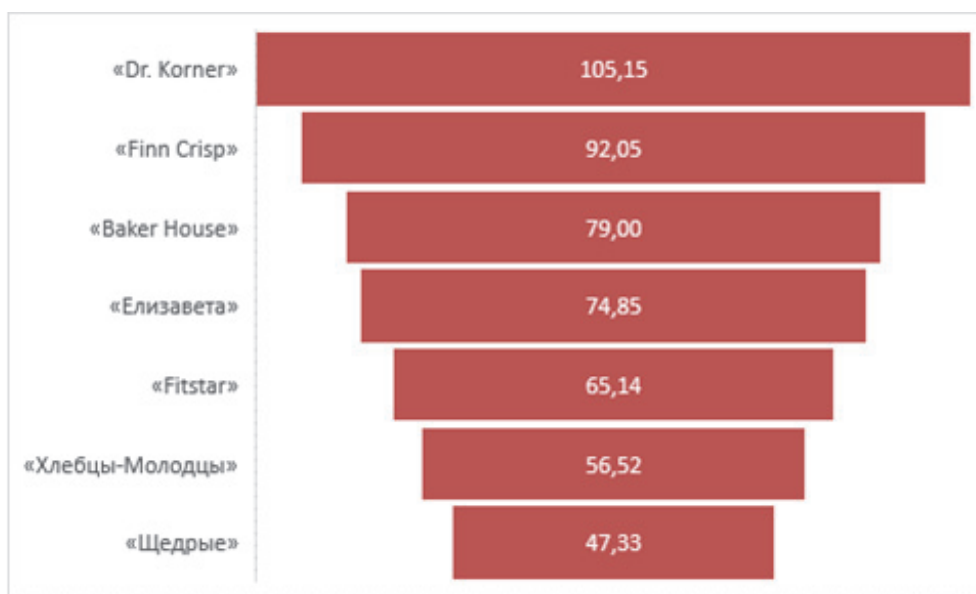


Рисунок 1 – Средняя цена хлебцев за 100 г в рублях на предприятиях розничной торговли в г. Мурманске

Для 85 % опрошенных самым главным недостатком хлебцев, представленных на потребительском рынке, является «низкое качество» из предложенных вариантов (низкое качество, недостаточные диетические свойства, неоправданно высокая цена и недостаточный ассортимент). На втором месте – с небольшим отрывом – недостаточные диетические свойства. Учитывая, что 80 % опрошенных относят себя к людям со средним достатком, можно сделать вывод, что цена не является для них самым важным критерием, при этом респонденты заботятся о своем здоровье и хотят употреблять качественный продукт с явно

² Респонденты могли выбрать несколько вариантов ответа

выраженными диетическими свойствами. Респондентам был задан вопрос, хотели бы они увидеть новинку в категории хлебцы, в частности хлебцы, обогащенные йодом в составе ламинария. Опрос показал, что 58 % человек, принимавших участие в опросе, положительно относятся к новинке в категории хлебцы (рис. 2). Около половины респондентов (54 %) полагают, что привлекательность продукта-новинки в категории хлебцы повысилась бы, если бы его состав был обогащен йодом. При этом абсолютно все опрошенные считают, что обогащение хлебцев йодом в составе сушеной ламинарии является наиболее оптимальным вариантом.

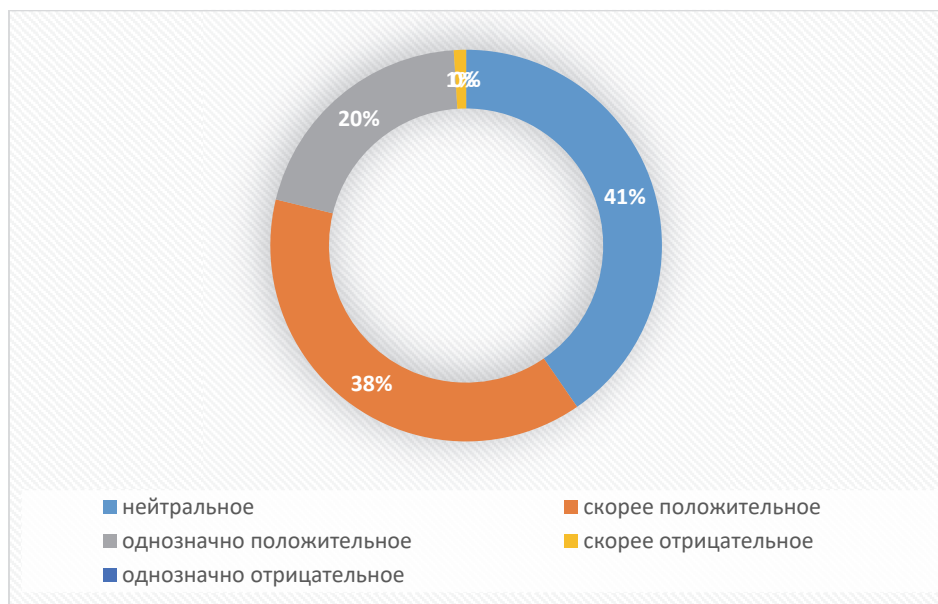


Рисунок 2 – Отношение потребителей к новинке в категории хлебцы

Также в ходе опроса выяснилось, что потребители однозначно приветствуют обогащение хлебцев и другими пищевыми ингредиентами полезными для здоровья человека, помимо йода. По результатам интервью и анализа анкет было установлено, что приветствуется включение в рецептуру новых продуктов кунжута и льна, что было учтено при разработке новых продуктов – «Хлебцы «Мурманские»».

В ходе экспериментов были использованы сушеная дикая ламинария из Архангельского водорослевого комбината и ламинария *Laminaria saccharina* норвежской компании «Energy Solutions AS», которая была высушена разными способами холодной сушки. Для удобства добавления водорослей в продукт, после сушки они были перемолоты до состояния порошка [3].

Для изготовления хлебцев в просеянную пшеничную муку добавляли дрожжи, затем теплую воду с растворенным в ней цветочным медом. В смесь вносили подсолнечное масло, чеснок гранулированный, базилик сушеный и порошок ламинарии, карри и тмин. Затем замешивали тесто, выкладывали его в чистую сухую ёмкость, прикрывали пищевой плёнкой и оставляли на время 2 часа при температуре от (39 ± 2) °C для брожения. После окончания брожения тесто извлекали из емкости, выкладывали на бумагу для выпечки, смазанную растительным маслом. Раскатывали прямоугольник размером 200×300 мм. Поверхность раскатанного листа теста сбрызгивали водой. Семечки подсолнечника, кунжут и парикку соединив вместе в нужной пропорции, равномерно наносили на тестовую заготовку. Затем тестовую заготовку разрезали на порционные полоски. Полоски без предварительной расстойки выпекали при температуре 180 градусов в течение 12-15 мин. Готовые хлебцы охлаждали до температуры не выше 18 °C, расфасовывали в потребительскую тару (ламинированные картонные коробки, полипакеты или подарочные ламинированные жестяные банки) и хранили при температуре от 2 до 6 °C.

Оптимизацию рецептов указанных продуктов осуществляли в программе Fuzzy Logic Toolbox пакета MatLab методом нечеткого логического вывода.

Параметром оптимизации (выходной переменной) выбрана органолептическая оценка готового продукта в баллах по разработанной пятибалльной шкале. Входными переменными, то есть влияющими факторами стали компоненты рецептуры, которые оказывали максимальное влияние на органолептическую оценку. Для мучного изделия «Хлебцы «Мурманские»» такими факторами выбраны массовые доли сушеных и измельченных пряностей – чеснока сушеного гранулированного и карри. Количество добавляемых в тесто чеснока гранулированного и карри изменяли за счет пропорционального изменения массы сушеного базилика, при этом суммарная масса пряностей (чеснока гранулированного, базилика и карри) поддерживалась на постоянном уровне в ходе всей серии экспериментов.

Доля добавляемого порошка ламинарии была рассчитана с учетом достижения в готовом продукте массовой доли йода от 22,5 до 75 мкг на 100 г продукта (соответствует от 15 до 50 % суточной физиологической нормы потребления йода в РФ) и поддерживалась постоянной во всей серии экспериментов [4]. Результаты моделирования в виде поверхности отклика представлены на рис. 3.

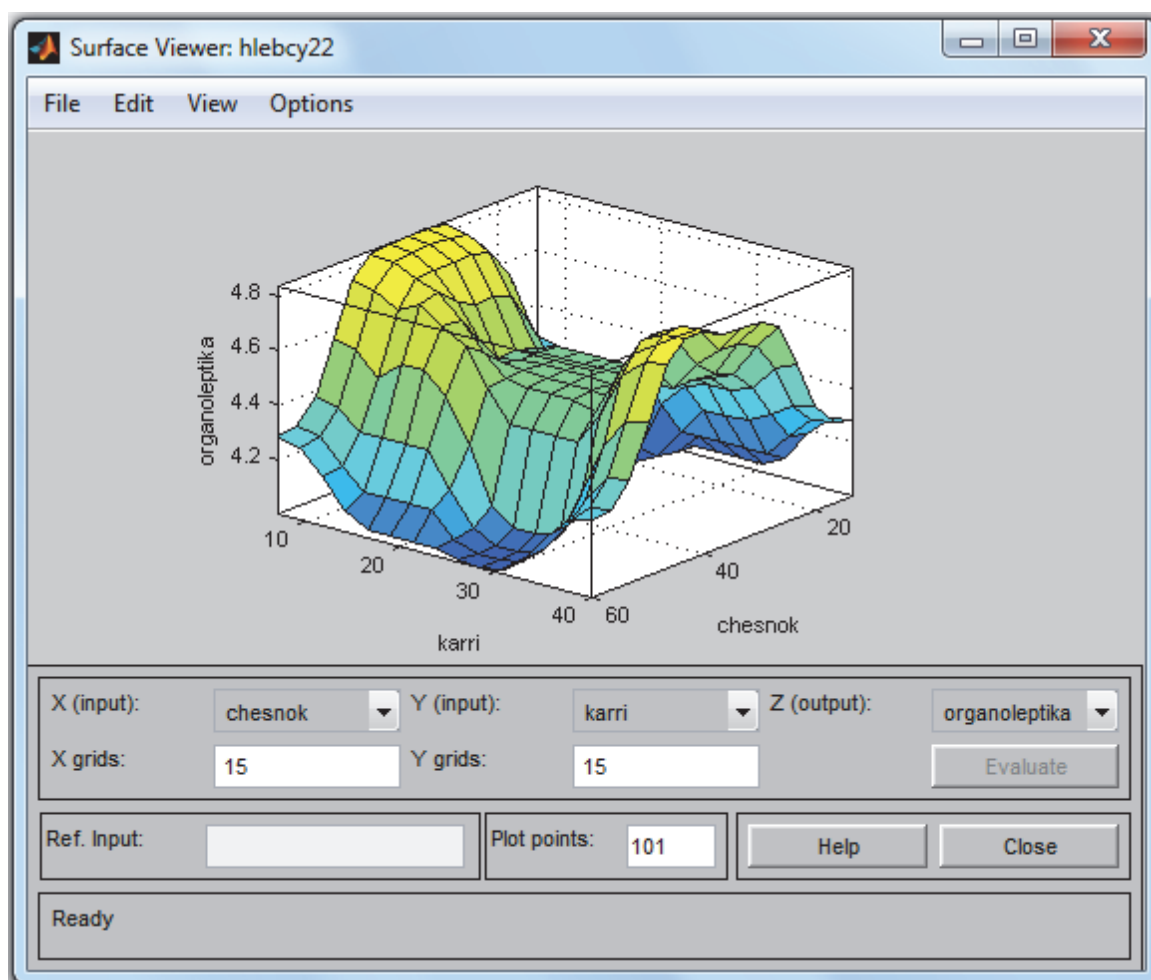


Рисунок 3 – Поверхность отклика для продукта «Хлебцы «Мурманские, обогащенные йодом»

В процессе моделирования были определены близкие к оптимальным значения входных переменных для разрабатываемой рецептуры обогащенных хлебцев. Результаты представлены в таблице.

Разработанная рецептура мучного изделия «Хлебцы «Мурманские, обогащенные йодом»

Компонент	Масса, г	
	брутто	нетто
Мука пшеничная	180	180
Вода	100	100
Сухие дрожжи	0,6	0,6
Мед	10	10
Масло растительное	20	20
Чеснок гранулированный	5,5	5,5
Базилик сушеный	6	6
Тмин	1	1
Карри	3,5	3,5
Семечки подсолнечные	25	25
Кунжут	10	10
Паприка	4	4
Порошок ламинарии	0,15 ¹	0,15 ¹
Соль	3	3
Выход	-	300

Примечание. ¹ количество рассчитано с учетом достижения физиологической нормы потребления продуктом массой 100 г (одна порция) и установленного экспериментально содержания йода в порошке сушеной ламинарии беломорской производства ООО «АВК» (Архангельский водорослевый комбинат, г. Архангельск)

Библиографический список

1. Статистический ежегодник, 2018 // Федеральная служба государственной статистики, Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области: Мурманскстат, 2018 90 с.
2. Болезни эндокринной системы в Москве [Электронный ресурс]. // НИИ Организация здравоохранения и медицинского менеджмента. URL: Болезни эндокринной системы в Москве (niioz.ru).
3. Савкина, К.Н. Обоснование и разработка технологии хлебцев, обогащенных йодом в составе сушеных водорослей *laminaria saccharina* / К.Н. Савкина, Ю.В. Шокина, Ю.А. Кучина, Р.А. Свистов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф.: сб. докладов. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2020. С. 75–80
4. Савкина, К.Н. Автоматизированное проектирование рецептов полифункциональных рыбных пищевых продуктов, обогащенных ценными компонентами, малоиспользуемого рыбного сырья Северного бассейна / К.Н. Савкина, Ю.В. Шокина, Е.А. Новожилова, Е.А. Тациенко, В.В. Павлова // Перспективные разработки – приоритетным направлениям развития: сб. статей Междунар. науч.-исслед. конкурса (20 сентября 2021 г.). Петрозаводск: МЦНП «Новая наука», 2021. С. 7–18. DOI 10.46916/22092021-2-978-5-00174-322-4.

УДК664.955.2

Елена Станиславовна Чупикова

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, канд. техн. наук, зав. лабораторией, Россия, Владивосток, e-mail: elena.chupikova@tinro-center.ru

Анна Юрьевна Антосюк

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: anna.antosyuk@tinro-center.ru

Татьяна Анатольевна Саяпина

Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, ведущий специалист, Россия, Владивосток, e-mail: tatyana.sayapina@tinro-center.ru

**Управление процессами изготовления зернистой икры
из тихоокеанских лососей**

Аннотация. Определение точек контроля процессов изготовления рыбной продукции приобретает особую актуальность в рамках создания системы управления качеством и повышения выхода рыбной продукции. В связи с этим была разработана актуализированная с требованиями технических регламентов схема контроля технологических процессов производства зернистой лососевой икры, которая включает основные контролируемые параметры на всех этапах производства продукции. Показано, как процесс «пробивки» ястыков тихоокеанских лососей в технологии изготовления зернистой лососевой икры влияет на выход продукции.

Ключевые слова: ястык, зернистая лососевая икра, выход продукции, контроль качества, безопасность продукции.

Elena S. Chupikova

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, PhD of Technical Sciences, Head of Laboratory, Russia, Vladivostok, e-mail: elena.chupikova@tinro-center.ru

Anna U. Antosyuk

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: anna.antosyuk@tinro-center.ru

Tatyana A. Sayapina

Pacific Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Leading Specialist, Russia, Vladivostok, e-mail: tatyana.sayapina@tinro-center.ru

Process control for the production of granular caviar from Pacific salmon.

Abstract. Determination of control points for the production of fish products is of particular relevance in the framework of creating a quality management system and increasing the yield of fish products. In this regard, a control scheme for technological processes for the produc-

tion of granular salmon caviar, updated with the requirements of technical regulations, was developed, which includes the main controlled parameters at all stages of production. It is shown how the process of "piercing" the ovaries of Pacific salmon in the technology of manufacturing granular salmon caviar affects the yield.

Keywords: ovary, granular salmon caviar, finished product, quality control, product safety.

Среди добычи водных биоресурсов и в структуре производства рыбной продукции на Дальнем Востоке и в целом по России тихоокеанские лососи занимают ведущее место. И хотя основная доля добычи приходится на тресковые виды рыб (минтай, треска, пикша, путассу, сайда), тихоокеанские лососи стабильно занимают второе место в общем вылове рыбы. Основными промысловыми видами являются горбуша, кета, нерка, кижуч, чавыча. Вылов лососевых рыб осуществляется по всему дальневосточному побережью от Чукотки до Приморья. Первое место по массовости занимает горбуша, кета является вторым по промысловой значимости видом среди тихоокеанских лососей, особенно для таких промысловых районов Камчатки как западное побережье (севернее р. Озерная), Петропавловско-Командорская подзона (исключая р. Камчатка) и Карагинская подзона, а в отдельные годы превосходит по численности биомассе горбушу [1, 2].

Традиционными и наиболее массовыми видами продукции из тихоокеанских лососей являются соленая продукция и зернистая икра. Эффективность промысла тихоокеанских лососей определяется количеством и качеством произведённой продукции, прежде всего зернистой икры, которая относится к ценным продуктам питания. Производство конкурентоспособной продукции, отвечающей современным требованиям качества и безопасности, является в настоящее время приоритетной задачей, решение которой возможно только при условии создания в рыбной отрасли современной системы управления качеством на всех этапах производства и обращения [3]. В связи с этим цель работы состояла в разработке типовой схемы управления процессами производства зернистой лососевой икры, обеспечивающей максимальный выход, качество и безопасность готовой продукции.

Сырьем для производства зернистой лососевой икры служат ястыки. С точки зрения количества и качества получаемой продукции целесообразно направлять в переработку ястыки IV стадии зрелости, у которых крупные прозрачные икринки легко отделяются от соединительной ткани. Эта стадия зрелости ястыков наблюдается у тихоокеанских лососей на морских участках прибрежной зоны, в устьях и низовьях рек. Технологическая схема производства зернистой лососевой икры включает следующие операции: прием и хранение сырья; извлечение и сбор ястыков, сортирование и мойка; охлаждение; пробивка ястыков, посол икры-зерна, стекание или центрифугирование, сортирование, внесение пищевых добавок, упаковывание, маркирование, хранение; подготовка к транспортированию.

Наибольшее количество отходов и потерь при производстве зернистой лососевой икры наблюдается при пробивке ястыков. До недавнего времени пробивка ястыков осуществлялась на бутарах с тремя и более грохотками, размеры ячеей которых подбирались в зависимости от размера, степени зрелости и качества ястыков, таким образом, чтобы при прохождении через бутару икринки очищались от сгустков крови и пленок. Для кеты, как правило, использовались грохотки с ячейей от (8x8) до (10x10) мм, для горбуши и других лососевых рыб с ячейей от (6x6) до (8x8) мм.

Ястыки на бутаре пробивались следующим образом: оболочка ястыков разрывалась с одной стороны вдоль, ястык распластывался зерном вниз в один ряд на верхнюю грохотку бутары, затем, слегка нажимая рукой поверх ястыков и передвигая их по грохотке, икринки отделялись от соединительной ткани ястыков и, проходя через ячейи грохотки, собирались в ёмкости.

Для повышения качества и увеличения выхода готовой икры чаще всего использовали спаренную бутару. Вначале ястыки пробивали на первой из двух спаренных бутар. На пер-

вой бутаре пробивалось от 90 % до 95 % икры – зерна. Оставшиеся в соединительной ткани ястыков икринки путем подъема (опрокидывания) грохотки первой бутары перемещались на грохотку второй и пробивались.

Технология пробивки ястыков требует смены грохоток бутары не реже одного раза в течение каждого часа работы. Процесс пробивки ястыков на грохотках трудоёмок, длителен во времени, лишён непрерывности и во многом зависит от человеческого фактора.

В последние годы большинство предприятий, перерабатывающих тихоокеанских лососей, устанавливают автоматические сепараторы, в частности икропробивочную машину FRS - 102 с сетчатым сепаратором и конвейером для подсушки икры после пробивки, производителя TAIYO SEISAKUSHO. Загрузка ястыков осуществляется непрерывно, обеспечивая высокую производительность сепаратора. Отделенные икринки и пленка собираются в специально предназначенные для этого лотки. После пробивки икра-зерно подаётся на сепаратор для промывки, на котором одновременно с мойкой идет удаление лопанца и остатков соединительной пленки. Для удаления излишней влаги после мойки икра-зерно поступает на сетчатый конвейер с вакуумным нагнетателем. На конвейере установлены суширующие устройства для промывки конвейерной ленты в процессе эксплуатации. Использование сепараторов позволяет организовать процесс пробивки ястыков в непрерывном режиме, снижает трудовые затраты и обеспечивает высокую производительность, а это в свою очередь сокращает процесс. По своей природе желточная масса икринок является коллоидной системой, придающей ей характерные свойства, такие как вязкость, упругость. При нарушении устойчивости коллоидных систем желточная масса разжижается, уменьшается в объёме; жир, находящийся в эмульсии, выделяется и собирается в большие капли внутри икринок. Такие изменения наблюдаются как при несвоевременном извлечении ястыков из рыбы, так и в случае задержки ястыков при пробивке перед посолом и приводят к значительному ухудшению качества готового продукта и снижению его выхода [4]. Так что использование автоматического сепаратора в конечном итоге приводит к повышению качества конечного продукта и увеличению выхода.

Специалистами Тихоокеанского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («ТИНРО») проведен анализ данных опытно-контрольных работ по определению норм отходов, потерь, выхода готовой продукции и расхода сырья при производстве зернистой икры тихоокеанских лососей, проведённых на предприятиях Дальнего Востока, установивших автоматические линии производителя TAIYO SEISAKUSHO для пробивки ястыков тихоокеанских лососей. В результате были установлены средние значения отходов и потерь на операции «пробивка ястыков» (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительные данные отходов и потерь на операции «пробивка ястыков»

Наименование рыбы	Район добычи	Отходы и потери, в % к массе сырья, поступившего на данную операцию	
		ручная пробивка на грохотках	пробивка на автоматическом сепараторе FRS-102
Горбуша	Карагинская подзона, Петропавловско-Командорская подзона	20,7	16,5
Горбуша	Западная Камчатка	22,3	18,6
Кета	Восточная Камчатка Карагинская подзона, Петропавловско-Командорская подзона	21,4	17,3
Нерка	Западная Камчатка (кроме Озерновского района)	36,6	21,5

Повышение выхода готовой продукции не должно отражаться на качестве. В связи с тем, что система управления качеством пищевой продукции неразрывно связана с производственными процессами была разработана схема контроля технологических процессов производства зернистой лососевой икры, гармонизированная с требованиями технических регламентов. Схема контроля производственных процессов включает основные контролируемые параметры на всех этапах производства продукции, на которых необходимо проводить мероприятие по управлению качеством для предупреждения, устранения или снижения до приемлемого уровня рисков, угрожающих безопасности и качеству готовой продукции (табл. 2). Разработанная схема контроля технологических процессов производства зернистой лососевой икры может быть дополнена другими контролируемыми параметрами или процессами в зависимости от установленной технологии и технологического оборудования.

Таблица 2 – Типовая схема контроля технологического процесса производства икры лососевой зернистой

Точка контроля	Контролируемый параметр	Характеристика (значение) контролируемого параметра
1	2	3
Прием и хранение рыбного сырья	<p>Качество сырья</p> <p>При хранении рыбы-сырца (свежей) с момента вылова до разделывания: <i>без охлаждения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - температура окружающего воздуха °С, не выше 15 - продолжительность, ч, не более; 2 <p><i>при охлаждении мелкодробленным льдом:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - продолжительность, ч, не более; 8 - высота слоя рыбы и льда, м, не более 0,4 - количество льда к массе рыбы, % 50-70 - температура в теле рыбы, °С, не выше 2 <p><i>при охлаждении льдодводяной смесью:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - продолжительность, ч, не более; 8 - высота слоя рыбы и льдодводяной смеси в бункерах с горизонтальным дном, м, не более 0,6 - высота слоя рыбы и льдодводяной смеси в бункерах с наклонным дном, м, не более 1,6 - соотношение рыбы, льда и воды; 1:0,5:0,5 - температура тела рыбы, °С 0-2 - температура льдодводяной смеси, °С, не выше минус 2 	В соответствии с требованиями документов по стандартизации
Извлечение и сбор ястыков	<p>Качество мойки и правильность разделки</p> <ul style="list-style-type: none"> Высота слоя собранных ястыков в ёмкости, см, не более 6 Масса собранных ястыков в ёмкости, кг, не более 6 Продолжительность сбора и хранения до обработки, ч, не более 0,5 <p><i>При направлении ястыков по гидрожолобу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Температура воды, °С, не выше 5 Продолжительность движения по гидрожолобу, мин, не более 5 	В соответствии с ТИ

1	2	3
Подготовка растительного масла, глицерина и пищевых добавок	Температура прокаливания растительного масла, °С Продолжительность прокаливания растительного масла, мин Соотношение растительного масла и глицерина Соотношение пищевых добавок и зернистой икры	120±2 30 20:1 В соответствии с ТИ
Внесение пищевых добавок, растительного масла и глицерина	Равномерность распределения в зернистой икре	Равномерно по всему объёму
Подготовка упаковки	Санитарное состояние упаковки	чистая, без запаха
Упаковывание	Предельная масса продукта, кг: Пределы допускаемых отрицательных отклонений содержимого нетто упаковочной единицы от номинального количества Пределы положительных отклонений содержимого нетто упаковочной единицы от номинального количества, % Наличие посторонних примесей (в потребительской упаковке) Рекомендуемая предельная масса продукции, кг, не более: – в дощатых ящиках – в ящиках из картона	согласно требованиям ГОСТ 8.579 2 в соответствии с ГОСТ 31583 25 20
Маркирование	Правильность маркирования	В соответствии с ТР ЕАЭС 040/2016, ТР ТС 022/2011
Хранение	Температура хранения, °С, не выше Повышение температуры воздуха в холодильных камерах во время загрузки или выгрузки продукции, °С, не более Колебания температуры в процессе хранения, °С, не более Высота штабеля на поддонах от пола, см, не менее Расстояние штабеля на поддонах от стен и батарей охлаждения, см, не менее	от минус 4 до минус 6 5 2 8 30
Подготовка к транспортированию	Санитарное состояние транспортных средств Повышение температуры воздуха в холодильных камерах во время загрузки или выгрузки продукции, °С, не более	В соответствии с ТИ 5

Таким образом, внедрение автоматических сепараторов на операции «пробивка ястыков» позволяет увеличить выход готового продукта, а разработанная типовая схема контроля производственных процессов изготовления зернистой лососевой икры позволит производить продукцию, отвечающую современным требованиям качества и безопасности.

Библиографический список

1. Шевляков Е.А. и др. Современное состояние лососевого комплекса реки Большой (западная Камчатка): воспроизводство, промысел, управление // Изв. ТИНРО. Владивосток, 2013. Т. 174. С. 3–37.
2. Шевляков Е.А., Заварина Л.О. Об особенностях динамики численности и методиках прогнозирования запасов кеты *ONCORCHYNCHUS KETA WALBAUM (SALMONIDAE)* Западной Камчатки // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: сб. науч. тр. КамчатНИИРХ. Вып. 7. С. 181–186.
3. Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29.06.2016 №1364-р.
4. Кизеветтер И.В. Технология лососевой и частичковой икры. М.: Пищепромиздат, 1958. 518 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. ПРОБЛЕМЫ И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОСВОЕНИЯ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА.....	5
<i>Асеева Н.Л., Измятинская В.Н., Кравченко Д.Г., Измятинский Д.В.</i> Пространственная изменчивость биомассы рыб в сублиторали северной части Татарского пролива.....	5
<i>Архипов Л.О., Биндюкова Е.Д.</i> Определение криоскопической температуры некоторых промысловых видов рыб.....	13
<i>Бабич О.О., Куликова Ю.В., Надцонов Д.Д., Ульрих Е.В.</i> Исследование видов дрейфующих водорослей Балтийского моря.....	18
<i>Бадаев О.З., Шелехов В.А., Черниенко И.С., Овсянникова С.Л., Андреева Е.Н.</i> Определение возраста черного палтуса (<i>Reinhardtius hippoglossoides matsuurae</i>) по чешуе и отолитам: методика сбора, обработки, интерпретация.....	23
<i>Бессонов Р.С., Дубина В.А., Круглик И.А.</i> Результаты спутникового мониторинга нефтяных разливов с судов в исключительной экономической зоне Японии.....	31
<i>Богатыренко Е.А., Ким А.В., Медведева А.Д., Даиков Д.В., Дункай Т.И.</i> Особенности метаболизма психрофильных углеводородокисляющих бактерий из донных осадков залива Петра Великого.....	37
<i>Бойко В.М., Вдовин А.Н., Четырбоцкий А.Н.</i> Закономерности роста отолита желтополосой камбалы <i>Pseudopleuronectes herzensteini</i>	42
<i>Боцун Л.А., Маркина Ж.В., Масленников С.И.</i> Методика быстрого определения численности культур микроводорослей в аквакультуре.....	48
<i>Бусыгина А.Д., Дубина В.А., Дмитриева Е.А., Карташова А.П.</i> Субмезомасштабные абиотические факторы в районе Средних Курил.....	52
<i>Войкина А.В., Бугаев Л.А., Цыбульская М.А., Зыкина В.В., Кириченко О.В.</i> Сезонные особенности содержания липидов в теле азовской тюльки (<i>Clupeonella cultriventris</i> , Nordmann, 1840) в период 2017–2020 гг.....	58
<i>Волнухина М.Г., Кузьминова Н.С.</i> Экспериментальное воздействие настоек черноморской цистозеры на два вида зелени.....	65
<i>Габаев Д.Д.</i> Рост приморского гребешка <i>Ratinopecten (=Mizuhopecten) yessoensis</i> на морских плантациях Приморского края.....	68
<i>Гамов М.К., Бизбородов В.О., Метревели В.Е., Цыганков В.Ю.</i> Содержание эссенциальных элементов (Fe, Zn, Cu, Mn) в органах малоглазого макруруса (<i>Albatrossia pectoralis</i>) из Берингова моря.....	72
<i>Головатых Н.Н.</i> Сезонная динамика кислородного режима р. Волги в 2011–2021 гг.	77
<i>Горбачева Е.А., Новиков М.А.</i> Содержание стойких органических загрязнителей в северной креветке северо-восточных районов Баренцева моря.....	81
<i>Грушинец В.А., Смирнов А.А.</i> Основные биологические показатели сельди из траловых уловов в Северо-Охотоморской подзоне Охотского моря в январе-марте 2020 г.	86
<i>Dorofeev E.D., Badaev O.Z.</i> Resources and fishery of fish of the Pleuronectidae family in the South Kuril zone.....	90
<i>Загрийчук В.П., Бутков К.А.</i> Возможности контроля рыболовства в запретных районах с использованием отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов.....	93

<i>Зеленников О.В., Косач Е.А., Мартынова А.С.</i> Результаты выращивания молоди кеты <i>Oncorhynchus keta</i> на рыбоводных заводах Сахалинской области с применением стартовых кормов НПК «Акватех»	98
<i>Зеленников О.В., Мякишев М.С., Ворожцова А.А., Косач Е.А.</i> Опытно-производственный анализ заготовки производителей симы <i>Oncorhynchus masou</i> в полевых условиях.....	103
<i>Колесникова А.С., Дубина В.А., Круглик И.А., Руденко О.Н.</i> Спутниковый радиолокационный мониторинг шельфа острова Сахалин	108
<i>Кудакаев В.В.</i> Динамические сборки в системе AutoDesk Inventor на примере траловой доски проекта 2490.....	113
<i>Ларикова М.В.</i> Рост и развитие личинок дальневосточного трепанга на различных кормах	119
<i>Лескова С.Е., Злобина А.С.</i> Оптимальные условия для роста и развития тихоокеанской устрицы <i>Crassostrea gigas</i>	124
<i>Лескова С.Е., Ларикова М.В.</i> Влияние температуры и солености на рост и развитие личинок дальневосточного трепанга <i>Apostichopus japonicus</i>	130
<i>Лисиенко С.В., Грибова К.А.</i> Динамика распределения общих допустимых уловов палтусов в промысловых районах Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна	135
<i>Лисиенко С.В., Иванко Н.С., Машикова А.С.</i> Анализ работы добывающего флота в Западно-Беринговоморской зоне в период 2015–2019 гг.....	148
<i>Матросова И.В., Калинина Г.Г., Золотухина Е.А.</i> Некоторые биологические характеристики серебряного карася реки Белая (Приморский край).....	153
<i>Медведева А.Д., Богатыренко Е.А., Ким А.В.</i> Изучение таксономического разнообразия нефтеокисляющих микроорганизмов, выделенных из различных акваторий Японского моря.....	158
<i>Минченков Е.Е.</i> Опыт инкубации икры сига балтийского (пресноводная жилая форма) на Князегубском рыбноводном заводе	164
<i>Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В., Коновалова К.В., Быков А.А.</i> Производительность продольных сил (сил натяжения) канатных связей траловых конструкций.....	169
<i>Недоступ А.А., Ражев А.О., Насенков П.В.</i> Принцип предосторожности при эксплуатации донных траловых систем	174
<i>Новиков М.А.</i> Содержание мышьяка и ртути в промысловых рыбах и беспозвоночных Баренцева моря.....	181
<i>Огнистая А.В.</i> Влияние тяжелых металлов (Cd и Ni) на антимикробную активность микроводоросли <i>Heterosigma akashiwo</i>	187
<i>Осипов Е.В., Телятник О.В., Пилипчук Д.А.</i> Методы исследования характеристик сетных элементов орудий рыболовства для совершенствования их конструкций и материалов, из которых они изготовлены.....	192
<i>Рудев П.В., Позолотина Л.А., Климова А.В.</i> Сезонная динамика накопления тяжелых металлов у <i>Mytilus trossulus</i> из бухты Петропавловская (Авачинский залив).....	197
<i>Слободскова Л.Е., Жуковская А.Ф., Косьяненко А.А., Еловская О.А., Слободскова В.В.</i> Влияние искусственных рифовых конструкций на восстановление антропогенно-измененных морских прибрежных акваторий	203
<i>Тевс К.О., Шевченко О.Г., Шулькин В.М., Шульгина М.А.</i> Особенности сезонной изменчивости фитопланктона и основных гидрохимических параметров среды прибрежных вод острова Русский (залив Петра Великого, Японское море).....	209
<i>Токранов А.М.</i> Оценка воздействия вредоносного цветения водорослей осенью 2020 г. на представителей отряда Scorpaeeniformes в прибрежной зоне Авачинского залива (Юго-Восточная Камчатка)	216

<i>Чусовитина С.В., Перерва А.А.</i> Некоторые черты биологии кеты <i>Oncorhynchus keta</i> реки Гур (Хабаровский край) в 2017–2020 гг.....	222
<i>Шарко А.Р., Боун Л.А.</i> Исследование рационов для кормовых организмов на примере гарпактицид (<i>Tigriopus californicus</i>)	227
<i>Шебанова М.А., Кузнецова Н.А.</i> Состояние планктонного сообщества Чукотского моря осенью 2020 г.....	231

Секция 2. ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СУДОВ

<i>Алифанов Р.Н., Карасев В.В.</i> Использование современных компьютерных технологий для повышения качества подготовки судоводителей-рыбопромысловиков с использованием гидроакустического тренажера	237
<i>Бойко В.В., Самсонов С.В.</i> Концептуальные основы безопасности судоходства	241
<i>Вальков В.Е., Осипов Е.В., Иванко Н.С., Бойцов А.Н.</i> Методы снижения расхода топлива промысловыми судами при использовании траловых систем, оснащенных гибкими распорными устройствами.....	247
<i>Ганнесен В.В., Соловьёва Е.Е.</i> Обеспечение безопасности мореплавания в зонах прибрежного рыболовства у побережья Японии.....	252
<i>Костенко Л.В.</i> Перспективы цифровых технологий в рыбной отрасли России	257
<i>Крюков А.А.</i> Опыт трехмерного газодинамического расчета малорасходной центростремительной турбины	264
<i>Мезенцева Л.И., Гончуков Л.В.</i> Генезис необычайно жаркого лета 2021 г. на Дальнем Востоке, в том числе на акватории дальневосточных морей.....	269
<i>Мосунов А.А., Веляев Ю.О., Евстигнеев В.П.</i> Способы исследования модифицированных наночастицами матриц покрытий гидротехнических сооружений.....	276
<i>Покровский Б.И., Шабельский Д.Л., Кайко А.М.</i> Методы подготовки данных для исследования вариантов эффективного развития внутреннего рынка продукции переработки морских биологических ресурсов	281
<i>Руднев Б.И., Повалихина О.В.</i> Локальные тепловые потоки на поверхности крышки цилиндров высокооборотного дизеля	292
<i>Савченко А.Е., Мизюркин М.А., Шабельский Д.Л., Ваккер Н.Л., Вологов В.М.</i> Относительные изменения линейных характеристик сетематериалов при хранении в различных условиях.....	299
<i>Соловьёва Е.Е., Ганнесен В.В., Карпушин И.С.</i> К вопросу обеспечения остойчивости рыбопромысловых судов	307
<i>Ханькович И.Н., Чехранов С.В., Симашов Р.Р.</i> Утилизация теплоты ГД на крупных современных рыбодобывающих судах	312
<i>Щербатюк В.П., Иванов А.М.</i> Человеческий фактор в обеспечении безопасности мореплавания.....	318
<i>Якимов А.В., Екимов А.А.</i> Безопасность мореплавания в современной эпидемиологической обстановке.....	323

Секция 3. ИННОВАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ПРОЕКТНЫХ И ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ПИЩЕВЫХ И ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКТОВ ИЗ ВОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

<i>Богданов В.Д., Панкина А.В., Симдянкин А.А., Мостовой В.Д.</i> Обоснование сроков годности рыбных сосисок геродиетической направленности и разработка нормативной документации на их производство	328
<i>Глебова Е.В.</i> Сравнительный анализ основных документов по стандартизации для производства пищевой продукции	334

<i>Глебова Е.В.</i> Изменения в правовых основах стандартизации.....	338
<i>Глухарев А.Ю., Демид А.В., Чурилина А.С., Барабашина С.И., Волченко В.И.</i> Исследование качества рыбного фарша из северной путассу в процессе ферментации с использованием пробиотиков	341
<i>Гурко А.А., Лаптева Е.П., Глебова Е.В.</i> Повышение эффективности деятельности предприятия на основе процесса управления персоналом	349
<i>Дементьева Н.В., Рослая М.И.</i> Разработка рецептуры функционального мясного кулинарного продукта с использованием сырья морского и растительного происхождения.....	355
<i>Заяц Е.А., Ким Э.Н.</i> Разработка модели процесса формирования канцерогенности копченой рыбной продукции.....	360
<i>Карпенко Ю.В.</i> Перспективы использования новых промысловых видов двустворчатых моллюсков в технологии пищевых продуктов	366
<i>Ким Э.Н., Лаптева Е.П., Глебова Е.В., Тимчук Е.Г., Заяц Е.А.</i> Повышение экологичности копильного производства на основе утилизации дымовых выбросов коптильных камер.....	372
<i>Колотова Д.С., Кучина Ю.А., Воронько Н.Г., Деркач С.Р.</i> Особенности реологического поведения гидрогелей на основе полиэлектролитных комплексов рыбной желатины и альгината натрия	378
<i>Котов Н.Е., Максимова С.Н.</i> Аналитические исследования отходов и потерь при разделке лососевых рыб.....	383
<i>Крикун А.И., Руднев С.Д., Феоктистова В.В.</i> Исследование современных аспектов фильтрования морской воды.....	387
<i>Мостовой В.Д., Богданов В.Д., Симдянкин А.А.</i> Технологическое проектирование производства рыбных продуктов, обогащенных геропротекторами	393
<i>Полецук В.И., Слуцкая Т.Н., Максимова С.Н.</i> Обоснование и разработка технологии пищевой продукции из сардины тихоокеанской с использованием биорегуляторов.....	402
<i>Савкина К.Н.</i> Разработка, моделирование и оптимизация рецептур мучных изделий, обогащенных йодом ламинарии беломорской	407
<i>Чутикова Е.С., Антосюк А.Ю., Саятина Т.А.</i> Управление процессами изготовления зернистой икры из тихоокеанских лососей.	412

Электронное научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ
БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА**

**Материалы VII Международной
научно-технической конференции**

Подписано в печать 03.06.2022. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 49,29. Уч.-изд. л. 44,20. Заказ 0843.
Тиражируется на машиночитаемых носителях

Оригинал-макет подготовлен
Центром публикационной деятельности
«Издательство Дальрыбвтуза»
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52Б