

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

**ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ
В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Материалы I Национальной заочной
научно-технической конференции**

(Владивосток, 22 декабря 2017 года)

**Владивосток
Дальрыбвтуз
2017**

УДК 639.2+338.439
ББК 65.35+65.5
И66

Организационный комитет конференции:

Председатель – Зорченко Николай Кузьмич, врио ректора ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Зам. председателя – Ковалев Николай Николаевич, доктор биол. наук, проректор по научной и инновационной деятельности ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз».

Ответственный секретарь – Денисова Елена Викторовна, зам. начальника научного управления.

Технический секретарь – Образцова Елизавета Юрьевна, главный специалист научного управления.

Адрес оргкомитета конференции:

690087, г. Владивосток,
ул. Луговая, 52-б,
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»
Тел./факс: 8 (423) 2-44-11-76
[http:// www.conf.dalrybvtuz.ru](http://www.conf.dalrybvtuz.ru)
E-mail: dalrybvtuz-conf@mail.ru

И66 Инновационное развитие рыбной отрасли в контексте обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации : материалы I Нац. заоч. науч.-техн. конф. – Владивосток : Дальрыбвтуз, 2017. – 347 с.

ISBN 978-5-88871-706-6

Представлены результаты научных исследований ученых Дальрыбвтуза и других вузов России.

Приведенные материалы охватывают широкий спектр инновационного развития рыбной отрасли, рационального использования водных биологических ресурсов, проблемы производства рыбной продукции, совершенствование технологии продуктов питания и управления качеством, актуальные вопросы мореплавания и технического обеспечения судов.

УДК 639.2+338.439
ББК 65.35+65.5

ISBN 978-5-88871-706-6

© Дальневосточный государственный
технический рыбохозяйственный
университет, 2017

Секция 1. РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ БИОРЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА

УДК 615.32

А.А. Бойко, С.Ю. Дубровин
ФГБОУ ВО «МГТУ», Мурманск, Россия

НЕКОТОРЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПЕПТИДНОЙ ПРИРОДЫ ИЗ СКАТА ЗВЕЗДЧАТОГО (*RAJA RADIATA*)

*На основе актуальных публикаций из отечественных и иностранных источников, рассматривается проблематика рационального использования морских природных ресурсов, в частности ската звездчатого *Raja radiata*.*

Согласно экспертной оценке Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО) величина общих запасов ската за последние годы в Баренцевом море колеблется от 80 до 116 тыс. т. Средний многолетний вылов в прибрежной 50-мильной зоне Мурманска составил 0,5 тыс. т, средняя биомасса – 35 тыс. т, возможный ежегодный вылов – 4 тыс. т. Вылов ската *Raja radiata* в прибрежной зоне с использованием донного яруса колеблется от 26 до 58 кг на 1 тыс. крючков. Вне зон иностранных государств без ущерба для запасов можно ежегодно добывать до 4 тыс. т этой рыбы. Как показывает опыт работы судов Мурманского региона, прилов ската составляет 3–10 % от общего вылова.

В отличие от других стран (Англия, Япония, Германия, Франция), в которых скат в течение многих лет используется в пищу, в России только с недавнего времени ведутся исследования по разработке различных видов пищевой продукции. Разработана технология приготовления из пищевого полуфабриката звездчатого ската кулинарных изделий (котлеты, пельмени), продукции горячего копчения, консервов. Но значительная часть прилова остается невостребованной и идет в лучшем случае на приготовление кормовой муки [1]. Остро стоит вопрос о рациональном использовании морских природных ресурсов, поэтому проблема разработки методов комплексной переработки скатов (мышц, внутренних органов, кожи, скелета) достойна пристального внимания.

Исследования ученых МГТУ показали, что крылья ската (для которых разработаны технологии изготовления кулинарной продукции) составляют в среднем 28 %, а внутренние органы (остающиеся в данный момент невостребованными) – порядка 14 % от массы целой рыбы [11]. Поэтому разработка методов получения биологически активных веществ из внутренних органов видится экономически целесообразной. Данная работа посвящена рассмотрению ряда перспективных способов извлечения и последующего применения БАВ из внутренних органов, кожи, хрящей ската.

В обзорной статье [12] обсуждается вопрос использования пептидов, пептидомиметиков и полипептидов из морских источников для фармацевтических целей. Природные ресурсы обеспечивают широкий простор для химических исследований в обнаружении лекарственных средств на основе пептидов. По литературным оценкам из природных источников было идентифицировано около 7000 пептидов / пептидомиметиков, и потенциал для разработки препаратов на основе данных соединений большой. Извлеченные пептиды могут быть использованы в качестве возможных терапевтических агентов для лечения и профилактики широкого спектра заболеваний, включая антибактериальную, противогрибко-

вую, противодиабетическую, противоопухолевую, а также сердечно-сосудистую и нейротоксическую активность.

Существуют определенные ограничения для производства БАД на основе морских пептидов, которые применимы для пептидных препаратов любого происхождения. Их наличие обусловлено физико-химическими свойствами данных соединений: большой размер молекул, ферментативное разрушение, короткий период полужизни в плазме, ионная проницаемость, иммуногенность и склонность к агрегации и денатурации. На биодоступность протеиновых и пептидных лекарственных веществ при оральном применении могут оказать влияние время опустошения желудка, общее время пребывания в ЖКТ, присутствие пищи, изменения pH при прохождении через ЖКТ (pH 1–8), пищеварительные ферменты, кишечная флора и эпителиальный транспорт. Все это приводит к тому, что уровень абсолютной оральной биодоступности большинства пептидов и протеинов при пероральном применении не превышает 1 %.

Однако эти ограничения можно преодолеть, используя различные стратегии дизайна молекул или пептиды, которые естественным образом устойчивы к ферментативной и термической деградации. Пути повышения биодоступности при оральном применении включают: модификацию основной цепи аминокислот, использование определенных лекарственных форм, химическую модификацию, введение в рецептуру ингибиторов ферментов, использование в составе лекарственных форм мукоадгезивных полимеров и веществ, улучшающих абсорбцию [10].

В журнале «Marine drugs» было опубликовано несколько статей китайских ученых, посвященных получению протеиновых гидролизатов из мышц ската *Raja porosa* (*Okamejei kenojei*). Была отработана технология получения гидролизата с использованием ферментативного гидролиза и выбран наиболее подходящий для этого фермент (нейтраза). Путем ступенчатой очистки с использованием ультрафильтрации и хроматографии были получены два нонапептида (их аминокислотные последовательности были определены как Ала-Про-Про-Тре-Ала-Тир-Ала-Глн-Сер и Гис-Трп-Асп-Мет-Глу-Лиз-Иле-Трп-Асп) и изучены их антиоксидантные свойства. Оба пептида обладают выраженной антирадикальной активностью в отношении ряда свободных радикалов (супероксидный, гидроксильный, 1,1-дифенил-2-пикрилгидразильный). Авторы предполагают, что протеиновый гидролизат и белки из мышц ската могут быть использованы в качестве биологически активной добавки к пище, уменьшающей воздействие свободных радикалов на организм, а также в качестве безопасного природного консерванта для уменьшения перекисного окисления липидов в пищевых продуктах [4].

Сходным методом из протеинового гидролизата хряща ската *Raja porosa* был получен гексапептид (Фен-Иле-Мет-Гли-Про-Тир). Была изучена его противоопухолевая активность в линии клеток HeLa (линия «бессмертных» клеток, используемая во множестве научных исследований в области биологии и фармакологии. Линия была получена 8 февраля 1951 г. из раковой опухоли шейки матки пациентки Генриетты Лакс (англ. Henrietta Lacks). Эксперимент показал, что данный пептид ингибирует рост раковых клеток путем индукции апоптоза. Авторы предполагают, что данный пептид может найти применение в функциональных продуктах и нутрицевтиках для лечения и профилактики рака [5].

В исследовании другой хрящевой рыбы, акулы-молота, рассматривался ферментный протеиновый гидролизат ее хряща. С помощью ультрафильтрации и ступенчатой хроматографии были получены пептиды (Гли-Про-Глн, Гли-Ала-Арг-Гли-Про-Глу и Глу-Фен-Тре-Гли-Про-Про-Гли-Фен-Асп-Гли), проведены исследования по определению их антиоксидантной активности и способности ингибировать перекисное окисление липидов, в которых данные пептиды продемонстрировали хорошие результаты. По мнению авторов, очищенные пептиды из белкового гидролизата хряща акулы-молота могут найти применение в качестве ингредиентов в функциональных пищевых продуктах. Скот звездчатый также относится к хрящевым рыбам, поэтому возможно рассматривать данный объект как источник схожих по свойствам соединений [6].

Другим объектом исследований является кожа ската. Были проведены ферментативный гидролиз желатина кожи ската *Raja porosa (Okamejei kenojei)* с использованием ферментов нейтраза, алкалаза, протамекс и исследования свойств полученных гидролизатов. Алкалазный гидролизат проявлял выраженную ангиотензинпревращающий-ферментингибирующую активность. Затем путем дальнейшего гидролиза и очистки с помощью ультрафильтрации и хроматографии из гидролизата были изолированы два пептида с аминокислотными последовательностями Met-Val-Гли-Сер-Ала-Про-Гли-Val-Лей и Лей-Гли-Про-Лей-Гли-Гис-Глн соответственно. Данные пептиды в исследовании на модели артериальной гипертензии (спонтанно гипертензивные крысы) значительно снижали систолическое артериальное давление. Также было показано, что эти соединения обладают антиоксидантными свойствами и способны защищать эндотелиальные клетки сердечно-сосудистой системы от повреждения свободными радикалами. В качестве вывода можно указать, что пептиды, полученные из кожного желатина ската *Raja porosa (Okamejei kenojei)*, могут быть использованы в пищевой промышленности в качестве функциональных ингредиентов для БАД с мощными антигипертензивными и антиоксидантными свойствами для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний [7–9].

Американские ученые опубликовали ряд статей, посвященных изучению культуры клеток специфических органов иммунитета хрящевых рыб – Лейдигова органа и эпигональных клеток. Хрящевые рыбы представляют интерес для изучения, так как они мало подвержены инфекционным и опухолевым заболеваниям. В результате проведенных экспериментов было показано, что кондиционированная среда эпигональных клеток акулы-лопаты (*Sphyrna tiburo*) обладала цитотоксической активностью против различных раковых опухолей (В-клеточная лимфома, Т-клеточная лимфома, фибромиосаркома, меланома, рак поджелудочной железы, рак яичников, рак груди) *in vitro* путем индукции апоптоза. Авторы предполагают, что дальнейшее изучение состава кондиционированной среды позволит выделить компоненты с потенциальным терапевтическим действием в отношении раковых опухолей у людей [2, 3].

Выводы

1. Скат звездчатый является недоиспользуемым природным промысловым объектом. Внутренние органы и ткани являются перспективным сырьем для разработки технологии получения биологически активных веществ.

2. Продукты гидролиза хрящей, кожи и органов иммунитета (Лейдигов орган, эпигональные клетки) звездчатого ската по аналогии с соединениями, полученными из других видов, могут найти применение в производстве биологически активных добавок, обладающих общеукрепляющими, иммуностимулирующими, антигипертензивными и противоопухолевыми свойствами.

Библиографический список

1. Константинова Л.Л. Нетрадиционные объекты промысла Северной Атлантики и морей Североевропейского бассейна и перспективы их использования. Мурманск: ПИН-РО, 2009. С. 170–172

2. Elasmobranch immune cells as a source of novel tumor cell inhibitors: Implications for public health / Catherine J. Walsh, Carl A. Luer, A.B. Bodine, Clayton A. Smith, Heather L. Cox, David R. Noyes, Gasparetto Maura // Integrative and Comparative Biology. 2006. Vol. 46. P. 1072–1081.

3. Epigonal Conditioned Media from Bonnethead Shark, *Sphyrna tiburo*, Induces Apoptosis in a T-Cell Leukemia Cell Line, Jurkat E6-1 / Catherine J. Walsh, Carl A. Luer, Jennifer E. Yordy, Theresa Cantu, Jodi Miedema, Stephanie R. Leggett, Brittany Leigh, Philip Adams, Marissa Ciesla, Courtney Bennett, Ashby B. Bodine // Mar. Drugs, 2013. P. 3224–3257.

4. Two Novel Antioxidant Nonapeptides from Protein Hydrolysate of Skate (*Raja porosa*) Muscle / Fa-Yuan Hu, Chang-Feng Chi, Bin Wang, Shang-Gui Deng // *Mar. Drugs*. 2015. 13, 4.
5. Anticancer Activity of a Hexapeptide from Skate (*Raja porosa*) Cartilage Protein Hydrolysate in HeLa Cells / Xin Pan, Yu-Qin Zhao, Fa-Yuan Hu, Chang-Feng Chi, Bin Wang // *Mar. Drugs*. 2016. 14, 153.
6. Purification and Identification of Antioxidant Peptides from Protein Hydrolysate of Scalloped Hammerhead (*Sphyrna lewini*) Cartilage / Xue-Rong Li, Chang-Feng Chi, Li Li, Bin Wang // *Mar. Drugs*. 2017. 15, 61.
7. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides from antihypertensive skate (*Okamejei kenojei*) skin gelatin hydrolysate in spontaneously hypertensive rats / Dai-Hung Ngo, Kyong-Hwa Kang, Bo Mi Ryu, Thanh-Sang Vo, Won-Kyo Jung, Hee-Guk Byun, Se-Kwon Kim // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 174. P. 37–43.
8. Protective effects of peptides from skate (*Okamejei kenojei*) skin gelatin against endothelial dysfunction / Dai-Hung Ngo, Kyong-Hwa Kang, Won-Kyo Jung, Hee-Guk Byun, Se-Kwon Kim // *Journal of Functional Foods*. 2014. Vol. 10. P. 243–251.
9. Active peptides from skate (*Okamejei kenojei*) skin gelatin diminish angiotensin-I converting enzyme activity and intracellular free radical-mediated oxidation / Dai-Hung Ngo, Bo Mi Ryu, Se-Kwon Kim // *Food Chemistry*. 2014. Vol. 143. P. 246–255.
10. Технология повышения абсорбции лекарственных веществ пептидной и протеиновой природы при оральном применении / К.В. Алексеев, Н.В. Тихонова, Е.В. Бlynкая, К.Г. Турчинская, Н.А. Уваров, Е.Б. Лазарева // *Вестн. новых медицинских технологий*. 2011. Т. 18, № 4. С. 123.
11. Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения / В.В. Щетинский, Ю.В. Шокина, В.В. Павлова, И.В. Саенкова // *Вестн. ВГУИТ*. 2014. № 1. С. 102–107.
12. Rushikesh Sable, Pravin Parajuli, Seetharama Jois. Peptides, Peptidomimetics, and Polypeptides from Marine Sources: A Wealth of Natural Sources for Pharmaceutical Applications // *Mar. Drugs*. 2017. 15, 124.

A.A. Boyko, S.U. Dubrovin
FSEI HPE MSTU, Murmansk, Russian Federation

SOME POSSIBLE APPLICATIONS OF PEPTIDE BIOACTIVE COMPOUNDS RECEIVED FROM THORNY SKATE (*RAJA RADIATA*)

*In this article, problem of rational use of natural marine sources (thorny skate *Raja radiata* in particular) is considered on the base of actual publications in Russian and foreign publications.*

Е.Р. Галяутдинова¹, А.Р. Гальперина²
¹ФГБНУ «КаспНИРХ», Астрахань, Россия
²ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОМА ЕВРОПЕЙСКОГО (*SILURUS GLANIS L.*, 1758) КАК ОДНОГО ИЗ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫСЛА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Исследовано видовое разнообразие микроорганизмов, выделенных от сома европейского (*Silurus glanis L.*, 1758) в Волго-Каспийском регионе. Установлено присутствие в микробиоте сома дрожжевых культур, что является одним из отрицательных показателей состояния данного объекта промысла в связи с тем, что некоторые культуры являются условно-патогенными и способны стать возбудителями различных бактериальных заболеваний гидробионтов. Приведены данные по оценке факторов патогенности выделенных дрожжевых культур и определению оптимальных температурных границ роста.*

В результате усиления антропогенного воздействия в водоемах происходят качественные изменения всех компонентов гидробиоценоза [1]. Широкое распространение получают микроорганизмы, ферментативная система которых приспособлена к изменяющимся внешним воздействиям окружающей среды. Условно-патогенные бактерии, циркулирующие в природных экосистемах, при определенных условиях способны стать возбудителями различных бактериальных заболеваний гидробионтов и впоследствии пищевых токсикоинфекций у людей [2].

Сом европейский является важным и распространенным объектом промысла, обладающим высокой пищевой ценностью, в связи с этим целесообразно изучение микроорганизмов, персистирующих в рыбе и являющихся потенциальными возбудителями различных инфекционных процессов у людей.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся сом европейский, выловленный на мелководных участках Северного Каспия с глубинами не более 3,0 м. Сбор материала осуществлялся в весенний и летний период 2016–2017 г.

Для выделения бактерий и их дальнейшего изучения у живой рыбы были получены образцы слизи, жабр, печени и кишечника. Для изучения морфологических, культуральных и биохимических свойств бактерий были проведены посевы на плотные питательные среды общего назначения (МПА). Для селективного выделения дрожжеподобных и плесневых грибов были использованы среды Сабуро и Чапека. Для описания морфологических свойств бактерий мазки окрашивали по Граму. Установление систематической принадлежности изучаемых микроорганизмов производили при помощи определителя [3].

Рост дрожжевых культур оценивали на жидкой питательной среде Ридер (без добавления агара), г/л: фосфат калия однозамещенного – 6,3, сульфат аммония – 2,7, сульфат магния семиводный – 7,4, глюкоза – 55,0, дрожжевой автолизат – 5,0 [4].

Выделенные дрожжевые культуры тестировали на наличие ферментов, относящихся к факторам патогенности: протеаза, гемолизин, лецитиназа, ДНК-аза. Протеолитическую активность изучали по способности разжижать желатин, гемолитическую активность – по наличию зон просветления (гемолиза) на 5%-ном кровяном агаре, лецитиназную активность – по ореолу вокруг колоний преципитированных липидов, отщепленных от лецитина куриного желтка на яично-желточном агаре. Дезоксирибонуклеазную активность у бактерий определяли на среде DNase Test Agar [5].

Результаты исследований

Результаты бактериологических исследований показали присутствие в микробиоценозе сома бактерий, относящихся к семействам Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, Enterobacteriaceae, Alcaligenaceae, Flavobacteriaceae, Neisseriaceae, а также грамположительные микроорганизмы. Максимальное биоразнообразие бактерий отмечено в жабрах и слизи (рис. 1).

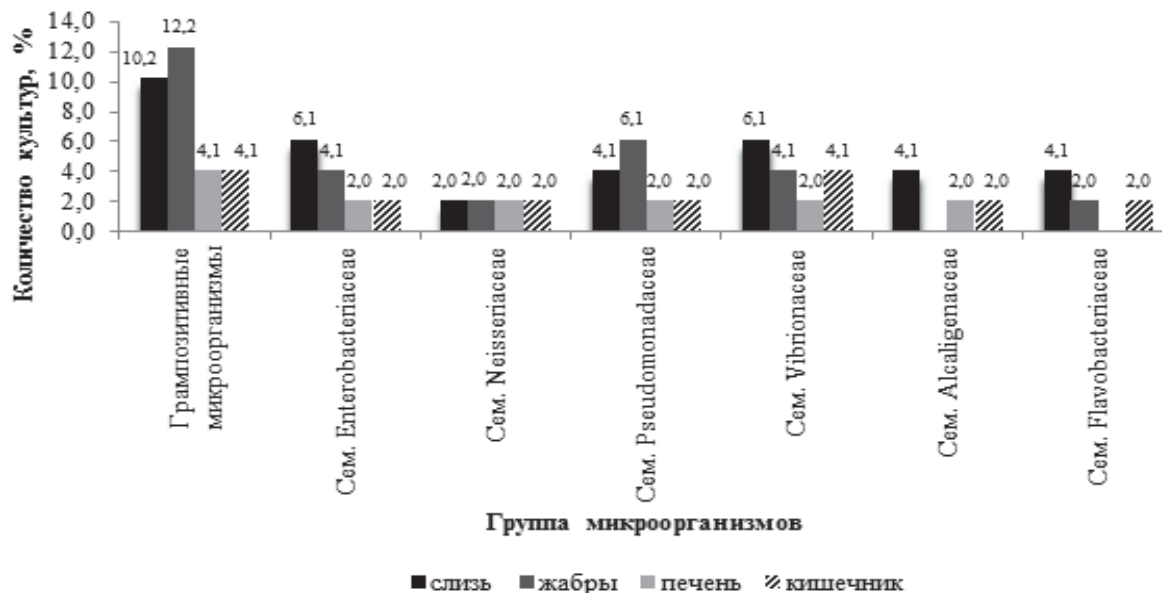


Рис. 1. Видовой состав микробиоты сома

На жабрах и слизи с поверхности тела обнаружены бактерии *Flavobacterium sp.* (сем. Flavobacteriaceae), *Vibrio sp.* (сем. Vibrionaceae), *Pseudomonas sp.*, *Pseudomonas aeruginosa* (сем. Pseudomonadaceae), *Bacillus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Marinococcus sp.*, *Planococcus sp.*, относящиеся к грамположительным микроорганизмам, *Citrobacter sp.*, *Salmonella sp.*, *Nocardia sp.* (сем. Enterobacteriaceae), *Acinetobacter sp.* (сем. Neisseriaceae), *Alcaligenes sp.* (сем. Alcaligenaceae). Среди выделенных изолятов доминировали представители грамположительных микроорганизмов (10,2 и 12,2 % изолятов). Присутствие таксономических групп Enterobacteriaceae, Pseudomonaceae, Vibrionaceae являлось закономерным, поскольку данные микроорганизмы входили в естественный микробиоценоз водоема, однако по литературным данным [1] Enterobacteriaceae, Pseudomonaceae, Vibrionaceae являются этиологическими агентами, способными вызывать заболевания гидробионтов. В меньших количествах были выделены представители семейств Neisseriaceae, Alcaligenaceae, Flavobacteriaceae.

В ходе исследований также был изучен видовой состав микробиоценоза кишечника сома, который находится в прямой зависимости от различных экзогенных и эндогенных факторов, среди которых наиболее значимые – экологические условия обитания, пищевые приоритеты и физиологическое состояние гидробионта [6]. Микробиота кишечника сома была представлена следующими микроорганизмами: *Marinococcus sp.*, *Staphylococcus sp.* (грамположительные микроорганизмы), *Vibrio sp.* (сем. Vibrionaceae), *Proteus vulgaris* (сем. Enterobacteriaceae), *Acinetobacter sp.* (сем. Neisseriaceae), *Pseudomonas sp.* (сем. Pseudomonadaceae), *Alcaligenes sp.* (сем. Alcaligenaceae), *Flavobacterium sp.* (сем. Flavobacteriaceae). Большинство выделенных условно-патогенных бактерий при определенных условиях способны наносить ущерб здоровью гидробионта, вызывая заболевания инфекционной природы [8].

При проведении бактериологических исследований также были выделены дрожжевые культуры из слизи с поверхности тела, жабр и внутренних органов сома.

Дрожжи являются типичными обитателями природных субстратов, некоторые являются условно-патогенными и способны вызывать локальные или системные микозы гидробионтов [9]. Присутствие как условно-патогенных бактерий, так и дрожжевых культур на поверхности рыбы и ее внутренних органов косвенно указывает на антропогенный прессинг, испытываемый экосистемой, так как известно, что микробное биоразнообразие рыбы находится в прямой зависимости от видового состава микроорганизмов водной среды [7].

В результате ряда последовательных пересевов с агаризованной среды Сабуро в чистые культуры выделено 11 дрожжевых культур, отличающихся по морфологическим признакам. Предположительно, по морфологическим и культуральным признакам 2 изолята были отнесены к родам *Saccharomyces* sp. (культура 6) и *Rhodotorula* sp. (культура 4).

Таблица 1

Морфологические признаки чистых культур дрожжей

| Культуры дрожжей | Описание штриха |
|--|--|
| Культура № 1 (источник выделения – кишечник) | Жемчужный цвет, глянцевая поверхность, в агар не вырастает, растет точно |
| Культура № 2 (источник выделения – слизь с поверхности тела) | Беловато-серый цвет, глянцевая поверхность, слабый блеск колонии, в агар не вырастает |
| Культура № 3 (источник выделения – жабры) | Светло-розовый цвет, глянцевая поверхность, слабый блеск, в агар не вырастает |
| Культура № 4 (источник выделения – слизь с поверхности тела) | Насыщенно-розовый цвет, глянцевая поверхность, в агар не вырастает |
| Культура № 5 (источник выделения – жабры) | Слабо-розовый блеск, глянцевая поверхность, в агар не вырастает |
| Культура № 6 (источник выделения – печень) | Бело-серый цвет, слабый блеск, в агар не вырастает, растет неохотно |
| Культура № 7 (источник выделения – слизь) | Жемчужно-белый цвет, матовая поверхность, слабый блеск, в агар не вырастает, растет большими колониями |
| Культура № 8 (источник выделения – кишечник) | Серый цвет, матовая поверхность, колонии округлые и небольшие |
| Культура № 9 (источник выделения – кишечник) | Слабо-розовый блеск, глянцевая поверхность, в агар не вырастает |
| Культура № 10 (источник выделения – кишечник) | Серовато-желтый цвет, матовая поверхность, в агар не вырастает |
| Культура № 11 (источник выделения – печень) | Жемчужный цвет, матовая поверхность, имеется слабый блеск, в агар не вырастает |

Для изучения характера роста дрожжевых культур использовали жидкую синтетическую среду Ридера. Было выявлено, что дрожжи при росте на данной среде вызвали равномерное помутнение, образовывали осадок в 30-суточной культуре, некоторые культуры формировали пленку на поверхности среды.

Из числа физиолого-биохимических особенностей микроорганизмов исследовали температурный оптимум для данных изолятов, так как температура является одним из важнейших экологических факторов, оказывающих влияние на рост микроорганизмов. Выявлено, что для выделенных дрожжевых культур оптимальной границей роста являлась температура от 28 до 37 °С (табл. 2).

Физиолого-биохимические свойства дрожжевых культур

| Показатели | Выделенные культуры дрожжей | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| | № 1 | № 2 | № 3 | № 4 | № 5 | № 6 | № 7 | № 8 | № 9 | № 10 | № 11 |
| Рост при температуре 28 °С | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Рост при температуре 37 °С | + | + | + | + | + | - | + | - | + | + | + |
| Рост при температуре 60 °С | - | + | + | - | - | + | + | - | - | - | - |

В летние периоды установлено, что на мелководных участках Северного Каспия воды прогревались от 25,2 до 29,8 °С, в связи с чем высокая лабильность выделенных дрожжей относительно температурного оптимума развития позволяет им длительно персистировать на обследованной акватории, сохраняя при этом свои вирулентные свойства, что подтверждается проявлением факторов патогенности некоторыми культурами.

Так, ДНК-азную активность продуцировала культура, выделенная из жабр (культура № 5), гемолитическую – культуры, изолированные из слизи с поверхности тела (культуры № 2 и 7) (рис. 2).

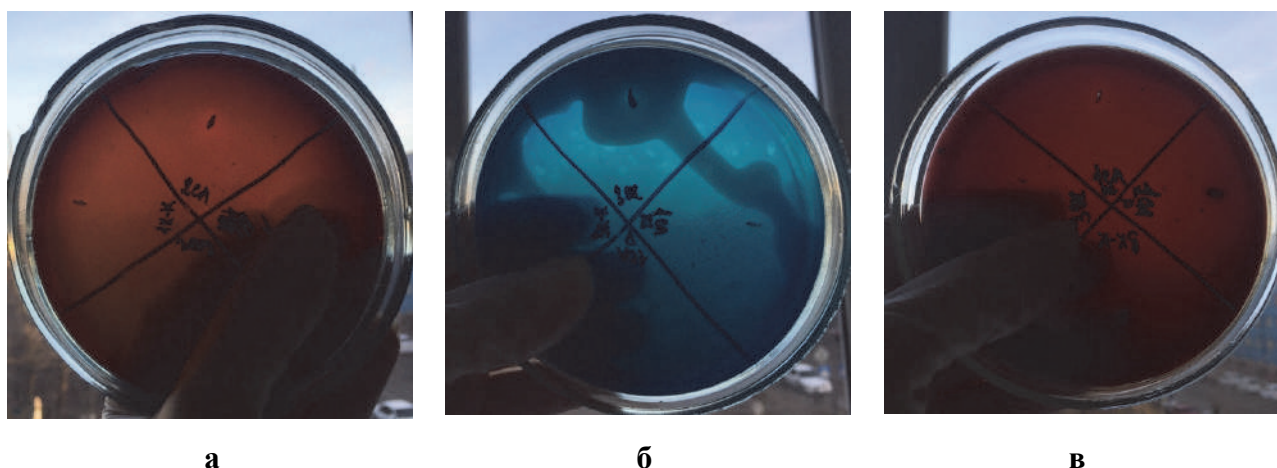


Рис. 2. Факторы патогенности дрожжевых культур: а – гемолитическая активность (культура № 7), б – ДНК-азная активность (культура № 5), в – гемолитическая активность (культура № 2)

Микроорганизмы, проявляющие гемолитическую активность, способны разрушать клетки крови – эритроциты, а ДНК-азная активность позволяет бактериям разрушать генетический материал, что облегчает проникновение бактерий во внутренние органы рыб и может вызывать инфекции бактериальной природы [7]. Обладая определенными факторами патогенности, микроорганизмы способны адаптироваться к изменяющимся условиям и выживать как в организме рыб, так и во внешней среде [1].

Таким образом, в результате проведенных бактериологических исследований слизи с поверхности тела, жабр и внутренних органов сома были выделены микроорганизмы семейств: Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, Enterobacteriaceae, Alcaligenaceae, Flavobacteriaceae, Neisseriaceae, а также дрожжевые культуры. Было выделено 11 чистых культур дрожжей, различающихся по морфологическим признакам, оптимальной границей роста для которых являлась температура от 28 до 37 °С. Некоторые выделенные изоляты обладали гемолитической и ДНК-азной активностью, тем самым представляя определенную

опасность для гидробионтов и человека. Персистенция условно-патогенных бактерий в микробиоте сома, способных спровоцировать инфекционные процессы гидробионтов, свидетельствовала о неудовлетворительном состоянии данного объекта промысла по микробиологическим показателям.

Библиографический список

1. Казимирченко О.В. Экологическая значимость условно-патогенных бактерий микрофлоры европейского угря (*Anguilla anguilla* L.) и среды его обитания в российских водах Калининградского залива (Балтийское море) // Вестн. РГУ им. И. Канта. 2008. № 7. Естественные науки. С. 30–35.
2. Обухова О.В., Зайцев В.Ф. Экологическая обусловленность факторов патогенности условно-патогенной микрофлоры // Астрахан. вестн. экол. образования. 2015. № 1 (31). С. 181–183.
3. Хоулт Д., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. В 2 т. М.: Мир, 1997. 799 с.
4. Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М., 2004. 239 с.
5. МУК 4.2.1122-02. Организация контроля и методы выявления бактерий *Listeria monocytogenes* в пищевых продуктах: метод. указ. М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. 31 с. Введ. 2002-06.01.
6. Ларцева Л.В., Обухова О.В., Лисицкая И.А. Микрофлора рыб и других гидробионтов: учеб. пособие. Астрахань: ИД «Астраханский университет», 2008. 108 с.
7. Обухова О.В., Ларцева Л.В., Лисицкая И.А. Факторы патогенности условно-патогенных энтеробактерий в гидрозкосистеме дельты реки Волги // Вестн. АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2013. № 3. С. 58–66.
8. Казимагомедов М.К., Исмаилов Э.Ш. Использование дрожжей как тест-объекта для оценки качества воды и жидких сред // Юг России: экология, развитие. 2010. № 3. С. 103–106.

E.R. Galyautdinova¹, A.R. Galperina²

¹Caspian Scientific Research Institute of Fisheries (FGBNU «CaspNIRKh»), Astrakhan, Russia

²FGBOU VO «Astrakhan State Technical University», Astrakhan, Russia

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF EUROPEAN CATFISH (*SILURUS GLANIS* L., 1758) AS ONE OF THE OBJECTS OF THE FISHERY IN THE ASTRAKHAN REGION

*The species diversity of microorganisms isolated from European catfish (*Silurus glanis* L., 1758) in the Volga-Caspian region has been studied. The presence of yeast cultures in the microbiota is established, which is one of the negative indicators of the state of the given object of the fishery, due to the fact that some cultures are conditionally pathogenic and capable of becoming agents of various bacterial diseases of hydrobionts. Data on the evaluation of pathogenicity factors of isolated yeast cultures and the determination of optimal temperature growth boundaries are presented.*

Т.А. Геворгян¹, С.И. Масленников^{1,2}
¹ФГАОУ ВО «ДВФУ», Владивосток, Россия
²ФГБУН ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА КОРМА НА ВЫЖИВАНИЕ ЛИЧИНОК КАМЧАТСКОГО КРАБА *PARALITHODES SAMTSCHATICUS* ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ

*Исследовалось влияние состава корма и плотности посадки на выживаемость личинок камчатского краба при выращивании в контролируемых условиях. Личинки содержались в пластиковых емкостях на проточной системе в течение 90 дней. Наилучшая выживаемость отмечена при плотности посадки 50 экз./л с использованием живого корма науплии артемии, с добавкой микроводоросли *Skeletonema sp.**

Введение

Снижение запасов камчатского краба в связи с интенсивным промыслом остро ставит вопрос о его воспроизводстве. Технологии искусственного воспроизводства промысловых ракообразных основываются на выращивании личинок и молоди. При выращивании личинок основная проблема – плотность посадки и состав кормов (Ковачева, Лебедев и др., 2010; Mortensen, Damsgård, 1996).

Материалы и методы

Для выяснения влияния состава корма был произведен эксперимент по выращиванию личинок камчатского краба в контролируемых условиях. Для эксперимента использовалась проточная система водоснабжения (Иванов, Щербакова, 2005). После выклева, начиная с 28.02.2016, личинок отлавливали сачком и помещали в емкости. Наблюдения за развитием и ростом личинок велись с в течение 90 дней до метаморфоза на стадию глаукотоз.

Таблица 1

Даты окончания последней отсадки личинок в емкости

| Емкости | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Дата последней отсадки личинок | 16.03 | 10.03 | 15.03 | 16.03 | 16.03 |

Температура воды в ёмкостях измерялась три раза в день. Соленость измерялась с помощью автоматического проточного кондуктометра АКП-01 каждый час. В целом средняя температура воды в емкостях составляла 7,4 °С. (рис. 1). Средняя солёность воды во всех емкостях составляла 33,4 ‰ (рис. 2).

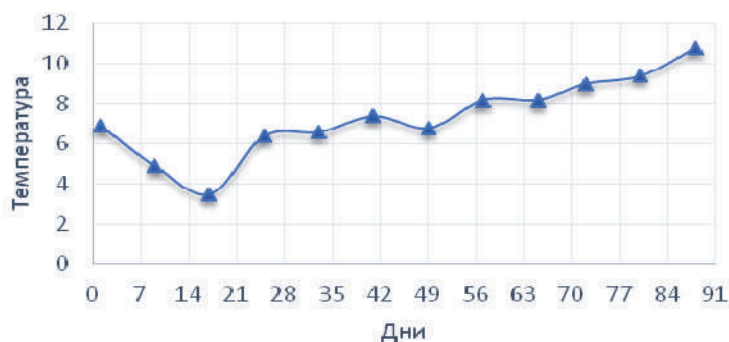


Рис. 1. Усредненная по неделям температура воды в емкостях

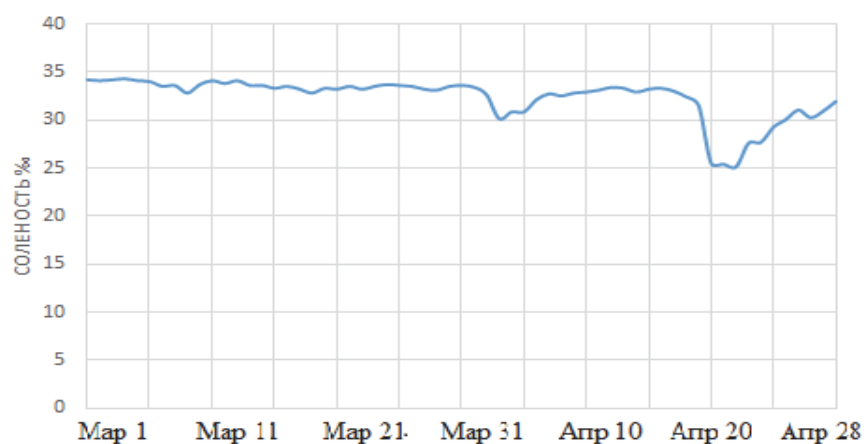


Рис. 2. Изменения солёности воды в емкостях с личинками краба

Личинок краба кормили 2 раза в день (табл. 2.). Корма для личинок краба получали на месте. Использовался живой корм науплии артемии, как добавку использовали микроводоросли *Nanochloris sp* и *Skeletonema sp*. Микроводоросли выращивали при температуре 20 °С. Микроводоросли растут в среде F (*Skeletonema sp.*) и в среде Гольдберга (*Nanochloris sp.*).

Таблица 2

Состав и количество кормов для личинок краба

| Емкость № \ Корм | Зоопланктон, мл | <i>Artemia sp.</i> , мл | <i>Nanochloris sp.</i> , мл | <i>Skeletonema sp.</i> , мл |
|------------------|-----------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | | 300 | | |
| 2 | | 300 | | |
| 3 | | 300 | 200 | |
| 4 | | 200 | | 200 |
| 5 | 100 | 250 | | |

Результаты и обсуждение

Продолжительность развития личинок камчатского краба для каждой стадии по датам представлены в табл. 3, где Z1 – зоэа 1, Z2 – зоэа 2, Z3 – зоэа 3, Z4 – зоэа 4, G – глаукотоэ.

В емкости № 1 развитие личинок до стадии Z2 составило 13 дней, от стадии Z2 до стадии Z3 личинки первой когорты добирались за 7 дней, за 6 дней личинки краба достигли стадии Z4, переход от Z4 до G наблюдался 7 дней. В емкости № 2 развитие личинок до стадии Z2 составило 7 дней, от стадии Z2 до стадии Z3 личинки второй когорты добирались за 14 дней, за 10 дней личинки краба достигли стадии Z4, переход от Z4 до G наблюдался 8 дней. В емкости № 3 развитие до стадии Z2 составило 8 дней, от стадии Z2 до стадии Z3 личинки третьей когорты добирались за 10 дней, за 7 дней личинки краба достигли стадии Z4, переход от Z4 до G наблюдался 7 дней. В емкости № 4 личинки развивались до стадии Z2 за 7 суток, от стадии Z2 до стадии Z3 личинки четвертой когорты достигли за 10 дней, за 8 дней личинки краба достигли стадии Z4, переход от Z4 до G наблюдалось в течении 8 дней. В емкости № 5 развитие до стадии Z2 составило 14 дней, от стадии Z2 до стадии Z3 личинки пятой когорты достигли за 10 дней, за 9 дней личинки краба достигли стадии Z4, переход от Z4 до G наблюдался за 7 дней.

Таблица 3

Продолжительность развития личинок краба для каждой стадии по датам

| Стадия линьки Емкости | Дата линьки | | | | |
|--------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Z1–Z2 | 29.03 | 17.03 | 23.03 | 23.03 | 30.03 |
| Z2–Z3 | 05.04 | 01.04 | 02.04 | 02.04 | 09.04 |
| Z3–Z4 | 11.04 | 10.04 | 09.04 | 10.04 | 18.04 |
| Z4–G | 18.04 | 18.04 | 16.04 | 18.04 | 25.04 |

Результаты работы показали, что наибольшая выживаемость отмечалась в емкости № 4. В данном случае применялся живой корм *Artemia sp.* + *Skeletonema sp.* (табл. 4). До линьки стадии Z1 плотность во всех ёмкостях составила от 53 экз./л до 77 экз./л, самая большая плотность наблюдалась в емкости № 2, а самая маленькая в емкости № 4 (рис. 3). До линьки стадии Z2 плотность во всех ёмкостях составила от 11 экз./л до 38 экз./л, самая большая плотность наблюдалась в емкости № 4, а самая маленькая в емкости № 1 (рис. 3). До линьки стадии Z3 плотность во всех ёмкостях составила от 9 экз./л до 21 экз./л, самая большая плотность наблюдалась в емкости № 4, а самая маленькая в емкости № 1 (рис. 3). До линьки стадии Z4 плотность во всех ёмкостях составила от 3 экз./л до 12 экз./л, самая большая плотность наблюдалась в емкости № 4, а самая маленькая в емкости № 5 (рис. 3).

Таблица 4

Изменение плотности личинок камчатского краба в зависимости от состава корма

| Емкость | Плотность личинок, экз./л | | Состав корма |
|---------|---------------------------|--------------------|---|
| | Стартовая плотность | Конечная плотность | |
| 1 | 152 | 6 | <i>Artemia sp.</i> |
| 2 | 117 | 7 | <i>Artemia sp.</i> |
| 3 | 51 | 8 | <i>Artemia sp.</i> + <i>Nanochloris sp.</i> |
| 4 | 52 | 10 | <i>Artemia sp.</i> + <i>Skeletonema sp.</i> |
| 5 | 54 | 3 | <i>Artemia sp.</i> + зоопланктон |

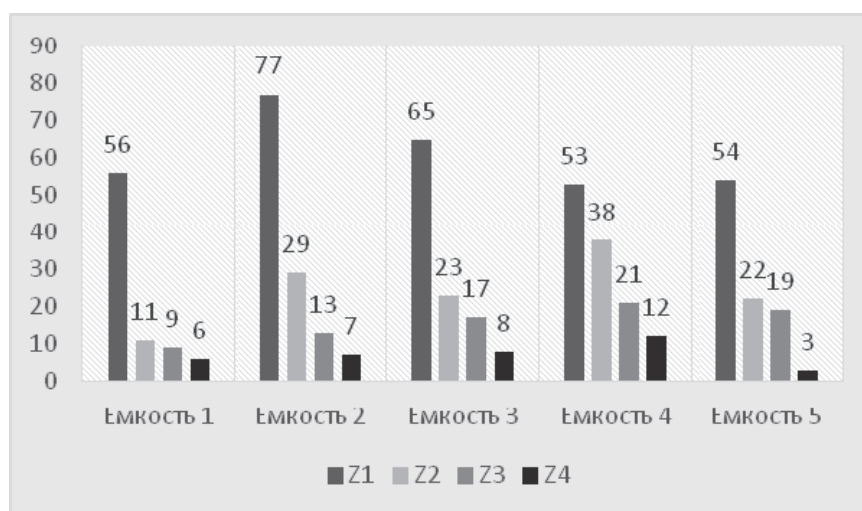


Рис. 3. Изменение плотности личинок краба Z1–Z4 в емкостях перед линькой на следующую стадию

Выживаемость личинок от стадии Z1 до стадии G составила: емкость № 1 – 4 %, емкость № 2 – 6 %, емкость № 3 – 12 %, емкость № 4 – 23 %, емкость № 5 – 5 %. Емкость № 4 показала наилучший результат выживаемости – 23 % от начальной (рис. 4).

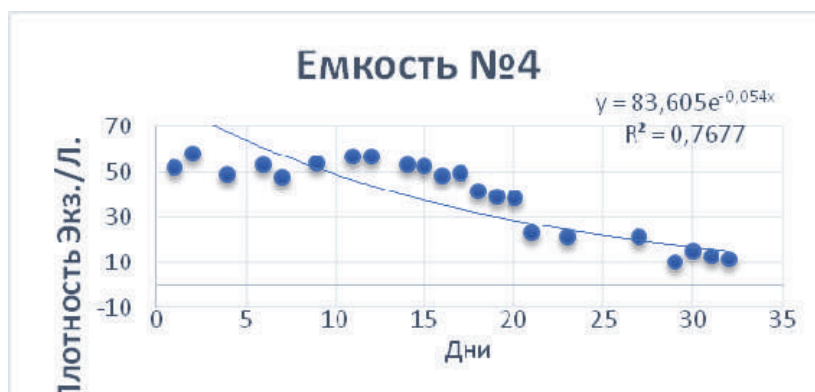


Рис. 4. Выживаемости личинок камчатского краба со стадии Z1–Z4

Библиографический список

1. Иванов П.Ю., Щербакова Н.В. Опыт и проблемы выращивания камчатского краба в контролируемых заводских условиях // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 143. С. 305–326.
2. Ковачева Н.П., Лебедев Р.О., Паршин-Чудин А.В. и др. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschatica* на побережье Баренцева моря // Рыбное хоз-во. М., 2010. № 6. С. 70–72.
3. Mortensen A., Damsgård B. Growth, mortality and food preference in laboratory reared juvenile king crab (*Paralithodes camtschaticus*) // Proc. Internat. symp. of Crabs from High Latitude Habitats. Alaska: Anchorage. Univ. Alaska sea grant rep, 1996. № 2. P. 665–674.

T.A. Gevorgyan¹, S.I. Maslennikov²
¹FEFU, Vladivostok, Russia
²NSCMB of FEB RAS, Vladivostok, Russia

INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE FEED FOR SURVIVAL IN GROWING THE LARVAE OF THE RED KING CRAB *PARALITHODES CAMTSCHATICUS* IN CONTROLLED CONDITIONS

The effect of feed composition and planting density on the survival of Kamchatka crab larvae under cultivation under controlled conditions was studied. The larvae were kept in plastic containers on the prototype system for 90 days. The best survival rate was observed at a planting density of 50 ex./l., Using live feed of nauplii Artemia, as additives, microalgae Skeletonema sp.

Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В КОРМЛЕНИИ ОСЕТРОВЫХ РЫБ

Выявлены различия в хемосенсорных свойствах комбикормового сырья для осетровых рыб различного возраста. Установлена эффективность применения аттрактивных добавок в стартовых и продукционных осетровых комбикормах, выяснены оптимальные дозировки этих веществ.

Широкое распространение индустриального рыборазведения подразумевает стабильный рост интереса к комбикормам для объектов аквакультуры, привлекательный вкус которых играет важную роль, так как способствует более равномерному росту и снижению разброса по массе. Наиболее перспективным способом повышения интенсивности потребления кормовых смесей гидробионтами является усиление хемосенсорной привлекательности. Этого можно достичь двумя способами: тщательным подходом к изготовлению высококачественных кормов и использованием ароматизаторов и биологических стимуляторов.

Обнаружение доступных стимуляторов пищевого поведения рыб позволит создавать вкусоароматические добавки к комбикормам, которые будут способствовать более быстрому привыканию рыбы к новым кормам, ускорять и увеличивать потребление корма, а также способствовать его лучшему усвоению (Демарквилли, 1983).

Для осетровых рыб характерной чертой является отсутствие выраженной видовой специфичности восприятия веществ обонятельной системой. Вещества, эффективные для наружных и внутриротовых вкусовых рецепторов, наоборот, характеризуются видовой специфичностью даже у близкородственных представителей осетровых. Хемосенсорные и механические свойства искусственных кормов имеют наибольшее значение с точки зрения регуляции питания рыб. Для осетровых рыб характерно отсутствие предметного зрения. В связи с этим цвет, форма и другие визуальные свойства гранул корма для них большого значения не имеют (Касумян, 1999; Касумян, Тинькова, 2013).

Кормовое сырье, используемое в осетроводстве, различают по своим хемосенсорным свойствам. Из 8 исследованных нами компонентов заметным привлекательным запахом для ранней молоди русского осетра обладали витазар и крабовая мука. Запах остальных компонентов (дрожжи, премикс, пшеничная мука, кукурузный глютен) был либо слабо привлекательным, либо индифферентным. Рыбная мука и сухое молоко вызывали у рыб репеллентные реакции, т.е. уход из запаховой зоны.

Исследования, проведенные отечественными учеными в 90-е годы прошлого столетия на личинках русского осетра, показали, что у рыб имеется четкая реакция избегания экстракта стартового комбикорма. Было установлено, что привыкание к химическому фону корма – длительный процесс: индифферентное отношение наступает на 35–45-е сутки, привлекательным корм становится через 3–3,5 месяца. Результаты столь длительного привыкания молоди к искусственному комбикорму, вероятно, связаны с тем, что используемый в этих экспериментах рецепт стартового комбикорма содержал в своем составе значительное количество компонентов, обладающих репеллентными (рыбная мука, кровяная мука, рыбий жир, фосфатиды) и индифферентными свойствами (БВК, казеинат натрия) и, наоборот, малым содержанием аттрактивных компонентов (гидролизат криля).

Также нами были протестированы 4 вида вкусоароматических добавок: крабовая, креветочная, рыбная, мясная. Это идентичные натуральным вкусоароматические вещества, идентифицированные в продуктах животного происхождения и полученные с помощью химических методов. Установлено, что наиболее привлекательным запахом для мо-

луди осетровых рыб обладают крабовая и креветочная добавки. Запах мясной добавки был для рыб индифферентным, а рыбной и бекона – отпугивал молодь.

Основная часть компонентов, за исключением рыбной муки, пшеничной муки, а также некоторых вкусовых добавок (рыбной, мясной, бекона), были привлекательными для наружных вкусовых рецепторов, т.е. стимулировали схватывание гранул комбикорма молодью русского осетра, бестера, стерляди. Особенно усиливали потребление гранул крабовая мука и вкусовые ароматизаторы краба и креветки. Остальные исследуемые вещества либо были слабо привлекательными для внутриротовых вкусовых рецепторов, либо обладали отталкивающим вкусом.

Рыбная мука, а также рыбный ароматизатор обладали наиболее слабыми хемосенсорными свойствами (запаховыми и вкусовыми). В связи с тем что рыбная мука составляет основу искусственных комбикормов для осетровых рыб, полное исключение или замена этого компонента из рецептуры невозможны.

Молодь осетровых рыб особенно чувствительна к составу комбикормов. По данным А.О. Касумяна (1999), рыбы способны реагировать на вкусовые раздражители с момента перехода на активное питание. В связи с тем что именно стартовые комбикорма используются для приучения рыб к потреблению сухих комбикормов, необходимо было определить оптимальные нормы введения крабового и креветочного ароматизаторов в состав стартовых кормов и оценить их влияние на рыбоводно-биологические показатели выращивания личинок.

Проверка эффективности различных норм ввода креветочной вкусовой добавки показала, что лучшие показатели выживаемости личинок русского осетра наблюдаются в варианте III при добавлении в комбикорм 0,75 г/кг вещества (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность введения различного количества креветочной вкусовой добавки в стартовый комбикорм при выращивании личинок русского осетра (n = 100)

| Показатель | Содержание креветочной вкусовой добавки, г/кг корма | | | | |
|-------------------------------------|---|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| | 0,25 | 0,50 | 0,75 | 1,0 | Контроль |
| Масса начальная, мг | 49,5 ± 0,67 | 48,8 ± 0,87 | 48,8 ± 0,86 | 49,2 ± 0,69 | 48,13 ± 0,80 |
| Масса конечная, мг | 326,5 ± 14,9* | 410,8 ± 9,2*** | 427,8 ± 13,9*** | 421,2 ± 12,7*** | 270,13 ± 19,6 |
| Абсолютный прирост, мг | 277,0 | 362,0 | 379 | 372 | 222 |
| Среднесуточный прирост, мг | 6,9 | 9,05 | 9,5 | 9,3 | 5,5 |
| Относительный прирост, % к контролю | 124,8 | 163,0 | 170,7 | 167,5 | 100 |
| Выживаемость, % | 65,0 | 69,5 | 78 | 76,0 | 52 |
| Затраты корма, ед. | 0,82 | 0,70 | 0,67 | 0,70 | 0,89 |
| Продолжительность эксперимента | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

Примечание. Различия статистически значимы при * P ≤ 0,05; *** P ≤ 0,001.

Показатели роста и выживаемости личинок русского осетра в данном варианте заметно отличались от остальных: линейный рост личинок был в 1,7 раза выше по сравнению с контролем при минимальных кормовых затратах. Положительный эффект был также получен при введении креветочной вкусовой добавки в количестве 1 г/кг, хотя рыбоводно-биологические показатели в этом варианте были несколько хуже.

Особо следует отметить высокий уровень выживаемости личинок, выращенных на комбикормах с добавлением 0,75 и 1 г/кг креветочного ароматизатора.

Оценка эффективности «затушевывания» химического фона стартового комбикорма креветочным вкусовым ароматизатором показала, что добавление в состав стартового комбикорма 0,25 г/кг исследуемого вещества не привело к стимулированию пищевого поведения личинок русского осетра.

Личинки русского осетра отдавали предпочтение комбикорму, содержащему 0,75 г/кг креветочной добавки. Активную реакцию на этот вид корма отмечали уже через 2–3 с после попадания последнего в воду. Прежде всего, это проявлялось в изменении позы и устремлении к источнику привлекающего запаха. Активное потребление комбикорма с вкусовыми добавками отмечали с первых дней кормления.

При добавлении в комбикорм креветочного аттрактанта в количестве 0,75 и 1 г/кг количество схватываний было несколько больше по сравнению с контролем – 5–7, максимальное количество схватываний – 10, что свидетельствует о запаховой привлекательности комбикормов с такой дозировкой вещества.

Отмечено также, что комбикорм с добавкой привлекателен для наружных и внутриротовых вкусовых рецепторов личинок русского осетра. Удержание гранулы комбикорма после первого схватывания было наиболее продолжительным. Причем длительность удержаний увеличивалась с каждым последующим схватыванием, т.е. завершившихся заглатыванием. В контрольном варианте при использовании стартового комбикорма без ароматических добавок были получены наименее эффективные результаты: 2–4 схватывания при максимальном количестве схватываний комбикорма – 5. Это позволяет сделать вывод о необходимости использования способа «затушевывания» химического фона комбикорма, который у ранней молоди осетровых более чем на 50 % состоит из рыбной муки – компонента, обладающего репеллентным действием.

При проведении аналогичных исследований с использованием крабовой вкусовой добавки также были получены положительные результаты при ее введении в состав комбикорма в количестве 0,75 г/кг.

Показатели среднесуточного прироста и выживаемости при введении 0,75 и 1 мг/кг крабовой добавки были практически на одинаковом уровне и отличались от контроля на 16 и 10 % соответственно (рис. 1).

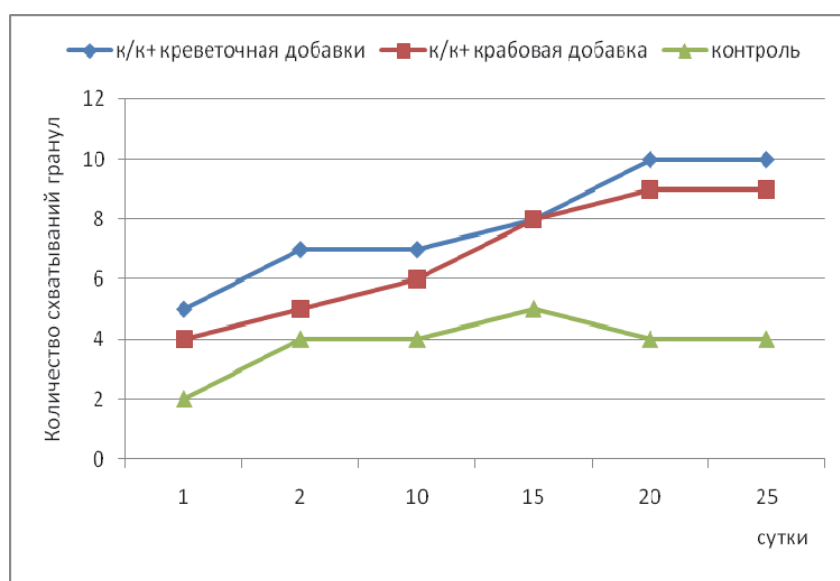


Рис. 1. Рыбоводные показатели выращивания личинок русского осетра на комбикормах с добавлением различного количества крабовой вкусовой добавки

Максимальные кормовые затраты были в I варианте опыта (при добавлении 0,25 г/кг) и в контроле. Весьма примечательно, что кормовые затраты при добавлении в комбикорм 0,75 г крабового аттрактанта на 1 кг комбикорма были самыми низкими и составили 0,69 ед.

Личинки русского осетра отдавали предпочтение комбикормам, содержащим 0,75 и 1 г/кг добавки. Так же, как и в предыдущем эксперименте, активное потребление комбикормов с крабовой добавкой отмечали с первых дней кормления.

При добавлении в комбикорм крабовой добавки в количестве 0,75 и 1 г/кг отмечали увеличение количества схватываний относительно контроля и других вариантов опыта. Эти два варианта комбикорма стимулировали также удержание гранул после первого схватывания, причем длительность удержаний увеличивалась с каждым последующим схватыванием.

Нужно отметить, что с каждым последующим кормлением рыба проявляла все большую активность на присутствие корма с аттрактивными добавками, что свидетельствует о фиксации «запахового следа» и построении четкого запахового образа излюбленной пищи (рис. 2).

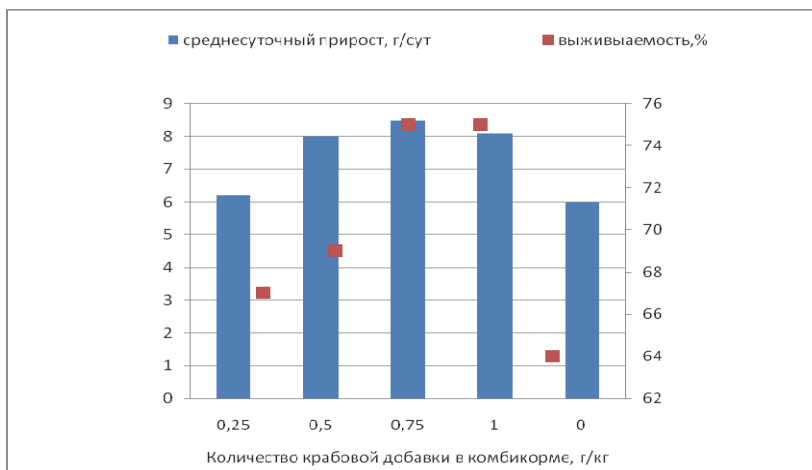


Рис. 2. Увеличение пищевой активности ранней молоди русского осетра с каждым последующим кормлением комбикормами с различными вкусовыми добавками

Тестирование личинок позволило установить, что комбикорма со вкусовыми добавками креветочной и крабовой являются привлекательными для личинок основных объектов промышленного осетроводства (рис. 3). При этом все виды предпочитали креветочную добавку крабовой. Следует отметить, что комбикорма с добавками не обладают видовой специфичностью для осетровых рыб. Комбикорм с креветочной добавкой предпочитали от 66 до 73 % рыб, с крабовой – от 62 до 70 %. В меньшей степени привлекательным запахом комбикормов с вкусовыми добавками оказался для молоди белуги.

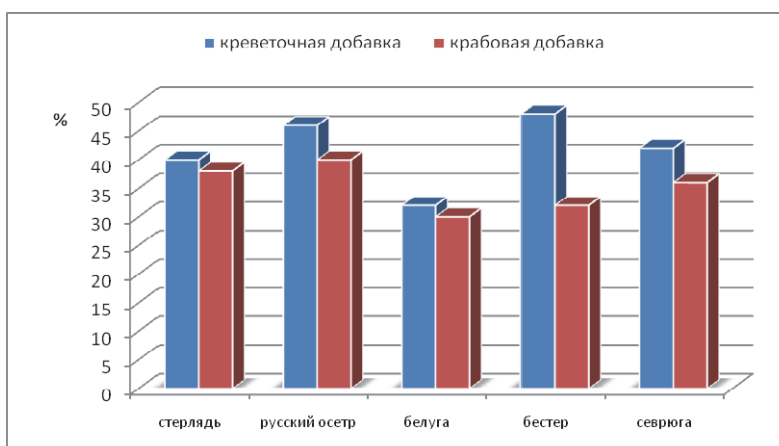


Рис. 3. Коэффициенты предпочтения личинками осетровых рыб комбикормов со вкусовыми добавками

Следует отметить, что в опытных вариантах отмечался незначительный разброс выращенной молоди по массе. Молодь сортировалась на 3 размерные группы: мелкие, средние и крупные, причем в количественном отношении преобладали средние и крупные – 35 и 55 %.

Таким образом, было установлено, что вкусовые добавки крабовая и креветочная в составе стартового комбикорма в количестве 0,75 и 1 г/кг корма стимулируют пищевое поведение личинок осетровых рыб. Введение в состав комбикорма этих добавок делает его привлекательным для наружных и внутривнутренних вкусовых рецепторов. Использование в составе стартовых комбикормов пищевых вкусовых добавок из ракообразных стимулирует пищевое поведение ранней молоди осетровых рыб, увеличивая степень поедаемости корма.

В процессе онтогенеза происходит расширение спектра эффективных вкусовых раздражителей и сокращается время, затрачиваемое молодь на установление свойств вкусового раздражителя.

При выращивании осетровых рыб массой свыше 3 г и до товарной массы применяют продукционные комбикорма, содержащие в своем составе значительное количество компонентов растительного происхождения (витазар, ПЗХ, кукурузный глютен и пр.).

Для осетровых рыб характерна специфическая стратегия пищевого поведения. Реакция захвата пищи наблюдается у них в момент ее нахождения непосредственно под рострумом и усиками, т.е. для этих видов характерна так называемая тактика случайного поиска (Востроушкин, 2004). Поэтому важно было оценить поведенческие реакции осетровых рыб различного возраста на некоторые компоненты продукционных осетровых комбикормов.

Установлено, что витазар и крабовая мука обладают аттрактивными свойствами для всех изученных объектов (русский осетр, бестер, белуга) различного возраста, а соевый шрот и кормовые дрожжи – индифферентными свойствами. С возрастом у осетровых изменяется реакция на некоторые компоненты. Рыбная мука, пшеничная мука, рыбий жир для рыб старших возрастных групп становятся привлекательными компонентами. Видовая специфичность реакции на химические стимулы компонентов комбикормов у осетровых рыб выражена недостаточно четко. Отличия выявлены в реакции разновозрастных особей белуги на некоторые компоненты. Так, рыбная мука для молоди и сеголетков русского осетра и бестера обладает репеллентными свойствами, а в двухлетнем возрасте запах ее может привлекать рыб, тогда как для белуги этот компонент приобретает аттрактивные свойства уже в возрасте сеголетка. Подобный эффект отмечен и для рыбьего жира. Запах пшеничной муки привлекает двухлетков русского осетра и бестера, а для белуги отношение к нему остается индифферентным.

В связи с тем что основу осетровых комбикормов составляет рыбная мука, обладающая репеллентными свойствами для молоди, необходимо было выяснить эффективность метода «затушевывания» фона комбикорма крабовым и креветочным вкусовыми веществами (Грозеску и др., 2004).

Для молоди русского осетра средней массой 13 г эффективной нормой введения вкусовых добавок является 0,5 г/кг. Максимальный среднесуточный прирост и среднесуточная скорость роста была отмечена при введении в комбикорм креветочной добавки в количестве 0,5 и 0,75 г/кг. Выживаемость во всех вариантах опыта была на одинаковом уровне – 98–99 %.

При попадании в воду комбикорма с содержанием вкусовых добавок происходила активная реакция рыбы на присутствие корма. Прежде всего, это проявлялось в повышении общей двигательной активности, учащении жаберных движений и движений плавниками. Нужно отметить, что молодь русского осетра начала активно потреблять комбикорм со вкусовыми добавками с первых дней кормления и с каждым последующим кормлением проявляла большую пищевую активность. Потребление комбикорма при средней продолжительности опыта 5 мин составило 81 %.

В экспериментах с использованием различных добавок была отмечена большая эффективность крабового аттрактанта. В этом варианте пищевая активность рыбы на присутствие корма отмечалось уже через 2 с после попадания последнего в воду. Применение креветочного аттрактанта показало меньшую эффективность, хотя потребление комбикорма с данной вкусовой добавкой было более активным. Тем не менее в данном варианте схватывание комбикорма не всегда заканчивалось заглатыванием. Потребление комбикорма без добавления вкусоароматических добавок происходило менее активно, так как комбикорм в чистом виде обладает хорошо выраженным запахом рыбной муки.

В большинстве случаев наблюдалось 6–7 схватываний при максимальном количестве схватываний комбикорма – 11. При добавлении в комбикорм креветочного аттрактанта наблюдалось 7–8 схватываний при максимальном количестве схватываний – 11. Удержание гранулы комбикорма с вкусовыми добавками после первого схватывания было наиболее продолжительным. Причем длительность удержаний, так же как и в опытах с личинками русского осетра, увеличивалась с каждым последующим схватыванием, т.е. завершившихся заглатыванием. В варианте с добавлением крабового аттрактанта наблюдалось 6–8 схватываний при максимальном количестве схватываний комбикорма – 9. В контрольном варианте наблюдалась меньшая активность рыбы на присутствие корма в воде. Количество схватываний в среднем составило 4–5 при максимальном количестве схватываний комбикорма – 6. Удержание гранулы сухого комбикорма в данном варианте после первого схватывания было непродолжительным и в большинстве случаев заканчивалось отверганием гранулы.

Нужно отметить, что с каждым последующим кормлением рыба проявляла все большую активность на присутствие корма с аттрактивными добавками.

В связи с растущим дефицитом рыбной муки в последние годы широкое распространение нашли малокомпонентные осетровые корма, содержащие в своем составе различные заменители растительного происхождения. Запах рыбной муки оказался привлекательным для старших возрастных групп осетровых рыб, тогда как компоненты растительного происхождения в основном слабопривлекательны. В связи с этим была предпринята попытка усиления вкуса содержащейся в составе комбикорма рыбной муки путем введения вещества, усиливающего вкус и запах, – глурината.

Наиболее предпочтительным для двухлетков русского осетра, бестера и белуги оказался комбикорм, содержащий в своем составе 0,2 г/кг глурината (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент предпочтения двухлетками осетровых рыб комбикорма, содержащего различное количество усилителя вкуса

| Объект исследования | Количество глурината в 1 кг комбикорма, г | | | | |
|---------------------|---|-----|-----|-----|-------------|
| | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0(контроль) |
| Русский осетр | +20 | +40 | +30 | +30 | +10 |
| Бестер | +30 | +50 | +30 | +25 | +10 |
| Белуга | +30 | +60 | +30 | +25 | +8 |

Это было подтверждено также визуальными наблюдениями за поведенческими реакциями рыб. При добавлении в глурината в количестве 0,2 г/кг отмечали увеличение количества схватываний гранул комбикорма, по сравнению с другими вариантами опыта и контролем, что свидетельствует о запаховой привлекательности комбикормов с такой дозировкой вещества.

Отмечено также, что комбикорм с глуринатом привлекателен для наружных и внутриротовых вкусовых рецепторов осетровых рыб. Удержание гранул комбикорма после первого схватывания было наиболее продолжительным. В контрольном варианте при использовании комбикорма без глурината наблюдали всего 2–5 схватываний.

Достаточно высокая эффективность использования глурината в составе продукционного комбикорма была отмечена также при выращивании рыб.

По показателям роста двухлетки русского осетра, выращенные на комбикорме с добавлением 0,2 г/кг глурината, несколько опережали рыб из других экспериментальных групп. Минимальные показатели прироста были получены в контрольной группе и в IV варианте (при добавлении 0,4 г/кг глурината).

Количество схватываний гранул комбикорма, содержащего 0,2 г/кг глурината, составило 6–7, максимальное количество схватываний комбикорма – 7. Комбикорм без глурината (контрольный вариант) потреблялся менее активно: активная реакция на присутствие комбикорма в воде возникала лишь через 4–5 с после его попадания в воду.

Библиографический список

1. Востроушкин Д.Н. Хеморецепция и ее роль в оборонительном и пищевом поведении. Калининград: Изд-во КГТУ, 2004. 139 с.

2. Использование вкусовых добавок в составе комбикормов для осетровых рыб / Ю.Н. Грозеску, А.А. Бахарева, Ю.В. Харламова, М.А. Митрофанова, Е.А. Шульга // Межвуз. сб. науч. тр. «Научные подходы к решению проблем производства продуктов питания». Ростов н/Д, 2004. С. 125–128.

3. Демарквилли К. Вкусовые качества кормов для жвачных животных // Использование вкусовых и ароматических веществ в кормлении животных. М.: Колос, 1983. С. 42–48.

4. Касумян А.О. Хеморецепция и регуляция поведения осетровых рыб: прикладные аспекты // Сб. докл. первой науч.-практ. конф. «Проблемы современного товарного осетроводства». Астрахань, 1999. С. 92–94.

5. Касумян А.О., тинькова Т.В. Вкусовая привлекательность различных гидробионтов для плотвы *Rutilus rutilus*, горчача *Rhodeus sericeus amarus* и радужной форели *Oncorhynchus mykiss* // Вопросы ихтиологии. 2013. Т. 53, № 4. С. 479.

Yu.N. Gozesku, A.A. Bakhareva
ASTU, Astrakhan, Russia

USE OF ATTRACTANT SUBSTANCES IN STURGEONS FEEDING

Differences in chemosensory properties of raw materials of sturgeons mixed fodder in different ages were revealed. The effectiveness of application of attractive additives in start and productive sturgeon mixed foddors has been established, optimal dosages of these substances have been clarified.

О.А. Еловская, Ю.В. Федорец, Л.Е. Васильева
ФГБУН ТОИ ДВО РАН, Владивосток, Россия

СОСТОЯНИЕ ПЕЛАГИЧЕСКОЙ И ДОННОЙ ФАУНЫ САХАЛИНСКОГО ЗАЛИВА

Рассматриваются видовой состав и количественные характеристики морской биоты (фито-, зоо-, ихтиопланктон и макробентос) Сахалинского залива в июле 2016 г. Сообщество зоопланктона находится на весенне-летней стадии развития с доминированием голопланктонных форм. В макробентосе наблюдается преобладание по биомассе подвижной фауны морских ежей, высока роль многощетинковых червей – важного компонента сообществ бентосных организмов мягких грунтов.

На протяжении последнего десятилетия активно изучается жизнеспособность морских экосистем шельфа северо-восточного Сахалина в связи с введением в промышленную эксплуатацию нефтяных месторождений. Особое внимание уделяется изучению современного состояния и тенденций изменения структурных характеристик (биоразнообразия, размерно-весовые параметры, численность, биомасса) биоты в условиях антропогенного пресса. Пелагические и донные сообщества Сахалинского залива изучены в значительно меньшей степени. Исследования планктона являются одним из основных звеньев проводимого мониторинга окружающей среды. Пространственное распределение многих видов планктона, особенно каланид, служит хорошим индикатором течений. В Сахалинском заливе отмечается сложное фронтальное взаимодействие различных водных масс. Режим течений и стратификация характеризуются резкой изменчивостью и сильно зависят от направления, интенсивности и продолжительности ветров. Особенности циркуляции вод этого района зависят от стоков р. Амур [1].

Цель работы – дать описание видового состава и количественные характеристики (биомасса, численность) планктона (зоо-, ихтио- и фитопланктона) и макрозообентоса Сахалинского залива.

Материал и методы

Материалом послужили сборы фито-, зоо-, ихтиопланктона и макробентоса, выполненные в рейсе на НИС «Профессор Гагаринский» в июле–августе 2016 г. Пробы зоопланктона отбирали в июле–августе 2016 г. на 18 станциях с помощью сети Джели, сетные мешки были изготовлены из капронового сита 14 в соответствии с существующей методикой, диаметр входного отверстия – 37 см. Отбирали пробы на максимальной глубине 50 м вертикальным ловом. Собранные пробы фиксировались 4%-м раствором формалина и обрабатывались по стандартной методике. На каждой станции отбирали по одной пробе. Всего было собрано 18 проб. Количественный подсчет особей проводится в соответствии со стандартными гидробиологическими методиками. В лаборатории пробу промывали в пресной воде, в чашке Петри отбирали крупный планктон (более 10 мм). Для количественной обработки пробы разбавляли в зависимости от густоты планктона до 100–150 см³. После тщательного перемешивания пробы с помощью штемпель-пипетки отбиралась порция в 1 см³, которая переносилась в камеру Богорова. Здесь производился подсчет массовых форм зоопланктона. Для каждой пробы обрабатывается от 1 до 10 см³. В камере просчитывают планктон по видам, размерным и возрастным стадиям [2]. Подсчет производится под стереомикроскопом, оснащенный камерой AxioCam Icc 3 моделью Stemi 2000-C. Организмы, встреченные в небольшом количестве, подсчитываются во всей пробе. Биомассу находят при помощи таблиц стандартных весов и номограмм Численко [6, 8] или по формуле

$$b = alb,$$

где l – длина тела (без учета фуркальных щетинок, шипов, выростов).

Для Copepoda – $w = (0.34 \pm 0.03) \cdot 3$ (исключая науплиусы).

Коэффициенты уловистости для сети не применяли. Все данные в дальнейшем пересчитаны на экз./м³.

Пробы морской воды для анализа фитопланктона отбирали с борта НИС при помощи батометра. Пробу переливали в пластиковую бутылку ёмкостью 1,0 л и фиксировали раствором 4%-го формалина, нейтрализованного содой, из расчёта 20–30 мл на 500 мл пробы.

Отбор проб фитопланктона производили на двух горизонтах – поверхностный и придонный слой. Зафиксированную пробу маркировали и хранили в тёмном прохладном месте до передачи в лабораторию для анализа. Всего было собранно и обработано 40 проб на 20 станциях. Пробы фитопланктона фиксировали раствором йода или нейтрализованного 4%-го формалина, хранили в затемнённом месте при относительно низкой температуре. Численность клеток подсчитывается в счетных камерах объемом 0,05 и 1 мл [7]. Биомассу водорослей оценивали объемным методом, используя оригинальные и литературные данные измерений объема клеток для каждого вида [3, 7]. Под плотностью понимали численность клеток микроводорослей в 1 л воды. Доминирующими считают виды, плотность которых составляла не менее 20 % от общей плотности остальных видов в сообществе [4]. К субдоминирующим относят виды, плотность которых составляла не менее 10 % от общей плотности остальных видов в сообществе.

Пробы макробентоса собирали дночерпателем системы Ван-Вина с площадью захвата 0,1 м² на 13 станциях. Содержимое промывали на судне через систему гидробиологических сит с наименьшей ячейей 0,5 мм, животных помещали в пластиковые ведра объемом 1 л и фиксировали 4%-м раствором формалина, разведенным морской водой. Затем в лаборатории пробы промывали от фиксатора, разбирали по группам и видам, взвешивали на электронных весах с точностью до 0,01 г.

Результаты и обсуждение. Видовой состав фитопланктона в районе Сахалинского залива в июле 2016 г. формировали три отдела микроводорослей: динофитовые (Dinophyta), диатомовые (Bacillariophyta) и криптофитовые (Cryptophyta). Обнаружено 29 видов и внутривидовых таксонов микроводорослей. По числу видов ведущее положение занимал отдел диатомовых (20 видов, 68,69 %), отдел динофитовых представлен 7 видами (24,14 %), а криптофитовые представлены двумя видами (7,17 %). Видовой состав на станциях был схож, отличались только биомасса и плотность. Доминирующими считали виды, численность которых составляла не менее 20 % от суммарной численности фитопланктона, субдоминанты составляли 10 %. Диатомовые водоросли являлись доминирующей группой фитопланктона в районе исследования. Из диатомовых по плотности доминировал вид – *Guinardia delicatula* (более 20 %). Субдоминанты представлены следующими видами: *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Coscinodiscus spp.* и *Cocconeis scutellum* (до 10 %). Высокие показатели плотности были отмечены у *Plagioselmis prolunga* и *P. punctata* из отдела криптофитовых. К концу июля 2016 г. сообщество фитопланктона характеризовалось высокими количественными показателями: численность колебалась в среднем в пределах 43500–257650 кл./л, биомасса в среднем 580,0–3184,12 мг/м³. На многих станциях был обнаружен пик цветения летнего фитопланктона. Существенный вклад в биомассу и численность внесли динофитовые водоросли и отдел криптофитовых.

Ихтиопланктон был представлен 3 видами рыб из семейства камбаловых. *Limanda aspera* – элитомезобентальный (0–700 м), преимущественно бореальный тихоокеанский вид. Икра была на I–IV стадии. Количество икринок достигало 70 экз./м³. *L. sakhalinensis* – элитомезобентальный (0–300 м), преимущественно бореальный тихоокеанский вид. Зарегистрирована III–IV стадия развития икры. Численность вида достигала 12 экз./м³. *Platichthys stellatus* – сублиторальный (0–660 м), арктическо-бореальный вид. Отмечена III–IV стадия развития икры. Численность звездчатой камбалы достигала 18 экз./м².

При исследовании зоопланктонных форм в Сахалинском заливе были обнаружены две таксономические группы голопланктона: Copepoda (16 видов и науплии копепод) и Cladocera (2 вида). Помимо веслоногих раков, довольно обычными в пробах были Amphipoda и

Euphausiacea. Все представленные группы и виды планктеров характерны для данного района. По количеству видов преобладали копеподы (16) – 45,714 %. Всего было встречено 35 видов из разных групп. Общая биомасса зоопланктона на разных станциях была в пределах 30,11–571,742 мг/м³. Численность варьировала от 317 до 4978 экз./м³. Меропланктон был представлен Mollusca, Amphipoda, Euphausiacea, Polychaeta, Decapoda, Cirripedia, Cladocera. Также единично были отмечены Chidaria и Stenophora.

В районе полигона «Сахалинский залив» распространены илисто-песчаные грунты. Можно отметить, что для исследуемой акватории присущ тип донных биоценозов, характеризующийся преобладанием собирающих детритофагов, в меньшей степени присутствием грунтоедов, подвижных сестонофагов, минимальным числом неподвижных сестонофагов. Значительному развитию фауны детритофагов способствует слабое передвижение придонных вод, где процессы оседания органической взвеси превалируют над процессами ее переноса [5]. Обильный детрит способствует процветанию здесь представителей двустворчатых моллюсков родов *Nucula*, *Yoldia*, *Macoma*, полихет семейств *Terebellidae*, *Spionidae*, офиур рода *Ophiura*. На каменистых грунтах большой биомассы достигали неподвижные сестонофаги *Pododesmus macrochisma*, здесь же зарегистрированы представители мшанок. Грунтоедом, составляющим широко распространенный элемент морского зообентоса, принадлежит существенная роль в составе гидробионтов [5]. По данным настоящего исследования обнаружено 65 видов макробентосных животных, относящихся к 7 типам: Porifera, Sipuncula, Arthropoda, Mollusca, Bryozoa, Annelida, Echinodermata. Грунтоеды представлены полихетами семейства *Lumbrineridae*, родов *Scoloplos* и *Artacama*. Основную же долю среди многощетинковых составляют детритофаги. Подвижные сестонофаги, представленные разноногими ракообразными, доминировали на песчаных грунтах. Среди хищных (плотоядных) животных на полигоне отмечены некоторые виды полихет семейства *Nephtidae*, на илисто-песчаном грунте зафиксирован рак-отшельник. Галечный грунт характеризуется присутствием Porifera, питающихся исключительно путем фильтрации взвеси (остатки растений и животных, мелкие одноклеточные). Губки *Haliclona gracilis* и морской еж *Echinorinchus parma* (питающийся проносимым над дном сестоном и взмучиваемым со дна детритом) составляли наибольшую биомассу среди зообентоса полигона. По численности на станциях с галечным грунтом доминировали морской еж (170 экз./м²) и представитель многощетинковых хищник *Goniada maculata*. Видовой состав моллюсков в Сахалинском заливе на разных станциях различается (на каждой были отмечены разные виды двустворчатых, только на илисто-песчаных грунтах отмечена *Macoma baltica*). Наиболее часто встречаемыми видами оказались амфиподы *Byblis gaimardi* (50 % частота встречаемости) и полихета *Scoloplos armiger* (более 40 % встречаемости). Биомасса макробентоса на разных станциях была в пределах 6,2–2762,6 г/м². Доминировал морской еж *Echinorinchus parma*. Численность донной фауны варьировала от 10 экз./м² до 300 экз./м². На большинстве станций по плотности поселения преобладали многощетинковые черви.

Заключение

Анализ вертикального распределения численности и биомассы фитопланктона показал, что в большей степени водоросли развивались в поверхностном слое. Распределение плотности микроводорослей в исследуемом районе в июле 2016 г. было равномерным. Существенный вклад по биомассе и численность внесли диатомовые водоросли.

В зоопланктоне Сахалинского залива в июле 2016 г. по количеству видов доминировал неритический комплекс. Сообщество зоопланктона находилось на весенне-летней стадии развития с доминированием голопланктонных форм.

Подавляющая часть морского дна занята собирающими детритофагами: многие двустворчатые моллюски и морские ежи; доля грунтоедов низка, крайне мал вклад растительноядных животных (некоторые брюхоногие моллюски и хитоны).

Библиографический список

1. Аннин В.К. Экология бентосных фораминифер Сахалинского залива, Охотское море // Океанология. 2004. Т. 44, № 1. С. 121–131.
2. Инструкция по количественной обработке морского сетного планктона. Владивосток: ТИНРО, 1982. 29 с.
3. Коновалова Г.В. Видовой состав и численность фитопланктона залива Посыета (Японское море) // Исследование пелагических и донных организмов дальневосточных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 5–16.
4. Коновалова Г.В. Структура планктонного фитоценоза залива Восток Японского моря // Биол. моря. 1984. № 1. С. 13–23.
5. Кузнецов А.П. Экология донных сообществ Мирового океана. М.: Наука. 1980. 244 с.
6. Микулич Л.В., Родионов Н.А. Весовая характеристика некоторых зоопланктеров Японского моря // Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. 1975. Т. 9. С. 75–83.
7. Федоров В.Д. О методах изучения фитопланктона и его активности. М.: Изд-во МГУ, 1979. 165 с.
8. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размерам и форме тела (морской мезобентос и планктон). Л.: Наука, 1968. 106 с.

O.A. Elovskaya, Yu.V. Fedorets, L.E. Vasilyeva
V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

THE STATE OF PELAGIC AND BENTHIC COMMUNITIES OF SAKHALIN GULF

The species composition and quantitative characteristics of marine biota (phyto-, zoo-, ichthyoplankton and macrobenthos) of Sakhalin Gulf in July 2016 are considered. The zooplankton community is at the spring-summer development stage, holoplankton forms were dominant. Biomass of the mobile fauna of sea urchins predominant in the macrobenthos, the role of polychaeta – an important component of the communities of benthic organisms of soft soils – is great.

А.Ю. Жилин, Н.Ф. Плотицына, Т.А. Зимовейскова
ФГБНУ «ПИНРО», Мурманск, Россия

СОДЕРЖАНИЕ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ (СОЗ) В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ БАРЕНЦЕВА МОРЯ В 2017 г.

Определены стойкие органические загрязнители (СОЗ) в 62 пробах мышц и печени основных промысловых рыб Баренцева моря. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ и конгенов ПХБ в исследованных тканях рыб не превышало допустимые уровни, установленные СанПиН 2.3.2.1078-01 для морских рыб. Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения ихтиофауны Баренцева моря СОЗ, который не окажет существенного негативного влияния на состояние запасов промысловых рыб.

Для определения СОЗ были использованы пробы рыб, собранные в различных промысловых районах Баренцева моря в мае–июне 2017 г. (рис. 1).

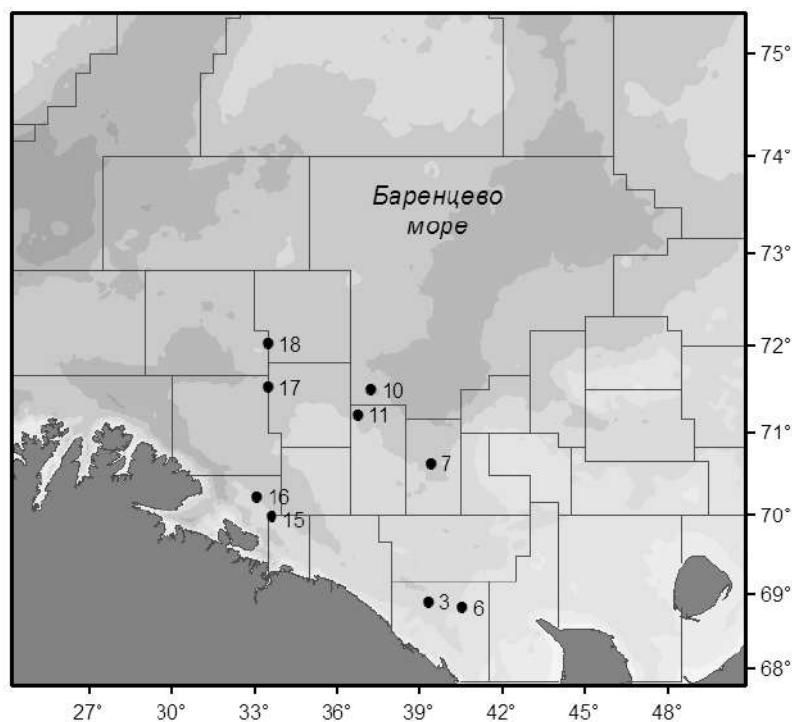


Рис. 1. Станции отбора проб рыбы в Баренцевом море (НИС «Фритьоф Нансен», рейс № 109, май–июнь 2017 г.)

Отбор, подготовка и анализ биологических проб выполнены в соответствии с методическими руководствами ИКЕС, ФАО и действующими нормативными документами [1–3]. Всего проанализированы 62 пробы (31 проба мышц и 31 проба печени) атлантической трески (*Gadus morhua*), пикши (*Melanogrammus aeglefinus*), сайды (*Pollachius virens*), камбалы-ерша (*Hippoglossoides platessoides limandoides*), морской камбалы (*Pleuronectes platessa*) и золотистого окуня (*Sebastes marinus*).

Хлорорганические пестициды (ХОП) (α -, β -, γ -гексахлорциклогексан, гексахлорбензол, *цис*-, *транс*-хлордан, *цис*-, *транс*-нонахлор, оксихлордан, изомеры и метаболиты ДДТ) и полихлорбифенилы (ПХБ) (конгены с номерами по номенклатуре IUPAC: 28, 31, 52, 99, 101, 105, 118, 138, 153, 156, 180) определялись методом газовой хромато-масс-спектрометрии на хромато-масс-спектрометре GCMS-QP2010 Plus фирмы Shimadzu (Япо-

ния) с капиллярной кварцевой колонкой HP-5MS длиной 30 м. Идентификация индивидуальных соединений проводилась в режиме SIM (селективный мониторинг ионов). Количественное определение выполнялось с использованием многоуровневой калибровки тестовыми смесями, приготовленными из сертифицированных кристаллических ХОП и ПХБ фирмы Sigma-Aldrich (США). В качестве внутреннего стандарта при определении ПХБ в пробу вводился ПХБ-53. Для автоматической обработки результатов анализа применялась программа GCMSsolution 2.5 фирмы Shimadzu (Япония). Для внутреннего контроля качества аналитических работ использовался сертифицированный стандартный образец SRM 2974a (Organochlorines, PAH's and Hg in freeze dried mussel tissue) (NIST, США).

ХОП и ПХБ являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Многолетнее бесконтрольное использование этих СОЗ привело к их повсеместному распространению, накоплению в биотических и абиотических компонентах наземных и морских экосистем [4]. Распределение персистентных хлорированных углеводородов в морских организмах отличается крайней неоднородностью и тяготением их повышенного содержания к системам депонирования, а также к органам и тканям с высоким содержанием жира [5].

На рис. 2–5 представлено среднее содержание в мышцах и печени рыб суммы изомеров гексахлорциклогексана (Σ ГХЦГ), гексахлорбензола (ГХБ), суммы изомеров хлордана и суммы изомеров и метаболитов дихлордифенилтрихлорэтана (Σ ДДТ).

Увеличение в мышцах рыб относительного содержания более стабильного изомера α -ГХЦГ по сравнению с γ -ГХЦГ и величина их соотношения (α -ГХЦГ/ γ -ГХЦГ >1) свидетельствовали о давнем поступлении ГХЦГ в окружающую среду.

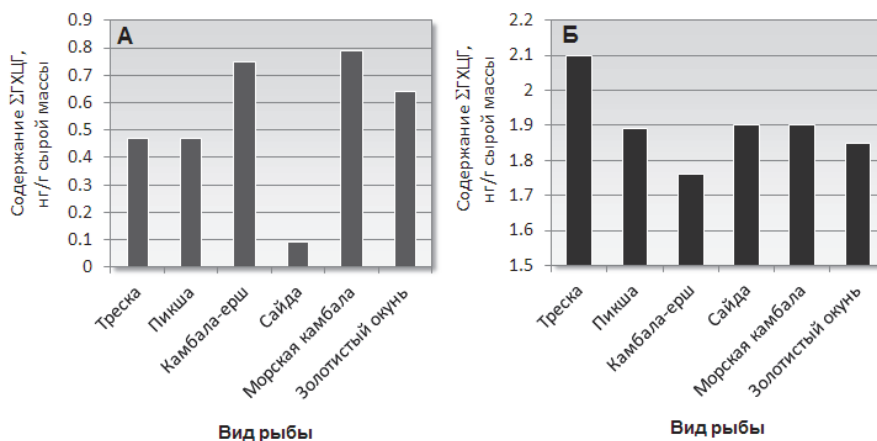


Рис. 2. Среднее суммарное содержание изомеров ГХЦГ в мышцах (А) и печени (Б) рыб Баренцева моря

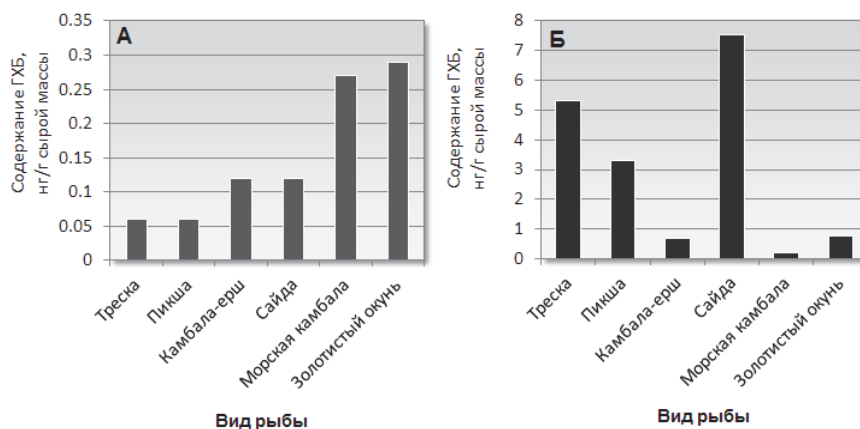


Рис. 3. Среднее содержание ГХБ в мышцах (А) и печени (Б) рыб Баренцева моря

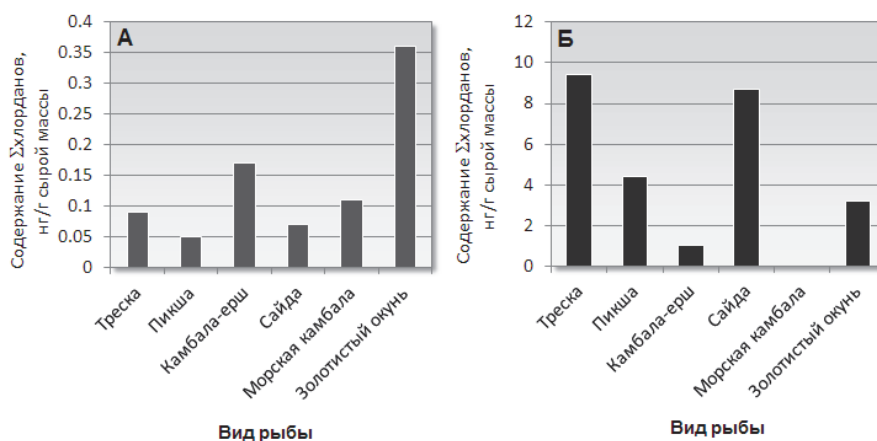


Рис. 4. Среднее суммарное содержание изомеров хлордана в мышцах (А) и печени (Б) рыб Баренцева моря

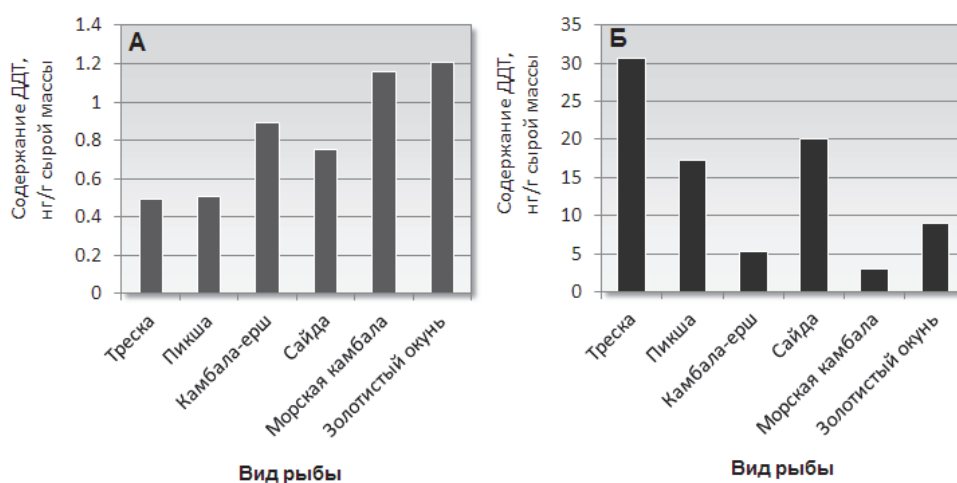


Рис. 5. Среднее суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах (А) и печени (Б) рыб Баренцева моря

Суммарное содержание метаболитов p,p' -ДДЕ и p,p' -ДДД в мышечной ткани исследованных рыб составляло более 60 % от Σ ДДТ и превышало содержание изомера p,p' -ДДТ в 3–4 раза, что указывало на длительный процесс трансформации ДДТ в более стойкие метаболиты, т.е. на «старое» загрязнение окружающей среды [6, 7].

Наибольшее суммарное содержание изомеров ГХЦГ обнаружено в мышцах камбалы-ерша (0,93 нг/г сырой массы), выловленной на ст. 10 в Центральном желобе. Максимальное содержание ГХБ определено в мышцах золотистого окуня (0,29 нг/г сырой массы) из промыслового района Рыбачья банка (ст. 16) и морской камбалы (0,27 нг/г сырой массы), выловленной на ст. 3 в Восточном Прибрежном районе.

Изомеры хлордана в качестве пестицидов в Советском Союзе, и в России в частности, никогда не применялись, зато широко использовались в США и странах Западной Европы. В воде Баренцева моря они обнаруживаются в очень незначительных количествах, в основном в струях Северо-Атлантического течения, но при передаче по пищевой цепи их содержание в органах и тканях рыб заметно возрастает. Наибольшее их содержание обнаружено в мышцах золотистого окуня (0,36 нг/г сырой массы), выловленного в промысловом районе Рыбачья банка (ст. 16), причем здесь обнаружены все определяемые изомеры хлордана (*цис*- и *транс*-хлордан, *цис*- и *транс*-нонахлор, а также оксихлордан). Максимальное суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ (1,55 нг/г сырой массы) определено в мышцах камбалы-ерша из Восточного Прибрежного района (ст. 3).

Остаточные количества хлорорганических пестицидов в печени исследованных рыб были значительно выше, чем в мышцах, так как печень является депонирующим органом, где в первую очередь происходит накопление загрязняющих веществ. Кроме этого, печень рыб отличается более высоким содержанием жира по сравнению с мышцами, а все хлорированные углеводороды обладают липофильными свойствами, т.е. хорошо растворяются в жирах [5]. Высокое суммарное содержание изомеров ГХЦГ характерно для печени трески, выловленной на ст. 3 Восточного Прибрежного района (3,39 нг/г сырой массы), что по классификации, принятой Норвежским государственным агентством по охране окружающей среды (SFT), соответствовало «незначительному загрязнению» (< 50 нг/г сырой массы) [8]. Максимальное количество ГХБ (10,4 нг/г сырой массы) определено в печени трески из промыслового района Рыбачья банка (ст. 16), что по норвежской классификации также отвечало «незначительному загрязнению» (< 20 нг/г сырой массы) [8]. Высокое суммарное содержание изомеров хлордана (18,1 нг/г сырой массы) обнаружено в печени трески из промыслового района Рыбачья банка (ст. 16), а изомеров и метаболитов ДДТ (57,3 нг/г сырой массы) – в печени трески, выловленной в Восточном Прибрежном районе на ст. 3. По норвежской классификации суммарное содержание изомеров и метаболитов ДДТ в печени трески, выловленной в исследованных промысловых районах Баренцева моря, соответствовало «незначительному загрязнению» (< 200 нг/г сырой массы) [8]. Величины отношений содержания изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ в печени исследованных рыб свидетельствовали о давнем загрязнении среды обитания этими пестицидами. Суммарное содержание изомеров ГХЦГ, изомеров и метаболитов ДДТ в мышцах и печени рыб не превышало допустимые уровни, установленные санитарными правилами и нормативами РФ для морских рыб: 200, 200, 1000 и 3000 нг/г сырой массы соответственно [9].

На рис. 6 представлено среднее суммарное содержание конгенов ПХБ в мышцах и печени промысловых рыб Баренцева моря.

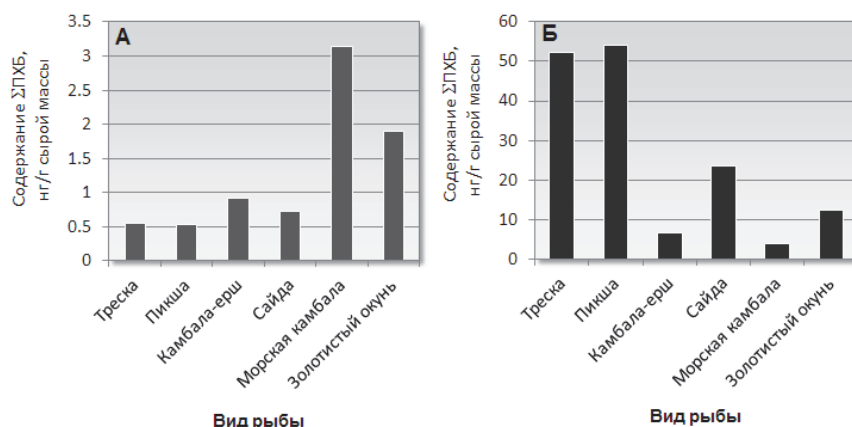


Рис. 6. Среднее суммарное содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) рыб Баренцева моря

Суммарное содержание конгенов ПХБ в мышцах исследованных рыб изменялось от 0,42 до 3,14 нг/г сырой массы, в печени – от 3,75 до 114 нг/г сырой массы. Вследствие значительного количества жира содержание ПХБ в печени рыб во много раз превышало их содержание в мышечной ткани. В мышцах и печени промысловых рыб преобладали конгены с номерами по номенклатуре IUPAC 118, 138 и 153, составляющие 55–70 % от ΣПХБ (рис. 7–12), что указывало на техногенное загрязнение среды их обитания коммерческими смесями полихлорбифенилов типа Aroclor, российские аналоги – Совол (конденсаторное масло) и Совтол (трансформаторное масло) (рис. 13).

Наиболее высокое содержание ПХБ (109 нг/г сырой массы) обнаружено в печени трески, выловленной в Восточном Прибрежном районе на ст. 3, и пикши, выловленной на ст. 15 Кильдинской банки (114 нг/г сырой массы), что по норвежской классификации соответствовало «незначительному загрязнению» (< 500 нг/г сырой массы). Суммарное содержание ПХБ в мышцах и печени исследованных рыб было во много раз меньше нормати-

вов, установленных санитарными правилами и нормативами РФ для морских рыб: 2000 и 5000 нг/г сырой массы соответственно [9]. Полученные результаты хорошо согласуются с ранее опубликованными данными о содержании хлорированных углеводородов в ихтиофауне северных морей, и в частности Баренцева моря [10–12].

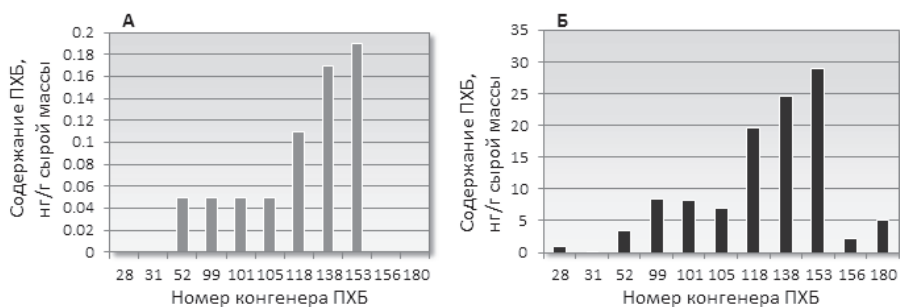


Рис. 7. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) трески Баренцева моря (Восточный Прибрежный район, ст. 3)

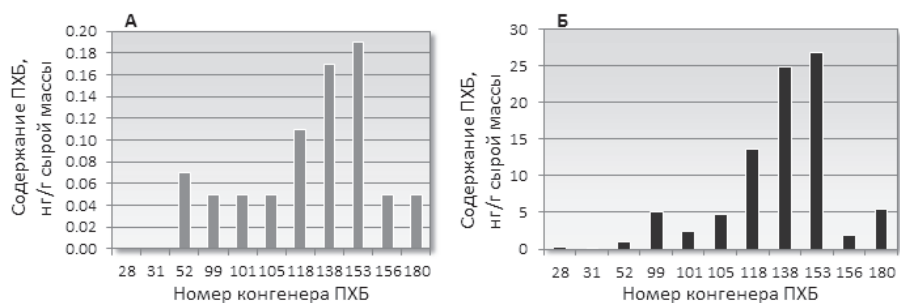


Рис. 8. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) пикши Баренцева моря (Рыбачья банка, ст. 16)

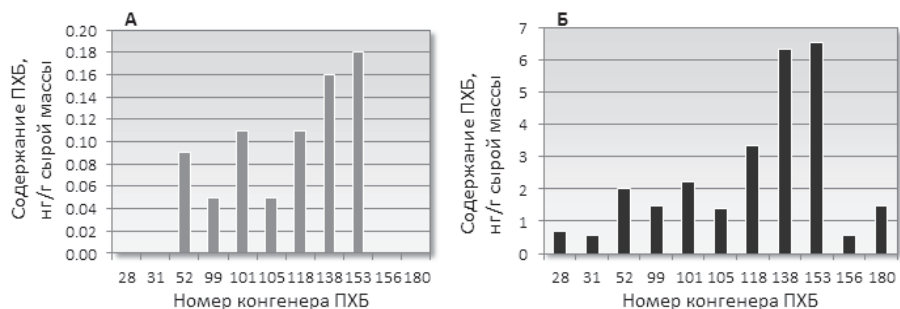


Рис. 9. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) сайды Баренцева моря (Рыбачья банка, ст. 16)

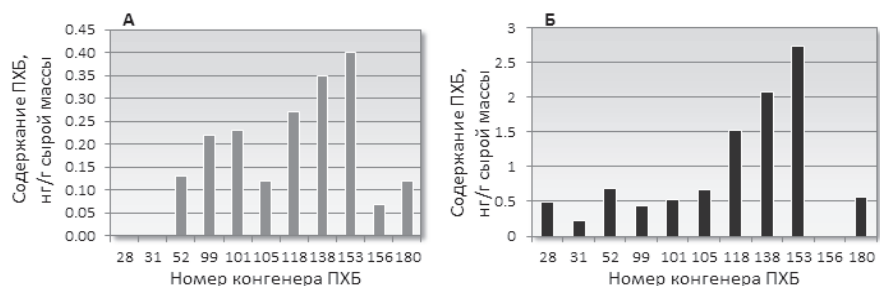


Рис. 10. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) камбалы-ерша Баренцева моря (Восточный Прибрежный район, ст. 3)

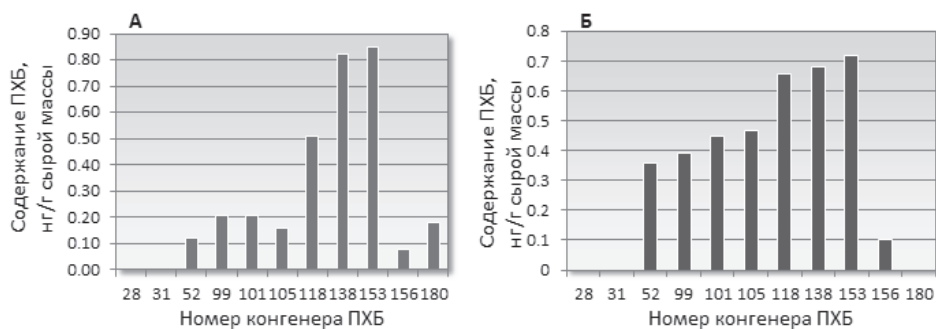


Рис. 11. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) морской камбалы Баренцева моря (Восточный Прибрежный район, ст. 3)

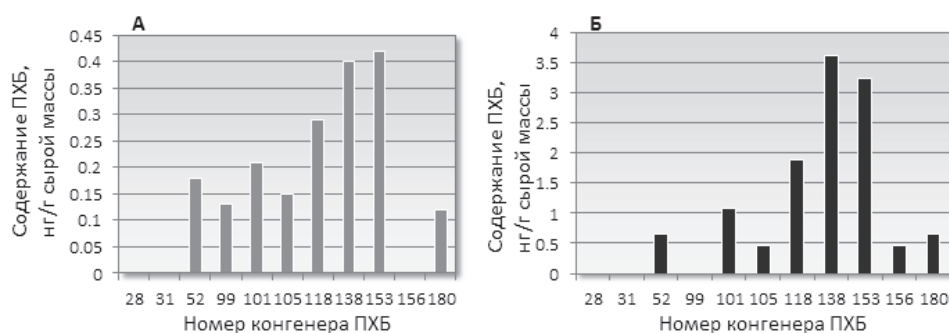


Рис. 12. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) золотистого окуня Баренцева моря (Рыбачья банка, ст. 16)

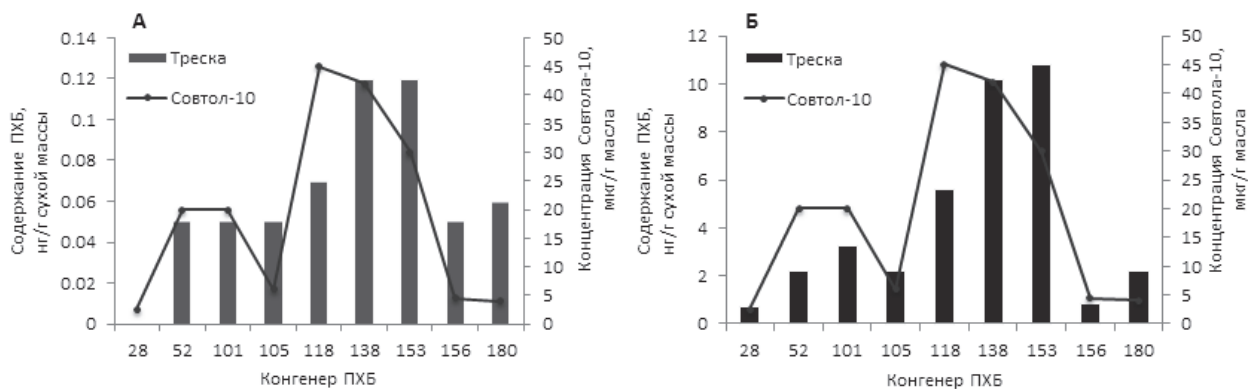


Рис. 13. Содержание конгенов ПХБ в мышцах (А) и печени (Б) трески, выловленной в Восточном Прибрежном районе на ст. 6

Диоксиноподобные хлорированные углеводороды, к которым относятся некоторые ПХБ и пестициды, обладают теми же токсическими свойствами, что и диоксины, и механизмы их действия на живые организмы идентичны. Разработана международная шкала факторов эквивалентной токсичности (I-TEF), где за эталон токсичности был принят наиболее сильный по своей биологической активности и хорошо изученный 2,3,7,8-тетрахлордibenзо-*p*-диоксин (2,3,7,8-ТХДД), фактор эквивалентной токсичности которого принят за 1. Например, для конгенов ПХБ с номерами 105, 118, 156 и 180, которые обнаружены в исследованных пробах рыб, факторы эквивалентной токсичности составляют 0,0001, 0,0001, 0,0005 и 0,00001 ед. соответственно, для пестицида ГХБ – 0,001 ед. [13]. Средняя суммарная токсичность диоксиноподобных хлорорганических соединений в мышцах рыб,

выраженная в единицах токсического эквивалента, варьировала от 0,07 (треска) до 0,38 пг ТЭ/г сырой массы (морская камбала), а в печени – от 0,96 (морская камбала) до 11,4 пг ТЭ/г сырой массы (треска). Средняя суммарная токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов, обнаруженных в мышцах рыб, была во всех случаях меньше 1 (треска – 0,07, пикша – 0,08, сайда – 0,14, камбала-ерш – 0,15, морская камбала – 0,38, золотистый окунь – 0,34 пг ТЭ/г сырой массы). По норвежской классификации наименьшая и наибольшая суммарные токсичности диоксиноподобных хлорированных углеводородов в мышцах трески (0,06 и 0,09 пг ТЭ/г сырой массы соответственно) отвечали «незначительному загрязнению» (< 0,1 пг ТЭ/г сырой массы) (ст. 3 и 6 в Восточном Прибрежном районе) [8]. Максимальная величина этого показателя найдена в печени трески (11,4 пг ТЭ/г сырой массы) и сайды (9,53 пг ТЭ/г сырой массы), выловленных на Рыбачьей банке (ст. 16). По норвежской классификации максимальная суммарная токсичность диоксиноподобных хлорированных углеводородов в печени трески (11,4 пг ТЭ/г сырой массы) соответствовала «незначительному загрязнению» (< 15 пг ТЭ/г сырой массы) [8].

Полученные результаты подтверждают низкий уровень загрязнения ихтиофауны Баренцева моря СОЗ, который не окажет существенного влияния на состояние запасов промысловых рыб.

Библиографический список

1. ICES Guidelines for Monitoring Contaminants in Fish and Shellfish and in Sediments / Six Year review of ICES Coordinated Monitoring Programmes. Appendix 1 // Coop. Res. Report. 1984. No. 126. P. 96-100.
2. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 2. Guidelines for Use of Biological Accumulators in Marine Pollution Monitoring // FAO Fisheries Technical Paper. 1976. No.150. 76 p.
3. Manual of Methods in Aquatic Environment Research. Part 3. Sampling and Analyses of Biological Material // FAO Fisheries Technical Paper. 1976. No.158. 124 p.
4. Израэль Ю.А., Цыбань А.В. Антропогенная экология океана. М.: Флинта: Наука, 2009. 265 с.
5. Kelly A. G., Campbell D. Persistent Organochlorine Contaminants in Fish and Shellfish from Scottish Waters // Scottish Fisheries Research Report. 1994. No.54. 26 p.
6. Современный уровень загрязнения хлорированными и нефтяными углеводородами донных отложений губы Печенга Баренцева моря / Г.Г. Матишов, В.М. Савинов, С. Дале и др. // Доклады РАН. 1998. Т. 361, № 3. С. 425–427.
7. Баярова М.Д., Лукьянова О.Н. Хлорированные углеводороды в гидробионтах залива Посьета Японского моря // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 145. С. 271–278.
8. Klassifisering av miljøkvalität i fjorder og kystfarvann. Veiledning / J. Molværg, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J. Sørensen // SFT Veiledning. 1997. 97:03. 36 p. (In Norwegian).
9. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2. 1078-01). М.: Минздрав РФ, 2002. 164 с.
10. Плотицына Н.Ф., Киреева Л.И. Содержание загрязняющих веществ в гидробионтах Баренцева моря // Материалы отчетной сессии по итогам НИР ПИНРО в 1995 г. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1996. С. 168–191.
11. Плотицына Н.Ф. Хлорированные углеводороды в рыбах Медвежинско-Шпицбергенского района Баренцева моря // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики. Комплексные исследования природы Шпицбергена: материалы междунар. науч. конф. (Мурманск, 27–30 октября 2010 г.). М.: ГЕОС, 2010. Вып. 10. С. 455–460.

12. Жилин А.Ю., Плотицына Н.Ф. Содержание загрязняющих веществ в промысловых рыбах Баренцева моря в 2015 году // Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое значение и техническое использование: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. (22–24 марта 2016 г.) / КамчатГТУ; отв. за вып. В.И. Карпенко. Петропавловск-Камчатский, 2016. Ч. 2. С. 20–24.

13. Майстренко В.Н., Ключев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 323 с.

A.Yu. Zhilin, N.F. Plotitsyna, T.A. Zimoveyskova
PINRO, Murmansk, Russia

CONTENT OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (POP's) IN COMMERCIAL FISHES OF THE BARENTS SEA IN 2017

POP's determined in 62 samples of muscle and liver of the main commercial fish of the Barents Sea. The total content of the isomers of HCH, isomers and metabolites of DDT and PCB's congeners in the studied fish tissues did not exceed the permissible levels set by SanPiN 2.3.2.1078-01 for marine fish. The received results confirm the low level of contamination of ichthyofauna of the Barents Sea POP's, which will not have a significant negative impact on the state of commercial fish stocks.

А.В. Ивановская, Е.В. Богатырева
ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь, Россия

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБУЕМЫХ КРИТЕРИЕВ РИСКА ФЛОТА РЫБНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Сформулированы задачи, обеспечивающие требуемые критерии риска флота рыбной промышленности. Представлены результаты усовершенствованной методики расчета параметров работы неводовыборочного комплекса с учетом особых условий. Оценку показателей надежности и риска можно использовать для определения допустимых значений вероятностей возникновения аварий в процессе промысла.

К ключевым направлениям государственной экономической политики, согласно прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации, разработанном Минэкономразвития России, следует отнести создание условий для повышения эффективности добычи гидробионтов. Реализация данной цели требует создания нового оборудования, учитывающего существующие условия и обстоятельства, что, в свою очередь, невозможно без расширения соответствующих научных исследований.

Очевидно, что успешное решение поставленной задачи невозможно без внедрения новых технологий в разработку рыбопромыслового оборудования, так как технологический процесс добычи гидробионтов напрямую зависит от надежности, безопасности и эффективности работы оборудования и к которым по критериям надежности, работоспособности механизмов предъявляются требования Российского морского регистра [1].

Согласно международному стандарту [2], под надежностью следует понимать свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Безопасность – это состояние объекта, при котором риск от возникновения аварии ограничен допустимым уровнем нагрузки.

Промысловое оборудование должно работать в любых гидрометеорологических условиях, при этом может испытывать неэволюционные нагрузки и переменность нагружения. Также при его проектировании необходимо учитывать тот факт, что различные элементы привода оборудования могут находиться в разных средах. Все это можно объединить одним понятием: «особые условия».

Безопасность эксплуатируемого промыслового оборудования, работающего в особых условиях, может быть достигнута за счет разработки и внедрения ряда системно взаимосвязанных методов, которые обеспечивают предупреждение аварийных ситуаций, т.е. снижают риск и повышают надежность их эксплуатации. Такие методы должны выполняться на протяжении всего «жизненного» цикла оборудования, а именно, на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации, которым соответствует определенный уровень надежности, зависящий от влияния специфических факторов.

Требуемые надежность, прочность, ресурс и безопасность достигаются: на этапе проектирования выполнением расчета по методу предельного состояния; на этапе изготовления за счет выполнения технологии изготовления и системой контроля качества созданного оборудования; на этапе эксплуатации происходит проверка адекватности моделей, используемых при проектировании и изготовлении, фактическим условиям эксплуатации.

Так как речь идет о создании нового оборудования, то остановимся на стадии проектирования. На данном этапе требуемые надежность, прочность, ресурс представляют собой гипотетические свойства пока не существующего оборудования и достигаются путем оцен-

ки по методу предельного состояния по полной или частичной невозможности нормальной эксплуатации. Поэтому в процессе проектирования необходимо рассчитать риск, значение которого должно быть меньше допустимого, а надежность и гарантия от возникновения предельного состояния за весь последующий срок эксплуатации должны обеспечиваться за счет учета возможных перегрузок и наиболее вероятного сочетания воздействий и нагрузок. Это достигается надлежащим статистическим учетом возможных и наиболее неблагоприятных характеристик материалов, характеризующихся вероятностным разбросом; учетом возможных перегрузок и наиболее реально возможного невыгодного сочетания нагрузок и воздействий, а также надлежащим выбором расчетных схем и методов расчета.

Таким образом, на этапе проектирования, полученные и классифицированные опасности, следует рассмотреть на предмет соответствия критериям допустимого риска.

Если под N понимать любой из возможных силовых факторов в расчетном элементе, то условие безопасности или отсутствие риска аварии промышленного оборудования подразумевает, что появление случайных нагрузок ограниченно превышающих допустимый уровень и имеющих незначительную частоту их воздействия, не приведет к каким-либо разрушениям

$$N \leq [N] \text{ при } p_{N \leq [N]} \leq [p],$$

где $p_{N \leq [N]}$ – вероятность появления нагрузки N больше допустимого значения $[N]$; $[p]$ – допустимая вероятность появления нагрузки больше ее расчетного значения.

Используя определение «риска», аналогичным образом выглядит условие безопасности, учитывающее ущерб от возможной аварии, связанной с превышением допустимой нагрузки

$$N \leq [N] \text{ при } R_{N \leq [N]} \leq [R],$$

где $[R]$ – допустимое значение риска, которое может быть определено или установлено (назначено) для каждого типа рыбопромышленного оборудования в зависимости от его назначения и ответственности.

Следовательно, для обеспечения данных условий необходимо знание величины допустимой нагрузки, так как рыбопромышленное оборудование относится к грузоподъемному оборудованию, то при расчете нагрузки следовало бы обратиться к стандарту «Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок» [3], действующему с 1 июня 2015 г. Однако действие данного стандарта не распространяется на «грузоподъемные устройства, устанавливаемые на судах и плавучих сооружениях и являющиеся элементами специального технологического оборудования. Для расчета элементов такого оборудования по критериям работоспособности и долговечности могут быть использованы методики моделирования нагрузок, отличные от принятых в данном стандарте, если они подтверждены опытом проектирования и эксплуатации».

Характерным признаком внезапных и постепенных отказов промышленного оборудования является несоответствие нормативным требованиям тягового усилия на грузовом барабане и турачке. Отсюда, моделирование нагрузок, действующих на привод промышленного оборудования, работающего в особых условиях, является одной из важнейших задач при его проектировании и остается открытым вопрос создания апробированных методик.

Поэтому **целью** наших исследований является повышение эксплуатационной надежности и эффективности работы рыбопромышленного оборудования на основе выбора рациональных параметров его эксплуатации за счет разработки унифицированной методики расчета с учетом нестационарности нагружения, достижение которой требует решения следующих вспомогательных задач, а именно:

- разработка комплексной математической модели неустановившихся режимов работы рыбопромышленного оборудования на примере неводовыборочного комплекса на различных этапах работы с учетом нестационарности нагружения;

- разработка унифицированной методики расчета нагрузок и их комбинаций на привод рыбопромыслового оборудования;
- разработка рекомендаций по выбору силового привода и его элементов рыбопромыслового оборудования;
- разработка математических моделей для оценки показателей надежности и риска работы рыбопромыслового оборудования;
- разработка тренажерного комплекса по моделированию, проектированию и управлению рыбопромысловым оборудованием.

Для реализации поставленных задач был исследован неводовыборочный комплекс промыслового судна. Это обусловлено тем, что кошельковый лов является вторым по популярности видом промысла. Данное оборудование работает в «особых условиях» и полученные для него методики расчета нагрузки могут быть адаптированы на другой вид промыслового оборудования.

Нами были рассмотрены различные этапы работы неводовыборочного комплекса.

В процессе кошелькования изменяется форма невода, площадь сечения которого существенно влияет на величину гидродинамического сопротивления. В своих исследованиях мы приняли модель изменения формы невода по цепочке «цилиндр–усеченные конусы–конус» (рис. 1).

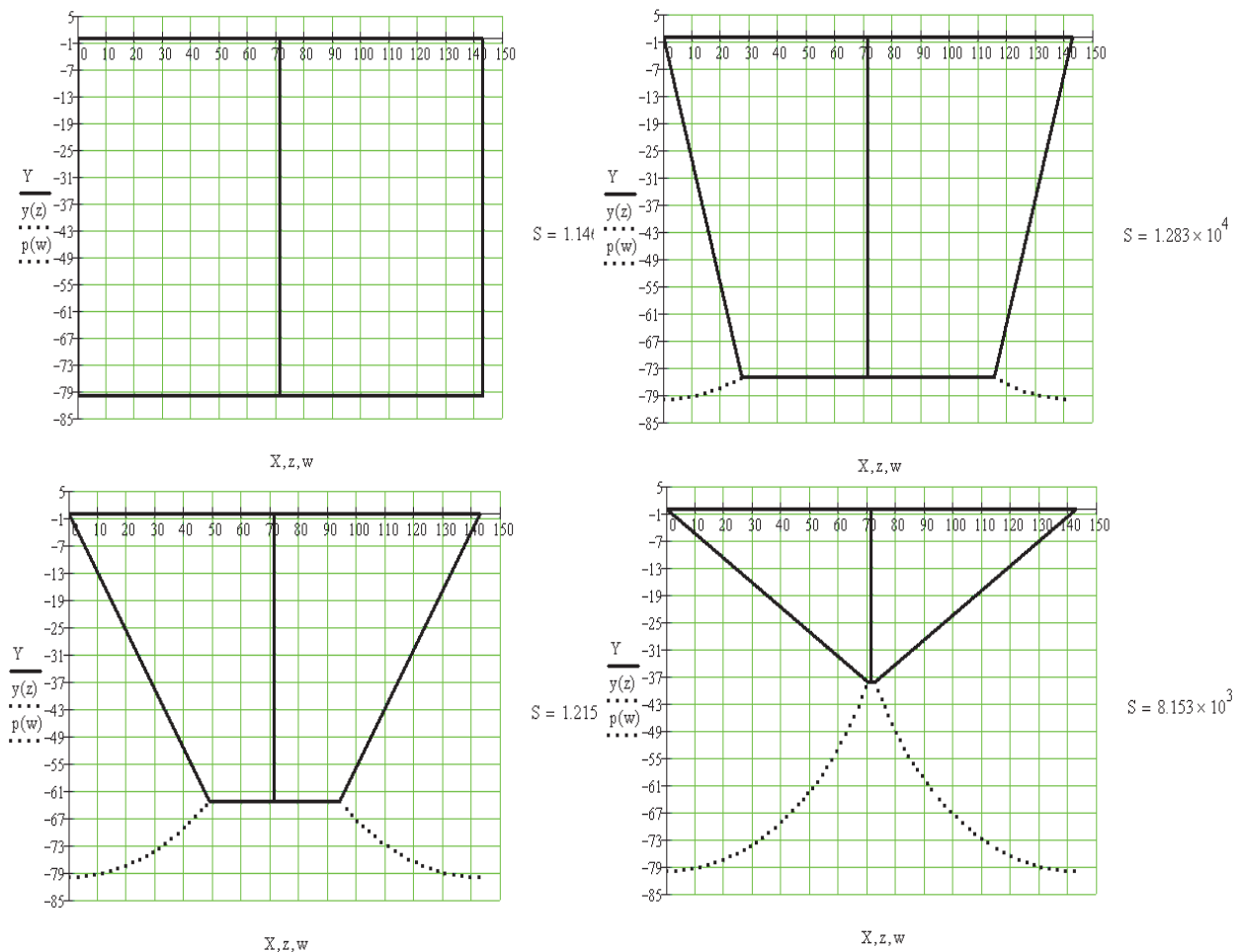


Рис. 1. Модель изменения формы кошелькового невода

Согласно трапецидальной тахограмме, весь процесс кошелькования можно условно разбить на три этапа, отличающихся различными значениями скоростей, мощности и на-

грузок. В результате моделирования получены зависимости для определения тягового усилия, которые хорошо согласуются с экспериментальными данными (рис. 2).

- на первых двух этапах

$$\frac{q}{2g} \left[\frac{2l^2}{3} \frac{d^2\psi}{dt^2} + l(1+\psi) \frac{d^2l}{dt^2} - 2\psi \left(\frac{dl}{dt} \right)^2 + 2l \frac{dl}{dt} \frac{d\psi}{dt} \right] = \frac{ql}{2} - EF\psi; \quad N_{I,II} = EF\psi + c_B l \left(\frac{dl}{dt} \right)^2$$

- на третьем этапе

$$\frac{l}{2g} \left[\frac{2}{3} l^2 [ql + 3Q] \frac{d^2\psi}{dt^2} + l(ql + 2Q)(1+\psi) \frac{d^2l}{dt^2} + \frac{4}{3} l(ql + 3Q) \frac{dl}{dt} \frac{d\psi}{dt} - ql(1+\psi) \left(\frac{dl}{dt} \right)^2 + \right. \\ \left. + \frac{2}{3} l^2 \left(q \frac{dl}{dt} + 3 \frac{dQ}{dt} \right) \frac{d\psi}{dt} + l \left(q \frac{dl}{dt} + 2 \frac{dQ}{dt} \right) (1+\psi) \frac{dl}{dt} \right] = l \left(Q + \frac{ql}{2} \right) - EF\psi l;$$

$$N_{III} = EF\psi + (c_B l + c_k (l - l_2)) \left(\frac{dl}{dt} \right)^2,$$

где $l = l(t)$ – длина выбранного участка троса на рассматриваемом этапе; q – вес погонного метра троса, то всей нити; E – модуль упругости троса; F – площадь живого сечения каната; функция $\psi(t)$ описывает относительное удлинение нити; функция $Q(t) = k[l(t) - l_2]$ определяет изменение общего веса троса; k – коэффициент темпа роста веса; l_2 – длина троса, выбранного во время первого и второго этапов выборки троса.

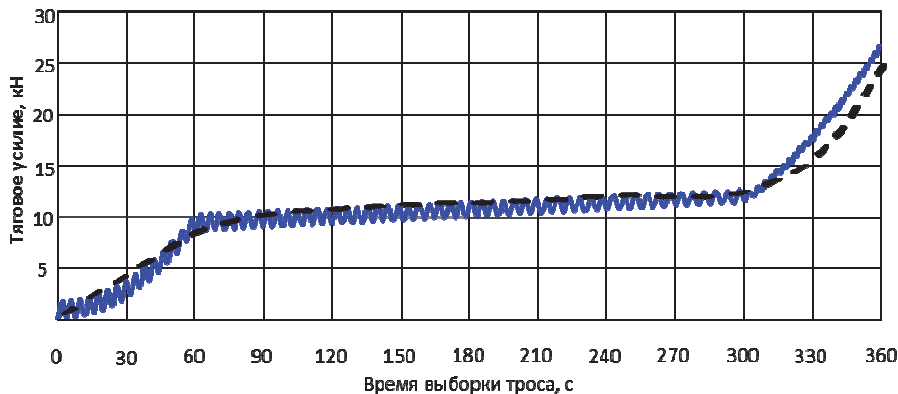


Рис. 2. Динамограмма тягового усилия неводовыборочного комплекса на этапе кошелькования

Процесс выборки невода характеризуется значительным изменением массы, вследствие уменьшения действия выталкивающей силы. Также значительное влияние оказывают гидрометеорологические факторы. Поэтому нами были исследованы различные случаи работы рыбопромыслового оборудования: при постоянном вращающем моменте и штиле.

При совпадении частоты колебаний волнения моря и частоты колебаний системы привода промышленной лебедки возможно попадание в резонансную зону, что может привести к аварийной ситуации, поломке и выходу механизма из строя.

$$N_I = F_c + k_1 m_3 g \left\{ K_{12} \sin \left(\frac{2}{m_0 \cdot k} \sqrt{\frac{2k_1 m_3 g [m_0 (l + kt) + m_2 + 2m_3]}{R}} \right) + \right. \\ \left. + K_{22} \cos \left(\frac{2}{m_0 \cdot k} \sqrt{\frac{2k_1 m_3 g [m_0 (l + kt) + m_2 + 2m_3]}{R}} \right) + \frac{M_0}{Rk_1 m_3 g} - \frac{F_c}{k_1 m_3 g} + K_3(t) \sin pt + K_4(t) \cos pt \right\}$$

где m_1, m_2, m_3 – приведенная масса соответственно барабана, жгутоформирователя, грузового устройства; F_c – сила гидродинамического сопротивления; M_0 – момент привода.

Как видим, пиковая нагрузка (рис. 3) может возрасти в 4 раза. Поэтому учет таких факторов позволит обойти зоны резонанса, оказывающие негативное влияние на работоспособность оборудования.

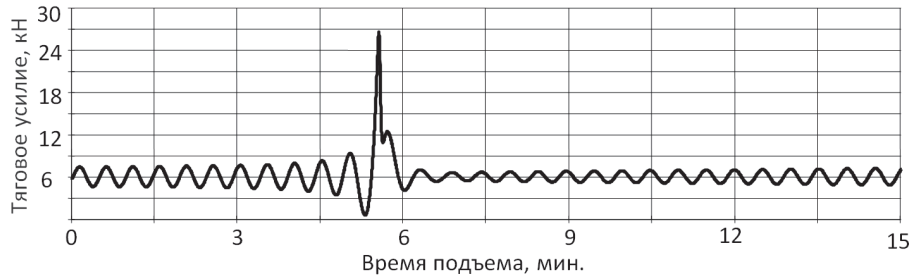


Рис. 3. График изменения тягового усилия с учетом колебаний нагрузки при резонансе

Характерной особенностью процесса выборки невода является то, что он осуществляется прерывисто: подъем часто останавливают для изменения положения судна относительно невода. Моделирование этого процесса осуществимо разложением действующего момента в ряд Фурье, что позволяет получить значения нагрузки, хорошо согласующиеся с усредненными экспериментальными данными (рис. 4).

$$N_1 = F_c + k_1 m_3 g \left\{ K_{13} \sin \left(\frac{2}{m_0 \cdot k} \sqrt{\frac{2k_1 m_3 g [m_0 (1 + kt) + m_2 + 2m_3]}{R}} \right) + K_{23} \cos \left(\frac{2}{m_0 \cdot k} \sqrt{\frac{2k_1 m_3 g [m_0 (1 + kt) + m_2 + 2m_3]}{R}} \right) + \frac{M_0 + M_1}{2Rk_1 m_3 g} - \frac{F_c}{k_1 m_3 g} + K_3(t) \sin pt + K_4(t) \cos pt + \sum_{n=1}^m \left\langle L_{1n} \sin \left(\frac{n\pi}{l} t \right) + L_{2n} \cos \left(\frac{n\pi}{l} t \right) \right\rangle \right\}$$

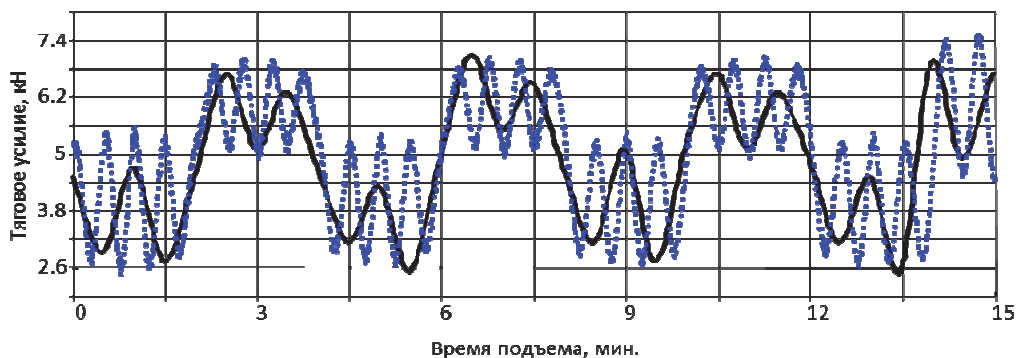


Рис. 4. Динамограмма тягового усилия с учетом остановок неводовыборочной машины с учетом остановок

Алгоритм расчета и проектирования привода промышленной лебедки основывается на многовариантных методах проектирования машин и механизмов с учетом специфики данного вида устройств. Основная задача этапа обоснования основных проектных характеристик силового привода лебедки заключается в научно-обоснованном выборе основных параметров работы устройства, необходимости с достаточной точностью аналитически рассчитать требуемую тягу для эффективной работы в зависимости от внешних факторов.

Высокая точность расчетов позволит избежать перегрузки привода промышленных лебедок, приводящей к их быстрому износу, частым поломкам и выводу из строя, а также к нежелательному нерациональному использованию.

В наших исследованиях было рассмотрено рыбопромысловое оборудование, работающее в особых условиях и имеющее нестационарное нагружение. Поэтому методика моделирования нагрузок существенно отличается от принятой в стандартах. Нагрузки, возникающие при работе данного класса механизмов можно разделить на регулярные и нерегулярные, и в зависимости от эксплуатационных воздействий условно объединить в группы. Так, группа А характеризуется отсутствием воздействия внешних факторов и отличается только режимом работы привода: А1 – штатный режим; А2 – резкие скачки нагрузки с появлением инерционных сил; А3 – знакопеременный характер нагружения. Нагрузки группы Б сходны по режимам работы с нагрузками группы А, отличаются только наличием гидрометеорологического воздействия на привод.

Полученная методика расчета рациональных параметров работы рыбопромыслового оборудования может быть использована для проектирования автоматизированных систем привода и комплексов по их управлению. Поэтому в зависимости от режима управления механизмом подъема лебедки можно выделить следующие типы привода:

П1 – система управления системой привода обеспечивает работу на постоянной замедленной скорости; **П2** – работа механизма подъема осуществляется с замедленной скоростью на отдельном этапе – параметры привода аналогичны П1; **П3** – процесс подъема груза осуществляется с резким скачком скорости; **П4** – системой управления обеспечивается бесступенчатое изменение скорости; **П5** – после выхода на номинальный режим работы обеспечивается автоматическое бесступенчатое управление приводом с контролем динамических нагрузок.

Динамические процессы, возникающие при работе рыбопромыслового оборудования можно рассматривать как совокупность независимых случайных величин, определяющих опасный уровень нагрузки. В данном случае присутствуют нагрузки от сил тяжести поднимаемых грузов случайной массы, пиковые, независимые друг от друга нагрузки, возникающие при соударениях в зазорах или в результате наложения упругих колебаний и т.д. Было выявлено, что действующая нагрузка является случайным процессом с распределением ординат по усеченному нормальному закону, а опасный уровень – случайная величина, также распределенная по усеченному нормальному закону. При таких условиях возможно вычисление вероятности безотказной работы промышленной лебедки [6].

Заключение. Итак, результатом наших исследований является полученная методика расчета параметров работы неводовыборочного комплекса с учетом особых условий. В результате исследований выработаны рекомендации по проектированию и режимам эксплуатации промышленного оборудования.

Разработаны математические модели для оценки показателей надежности и риска работы неводовыборочного комплекса [4–7], которые можно использовать для определения допустимых значений вероятностей возникновения аварий в процессе промысла. Для упрощения процесса принятия решения о возможности эксплуатации рыбопромыслового оборудования в условиях воздействия нагрузок выше расчетных рекомендуется использовать следующую таблицу оценки состояния риска рыбопромыслового оборудования.

Оценка состояния риска рыбопромыслового оборудования

| Оценка состояния системы | Условия опасности | Количественные параметры | Рекомендации |
|--------------------------|-------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Отличная | Отсутствуют | Силовой фактор грузоподъемного устройства $N < [N]$ | Эксплуатация рыбопромыслового оборудования без ограничения |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----------------------|---|---|---|
| Хорошая | Минимально возможные для создания аварийной ситуации | $N \leq [N]$ Риск при эксплуатации $R_{N \geq [N]} < [R]$ | Профилактический ремонт или перевод оборудования в более легкий режим с уменьшением его нагрузки |
| Удовлетворительная | Необходимые и достаточные для создания аварийной ситуации | $N > [N]$ $R_{N \geq [N]} < [R]$ | Капитальный ремонт согласно графику или в отдельных случаях перевод в более легкий режим с уменьшением его нагрузки |
| Неудовлетворительная | Необходимые и достаточные для аварии | $N > [N]$ $R_{N \geq [N]} > [R]$ | Эксплуатация оборудования запрещена, нужен срочный ремонт или утилизация |

Следующим этапом наших исследований является разработка тренажерного комплекса и программного обеспечения по моделированию, проектированию и управлению рыбопромысловым оборудованием, рассматривая лебедку как базовое промысловое оборудование.

Библиографический список

1. Российский морской регистр судоходства. Правила технического наблюдения за постройкой судов и изготовлением материалов и изделий для судов: в 4 т. Т. 4. СПб.: Российский Морской Регистр Судоходства, 2016. 337 с.
2. ГОСТ 27.002-2015. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ 32579-2013. Межгосударственный стандарт. Краны грузоподъемные. Принципы формирования расчетных нагрузок и комбинаций нагрузок. Ч. 1-5. Введ. 2015-06-01. М.: Стандартинформ, 2015.
4. Ивановская А.В., Богатырева Е.В. Исследование динамических процессов при работе неводовыборочного // Инновационные технологии в науке и образовании ИТНО-2015: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию ДГТУ г. Ростов н/Д. п. Дивноморское, 7-10 сентября 2015. С. 198-203.
5. Ивановская А.В., Богатырева Е.В. Совершенствование методов расчета электромеханического привода с учетом переменности нагружения // Изв. Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, № 1(2). С. 218-223.
6. Ивановская, А.В., Богатырева Е.В., Клименко Н.П. и др. Анализ отказов и оценка надежности палубных механизмов в эксплуатации // Технический сервис агропромышленного, лесного и транспортного комплексов. 2016. № 5. С. 101-108.
7. Ивановская, А.В., Богатырева Е.В. Основные аспекты расчета силового привода с учетом переменности нагружения // Современные фундаментальные и прикладные исследования». 2017. № 2 (25). Ч. 1. С. 22-29.

A.V. Ivanovskaya, E.V. Bogatyreva
FSBEI HE «KSMTU», Kerch, Russia,

THE PROVISION OF THE REQUIRED CRITERIA FOR RISK OF THE FLEET OF THE FISHING INDUSTRY AT THE EXPENSE OF INCREASE OF RELIABILITY OF WORK OF FISHING EQUIPMENT

In this work problems, which provide required risk criterion are stated. There are also results of improved design procedure of drift net pulling complex operating conditions inclusive of special provisions. Risk-based operational safety performance assessment can be used for determination of probability of accidents initiation admissible values under fishery.

В.Н. Казаченко, Я.А. Шахова
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ПАЗАРИТИЧЕСКИЕ КОПЕПОДЫ (CRUSTACEA: COPEPODA) РЫБ СЕМЕЙСТВА MOLIDAE (TETRAODONTIFORMES)

Приведены сведения о паразитических ракообразных рыб семейства Molidae из Тихого океана: *Pandarus bicolor*, *Dinetoura producta*, *D. latifolia*, *Echthrogaleus coleoptratus*, *Cecrops latreilli*, *Orthogoriscicola muricatus*, *Philorthogoriscus serratus*, *Caligus elongatus*, *Lepeophtheirus hastatus*, *L. nordmanni*, *Anthosoma crassum*, *Pennella filosa*. Приведены определительные таблицы семейств и родов копепод, паразитирующих на рыбах семейства Molidae.

Введение. Паразитизм – это форма сожительства организмов разных видов, из которых один, называемый паразитом, использует другого, именуемого хозяином, как источник питания и место постоянного или временного пребывания [1].

Паразитизм широко распространен в природе, по разным авторам 6 до 100 % из общего числа известных видов организмов ведут паразитический образ жизни. Нужно отметить, что количество видов паразитов на Земле превышает количество хозяев [2].

Паразитические копеподы обитают на беспозвоночных, позвоночных животных, а также зарегистрированы в составе планктона; наиболее часто они поражают жаберный аппарат рыб, органы чувств, локализуются в ротовой и жаберной полостях, каналах сейсмочувствительной системы, обонятельных ямках, на поверхности тела, поражают мускулатуру, некоторые снижают плодовитость рыб, вызывают гибель хозяев. Они оказывают патогенное влияние на хозяев, приносят миллионные убытки, особенно при искусственном разведении рыб [3]. Из этого следует, что изучение паразитов является актуальной задачей.

Материал и методика. Материалом для статьи послужили сборы паразитических копепод с морских рыб в Тихом океане (Большой Австралийский залив, п-ов Калифорния, о. Сан-Клементе, Курильские о-ва, о. Консепсьон, о. Чатем, у берегов Французской Полинезии, в южной части Тихого океана); копеподы собраны сотрудниками лаборатории прикладной паразитологии ФГУП «ТИНРО-Центра». Обследовано 26 экземпляров лунной рыбы, относящихся к 2 видам (*Mola mola* и *M. ramsayi*); заражено 18 экземпляров, что составляет 69,2 %. Первый автор принимал участие в сборе материала. Сбор, фиксация, хранение и камеральная обработка материала проводились по общепринятым методикам [4].

Результаты и обсуждение

Тип *Arthropoda* Siebold, 1848

Подтип *Crustacea* Brünnich, 1772

Класс *Maxillopoda* Dahl, 1956

Подкласс *Copepoda* Milne-Edwards, 1840

Отряд *Siphonostomatoida* Thorell, 1859

Определительная таблица семейств отряда *Siphonostomatoida*

| | |
|---|---------------------------------------|
| 1а. Калигоидная форма тела | 2 |
| б. Иная форма тела | 4 |
| 2а. В состав головогруди входят | |
| первый-третий грудные сегменты | <i>Caligidae</i> Burmeister, 1835 |
| б. В состав головогруди входит иное количество грудных сегментов | 3 |
| 3а. Генитальный комплекс имеет пластинчатые отростки, покрывающие брюшко | <i>Cecropidae</i> Dana, 1852 |
| б. Генитальный комплекс не имеет пластинчатых отростков | <i>Pandaridae</i> Milne Edwards, 1840 |

- 4а. Сфириоидная форма тела Pennellidae Burmeister, 1835
 б. Лернантропоидная форма тела Anthosomidae Baird, 1850

Семейство Pandaridae Milne Edwards, 1840

Род *Pandarus* Leach, 1816

Pandarus bicolor (Leach, 1816)

Хозяева. *Carcharhinus falciformis* Müller & Henle, 1839 (Carcharhiniformes: Carcharhinidae); *Eulamia* sp. (Carcharhiniformes: Carcharhinidae); *Galeorhinus galeus* Linnaeus, 1758 (Carcharhiniformes: Triakidae); *Galeorhinus* sp.; *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Lamniformes: Lamnidae); *Mola mola* Linnaeus, 1758 (Tetraodontiformes: Molidae); *Mustelus canis* Mitchill, 1815 (Carcharhiniformes: Triakidae); *M. mustelus* Linnaeus, 1758; *Notorynchus cepedianus* Peron, 1807 (Hexanchiformes: Hexanchidae); *Prionace glauca* Linnaeus, 1758 (Carcharhiniformes: Carcharhinidae); *Scyliorhinus stellaris* Linnaeus, 1758 (Carcharhiniformes: Scyliorhinidae); *Squalus acanthias* Linnaeus, 1758 (Squaliformes: Squalidae); *Squalus* sp.

Длина самки 6 мм.

Распространение. Космополит.

Род *Dinemoura* Latreille, 1829

Dinemoura producta (Muller, 1785)

Хозяева. *Carcharodon carcharias* Linnaeus, 1758 (Lamniformes: Lamnidae); *Cetorhinus maximus* Gunnerus, 1765 (Lamniformes: Cetorhinidae); *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810; *Mola mola* Linnaeus, 1758; *Prionace glauca* Linnaeus, 1758.

Длина самки 13-18; длина самца 10-14 мм.

Распространение. Космополит.

Dinemoura latifolia (Steenstrup et Lutken, 1816)

Хозяева. *Carcharodon carcharias*; *Isurus oxyrinchus*; *Lamna nasus* Bonnaterre, 1788 (Lamniformes: Lamnidae); *Mola mola*; *Prionace glauca*.

Длина самки 14, 5, наибольшая ширина 8,2 мм.

Распространение. Космополит.

Род *Echthrogaleus* Steenstrup et Lutken, 1861

Echthrogaleus coleoptratus (Guerin-Meneville, 1837)

Хозяева. *Prionace glauca*; *Lamna ditropis* Hubbs et Follett, 1947 (Lamniformes: Lamnidae); *Lamna nasus*; *Mola mola*.

Длина самки 10-14, наибольшая ширина 4,8; длина самца 6-8, наибольшая ширина 3,6 мм.

Распространение. Атлантический, Тихий и Индийский океаны.

Определительная таблица родов семейства Pandaridae

- 1а. Коготь максиллипеда лопатковидный *Pandarus* Leach, 1816
 б. Коготь максиллипеда нелопатковидный 2
 2а. Брюшко 2-сегментное *Dinemoura* Latreille, 1829
 б. Брюшко 1-сегментное *Echthrogaleus* Steenstrup et Lutken, 1861

Семейство Cecropidae Dana, 1852

Род *Cecrops* Leach, 1816

Cecrops latrelli (Leach, 1816)

Син.: *Cecrops exiguous* Wilson, 1923.

Хозяева. *Mola mola* и *Mola ramsay* Giglioli, 1883 (Tetraodontiformes: Molidae).

Локализация. Жаберные лепестки.

Интенсивность и экстенсивность инвазии. 1-7 экземпляр самок и 1 самец у 7 из 23 обследованных рыб *M. mola*; 2 экземпляра у 1 обследованной *M. ramsayi*.

Место и время обнаружения. Побережье США, Новой Зеландии, Японии, у о. Сан-Клементе, Курильских островов, островов Французской Полинезии (апрель 1966, 08.04.1973, 14.08.1980, 12.12.1981, 21.03.1982, 20.03.1982); Большой Австралийский залив (16.06.1967).

Самка. Форма тела калигоидная. Карапакс продолговатый. Фронтальные пластины, слиты с его передним краем. Дистальные концы первых антенн почти достигают боковых границ карапакса. Деление карапакса на зоны отсутствует, имеет 2 глубокие бороздки, простирающиеся от средней границы заднебоковой зоны наискось в переднелатеральном направлении; краевые мембраны карапакса отсутствуют. Третий грудной сегмент несет дорсальную пластину с медианной выемкой. Четвертый грудной сегмент имеет большую дорсальную пластину с медианной выемкой. Генитальный комплекс овальной формы больше карапакса. Абдомен в виде пластины с расширенным основанием. Кaudальная фурка 1-члениковая, вооружена несколькими щетинками, расположена в медиальном углублении. В нашем материале имеется самка с патологическими изменениями задней левой части карапакса; причина этой патологии неизвестна.

Первая антенна 2-члениковая. Базальный членик длинный; щетинки расположены вдоль переднего края; дистальный членик цилиндрической формы с единственной щетинкой на заднем крае и с группой щетинок на вершине. Вторая антенна нечетко сегментирована; базальный членик крупный; дистальный членик когтевидной формы, служит для фиксации к хозяину. Первая максилла одноветвистая, длинная, толстая, сжатая с боков; дистальная часть закруглена и несет зубчатые выросты. Вторая максилла одноветвистая, дистально несет 2 шипа. Мандибулы длинные, в виде стилета, несущего на дистальном конце 11 зубчиков. Максиллипед одноветвистый, 2-члениковый, дистальный членик в виде мощного когтя. Экзоподит первой плавательной ноги длиннее эндоподита; каждая ветвь 2-члениковая, дистально несет щетинки. Основание второй плавательной ноги 2-члениковое, ветви ног 2-члениковые; основной членик экзоподита на дистальном внешнем углу несет шип. Базиподит третьей плавательной ноги в виде большой пластины; экзоподит и эндоподит 2-члениковые. Четвертая плавательная нога в виде широкой пластины, с редуцированными 1-члениковыми экзоподитом и эндоподитом.

Длина самки 20-30 мм.

Самец. Форма тела калигоидная. Основное отличие от самки – маленький поперечно-овальный генитальный комплекс. Строение конечностей, а именно строение первой и второй антенны, первой и второй максиллы, мандибулы, максиллипед и первой плавательной ноги схоже со строением конечностей самки. Основание второй плавательной ноги меньше, чем у самки; экзоподит одноветвистый, короткий с мощным шипом. Основание третьей плавательной ноги меньше чем у самки; ветви экзоподита и эндоподита 2-члениковые; эндоподит меньше экзоподита. Основание четвертой плавательной ноги в виде большой пластины; экзоподит и эндоподит 1-члениковые, пластинчатые. Абдомен овальной формы, его ширина превышает длину. Ветви каудальной фурки 1-члениковые, вооружены щетинками.

Длина самца 14-17 мм.

Хозяева и распространение. Копепода *C. latrelli* – зарегистрирована на *Mola mola*, *M. ramsay*, *Thunnus thynnus* (Perciformes: Scombridae), *Th. sp.*, *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758) (= *Rhombus maximus*) (Pleuronectiformes: Scophthalmidae) в Средиземном море, Северо-западной Атлантике, Южной Атлантике, север Тихоокеана, у Новой Зеландии, у побережий Европы, Англии.

C. latrelli – специфичный паразит *Mola mola*.

Род *Orthagoriscicola* Poche, 1902

Orthagoriscicola muricatus (Krøyer, 1837)

Син.: *Laemargus muricatus* Krøyer, 1837; *Orthagoriscicola muricata* Krøyer, 1837; *O. szidati* Stekhoven and Stekhoven, 1956; *O. wilsoni* Stekhoven and Stekhoven, 1956.

Хозяин. *Mola mola* Linnaeus, 1758.

Локализация. Жаберные лепестки.

Интенсивность и экстенсивность инвазии. 2-6 экземпляров самок и 1 самец у 2 рыб.

Место и время обнаружения. Остров Чатем и остров Сан-Клементе (апрель, 1966; 20.03.1982).

Самка. Форма тела калигоидная. Головогрудь трапециевидной формы, с закругленным передним краем, у основания первой антенны расположены вздутия. Боковые края, расходящиеся кзади, вооружены шипами. Задние синусы карапакса небольшие; задние латеральные лопасти карапакса слегка выступают назад. Фронтальные пластины слиты с карапаксом. Первый свободный грудной сегмент занимает около 2/3 ширины карапакса, с короткими боковыми отростками. Второй грудной сегмент немного длиннее и уже первого. Третий грудной сегмент свободный, с широкими спинными пластинами. Генитальный комплекс широкий, с выпуклой дорсальной округлой пластиной. Брюшко 1-сегментное, сверху покрыто пластинами генитального комплекса. Ветви каудальной фурки маленькие, полукруглые, вооружены четырьмя щетинками. Первая антенна 3-члениковая, на дистальной части переднего края расположены щетинки; второй членик цилиндрический, не вооружен; третий сегмент узкий, цилиндрический, с 2 щетинками на заднем крае. Вторая антенна 3-члениковая, базальный членик короткий, не вооружен; второй и третий членики не вооружены; третий членик в виде тонкого крючка. Ротовая трубка длинная, тонкая; имеет антеролатеральные отростки и щетинки. Первая максилла сжата латерально, имеет широкое основание, суживающееся дистально. Вторая максилла тонкая, 1-ветвистая, не вооружена; на дистальном конце несет шипообразную щетинку. Максиллипед мощный; на миксальной области 2 шипообразных отростка; дистальный членик в виде когтя. Первые четыре пары плавательных ног 2-ветвистые. Симподиты несегментированные. Ветви первых двух плавательных ног 2-члениковые. Ветви третьей и четвертой плавательных ног 1-члениковые, большие и плоские. Пятая и шестая ноги отсутствуют.

Длина самки 20 мм.

Самец. Форма тела калигоидная. Головогрудь подобна таковой самки, отличается более грубым зубчатым краем. Первые 2 свободных грудных сегмента без боковых выступов. Третий свободный сегмент со слитыми дорсальными пластинами. Генитальный комплекс с небольшими дорсальными пластинами. Ветви каудальной фурки узкие; дистально несут шипики. Первая антенна относительно длиннее, чем у самок. Вторая антенна имеет сравнительно большой и более тонкий коготь. Максиллипед с тремя выступами на миксальной области. Симподит третьей плавательной ноги нечленистый; ветви 2-члениковые. Пятая и шестая ноги отсутствуют.

Длина самца 10-15 мм.

Хозяева и распространение. *O. muricatus* известна от *Mola mola* и *Selene vomer* (Perciformes: Carangidae) у берегов Японии, атлантического побережья США, Канады и Европы, берегов Новой Зеландии, из Средиземного моря, Мексиканского залива.

O. muricatus – специфичный паразит *Mola mola*.

Род *Philorthagoriscus* Horst, 1897

Philorthagoriscus serratus (Krøyer, 1863)

Хозяева. *Mola mola* Linnaeus, 1758; *Squalus acanthias* Linnaeus, 1758.

Длина самки 7-8; длина самца 4-5 мм.

Распространение. Атлантический и Тихий океаны.

Определительная таблица родов семейства Cecropidae

1а. Дорсальные пластины генитального комплекса значительно больше головогруды 2

б. Дорсальные пластины генитального комплекса примерно равны длине головогруды или меньше ее *Philorthagoriscus* Horst, 1897

2а. Ветви третьей пары плавательных ног 2-члениковые *Cecrops* Leach, 1816

б. Ветви третьей пары плавательных ног 1-члениковые *Orthagoriscicola* Poche, 1902

Семейство Caligidae Burmeister, 1835

Подсемейство Caliginae Burmeister, 1835

Род *Caligus* Muller, 1785

Caligus elongatus (Nordmann, 1832)

Хозяева. Отряд Gadiformes: *Gadus morhua*, *Melanogrammus aeglefinus*, *Merlangius merlangus*, *Molva molva*, *Pollachius pollachius*; *P. virens*, *Trisopterus minutus*; *T. luscus*; отряд

Perciformes: *Brama brama*, *Dicentrarchus labrax*, *Pomatoschistus minutus*, *Scomber scombrus*, *Trachurus trachurus*; отряд Scorpaeniformes: *Aspitrigla cuculus*, *Cyclopterus lumpus*, *Eutrigla gurnardus*, *Trigla lucerna*; отряд Rajiformes: *Raja batis*, *R. clavata*, *R. navus*, *R. radiata*; отряд Pleuronectiformes: *Limanda limanda*, *Scopthalmus maximus*; отряд Clupeiformes: *Clupea harengus*; отряд Zeiformes: *Zeus faber*; отряд Tetraodontiformes: *Mola mola*; отряд Salmoniformes: *Salmo trutta*; отряд Lophiiformes: *Lophius piscatorius*; отряд Squaliformes: *Squalus acanthias*. Копепода *C. elongatus* зарегистрирована на рыбах 17 семейств 10 отрядов.

Длина самки 5-6; длина самца 4-5 мм.

Распространение. Северная часть Атлантического (северное побережье США, Мексиканский залив, побережье Европы, Средиземное море), Индийский (побережье Индии) и Тихий (у Новой Зеландии, Кореи) океаны.

Подсемейство Lepeophtheirinae Yamaguti, 1963

Род Lepeophtheirus Nordmann, 1832

Lepeophtheirus hastatus (Shiino, 1960)

Хозяева. *Mola mola* Linnaeus, 1758, *Matsurus lanceolatus* Lienard, 1840 (Tetraodontiformes: Molidae).

Длина самки 12,2 мм.

Распространение. Копепода *L. hastatus* зарегистрирована у берегов Новой Зеландии, Японии (провинция Сето).

Lepeophtheirus nordmanni (Edwards, 1840)

Хозяева. *Mola ramsayi* Giglioli, 1883; *Mola mola* Linnaeus, 1758.

Длина самки 12; длина самца 6 мм.

Распространение. Атлантический и Тихий океаны.

Определительная таблица родов семейства Caligidae

а. Фронтальная пластина имеет две присоски (луночки) *Caligus*

б. Фронтальная пластина не имеет присосок (луночек) *Lepeophtheirus*

Семейство Anthosomidae Baird, 1850

Род Anthosoma Leach, 1816

Anthosoma crassum (Abildgaard, 1794)

Хозяева. *Odontaspis ferox* Risso, 1810 (Lamniformes: Odontaspidae); *Carcharodon carcharias* Linnaeus, 1758; *Cetorhinus maximus* Gunnerus, 1765; *Galeorhinus galeus* Linnaeus, 1758; *Heptanchias perlo* Bonnaterre, 1788 (Hexanchiformes: Hexanchidae); *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810; *Isurus sp.*; *Lamna nasus* Bonnaterre, 1788; *Lamna sp.*; *Prionace glauca* Linnaeus, 1758; *Mola mola* Linnaeus, 1758.

Длина самки 8,5-15; длина самца 7-10 мм.

Распространение. Космополит.

Семейство Pennellidae, Burmeister, 1835

Род Pennella Oken, 1816

Pennella filosa (Linnaeus, 1758)

Син.: *Pennatula filose* L., 1758; *Lernaea cirrhosa* La Martiniere, 1798; *Pennella orthogorisci* Wright, 187; *P. costai* Richiardi (of Valle), 1882; *P. fibrosa* of Smiles (of T. Scott), 1905; *Lerneopenna bocconii* Blainville (of Brian), 1906; *Pennella rubra* Brian, 1906; *P. plumosa* Linton, 1925; *P. germonia* Leigh-Sharpe, 1913.

Хозяева. *Mola mola* Linnaeus, 1758.

Локализация. Мускулатура, под грудными плавниками.

Интенсивность и экстенсивность инвазии. 1 экземпляр у 1 обследованной рыбы.

Место и время обнаружения. Полуостров Калифорния (2.03.1972 г.).

Самка. Форма тела сфероидная. Головогрудь субсферическая, сливающаяся с цилиндрической шеей. Антеннальные отростки более или менее одинакового размера, сосочкообразные отростки неправильной формы расположены на передней поверхности головогруды. Имеются два-три хитиновых рога, расположенных на границе головогруды и шеи; дорсальный рог короче боковых. Шея цилиндрическая, незаметно переходящая в туловище. Туловище цилиндрическое, толще и короче шеи, резко сужается в месте соединения с брюшком. Брюшко субцилиндрическое, короче туловища.

Хозяева и распространение. Копепода *Pennella filosa* – специфичный паразит *Mola mola*, распространена в Тихом и Атлантическом океанах; кроме того, зарегистрирована на *Thunnus thynnus* и *Thunnus alalunga*.

Выводы

У рыб семейства *Molidae* зарегистрированы паразитические копеподы 5 семейств:

Pandaridae: *Pandarus*: *P. bicolor*; *Dinemoura*: *D. producta*, *D. latifolia*; *Echthrogaleus*: *E. coleopratus*.

Cecropidae: *Cecrops*: *C. latreilli*; *Orthagoriscicola*: *O. muricatus*; *Philorthagoriscus*: *P. serratus*.

Caligidae: подсемейство *Caliginae*, *Caligus*: *C. elongatus*, подсемейство *Lepeophtheirinae*, *Lepeophtheirus*: *L. hastatus*, *L. nordmanni*.

Anthosomidae: *Anthosoma*: *A. crassum*.

Pennellidae: *Pennella*: *P. filosa*.

Библиографический список

1. Kabata Z. Parasitic Copepoda of British fishes. – Ray. Soc. 1979 a. № 152. 468 p., figs. 1–2031.
2. Price P. W. Evolutionary biology of parasites. Princeton, New Jersey: Princeton Univ. Press, 1980. 237 p.
3. Казаченко В.Н. Паразитические копеподы рыб: справочник. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2016. 443 с.
4. Быховская-Павловская И.Е. Паразиты рыб. Руководство по изучению. Л.: Наука, 1985. 121 с.

V.N. Kazachenko, Ya.A. Shakhova
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

PARASITIC COPEPOD (CRUSTACEA: COPEPODA) OF FISH OF FAMILY MOLIDAE (TETRAODONTIFORMES)

Data of parasitic crustaceans of family Molidae from the Pacific Ocean are presented: Parasitic copepods fish Molidae are Pandarus bicolor, Dinemoura producta, D. latifolia, Echthrogaleus coleopratus, Cecrops latreilli, Orthagoriscicola muricatus, Philorthagoriscus serratus, Caligus elongatus, Lepeophtheirus hastatus, L. nordmanni, Anthosoma crassum, Pennella filosa. Keys of families and genera are given.

Е.Б. Лебедев
 Дальневосточный морской заповедник, филиал ННЦМБ ДВО РАН,
 Владивосток, Россия

МОНИТОРИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СООБЩЕСТВ МАКРОБЕНТОСА НА ЗАПАДНОМ УЧАСТКЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО МОРСКОГО ЗАПОВЕДНИКА

Представлены результаты дистанционных мониторинговых исследований бентоса на пяти базовых разрезах в б. Миноносок западного участка ДВГМЗ. Обсуждаются изменения, произошедшие в данном районе за последние десятилетия, их причины и последствия.

В 1990-е гг. в б. Миноносок западного участка ДВГМЗ с координатной привязкой были описаны сообщества макробентоса на пяти базовых разрезах [1, 3]. Базовые разрезы № 1 и 2 были выполнены у южного каменистого берега бухты. Разрез № 3 был выполнен у северного скалисто-каменистого берега, разрез № 4 – у входного мыса Крейсера, разрез № 5 – в кутовой части бухты. Дистанционные фотонимические исследования 2012 г. выявили на разрезе 1 (табл. 1) изменения в составе донных осадков и в сообществах макробентоса.

1. На литорали группировка литторин и пояс устрицы + нуцеллы + хтамалусы замещены поясом хтамалусы + тегулы.

2. В сублиторальной кайме исчез пояс иглокожих и красных водорослей, он замещился поясом полихет-спиробид и брюхоногих – литторин и тегул.

3. На гл. 0,6-1 м пояс зеленых водорослей с преобладанием *Codium* замещился поясом бурых водорослей; характерными стали гастроподы *Littorina brevicula* и *Tegula rustica*.

4. На гл. 0,8-1,1 м руководящими роль стали *Gastropoda*, *Echinodermata* и *Rhodophyta*.

5. На гл. 1-2,2 м пояс мидий *Crenomytilus grayanus* замещен мозаичным смешанным сообществом.

6. Существовавший на гл. 2,3-5 м пояс гребешка *M. yessoensis* сохранился до гл. 3,3 м в виде смешанного сообщества. Глубже он замещился поясом друз мидий.

7. Пояс редких друз мидий расширился, занимая глубины 3,4-13 м. Стало характерным наличие макроводорослей на друзах: зеленых *Ulva* и бурых *Agarum*, *Costaria*.

В 2012 г. на гл. 0,5-2,5 м изменился состав грунта. Литоральные сообщества на разрезе 1 формируют сестонофаги (*Chthamalus dalli*) и фито-детритофаги – моллюск *Tegula rustica* [5]. Ранее здесь преобладали различные моллюски – устрицы-сестонофаги, литорины-фитофаги и нуцеллы-хищники. Хтамалусы были субдоминантами. В верхней сублиторали произошла замена растительных сообществ на животные или смешанные сообщества. В новых мозаичных сообществах совместно доминируют *Gastropoda*, известковые *Rhodophyta* и *Echinodermata*. Пояс гребешка *Mizuhopecten yessoensis*, сменился поясом мидий *C. grayanus* и *Modiolus kurilensis*. В нижних горизонтах *Algae* стали селиться на друзах мидий.

Таблица 1

Результаты видеокартирования 2012 г., б. Миноносок, разрез № 1

| Координаты | Зона, пояс | Грунт | Р (Расстояние), м | Г (глубина), м |
|--|---|--------|-------------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Точка отсчета: 42°36.432' с.ш., 130°51.826' в.д. | Супралитораль; макробентос отсутствует | Валуны | 0-3,5 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--|--|---|---------|----------|
| <i>4-й метр:</i> 42°36.435' с.ш., 130°51.823' в.д. | Литораль; тегула простая – 7 экз./м ² ; хтамалус Долла – 15% покрытие | Валуны | 3,5-5,5 | 0 |
| | Полихеты-спирорбиды; литорина грубая – 10 экз./м ² ; тегула простая – 7 экз./м ² ; домики пескожила бразильского | Скала; валуны; песок | 5,5-9 | 0-0,8 |
| | Бурые водоросли – 10-80%; тегула простая – 50 экз./м ² ; патирия гребешковая; звезда амурская – единично; раки-отшельники; литорина грубая | Валуны; галька; гравий; песок; ракуша | 9-16 | 0,8-1,3 |
| <i>20-й метр:</i> 42°36.439' с.ш., 130°51.820' в.д.; <i>30-й метр:</i> 42°36.443' с.ш., 130°51.815' в.д. | Известковые водоросли; тегула простая – 40 экз./м ² ; литорина грубая – 500 экз./м ² ; патирия гребешковая – 3 экз./м ² ; звезда амурская – до 1 экз./м ² ; трепанг – единично; промежуточный еж – единично; черный еж – 1-2 экз./м ² ; японский гребешок – 1 экз./м ² | Валуны; песок | 17-43 | 1,3-1,8 |
| <i>44-й метр:</i> 42°36.450' с.ш., 130°51.809' в.д.; <i>65-й метр:</i> 42°36.457' с.ш., 130°51.798' в.д. | Одиночные крупные мидии Грея и модиолусы курильские; приморский гребешок – до 4 экз./м ² ; трепанг – единично; черный еж – до 4 экз./м ² ; звезда амурская – единично | Скала; валуны; песок; ракуша | 44-70 | 2,0-3,3 |
| <i>70-й метр:</i> 42°36.462' с.ш., 130°51.798' в.д.; <i>76-й метр:</i> 42°36.466' с.ш., 130°51.794' в.д.; <i>80-й метр:</i> 42°36.468' с.ш., 130°51.792' в.д. | Ульва салатная – 5-30%; друзы мидии Грея и модиолуса ку- рильского – 5-40% покрытие; приморский гребешок – 5 экз./м ² ; патирия гребешковая – 8 экз./м ² ; амурская звезда; черный еж; дистоластерия японская – единично | Песок; ракуша | 70-95 | 3,3-6,4 |
| <i>100-й метр:</i> 42°36.472' с.ш., 130°51.780' в.д. | Агарум решетчатый; ульва салатная; друзы мидии Грея и модиолуса курильского – 5-7%; приморский гребешок; черный еж – 2 экз./м ² ; патирия гребешковая – 2 экз./м ² | Илистый песок | 96-113 | 6,4-9,2 |
| <i>123-й метр:</i> 42°36.479' с.ш.; 130°51.768' в.д.; <i>150-й метр:</i> 42°36.495' с.ш., 130°51.750' в.д.; <i>185-й метр:</i> 42°36.505' с.ш., 130°51.727' в.д. | Агарум решетчатый; ульва салатная; друзы мидии и модиолуса – 80% патирия гребешковая – до 4 экз./м ² ; звезда амурская; дистоластерия японская; стиела булавовидная – единично | Ил | 114-185 | 9,2-13,2 |

На разрезе 2 в 1990-е гг. на литорали доминировали Gastropoda (*L. brevicula*), в верхней sublittoralis – Echinodermata и Cirripedia и глубже – Bivalvia и Echinodermata. В 2012 г. на данном разрезе были проведены дистанционные мониторинговые исследования (табл. 2).

Таблица 2

Результаты видеокартирования 2012 г., б. Миносок, разрез № 2

| Координаты | Зона, пояс | Грунт | Р, м | Г, м |
|--|--|----------------------------------|-------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Точка отсчета: 42°36.569' с.ш., 130°52.193' в.д. | Супралитораль; | Грунт с наземной растительностью | 0-3 | |
| | Литораль: верхний горизонт – нет; средний и нижний горизонты – редкие полихеты-спирорбиды, раки-отшельники | Галька; песок | 3-6 | 0 |
| | Саргассум – единично; антоплеура восточная – до 4 экз./м ² ; полихеты-спирорбиды; литорина грубая – до 35 экз./м ² ; тегула простая; хлямис японский – 0,2 экз./м ² ; патирия гребешковая – 3 экз./м ² | Галька; гравий; ракуша | 6-18 | 0-1 |
| | Литорина грубая – до 20 экз./м ² ; тегула простая – 10 экз./м ² ; черный морской еж – единично; патирия гребешковая – 3 экз./м ² | Валуны; галька; гравий; песок | 18-25 | 1-1 |
| 25-й метр: 42°36.570' с.ш., 130°52.175' в.д. | Одиночные мидии Грея; литорина грубая; тегула простая; патирия гребешковая – 0,5 экз./м ² ; черный морской еж – 1 экз./м ² | Скала; камни; песок | 25-37 | 1-1,7 |
| | Тегула простая; приморский гребешок – 3 экз./м ² ; черный морской еж – 3 экз./м ² | Песок; камни | 38-42 | 1,7-2,2 |
| 50-й метр: 42°36.570' с.ш., 130°52.156' в.д. | Друзы мидий черный морской еж | Камни; песок | 43-52 | 2,3-3,0 |
| | Патирия гребешковая – 1-5 экз./м ² ; приморский гребешок; черный еж; амурская звезда | Песок; ракуша | 53-64 | 3,1-3,9 |
| 70-й метр: 42°36.571' с.ш., 130°52.140' в.д. | Друзы мидий; трепанг; черный еж; звезда амурская; патирия гребешковая – 3 экз./м ² | Песок; ракуша | 65-70 | 4,0-5,0 |
| 80-й метр: 42°36.574' с.ш., 130°52.133' в.д. | Отдельные друзы мидий; приморский гребешок – единично; патирия гребешковая – до 5 экз./м ² | Песок, ил; ракуша | 71-85 | 5,0-6,9 |
| | Друзы модиолуса курильского; патирия гребешковая – 4 экз./м ² ; дистоластерия японская; приморский гребешок – единично | Заиленная ракуша; песок | 86-91 | 6,9-7,3 |
| | Друзы мидий – до 30 % покрытие; приморский гребешок; патирия гребешковая; звезда амурская; агарум решетчатый сахарина цикориеподобная | Ил | 92-99 | 7,3-7,4 |

| | | | | |
|--|--|----|---------|----------|
| <i>100-й метр:</i> 42°36.579' с.ш., 130°52.121' в.д. | Друзы мидий – 15-40 % покрытие; агарум решетчатый; черный морской еж; звезда амурская | Ил | 100-129 | 7,5-8,9 |
| <i>130-й метр:</i> 42°36.575' с.ш., 130°52.093' в.д. <i>150-й метр:</i> 42°36.579' с.ш., 130°52.077' в.д. | Друзы мидий; черный морской еж; приморский гребешок; агарум решетчатый; полихеты в трубках | Ил | 130-174 | 9,0-10,4 |
| <i>180-й метр:</i> 42°36.570' с.ш., 130°52.052' в.д. | Друзы мидий; халоцинтia оранжевая; патирия гребешковая | Ил | 175-180 | 10,5 |

Таким образом, в 2012 г. на базовом разрезе 2 произошли следующие изменения:

1. Исчез пояс брюхоногих моллюсков на литорали.
2. Пояс хтамалусов и устриц в верхней сублиторали замещен *Gastropoda* и *Spirorbidae*.
3. В поясе скалистого плато вместо иглокожих доминируют брюхоногие и иглокожие.
4. Пояс крупных мидий расширился с 13 до 28 м.
5. Пояс иглокожих на глубине 4,5-7 м исчез. Визуально выделяется пояс мидий.

В 2012 г. отмечено изменение состава грунта в большинстве поясов. Наиболее заметные изменения на разрезе 2 произошли в сообществах литорали и верхней сублиторали сообществах [2]. В них уменьшилась биоценотическая роль макрофитов и снизилась общая биомасса макробентоса. Кроме того, в сублиторали возросла роль детритофагов и хищников.

Распределение организмов на разрезе 3 в 1990-е гг., по сравнению с разрезами 1 и 2, имело свои особенности: а) низкая биомасса животных в супралиторали и на литорали; б) доминирование в эпифауне мидий *M. kurilensis*. В 2012 г. были проведены дистанционные исследования (табл. 3), выявившие ряд изменений в бентосных сообществах.

Таблица 3

Результаты видеокартирования 2012 г., б. Миносок, разрез № 3

| Координаты | Зона, пояс | Грунт | Р, м | Г, м |
|--|--|-----------------------------|-------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Точка отсчета: 42°36.754' с.ш., 130°51.548' в.д. | Супралитораль; макробентос отсутствует | Скала; галька | 0-5 | |
| <i>5-й метр:</i> 42°36.751' с.ш., 130°51.548' в.д. | Литораль; тегула простая – единично | Галька | 5-8 | 0 |
| | Пояс полихет-спирорбид; тегула простая; литторина малая; черный морской еж; саргассум | Галька, валуны, скала | 8-14 | 0-1,0 |
| | Известковые Rhodophyta – 40-80%; друзы мидии Грея; черный морской еж – 2 экз./м ² ; трепанг – 0,1 экз./м ² ; тегула простая; филоспадикс – до 1% покрытие. | Скала; валуны | 15-20 | 1,1-1,2 |
| | Известковые Rhodophyta – 40-80 %; редкие друзы мидии Грея; патирия гребешковая – 0,5 экз./м ² ; звезда амурская – 0,1 экз./м ² ; тегула простая; черный еж – 0,3 экз./м ² | Скала; валуны | 21-24 | 1,4-1,8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|--|-----------------------------|---------|---------|
| 25-й метр: 42°36.742' с.ш., 130°51.547' в.д. | Патирия гребешковая – 0,5 экз./м ² ; тегула простая; черный морской еж – 0,1 экз./м ² ; | Валуны; песок; ракуша | 25-30 | 1,8-2,4 |
| 30-й метр: 42°36.737' с.ш., 130°51.549' в.д. | Ульва салатная – 5 % покрытие; патирия гребешковая – 0,2 экз./м ² ; черный морской еж – 0,2 экз./м ² ; | Галька; песок; ракуша | 30-35 | 2,4-2,7 |
| | Ульва салатная – до 40 %; мидия Грея патирия гребешковая – 0,3 экз./м ² ; | Галька; песок | 35-40 | 2,7-2,9 |
| 50-й метр: 42°36.727' с.ш., 130°51.546' в.д. | Ульва салатная – 30 % покрытие; патирия гребешковая; звезда амурская; модиолус курильский – единично | Галька, песок | 40-60 | 2,9-3,3 |
| 75-й метр: 42°36.714' с.ш., 130°51.543' в.д. | Ульва салатная – до 40 %; патирия гребешковая; звезда амурская; гребешок приморский juv. – 2 экз./м ² ; черный морской еж – 0,2 экз./м ² | Галька; песок; ракуша | 60-85 | 3,3-3,6 |
| 100-й метр: 42°36.700' с.ш., 130°51.544' в.д. | Друзы модиолуса курильского и мидии Грея – 20 % покрытие; агарум решетчатый (на друзьях мидий); патирия гребешковая – 4 экз./м ² ; звезда амурская; черный еж – 0,2 экз./м ² | Галька; песок; ракуша | 85-117 | 3,6-5,6 |
| 137-й метр: 42°36.675' с.ш., 130°51.540' в.д. | Друзы модиолуса и мидии Грея – 30 %; агарум решетчатый (на друзьях мидий); патирия гребешковая – 1 экз./м ² ; звезда амурская; гребешок – 0,2 экз./м ² | Заиленный песок | 117-170 | 5,6-8,4 |
| 200-й метр: 42°36.638' с.ш., 130°51.530' в.д. | Друзы модиолуса и мидии Грея – 40%; агарум решетчатый, на друзьях; патирия гребешковая – 3 экз./м ² ; звезда амурская; дистоластерия японская; трепанг дальневосточный | Ил | 170-200 | 8,4-9,8 |

1. На литорали пояс Gastropoda+Spirorbidae заместился поясом Gastropoda.

2. В сублиторальной кайме пояс Spirorbidae замещен поясом Spirorbidae+Corallinaceae.

3. В верхней сублиторали изменились растительные сообщества. На гл. 0,5-1,5 м исчез пояс травы *Phyllospadix iwatensis*. Он замещен поясом Corallinaceae+Echinodermata.

4. На гл. 1,4-2,2 м пояс бурой водоросли *Analipus japonicus* замещен мозаикой *Ulva*+Corallinaceae +Echinodermata. Пояса зеленых водорослей с преобладанием *Ulva* и *Codium* (гл. 2,2-2,8 м) и мидий (гл. 2,8-3,5 м) заместились поясом *Ulva*, до гл. 3,2 м.

5. Глубже 3 м по-прежнему доминировали крупные мидии: *M. kurilensis* – на гл. 3,2-5 м и *S. grayanus* – от глубины 5 м до максимальных глубин.

Как видно, в сообществах верхней сублиторали вместо исчезнувших морских трав и бурых водорослей преобладают зеленые ульвовые и красные кораллиновые, устойчивые к загрязнению и эвтрофированию. В новых сообществах на гл. 0,9-3,5 м возросла роль детритоядных и хищных иглокожих; они стали руководящими и характерными видами.

На разрезе 4 у входного мыса Крейсеров в 1999 г. распределение донных организмов было достаточно специфическим для бухты, с обедненным населением в верхних горизонтах и постепенным увеличением обилия известковых Rhodophyta, Bivalvia и Echinodermata на глубинах 3-7 м. В 2012 г. на разрезе 4 были проведены дистанционные мониторинговые исследования (табл. 4). Они выявили ряд изменений в донных сообществах:

1. Исчез макробентос на литорали.

2. В сублиторальной кайме в поясе Gastropoda вместо *L. squalida* преобладает *T. rustica*.

3. На гл. 0,5-1 м пояс бурой водоросли *S. pallidum* заместился мозаичным поясом *Spirorbidae*+*Gastropoda*+*Algae*+ *Echiodermata*.
4. На гл. 1-1,5 м пояс *C. fragile* сменился поясом *Bivalvia* +*Echinodermata*+ *Gastropoda*.
5. Глубже (гл.1,3-5,8 м), несмотря на заиление, по-прежнему доминируют мидии.
6. На глубине 5,8-13,3 м на отмечен пояс друз мидий и бурых водорослей. Ранее здесь до глубины 7 м располагался пояс друз мидий на устричнике.

Таблица 4

Результаты видеокартирования 2012 г., б. Миносок, разрез № 4

| Координаты | Зона, пояс | Грунт | Р, м | Г, м |
|--|--|-------------------------------|---------|----------|
| Точка отсчета: 42°36.357'с.ш., 130°51.678'в.д. | Супралитораль; макробентос отсутствует | Галька | 0-9,5 | |
| | Литораль | Валуны; галька; | 9,5-14 | 0 |
| | Саргассум, хорда – 15 %; тегула простая; литорина грубая; полихеты-спирорбиды – 95 %; патирия гребешковая – 2 экз./м ² ; звезда амурская – 0,2 экз./м ² | Валуны | 14-19 | 0-1,1 |
| | Патирия гребешковая – до 5 экз./м ² ; тегула простая – массово; черный еж – 2 экз./м ² | Валуны | 20-24 | 1,1 |
| | Маты бурых водорослей; друзы мидии Грея и модиолуса курильского – до 30 % покрытие (до 10 экз./м ²); черный еж – 2-4 экз./м ² ; патирия гребешковая – 4-8 экз./м ² ; звезда амурская | Валуны | 25-49 | 1,1-2,8 |
| | Ульва салатная – редко; известковые водоросли; тегула простая; друзы мидии Грея и модиолуса; патирия гребешковая – до 5 экз./м ² ; черный еж – 5 экз./м ² | Валуны | 50-74 | 2,9-3,9 |
| 90-й метр: 42°36.392'с.ш., 130°51.626' в.д. | Костария ребристая – единично; ульва салатная – единично; друзы мидии Грея и модиолуса курильского; патирия гребешковая – 5 экз./м ² ; приморский гребешок; черный еж – 2 экз./м ² ; звезда амурская – единично | Валуны; песок; ракуша | 75-99 | 4,0-6,6 |
| 100-й метр: 42°36.396'с.ш., 130°51.621' в.д. | Ульва салатная – единично; агарум решетчатый; друзы мидии Грея и мо- диолуса курильского – 20-70 % покрытие; па- тирия гребешковая – 2-6 экз./м ² ; черный еж – 1 экз./м ² ; гребешок приморский – до 2 экз./м ² ; дистола- стерия японская | Заиленный песок; ракуша | 100-139 | 6,7-9,6 |
| 140-й метр: 42°36.414'с.ш., 130°51.600'в.д. | Агарум решетчатый; друзы мидии Грея и модиолуса курильского – 5-20 % покрытие; | Ил, бурый налет; ракуша | 140-169 | 9,6-13,1 |

Распределение организмов на разрезе 5 имело свои особенности: а) крайне низкая биомасса гидробионтов в супралиторали, на литорали и сублиторальной кайме, видимо, обусловленная высокоподвижным характером грунта; б) локальное доминирование мидий и иглокожих на гл. 1-3 м. В 2012 г. на данном разрезе также произошли изменения (табл. 5).

Таблица 5

Результаты видеокартирования 2012 г., б. Миносок, разрез № 5

| Координаты | Зона, пояс | Грунт | Р, м | Г, м |
|---|--|--|-------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Точка отсчета: 42°36.611' с.ш., 130°52.430' в.д. | Супралитораль; макробентос отсутствует | Щебень | 0-0,5 | |
| | Литораль; литорина малая – до 100 экз./м ² ; хтама- лус Долла | Щебень; валуны | 0,5-5 | 0 |
| | Кодиум – единично; бурые водоросли – единично; полихеты-спирорбиды – сотни экз./м ² ; литорина грубая; литорина малая; тегула простая | Гравий; щебень; скала | 5-15 | 0-0,8 |
| | Саргассум – 30-70 % покрытие; полихеты-спирорбиды; пескожил бразильский – 4 экз./м ² ; литорина грубая – десятки экз./м ² ; тегула простая; патирия гребешковая | Валуны; гравий; песок | 16-35 | 0,8-0,9 |
| | Мидия Грея – единично; тегула простая; патирия гребешковая | Скала; валуны; ракуша | 36-40 | 1,0-1,4 |
| <i>45-й метр:</i> 42°36.661' с.ш., 130°52.391' в.д.; <i>50-й метр:</i> 42°36.559' с.ш., 130°52.396' в.д. | Тегула простая; друзы мидии Грея – 50-100 % покры- тие; черный морской еж; патирия гребешковая; звезда амурская | Скала; валуны; ил | 41-54 | 1,5-2,5 |
| <i>45-й метр:</i> 42°36.661' с.ш., 130°52.391' в.д.; <i>50-й метр:</i> 42°36.559' с.ш., 130°52.396' в.д. | Тегула простая; друзы мидии Грея – 50-100% покрытие; черный морской еж; патирия гребешковая; звезда амурская | Скала; валуны; ил | 41-54 | 1,5-2,5 |
| <i>65-й метр:</i> 42°36.660' с.ш., 130°52.383' в.д. | Босиелла меловая; мидия Грея и модиолус; черный морской еж; патирия гребешковая | Валуны; ракуша; ил | 55-69 | 2,6-3,6 |
| <i>70-й метр:</i> 42°36.658' с.ш., 130°52.377' в.д.; <i>90-й метр:</i> 42°36.658' с.ш., 130°52.368' в.д. | Красные известковые водоросли; маты бурых водорослей; друзы мидии Грея и модиолуса курильского – 10 % покрытие; гребешок приморский; патирия гребешковая; звезда амурская; черный морской еж | Гравий; заиленный песок; ракуша | 70-90 | 3,7-5,2 |

По результатам дистанционных работ, на разрезе 5 выявлены следующие изменения:

1. Исчезли выбросы морских трав и макробентоса в супралиторали.
2. В литоральной зоне вместо пояса Cirripedia отмечено два пояса: *L. brevicula* в верхней части литорали и *Ch. dalli* – в нижней.
3. В сублиторальной кайме пояс голого дна (с преобладанием *Gastropoda*) на щебне с песком сменился поясом *Spirorbidae*+*Gastropoda* на щебне.
4. На гл. 0,1-0,4 м пояс бурой *S. miyabei* замещен поясом *Spirorbidae*+*Gastropoda*+*Algae*.
5. Пояс голых камней с преобладанием видов *Codium* и *Corallinaceae* на глубине 0,1-0,5 м заместился поясом *Sargassum*+*Littorina*+*Spirorbidae*.
6. На гл. 0,5-1 м пояс зеленой *Codium* сменился поясом *Gastropoda*+*Echinodermata*.
7. Глубже, несмотря на заиление каменисто-песчаного грунта, по-прежнему доминируют креномидии. Пояс друз мидий расположен на глубине 1-4,3 м.
8. На впервые исследованной глубине 4,3-4,8 м отмечен пояс иглокожих.

Таким образом, в 2012 г. на всех базовых разрезах б. Миноносок отмечено снижение биоценотической роли макрофитов. Изменения произошли на литорали и в сублиторали, где изменился состав грунта [4]. Растительные сообщества почти все заместились животными или смешанными, монодоминантные – полидоминантными сообществами; биомасса бентоса резко снизилась. На разрезах южного берега в нижних горизонтах из-за заиления дна стало характерным прикрепление *Algae* не к грунту, а к друзам мидий. В верхнесублиторальных сообществах руководящими видами стали сестонофаги, детритофаги и хищники.

Библиографический список

1. Лебедев Е.Б., Вышкварцев Д.И. Состав и распределение донных сообществ бухты Миноносок залива Посьета Японского моря (разрезы № 3 и № 4) // Биота и среда заповедников Дальнего Востока / отв. ред. А.Н. Тюрин. Владивосток: ДВМБГПЗ ДВО РАН, 2011. № 1. С. 82-110.
2. Лебедев Е.Б., Вышкварцев Д.И. Изменения в макробентосе бухты Миноносок (залив Посьета, Японское море): разрез № 2 // Проблемы современной биологии: матер. XI междунар. науч.-практ. конф. (15.01.2014). М.: Спутник+, 2014. С. 33-36.
3. Лебедев Е.Б., Левенец И.Р., Вышкварцев Д.И. Донные сообщества бухты Миноносок залива Посьета (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 137. С. 378-392.
4. Левенец И.Р., Лебедев Е.Б. Изменения в бентосных сообществах бухты Миноносок (залив Посьета, Японское море) // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 183. С. 217-226.
5. Цихон-Луканина Е.А. Трофология водных моллюсков. М.: Наука, 1987. 75 с.

E.B. Lebedev

Far Eastern Marine Biosphere Reserve, National Scientific Center of Marine Biology,
Far Eastern Branch of RAS, Vladivostok, Russia

DISTANT MONITORING RESEARCHES OF MACROBENTHIC COMMUNITIES IN THE WESTERN PART OF THE FAR EASTERN MARINE BIOSPHERE RESERVE

The results of distant monitoring studies on the composition and structure of macrobenthic communities in Minonosok Bight of the Western Part of the Far Eastern Marine Biosphere Reserve in 2012 have been presented. The reasons and implications of the changes that occurred in the coastal communities of studied area during last decades, are discussed.

С.В. Лисиенко, Е.В. Осипов, А.Н. Бойцов, В.И. Габрюк
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАЛОВОГО ПРОМЫСЛА СУДАМИ БМРТ ТИПА «СОТРУДНИЧЕСТВО»

Изложены результаты научных исследований, проведенных авторами в процессе выполнения научной исследовательской работы по теме «Исследование возможностей работы судна типа БМРТ «Борис Трофименко» на промысле сельди в Охотском море» в рамках ХДТ № 695/2017. Целями исследования были технологический процесс и технологические операции при выборке траловой системы промысловыми механизмами добывающего судна БМРТ типа «Сотрудничество» с учетом затрат времени на проведение каждой технологической операции. Объектами исследования определены промысловая схема и промысловые механизмы, предметами исследования – технологические процессы при ведении тралового промысла судами БМРТ типа «Сотрудничество». Также представлены основные результаты проведенных исследований характеристик промысловых механизмов и режимов их работы. Проведены расчет и моделирование траловой системы при тралении на заданных глубинах лова при изменяющейся длине ваеров, предложены организационные мероприятия по повышению эффективности процесса выборки траловой системы с учетом усовершенствованной промысловой схемы.

Введение. Анализ судовых суточных донесений по траловому промыслу гидробионтов на примере промысла сельди в Охотском море показывает, что при размерах косяков с горизонтальной протяженностью 70 м и вертикальной 45 м вылов за одно промысловое усилие может составлять 350–450 т [4].

В настоящее время на промысле объектов тралового лова используются добывающие суда крупнотоннажного и среднетоннажного флота, сроки эксплуатации большинства из которых превышают нормативный срок технической эксплуатации, технические характеристики промысловых механизмов и стандартные промысловые схемы не позволяют эффективно, без потерь, работать на добыче крупных косяков объектов добычи, таких как сельдь тихоокеанская. Однако имеются добывающие суда, технические характеристики которых, при условии их совершенствования путем модернизации промысловых механизмов, оптимизации промысловой схемы выборки трала и использования современной траловой системы, вполне могут позволить повысить эффективность тралового лова.

В этой связи актуальным является исследование технических возможностей промысловых судов, включая их промысловую вооруженность, с целью оптимизации технологических процессов тралового промысла для обеспечения непрерывности и целостности производственного процесса. Объектом исследования явилась промысловая схема и промысловые механизмы добывающего судна БМРТ «Борис Трофименко» /тип «Сотрудничество», проект Д-1305/, предметом исследования – технологические процессы при ведении тралового промысла данным добывающим судном, целью – исследование технологического процесса и операций при выборке траловой системы промысловыми механизмами добывающего судна с учетом сокращения затрат времени на проведение каждой технологической операции с целью оптимизации процесса выборки трала.

Материалы и методы. В процесс научной работы были проведено следующее:

- исследование характеристик промысловых механизмов и промыслового вооружения (траловой системы), включая промысловые механизмы и системы их управления, характеристики промвооружения;
- исследование и расчет характеристик траловой системы;
- исследование процесса выборки трала, в т.ч. процесса подхода трала к корме судна до отключения траловых досок, процесса подъема трала на борт судна и выливки улова.

Было установлено, что на судна БМРТ «Борис Трофименко» /тип «Сотрудничество», проект Д-1305/ имеется модернизированная гидравлическая система фирмы Rolls-Royce, которая в зависимости от нагрузки на каждый механизм равномерно распределяет ее между ними. Это позволяет очень четко и плавно задействовать все механизмы в процессе выборки трала, выборки тралового мешка, а также маневрирования с траловой системой (судна с тралом) при изменении глубины ее хода и разворота судна. На судне имеются следующие механизмы: две ваерные лебедки D.M63.51 – выполняют спуск и подъем трала, маневрирование судна с тралом; две джильсоновые лебедки DMM63.030 – используются при вытяжки тралового мешка и протягивания его по палубе; два сетных барабана M6300U – используется для подбора трала и частичного подъема мешка по слипу, в последующем – для хранения трала; две лебедки выливки улова DMM63.018 – используется для протягивания тралового мешка на палубе до бункера выливки улова; две лебедки «дороги» АКМГ.8 – используется для передачи концов от джильсоновых лебедок на корму; лебедка ИГЭК – для системы контроля трала. При работе джильсоновыми лебедками используется полиспагст 1/1, который увеличивает тяговое усилие в 2 раза при той же скорости выборки.

Режимы работы ваерных лебедок D.M63.51 с автоматическим переключением между собой и сетного барабана M6300U приведены в табл. 1, 2.

Таблица 1

Режимы работы ваерных лебедок D.M63.51

| Режим | Слой на барабане, мм | Нагрузка, т | Скорость, м/мин |
|-------|----------------------|-------------|-----------------|
| 1 | 765 | 51 | 46 |
| | 1400 | 30 | 79 |
| | 2000 | 21 | 113 |
| 2 | 765 | 30 | 69 |
| | 1400 | 18 | 119 |
| | 2000 | 12,6 | 170 |

Таблица 2

Режимы работы сетного барабана M6300U с автоматическим переключением

| Режим | Слой на барабане, мм | Нагрузка, т | Скорость, м/мин |
|-------|----------------------|-------------|-----------------|
| 1 | 560 | 40 | 29 |
| | 1600 | 14,8 | 83 |
| | 2600 | 9 | 134 |
| 2 | 560 | 24 | 44 |
| | 1600 | 8,9 | 125 |
| | 2600 | 5,4 | 201 |

Джильсоновая лебедка DMM63.030 работает в двух режимах с нагрузками 15 и 30 т с соответствующими скоростными режимами: 27 и 54 м/мин. Лебедка «дороги» АКМГ.8 работает со скоростью 0–33 м/мин.

В отличие от промысловых схем судов, где выборка вытянутого в жгут трала осуществляется многочисленными перетяжками малоскоростными лебедками, на судах данного типа выборка всего орудия лова (кабеля и сам трал) производится на один сетной барабан и практически без остановки.

Особенностью данного типа судов при выборке мешка трала является одновременное использование до 5 лебедок: две джильсоновые лебедки, непосредственно сам сетной барабан, две лебедки для выливки улова (в момент хода мешка по слипу, когда необходимо максимальное тяговое усилие всех промысловых механизмов).

На судне БМРТ «Борис Трофименко» используется система «Дубль». В тот момент, когда начинается выборка мешка первого трала, возможна постановка второго трала, т.е. одновременно осуществляется две промысловых операции – выборка одного и постановка второго трала.

На судне используется трал EGERSUND 608, трал четырехпластный с широким горизонтальным раскрытием. Траловый мешок длиной 35 м с селективной ставкой корейской фирмы – 10 м. Общая длина трала и оснастки при выборке: трал в жгуте (без мешка) – 249,5 м, кабели – 60 м; переходной конец – 34 м. (30 м – сам переходник, 4 м – половина соединительной цепи лапок доски). Траловые доски – Thyboron 14F. Общая длина трала при выборке, с учетом «голых» концов и соединительных звеньев, составит порядка 350 м.

Расчет траловой системы заключался в расчете массовых и силовых характеристик траловой системы. Поэтому согласно исследованному чертежу трала были определены его параметры, затем используемый трал смоделирован с помощью компьютерной программы [1-3]. В результате проведенных расчетов параметров трала (горизонтальное раскрытие 90 м, вертикальное раскрытие 60) была подтверждена техническая возможность трала облавливать такие крупные косяки сельди с достижением улова за одно траление более 200 т.

При исследовании процесса выборки трала, рассматривались два процесса: процесс подхода трала к корме судна до отключения траловых досок и процесс подъема трала на борт судна и выливки улова.

Процесс подхода трала к корме судна до отключения траловых досок является динамичным режимом движения траловой системы, т.е. в каждый момент времени система переходит в новое равновесное состояние, он рассчитывался из условия длины ваера, равной 100 м. Было рассчитано равновесное состояние траловой системы.

При движении с ваерами, длиной 100 м, сопротивление траловой системы составило 20,8 т при скорости 5 уз, или 154,2 м/мин.

Скорость выборки одной лебедки на последних витках барабана в первом режиме при нагрузке 21 тонна скорость 113 м/мин, во втором режиме при нагрузке 12,6 т скорость 170 м/мин.

В случае выборки траловой системой лебедкой со скоростью 170 м/мин (2,833 м/с, 5,5 уз) агрегатное сопротивление траловой системы составит 24,9 т в начале выборки и 24,77 при подходе траловых досок к поверхности воды. Таким образом, суммарная мощность лебедок $2T_{л}$ составляет 25,2 т при выборке 170 м/мин, тогда

$$2T_{л} > R_x^{AT},$$

$$25,2 > 24,77,$$

что позволяет судну выбрать за 34 с траловую систему до выхода траловых досок из воды. Затем скорость уменьшают, и траловые доски подходят к ваерным блоками. Это может составить 10-12 с.

В процессе подъема трала на борт судна и выливка улова затраты времени на подход траловых досок, их фиксацию и последующее отключение составляют порядка 50-60 с. После отсоединения досок кабеля подключаются к вытяжным концам, заведенным через сетной барабан, и с помощью него начинают подбирать сначала кабеля, а затем канатную часть трала, до мешка, затем мешок подбирается по слипу. Затем выборка останавливается, подсоединяются вытяжные концы от джильсоновых лебедок, и начинается выборка мешка. Через некоторое время к мешку подключается конец от лебедки выливки улова и подтягивается мешок к одной стороне рабочей палубы, которая определяется сетным барабаном. Далее осуществляется выливка улова. При выборке конца мешка, сразу судно может начинать постановку второго трала. Таким образом, полный расчетный хронометраж процессов выборки приведен в табл. 3.

Таблица 3

Хронометраж выборки трала на борт судна и до начала выливка улова

| № этапа | Выбираемый элемент, м | Задействованный механизм, м/мин/тонн | Время, с |
|------------|--|---|-------------|
| 1 | Отключение траловых досок | | 50-60 |
| 2 | Свободные концы, 40 | Сетной, 44/ 24 | 55 |
| 3 | Переходной конец, 34 | Сетной, 44/ 24 | 46 |
| 4 | Кабели, 60 | | 81 |
| 5 | Отключением прибора контроля | Сетной, 44/ 24 | 30 |
| 6 | Трал до мешка с, 150 | Сетной, 63,5/14,8 (средняя) | 140 |
| 7 | Подключение вытяжных концов джильсонов | | 200-350 |
| 8 | Траловый мешок, (первые 9 м) | Джильсоновые лебедки, 54/ 30 Сетной, 44/ 24 | 10 |
| 9 | Траловый мешок, (оставшиеся 26 м) | Джильсоновые лебедки, 27/ 120 Сетной, 29/ 40 | 58 |
| Итого | | | 670-830 |
| Итого, мин | | | 11,16-13,83 |

Выводы. Исследование характеристик траловой системы на промысле сельди показало, что траловая система имеет расчетные параметры (горизонтальное раскрытие 90 м, вертикальное раскрытие 60 м) позволяет облавливать крупные косяки сельди и иметь улов за одно траление более 200 т. Полное время выборки трала по операциям приведена в табл. 4.

Таблица 4

Время выборки трала по операциям

| № этапа | Выбираемый элемент, м | Задействованный механизм, м/мин, т | Время, с |
|------------|---|---|-------------|
| 1 | Выборка ваера, 100 агрегатное сопротивление трала 24,9-24,77 т | Траловая лебедка, 170, 25,2 | 34 |
| 2 | Подход ваерных досок к ваерному блоку, 14 | Траловая лебедка, 170, 25,2 | 5-10 |
| 3 | Отключение траловых досок | | 50-60 |
| 4 | Свободные концы, 40 | Сетной, 44, 24 | 55 |
| 5 | Переходной конец, 34 | Сетной, 44, 24 | 46 |
| 6 | Кабеля, 60 | Сетной, 44, 24 | 81 |
| 7 | Отключение прибора контроля | Сетной, 44, 24 | 30 |
| 8 | Трал до мешка с отключением прибора контроля, 150 | Сетной, 63,5, 14,8 (средняя) | 140 |
| 9 | Подключение вытяжных концов джильсонов | | 200-350 |
| 10 | Траловый мешок, (первые 9 м) | Джильсоновые лебедки, 54, 30 Сетной, 44, 24 | 10 |
| 11 | Траловый мешок, (оставшиеся 26 м) | Джильсоновые лебедки, 27, 120 Сетной, 29, 40 | 58 |
| Итого | | | 709-874 |
| Итого, мин | | | 11,81-14,56 |

Таким образом, исследование технологического процесса и операций при выборке траловой системы промысловыми механизмами добывающего судна БМРТ «Борис Трофименко» с учетом затрат времени на проведение каждой технологической операции, ис-

следования характеристик промысловых механизмов и режимов их работы, расчет и моделирование траловой системы при тралении на глубинах 350 м и выборке при длине ваера 100 м подтверждают техническую возможность осуществления выборки траловой системы (в т.ч. трала) за 15 (пятнадцать) минут при условии его нахождения за бортом с вытравленными ваерами, длиной 100 м и техническую возможность промыслового оборудования, установленного добывающем судне БМРТ «Борис Трофименко» (тип «Сотрудничество», проект Д-1305), произвести выборку трала Egersund 608 с уловом 200 т.

Представленные результаты научных исследований подтверждают целесообразность и показывают реальную необходимость в полном объеме использовать на траловом промысле исследованный тип добывающих судов с целью повышения эффективности промысла, предотвращения непроизводительных затрат времени в процессе проведения всех технологических операций, оптимального использования промысловых механизмов на основе усовершенствованной промысловой схемы.

Библиографический список

1. Габрюк В.И. Компьютерные технологии в промышленном рыболовстве. М.: Колос, 1995. 544 с.
2. Габрюк В.И., Кулагин В.Д. Механика орудий рыболовства и АРМ промысловика. М.: Колос. 416 с.
3. Габрюк В.И., Кокорин Н.В., Осипов Е.В., Чернецов В.В. Механика орудий рыболовства. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. 304 с.
4. Коротков В.К. Реакция рыб на трал, технология их лова. Калининград: ЭКБ АО «МАРИНПО», 1998. 398 с.
5. Карпенко В.П., Торбан С.С. Механизация и автоматизация процессов промышленного рыболовства. М.: Агропромиздат, 1990. 464 с.

S.V. Lisienko, E.V. Osipov, A.N. Boitsov, V.I. Gabruk
Far Eastern State Technical Fishery University, Vladivostok, Russia

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE ORGANIZATION OF TRAL FISHING BY BRITISH BOARD TYPE «SOTRUDNICHESTVO»

The article describes the results of scientific research carried out by the authors in the course of carrying out scientific research work on the topic «Investigation of the possibilities of operation of a type vessel BMRT» Boris Trofimenko «on the herring fishery in the Sea of Okhotsk» within the framework of the CSC No. 695/2017. The purpose of the study was the technological process and technological operations for the sampling of the trawl system by the fishing mechanisms of the production vessel BMRT of the «Cooperation» type, taking into account the time spent on each technological operation, the target scheme and fishing mechanisms were determined, the subject of the research were technological processes in the conduct of trawling by vessels BMRT type «Sodruzestvo». The article presents the main results of the research carried out on the characteristics of field mechanisms and their operating modes. The calculation and modeling of the trawl system when trawling at given depths of the fishing process with a sampling with a variable length of warps were proposed, and organizational arrangements were made to improve the efficiency of the process of sampling the trawl system, taking into account the improved fishing scheme.

К.М. Малых, Д.В. Демченко, Е.Л. Кондрашенков, М.Н. Коваленко
ФГБНУ «КамчатНИРО», Петропавловск-Камчатский, Россия

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВ УЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ ВО ВНУТРЕННИХ ВОДОЕМАХ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Представлены результаты исследований, проведенных на р. Озерная в период 2010–2017 гг. По результатам работ отечественный гидроакустический комплекс «NetCor» внедрен на количественном учете производителей тихоокеанских лососей в реках Камчатки, освоены аппаратная и программная части гидроакустической системы AMS DT-X (США), выявлены её положительные и отрицательные качества и определены направления дальнейшей работы.

Объектом исследований стала технология учета производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом. Целью работы является повышение эффективности оценки запаса гидробионтов на основе внедрения нового метода количественного учета. НИР проводились методом натуральных испытаний, путём установки гидроакустических комплексов на пути миграции производителей на нерест.

В период 2010–2013 гг. в качестве опытной учетной системы на р. Озерная был использован гидроакустический комплекс «NetCor» (ООО «Промгидроакустика», Россия). Основное назначение комплекса — количественная оценка рыб, проходящих через сканируемое сечение реки. Комплекс состоит из сети плавучих 6-тилучевых гидроакустических станций (рис. 1), передающих по радиоканалу информацию о подводной обстановке на береговую контрольно-измерительную систему. Основные характеристики комплекса «NetCor»:

- рабочая частота 455 КГц;
- электрическая мощность на антенне 40-80 Вт;
- частота следования посылок – до 12 Гц;
- ширина характеристики направленности одного луча на уровне -6 дБ – 10°, ширина многолучевого сектора на одной станции – до 80° в плоскости веера лучей;
- максимальная дальность регистрации одиночной рыбы с силой цели -50 дБ в горизонтальном режиме – 20 метров;
- минимальная дальность регистрации – 0,5 м;
- дистанция устойчивой радиосвязи – до 200 м, дистанция предельной радиосвязи – до 600 м (в зависимости от уровня помех);
- число плавучих гидроакустических высокочастотных многолучевых станций в сети – 4 шт.



Рис. 1. Автономная гидроакустическая станция

В 2010 г. при выборе способа размещения гидроакустических станций и глубины погружения и направления излучателей исходили из того, что зоны регистрации каждой станции должны перекрывать ход производителей нерки у каждого пропускного окна рыбоучетного заграждения (РУЗ), расположенного на научном пункте ФГБНУ «КамчатНИРО» в истоке р. Озерная, где до настоящего времени ежегодно осуществляются работы по визуальному учету производителей нерки. Это позволяет с большой степенью достоверности сверять результаты учета производителей гидроакустическим методом с данными визуального счёта. В дальнейшем экспериментальные работы с комплексом «NetCor» проводились на участке реки в 3,5 км ниже по течению, где влияние рыбоучетного заграждения на естественный ход рыб отсутствует (рис. 2).



Рис. 2. Расположение автономных гидроакустических станций комплекса «NetCor» у рыбоучетного заграждения на р. Озерная (2010 г.)

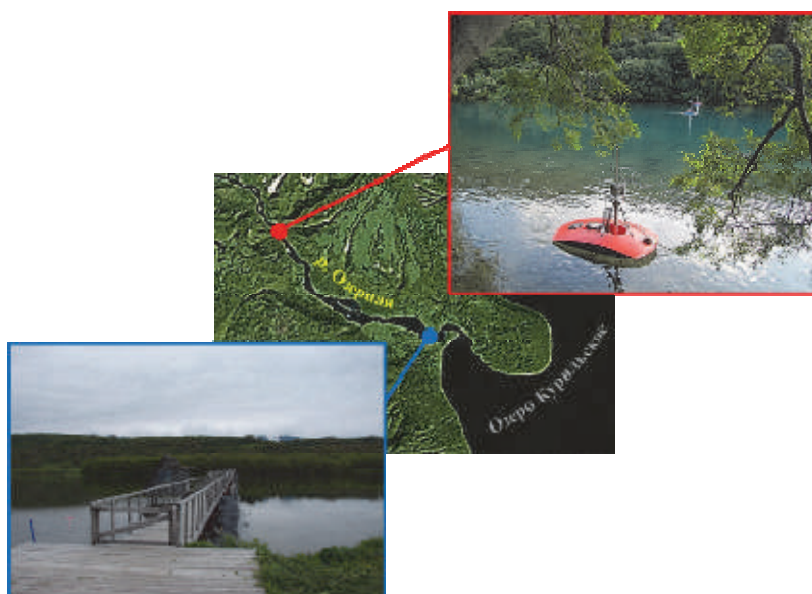


Рис. 3. Расположение РУЗ и полигона для проведения исследований (2011–2013 гг.)

Обработку данных по регистрации гидробионтов осуществляли на наблюдательном пункте в программе NetCor.Process. В файлы данных гидроакустической системы «NetCor» записывается цифровое представление огибающей эхосигнала по всем лучам антенны. При

открытии файла в программе обработки (рис. 4), он делится на «листы», и его обработка проводится постранично. Значение прошедших через зону регистрации комплекса гидробионтов получают, загружая текстовые файлы в редактор электронных таблиц.

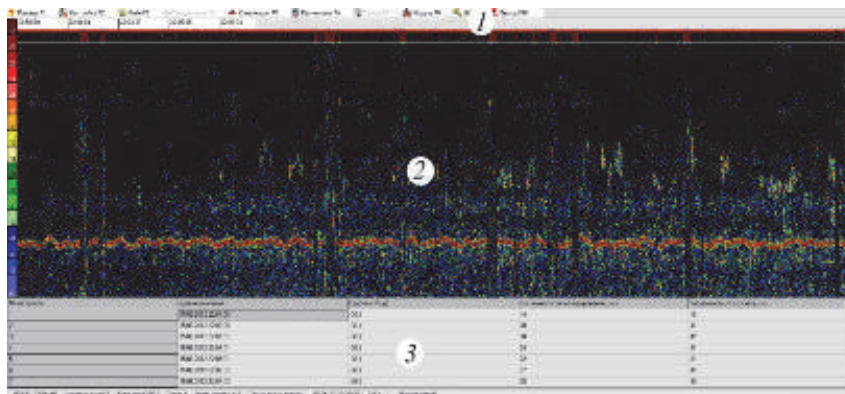


Рис. 4. Общий вид окна программы обработки эхограмм: 1 – панель меню; 2 – панель эхограмм; 3 – панель результатов эхосчета и эхоинтегрирования

За весь период работ в 2011 г. гидроакустическим методом учтено 1 млн 860 тыс. производителя нерки, за это же время на рыбоучетном заграждении зафиксирован пропуск 1 млн 552 тыс. особей. Разница показаний различных методов учета составила 307 тыс. 493 экз., или 16,53 %. В 2012 г. (рис. 5) комплексом «NetCor» зарегистрировано 2 млн 240 тыс. особей нерки, на рыбоучетном заграждении за аналогичный период было пропущено 1 млн. 895 тыс. особей. Разница составила 344 840 экз. (15,36 %). Результаты работ представлены в таблице.

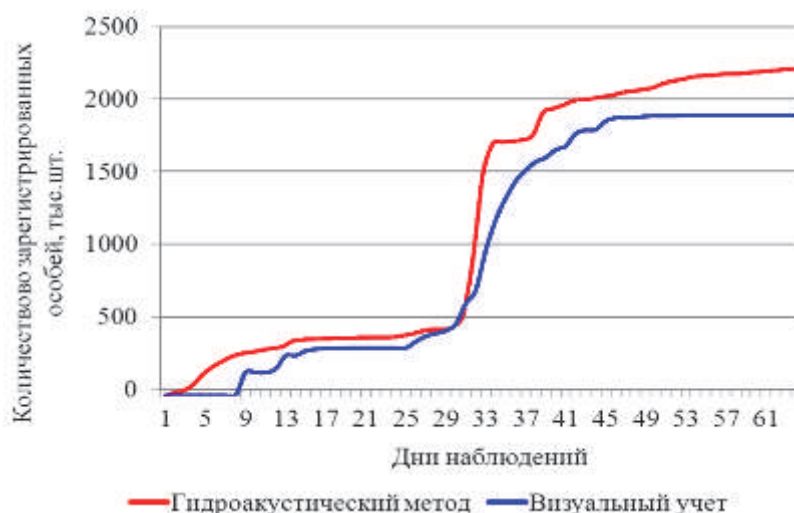


Рис. 5. Результаты сравнительного анализа гидроакустического учета и данные визуального счета производителей нерки (с накопительным итогом) в 2012 г.

Результаты учета производителей нерки гидроакустическим методом и визуального счета в 2011–2012 гг.

| Параметр учета | Год | |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| | 2011 | 2012 |
| Визуальный счет, экз. | 1 552 709 | 1 895 692 |
| Гидроакустический метод, экз. | 1 860 202 | 2 240 532 |
| Δ , экз. | 307 493 | 344 840 |
| δ , % | 16,53 | 15,39 |

По результатам экспериментальных работ на р. Озерная гидроакустический комплекс «NetCog» внедрен для количественного учета тихоокеанских лососей во внутренних водоёмах Камчатки, где из-за отсутствия инфраструктуры проводить оценку численности другими методами весьма проблематично. С 2013 г. по настоящее время комплекс «NetCog» применялся для определения количества прошедших на нерест производителей тихоокеанских лососей в реках Кихчик, Еловка и протоке Азабачья.

Работы по освоению гидроакустических методов учета гидробионтов в горизонтальном тракте на р. Озерная были продолжены в 2017 г., когда ассоциацией рыбопромышленников Озерновского района для получения оперативной информации о численности прошедших на нерест производителей нерки была приобретена гидроакустическая система DT-X (BioSonics Inc., США) в модификации AMS (Automated monitoring system, система автоматического мониторинга). Технические характеристики системы:

- рабочая частота – 120 кГц;
- частота следования посылок – 0,01-30 Гц;
- длительность посылки – 0,1-1,0 миллисекунды;
- дальность регистрации одиночной рыбы – 248 м;
- электрическая мощность на антенне – 100-1000 Вт;
- интегрированный датчик ориентации (направление, крен, дифферент);
- напряжение электропитания – 85-264 ~ В или 10-14 – В;
- потребляемая мощность – 30 Вт.

Для выбора места установки излучателя совместной научной группой ФГБНУ «КамчатНИРО» и «ВНИРО», возглавляемой заведующим отделом фоновых исследований, к.б.н. М.В. Ковалем, проводились рекогносцировочные работы с определением глубины и рельефа дна реки. В итоге система была установлена на полигоне в 13 км выше устья реки (рис. 6). В указанном месте на берегу реки был оборудован контрольный пункт, где размещались операторы, системы электропитания и компьютеризированная система сбора и обработки информации.

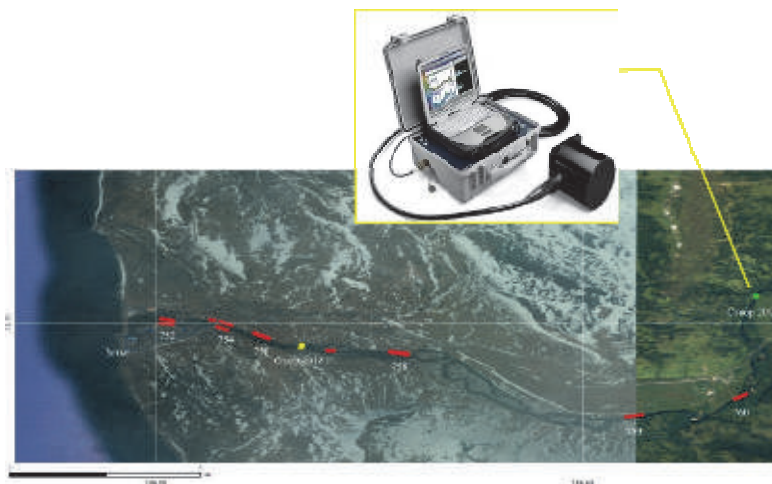


Рис. 6. Расположение полигона для проведения исследований в 2017 г.

В начале экспериментальных работ излучатель прибора был установлен в реке на треноге в 0,5 м от правого берега. Техническими условиями эксплуатации прибора запрещается его работа в воздухе, в связи с чем при падении уровня реки место установки излучателя переносилось на расстояние 5 м вдаль от берега. В начале третьей декады июля зафиксирован массовый подход производителей нерки, причем путь миграции лососей на полигоне проходил на удалении 0,5-2,5 м от берега. Вследствие этого на полигоне были проведены дноуглубительные работы и смонтирован трехстенный «котёл», предотвращающий осыпание берега и вынос грунта рекой, и излучатель был перенесен на 2,5 м вглубь берега (рис. 7).



Рис. 7. Установка излучателя BioSonics DT-X на р. Озерная (2017 г.)

В середине третьей декады июля наблюдался сильнейший паводок с подъемом уровня реки на 1,5 м (рис. 8). Было зафиксировано, что в период паводка повсеместный вынос грунта рекой вызывает взмучивание воды и значительно снижает чувствительность прибора к регистрации гидробионтов.



Рис. 8. Критический подъем уровня воды в месте установки излучателя на р. Озерная летом 2017 г.

Для сравнительного анализа использовались данные визуального счета с рыбоучетного заграждения р. Озерная, расположенного выше по течению на расстоянии около 34 км от полигона. Дистанцию от полигона до рыбоучетного заграждения гидробионты преодолевают за 2-3 дня. Объем собранного и обработанного материала по эхорегистрации гидробионтов за летний сезон 2017 г. составил 880 ч непрерывной работы гидроакустической рыбоучетной системы. За весь период работ гидроакустическим методом учтено 2 млн. 288 тыс. особей нерки, за этот же период на рыбоучетном заграждении пропущено 2 млн. 206 тыс. особей. Результаты сравнительного анализа гидроакустического учета производителей нерки и визуального счета на рыбоучетном заграждении приведены на слайде (рис. 9). При анализе динамики хода лососей наблюдается значительный недоучет гидро-

бионтов гидроакустическим методом, по сравнению с визуальными наблюдениями на рыбоучетном заграждении, в период 22 июля–1 августа, в том числе во время рунного хода нерки. При этом со второй декады августа на полигоне наблюдается регистрация гидробионтов, не учтенных на рыбоучетном заграждении.

Основной причиной, вызвавшей расхождение в величине прошедших на нерест лососей, по нашему мнению, является неудачный выбор первоначальной конструкции для установки и перемещения излучателя. Проведенные впоследствии работы по монтажу стационарного «котла» позволили осуществлять сканирование всего сечения реки без потерь регистрации гидробионтов в «мёртвой зоне» излучателя, значительно снизили риск возникновения аварийных ситуаций при настройке положения излучателя и время на его перемещение.

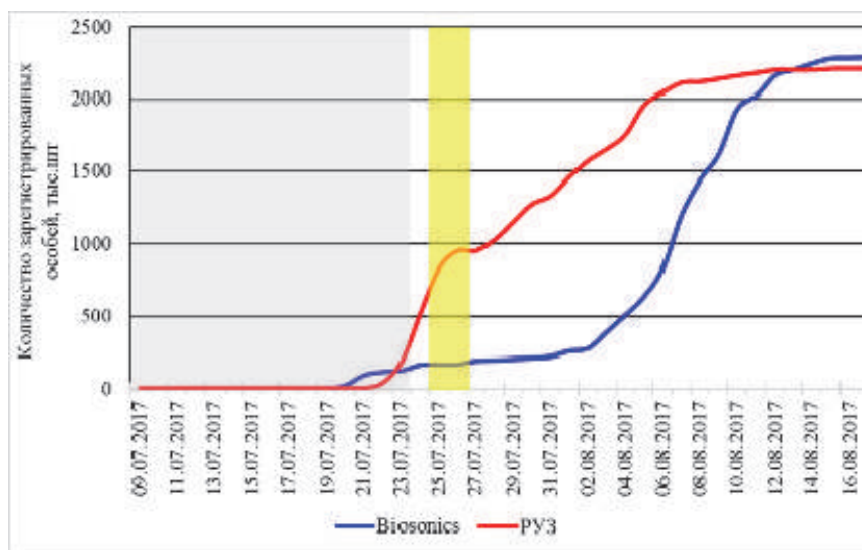


Рис. 9. Результаты сравнительного анализа гидроакустического учета и данные визуального счета производителей нерки (с накопительным итогом) в 2017 г.

■ - период установки излучателя непосредственно в реке
 ■ - период прохождения паводка и затопления берегов

Другой, не менее важной проблемой, явилось отсутствие в программном продукте системы BioSonics возможности вести счет при плотных скоплениях гидробионтов. Проблему удалось решить путем задействования программы EchoView (Echoview Software Pty Ltd, Австралия), используемой специалистами КамчатНИРО для обработки эхозаписей, полученных различными типами эхолотов во время проведения морских экспедиций и полевых работ на внутренних водоёмах. Возможности программы позволили разработать алгоритм обработки эхограмм, полученных при работе излучателя DT-X в горизонтальном тракте, позволяющий, в частности, идентифицировать отдельных особей в совокупности в период их рунного хода в реках, когда число особей, прошедших сканируемое сечение реки за 1 час, может достигать величины 100 и более тысяч.

Заключение. В период 2010-2012 гг. сотрудниками «КамчатНИРО» были освоены аппаратная и программная части гидроакустического комплекса «NetCor», проведены экспериментальные работы и отработана методика количественного учета производителей нерки. Результаты выполненных работ показали, что комплекс «NetCor» позволяет осуществлять количественный учет производителей нерки в течение длительного времени. При этом нет ограничений для сбора данных ни по периоду времени, ни по состоянию погодных условий. По результатам проведенных экспериментальных работ в 2013 г. комплекс «NetCor» внедрен на количественный учет производителей нерки в протоке Азабачья.

В результате работ в 2017 г. были освоены аппаратная и программная части гидроакустической системы AMS DT-X, выявлены её положительные и отрицательные качества и определены направления для дальнейшей работы с ней. В 2018 г работы по этому направлению будут продолжены.

При существующем уровне интенсивности промысла тихоокеанских лососей основной угрозой стабильности их естественных запасов является возможность «перелова», приводящая к дефициту производителей на нерестилищах. Сложившаяся система управления промыслом основывается на оценках величины нерестовых подходов и принятии оперативных управленческих решений для реализации основополагающего принципа – приоритета пропуска перед промыслом.

Внедрение гидроакустической системы DT-X г для учета производителей тихоокеанских лососей позволит оперативно решать задачи управления промыслом, в том числе в части обеспечения оптимального пропуска на нерестилища производителей нерки р. Озерная.

Библиографический список

1. Дегтев А.И., Шевляков Е.А., Малых К.М., Дубынин В.А. Опыт оценки численности молоди и производителей тихоокеанских лососей гидроакустическим методом на путях миграции в пресноводных водоемах // Изв. ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 113-135.

2. Малых К.М., Фадеев Е.С. Использование гидроакустических средств для количественного учета тихоокеанских лососей в период ската молоди и нерестовых миграций производителей // Матер. отчётной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. С. 209-215.

3. Коваленко М.Н, Малых К.М., Адамов А.А., Сошин А.В., Нагорнов А.А., Субботин С.И. / Отчет о НИР, выполн. лабораторией промысловства в 2012 г. // Материалы отчётной сессии ФГУП «КамчатНИРО» по итогам научно-исследовательских работ в 2012 г. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2013. С. 122-134.

4. Малых К.М., Субботин С.И., Сошин А.В., Адамов А.А., Нагорнов А.А., Коваленко М.Н. Совершенствование методов прямого учета морских гидробионтов // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2017. Вып. 44. С. 50-58.

K.M. Malykh, D.V. Demchenko, E.L. Kondrashenkov, M.N. Kovalenko
FSBSI «KamchatNIRO», Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia

EXPERIENCE OF USING HYDROACOUSTIC SYSTEMS FOR STOCK ASSESSMENT OF PACIFIC SALMONS IN THE RIVERS OF KAMCHATKA

Results of surveys in the Ozernaya River in period of 2010-2017 are shown. As a result of works with native hydroacoustic complex «NetCor» it was adopted for counting of adult Pacific salmon in the rivers of Kamchatka. Hardware and software of the AMS DT-X (USA) hydroacoustic system was put into operation, its positive and negative characteristics are detected and directions of further projects are discovered.

А.А. Недоступ, А.О. Ражев
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДЪЕМНОГО ТРАЛОВОГО ЩИТКА

Рассмотрена математическая модель гибкого подъемного тралового щитка, изготовленного из прямоугольного отрезка многослойной полиуретановой ленты, основанная на модели взаимодействия частиц. Щиток крепится к гужу верхней подборы и ориентирован под определенным углом атаки к потоку жидкости. Выделены достоинства предложенной модели по сравнению с математической моделью тканевых материалов, а именно: в предложенной модели учитываются многослойность материала, деформационные свойства и толщина слоев; учитываются такие характеристики реальных материалов слоев, как модуль продольной упругости и модуль упругости при сдвиге; уменьшена трудоемкость алгоритма путем уменьшения максимального количества связей на узел. Устранен недостаток модели тканевых материалов, которым является ее практическая неприменимость при точном моделировании и расчетах напряжений реальных изделий с заданными характеристиками жесткости, так как используемые в модели коэффициенты упругости очень сложно вычислить.

Введение

В отличие от распорных траловых досок [1, 2], используемых для обеспечения горизонтального раскрытия, гидродинамический щиток используется для придания подъемной силы верхней подборе трала с целью обеспечения вертикального раскрытия его устья. В данной статье рассмотрим гибкий щиток, изготовленный из прямоугольного отрезка полиуретановой ленты (рис. 1). Щиток крепится к гужу верхней подборы и ориентирован под определенным углом атаки к потоку жидкости.

Гибкий гидродинамический щиток обладает всеми свойствами тканевых материалов и может быть смоделирован с использованием соответствующих математических моделей тканей. Материал щитка имеет многослойную структуру (рис. 2). Поэтому для повышения точности моделирования необходимо учитывать различия в характеристиках разных слоев.

В математической модели тканевых материалов [3] определены зависимости, связывающие силовые и геометрические характеристики с учетом деформации растяжения/сжатия, сдвига и изгиба (связи между узлами сетки). В данной модели вводится до 12 связей на каждый узел (рис. 3).



Рис. 1. Гидродинамический щиток из полиуретановой ленты



Рис. 2. Лента полиуретановая

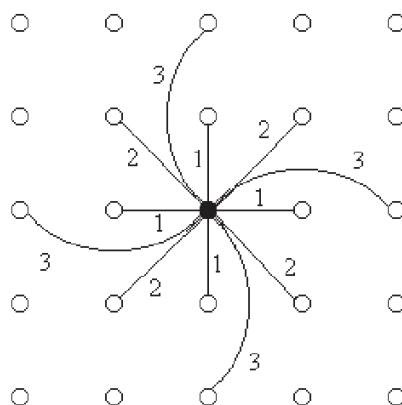


Рис. 3. Взаимодействия в ткани: 1 – сжатие/растяжение; 2 – сдвиг, 3 – изгиб

Описанная модель хорошо подходит для моделирования пространственно-временных характеристик материала при визуализации. Недостатком модели является ее практическая неприменимость при точном моделировании и расчетах напряжений реальных изделий с заданными характеристиками жесткости, так как используемые в модели коэффициенты упругости очень сложно вычислить.

Для устранения недостатков описанной выше математической модели авторами статьи предлагается подход, уменьшающий количество связей на узел до 4 и однозначно определяющий коэффициенты упругости с учетом многослойности материала и толщины его слоев.

Материалы и методы

В математической модели взаимодействующих частиц [4] описывается связь между силовыми и пространственно-временными характеристиками через узлы (точечные массы) и связи между ними. Сплошное тело (в данном случае мягкое тело) разбивается на множество элементов (точечных масс) с заданной степенью дискретизации.

Для обеспечения необходимой точности моделирования очень важно правильно разместить точечные массы в объеме тела и правильно определить все связи, не забывая при этом оптимизировать их количество.

В предложенной математической модели точечные массы размещены в узлах прямоугольной регулярной сетки на поверхности щитка (рис. 4). Связи (взаимодействия) каждой точечной массы только с соседними четырьмя точечными массами. Размер сетки по длине – $n+1$ узлов, по ширине – $m+1$ узлов.

На рис. 4 показан один слой многослойного материала толщиной a . Остальные слои накладываются на эту же сетку (узлы и связи у разных слоев общие, но толщина и модули упругости разные).

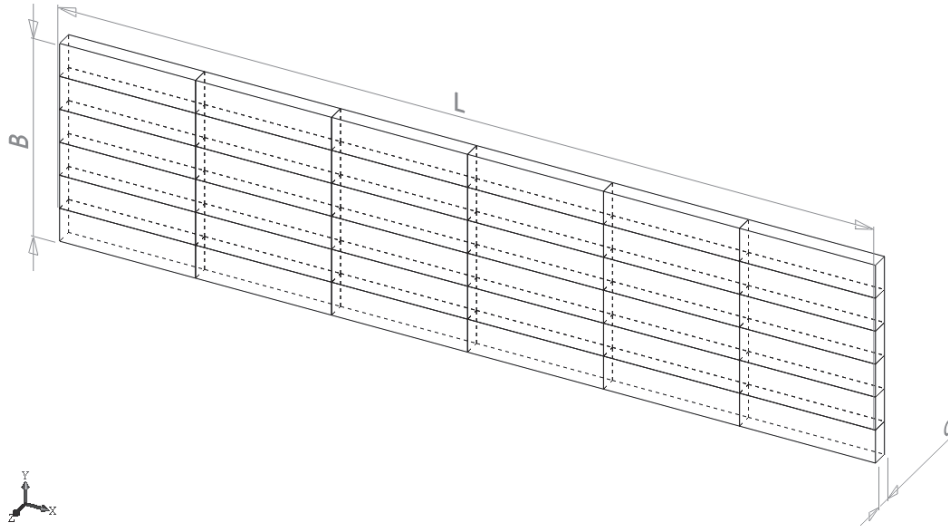


Рис. 4. Модель взаимодействующих частиц гидродинамического щитка:
 a – толщина слоя; L – длина щитка; B – ширина щитка

В теории сопротивления материалов различают четыре типа деформации: растяжения/сжатия, сдвига, изгиба и кручения. Деформацией сдвига по толщине щитка (сдвига поверхностей щитка) можно пренебречь, так как толщина материала много меньше его длины и ширины и материал скреплен по краям. Деформация кручения имеет место только для тел с осью вращения, когда в процессе кручения его геометрия практически не меняется. Ее мы также не учитываем.

Определим зависимости, связывающие силовые и геометрические характеристики при сжатии/растяжении и сдвиге исходя из закона Гука в векторной форме для однородного и изотропного материала:

$$\boldsymbol{\sigma} = E\boldsymbol{\varepsilon}, \boldsymbol{\tau} = G\boldsymbol{\gamma}, \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$ – нормальное напряжение; E – модуль продольной упругости (модуль Юнга); $\boldsymbol{\varepsilon}$ – относительная линейная деформация; $\boldsymbol{\tau}$ – касательное напряжение; G – модуль упругости при сдвиге; $\boldsymbol{\gamma}$ – угловая деформация.

Применительно к нашей модели для каждой из четырех связей, инцидентных узлу (рис. 5):

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \frac{\Delta r - \Delta r_0}{\Delta r_0^2} \Delta \mathbf{r}, \quad (2)$$

где Δr – длина связи после деформации; Δr_0 – длина связи в свободном состоянии; $\Delta \mathbf{r}$ – вектор связи (для показанной на рис. 5 связи между узлами $\mathbf{r}_{i,j}$ и $\mathbf{r}_{i+1,j}$ $\Delta \mathbf{r} = \mathbf{r}_{i+1,j} - \mathbf{r}_{i,j}$).

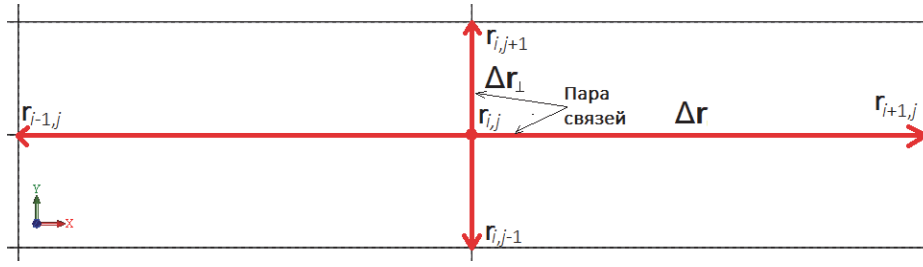


Рис. 5. Связи, инцидентные узлу $r_{i,j}$

В результате для каждого узла (кроме граничных) получим четыре значения вектора нормального напряжения.

Для каждой пары продольной и поперечной связи (всего четыре пары, см. рис. 5):

$$\gamma = \frac{\Delta r}{\Delta r} \arccos \frac{\Delta r \bullet \Delta r_{\perp}}{\Delta r \Delta r_{\perp}}, \quad (3)$$

где \perp обозначает перпендикулярную в свободном состоянии связь; \bullet – знак скалярного произведения векторов.

При малых деформациях $\gamma \approx \text{tg} \gamma$ выражение (3) можно записать без трудоемкой функции арккосинуса в виде

$$\gamma = \frac{\Delta r}{\Delta r} \sqrt{\left(\frac{\Delta r \Delta r_{\perp}}{\Delta r \bullet \Delta r_{\perp}} \right)^2 - 1}. \quad (4)$$

Сила противодействия растяжению/сжатию или сдвигу для каждого узла вычисляется как сумма произведений соответствующих напряжений на площадь поперечного сечения, приходящуюся на узел в направлении связи до деформации:

$$\mathbf{T} = \sum^4 \sigma S_{L(B)}, \quad \mathbf{Q} = \sum^4 \tau S_{L(B)}, \quad S_L = \frac{Ba}{m}, \quad S_B = \frac{La}{n}, \quad (5)$$

где T – сила растяжения/сжатия; Q – сила сдвига; S_L – площадь поперечного сечения, приходящаяся на узел по ширине щитка; S_B – площадь поперечного сечения, приходящаяся на узел по длине щитка; B – ширина, L – длина щитка; a – толщина слоя материала.

Для граничных узлов площадь необходимо делить на два. Для многослойного материала вычисляются и суммируются напряжения по каждому слою.

Определим зависимости, связывающие силовые и геометрические характеристики при изгибе. Исходя из теории сопротивления материалов сила противодействия изгибу P , приложенная к середине пластины в векторной форме (рис. 6):

$$\mathbf{P} = \frac{4Eba^3}{l^3} \boldsymbol{\lambda}, \quad (6)$$

$$\boldsymbol{\lambda} = \frac{\Delta \mathbf{r}_1 \bullet (\Delta \mathbf{r}_1 + \Delta \mathbf{r}_2)}{(\Delta \mathbf{r}_1 + \Delta \mathbf{r}_2)^2} (\Delta \mathbf{r}_1 + \Delta \mathbf{r}_2) - \Delta \mathbf{r}_1, \quad (7)$$

где b – ширина, a – толщина слоя, l – длина пластины; $\boldsymbol{\lambda}$ – вектор стрелы прогиба.

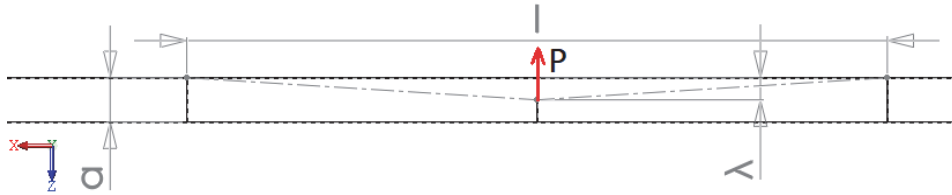


Рис. 6. Расчет силы изгиба

Применительно к модели щитка для продольного направления:

$$b = B / m, l = 2L / n, \Delta r_1 = r_{i,j} - r_{i-1,j}, \Delta r_2 = r_{i+1,j} - r_{i,j},$$

для поперечного направления:

$$b = L / n, l = 2B / m, \Delta r_1 = r_{i,j} - r_{i,j-1}, \Delta r_2 = r_{i,j+1} - r_{i,j}.$$

Сила противодействия изгибу для каждого узла щитка (кроме граничных) вычисляется как сумма P для продольного и поперечного направлений. Для граничных узлов P принимается равной 0. Для многослойного материала вычисляются и суммируются P по каждому слою.

Внутренняя сила F_i , действующая на узел в результате деформации, определяется как сумма сил противодействия сжатию/растяжению, сдвигу и изгибу:

$$F_i = T + Q + P. \tag{8}$$

Итоговая сила F , действующая на узел, является суммой внутренних и внешних сил (гидростатических и гидродинамических):

$$F = F_i + F_Q + R, F_Q = \frac{BLa}{nm} (\rho - \rho_w) g, \tag{9}$$

где ρ – плотность материала слоя; ρ_w – плотность воды; g – вектор ускорения свободного падения (направлен к дну водоема); F_Q – гидростатическая сила (плавучесть); R – сила гидродинамического сопротивления; v – скорость потока жидкости относительно узла.

Силу R , приложенную к узлу, найдем как сумму сил гидродинамического сопротивления R_i , действующих на четыре смежных треугольных поверхности с общей вершиной в узле (рис. 7):

$$R = \sum_{i=1}^4 R_i. \tag{10}$$

Для вершин на краях щитка таких поверхностей две, а на углах щитка – одна.

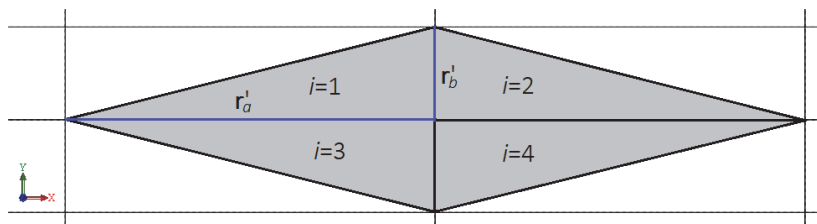


Рис. 7. Расчет силы R

Для нахождения сил гидродинамического сопротивления необходимо выполнить преобразование поворота модельной системы координат в расчетную так, чтобы ее координатная ось ОХ совпадала по направлению с вектором скорости v , найти силу гидродинамического сопротивления R' в новой системе координат, а после над силой выполнить обратное преобразование поворота:

$$\mathbf{r}' = \mathbf{rM}, \mathbf{R} = \mathbf{R}'\mathbf{M}^{-1}, \quad (11)$$

где M – матрица поворота, r' – координаты узлов в расчетной системе координат. Тогда для треугольника $i = 1$ получаем

$$\mathbf{R}'_1 = \mathbf{c} \frac{\rho_w V^2}{2} S_1, \quad S_1 = \frac{1}{2} |\mathbf{r}'_a \times \mathbf{r}'_b|, \quad (12)$$

где $\mathbf{c} = (c_x, c_y, c_z)$ – вектор гидродинамических коэффициентов для плоской пластины; S_1 – площадь треугольника; \times – обозначение векторного произведения.

Аналогично вычисляются силы для остальных трех треугольников.

Для уменьшения трудоемкости вычислений при определении R' и \mathbf{c} можно воспользоваться разложением в ряд Тейлора 4-го порядка, описанным в [5].

Выводы

В статье была рассмотрена математическая модель гибкого гидродинамического тралового щитка, выполненного из многослойного материала, основанная на модели взаимодействующих частиц. В отличие от имеющихся математических моделей тканевых материалов данная модель обладает следующими достоинствами:

- учитываются многослойность материала, деформационные свойства и толщина слоев;
- учитываются такие характеристики материалов слоев, как модуль продольной упругости и модуль упругости при сдвиге;
- уменьшена трудоемкость алгоритма по сравнению с алгоритмом [1] из-за уменьшения максимального количества связей на узел с 12 до 4.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ №15-08-00464-а.

Библиографический список

1. Недоступ А.А., Ражев А.О. Математическая модель взаимодействия распорной траловой доски с водной средой // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1, № 3 (37). С. 154–157.
2. Недоступ А.А., Ражев А.О. Программное обеспечение для исследования гидродинамики распорных траловых досок // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т.1, № 3 (37). С. 168–173.
3. Ландовский В.В. Вычислительная математика: метод. указ. к курсовой работе для студентов III курса дневного отделения АВТФ направления 230100 «Информатика и вычислительная техника». Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2008. 32 с.
4. Nedostup A.A., Razhev A.O. A discrete model of gill nets for static and dynamic problems // 11th International workshop – Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems DEMAT 2013. Germany. Rostock. 2013. V. 8. P. 13–22.
5. Недоступ А.А., Ражев А.О. Расчет сил гидродинамического сопротивления сетных орудий рыболовства в задачах имитационного их моделирования // Изв. КГТУ. 2016. № 42. С. 185–192.

A.A. Nedostup, A.O. Razhev
Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

NUMERICAL SIMULATION OF THE TRAWL LIFTING FLEXIBLE HYDRODYNAMIC FLAP

In the article the mathematical model of a trawl lifting flexible hydrodynamic flap of a rectangular segment of a multilayer polyurethane tape based on the model of interacting particles is considered. The trawl lifting flexible hydrodynamic flap is attached to the head rope of the trawl headline and is oriented at a certain angle of attack to the flow of water. In the article of the proposed model in comparison with the mathematical model of fabric materials are singled out in the article, namely: the multilayered material, deformation properties and layer thickness are taken into account in the proposed model; the characteristics of the real materials of the layers, such as the longitudinal elastic modulus and the shear modulus, are taken into account; the complexity of the algorithm is reduced by decreasing the maximum number of links per node. The lack of the model of fabric materials, which is its practical inapplicability for accurate modeling and calculation of the stresses of real products with given stiffness characteristics, is eliminated, since the elasticity coefficients used in the model are very difficult to calculate.

А.А. Недоступ, А.О. Ражев
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАЛОВЫХ СИСТЕМ

При моделировании с использованием систем дифференциальных уравнений одной из задач является выбор конечно-разностной схемы. Основными из критериев выбора являются точность, скорость сходимости и устойчивость. Неявные конечно-разностные схемы отличаются большей точностью, более быстрой сходимостью и устойчивостью по сравнению с явными. Проблема устойчивости особенно важна при решении жестких систем дифференциальных уравнений, таких как уравнения движения с учетом сил натяжения, когда при переходных процессах возможно скачкообразное многократное изменение величины сил натяжения. В статье рассмотрен метод решения задачи моделирования динамики траловой системы с использованием математической модели взаимодействующих частиц неявным конечно-разностным методом Эйлера. Получены зависимости внутренних сил от перемещения узлов и их частные производные по скорости и перемещению и зависимости гидродинамических сил от скорости. Предложены методы расчета частных производных гидродинамических сил по скорости и перемещению, линеаризации систем дифференциальных уравнений движения и решения полученной системы линейных алгебраических уравнений.

Введение

В процессе моделирования динамики траловой системы необходимо учитывать влияние как внешних сил (гидростатических и гидродинамических, действующих на элементы трала, сил воздействия судна на канатную часть трала), так и внутренних сил воздействия элементов трала друг на друга (канатно-сетной части, плавов, подъемных и распорных устройств [1, 2] и др.).

В данной статье будут рассмотрены математическая модель траловой системы, основанная на модели взаимодействующих частиц [3], и метод вычисления при помощи неявной конечно-разностной схемы [4].

При дискретном моделировании с использованием систем дифференциальных уравнений одной из задач является выбор конечно-разностной схемы. Основными из критериев выбора являются точность, скорость сходимости и устойчивость.

Неявные конечно-разностные схемы отличаются большей точностью, более быстрой сходимостью и устойчивостью по сравнению с явными. Недостатком неявных схем можно считать их сложность. Проблема устойчивости особенно важна при решении жестких систем дифференциальных уравнений, когда при переходных процессах возможно скачкообразное многократное изменение величин. К таким уравнениям относятся и дифференциальные уравнения движения с учетом сил натяжения. В них при незначительном перемещении возможны значительные кратковременные изменения сил натяжения.

В неявных конечно-разностных схемах на каждом временном шаге моделирования значения искомых величин берутся не с предыдущего (уже вычисленного) временного слоя, а со следующего (еще неизвестного). Таким образом, для нахождения неизвестных необходимо решить систему уравнений.

Задачей при разработке математической модели является сведение систем уравнений к линейным. Обычно задача линеаризации не имеет аналитического решения. Поэтому прибегают к упрощениям, заменяя значения некоторых входных неизвестных нелинейными коэффициентами, значения которых берутся с предыдущего временного слоя (уже вычисленные). При этом временной шаг разбивается на дробные шаги коррекции нелинейных коэффициентов.

Материалы и методы

Математическая модель взаимодействующих частиц (точечных масс) основывается на методе конечных элементов (дискретизация) и описании зависимостей силовых и геометрических характеристик и перемещений от силовых и пространственно-временных характеристик с учетом масс [3]. Применительно к траловой системе это зависимости удлинения ниток, канатов, тросов от сил натяжения в них; зависимости перемещения и скоростей от времени и сил.

В модели взаимодействующих частиц траловая система представляется множеством точечных масс (узлов) с такими известными и искомыми параметрами, как масса, скорость, перемещение, внешняя сила, и связей между узлами с такими известными и искомыми параметрами, как длина связи и сила натяжения.

Запишем уравнения движения узла в векторной форме:

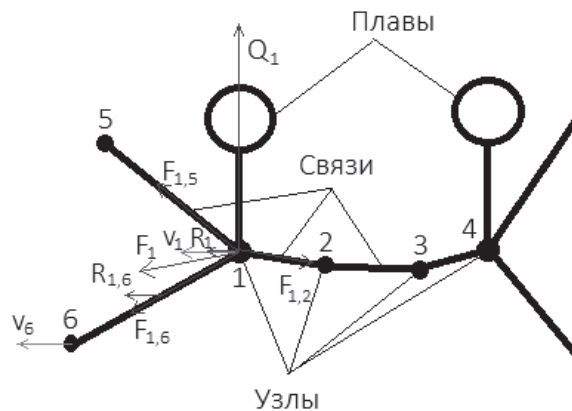
$$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = \mathbf{v}_i, \quad (1)$$

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i}{dt} = \mathbf{F}_i + \mathbf{R}_i + \mathbf{Q}_i, \quad (2)$$

при начальных условиях:

$$\mathbf{r}_i|_{t_0} = \mathbf{r}_0, \quad \mathbf{v}_i|_{t_0} = \mathbf{0}, \quad (3)$$

где \mathbf{r}_i – положение узла; \mathbf{v}_i – скорость узла; t – время; \mathbf{F}_i – сумма внутренних сил, действующих на узел со стороны других узлов; m_i – масса, сосредоточенная в узле (с учетом присоединенной массы); \mathbf{R}_i – гидродинамическая сила; \mathbf{Q}_i – другие силы, включая гидростатические (рисунок).



Модель взаимодействующих частиц

Решим полученную систему неявным методом Эйлера [4, 5], являющимся абсолютно устойчивым, используя конечно-разностную схему:

$$\mathbf{r}_i^{[n+1]} - \mathbf{r}_i^{[n]} = h\mathbf{v}_i^{[n+1]}, \quad (4)$$

$$\mathbf{v}_i^{[n+1]} - \mathbf{v}_i^{[n]} = \frac{h}{m_i} (\mathbf{F}_i^{[n+1]} + \mathbf{R}_i^{[n+1]} + \mathbf{Q}_i), \quad (5)$$

где h – шаг по времени.

Обозначив

$$\mathbf{F}_i^{[n+1]} + \mathbf{R}_i^{[n+1]} + \mathbf{Q}_i = \mathbf{f}_i(\mathbf{v}_i^{[n+1]}, \mathbf{r}_i^{[n+1]}), \quad (6)$$

$$\mathbf{v}_i^{[n+1]} - \mathbf{v}_i^{[n]} = \Delta \mathbf{v}_i, \quad \mathbf{r}_i^{[n+1]} - \mathbf{r}_i^{[n]} = \Delta \mathbf{r}_i \quad (7)$$

и применив разложение функции f_i в ряд Тейлора в окрестностях $\mathbf{f}_i(\mathbf{v}_i^{[n]}, \mathbf{r}_i^{[n]})$ с аппроксимацией первого порядка, получим

$$\mathbf{f}_i(\mathbf{v}_i^{[n]} + \Delta \mathbf{v}_i, \mathbf{r}_i^{[n]} + \Delta \mathbf{r}_i) = \mathbf{f}_i(\mathbf{v}_i^{[n]}, \mathbf{r}_i^{[n]}) + \frac{\partial \mathbf{f}_i(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i)}{\partial \mathbf{r}_i} \Delta \mathbf{r}_i + \frac{\partial \mathbf{f}_i(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i)}{\partial \mathbf{v}_i} \Delta \mathbf{v}_i. \quad (8)$$

Подставив (8) и (4) в (5), получим

$$\Delta \mathbf{v}_i = \frac{h}{m_i} \left(\mathbf{f}_i(\mathbf{v}_i^{[n]}, \mathbf{r}_i^{[n]}) + \frac{\partial \mathbf{f}_i(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i)}{\partial \mathbf{r}_i} h(\mathbf{v}_i^{[n]} + \Delta \mathbf{v}_i) + \frac{\partial \mathbf{f}_i(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i)}{\partial \mathbf{v}_i} \Delta \mathbf{v}_i \right). \quad (9)$$

Перегруппировав отдельные составляющие (9), запишем систему уравнений для всех узлов в матричном виде:

$$\mathbf{A} \Delta \mathbf{v} = \mathbf{b}, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \mathbf{M} - h \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{r})}{\partial \mathbf{v}} - h^2 \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{r})}{\partial \mathbf{r}} \\ \mathbf{b} &= h \mathbf{f}(\mathbf{v}^{[n]}, \mathbf{r}^{[n]}) + h \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{r})}{\partial \mathbf{r}} \mathbf{v}^{[n]} \end{aligned} \quad (11)$$

где \mathbf{A} – матрица размером $3N \cdot 3N$; \mathbf{M} – диагональная матрица узловых масс размером $3N \cdot 3N$; $\Delta \mathbf{v}$, $\mathbf{v}^{[n]}$, $\mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{r})$ и \mathbf{b} – вектора размером $3N$; N – количество узлов в модели.

Разрешив (10) относительно $\Delta \mathbf{v}$ и подставив $\Delta \mathbf{v}_i$ в (4) и (7), найдем искомые $\mathbf{v}_i^{[n+1]}$ и $\mathbf{r}_i^{[n+1]}$ для всех узлов.

Для нахождения $\mathbf{f}(\mathbf{v}, \mathbf{r})$ и ее частных производных необходимо вычислить F_i и R_i и задать Q_i на временном слое $[n]$. Обозначив $\mathbf{r}_{ij} = \mathbf{r}_j - \mathbf{r}_i$, $\mathbf{v}_{ij} = \frac{\mathbf{v}_j + \mathbf{v}_i}{2}$, получим:

$$\mathbf{F}_i = \sum_{j \in N_i} \frac{\pi}{4} d_{ij}^2 E_{ij} \left(1 - \frac{L_{0,ij}}{r_{ij}} \right) \mathbf{r}_{ij}, \quad (12)$$

$$\mathbf{R}_i = \sum_{j \in N_i} (\mathbf{R}_{L,ij} - \mathbf{R}_{D,ij}), \quad (13)$$

$$\mathbf{R}_{D,ij} = \frac{c_{D,ij} \mathbf{v}_{ij} \rho d_{ij}}{2} \sqrt{r_{ij}^2 - r_{x,ij}^2} \mathbf{v}_{ij}, \quad (14)$$

$$\mathbf{R}_{L,ij} = \frac{c_{L,ij} v_{ij}^2 \rho d_{ij}}{2} r_{x,ij} \frac{\mathbf{n}_{L,ij}}{n_{L,ij}}, \quad (15)$$

$$r_{x,ij} = \frac{\mathbf{v}_{ij} \square \mathbf{r}_{ij}}{v_{ij}}, \quad \mathbf{n}_{L,ij} = \mathbf{v}_{ij} \times (\mathbf{v}_{ij} \times \mathbf{r}_{ij}), \quad (16)$$

где d_{ij} – диаметр веревки; E_{ij} – модуль Юнга веревки; $L_{0,ij}$ – длина участка веревки до деформации; $R_{D,ij}$ – сила сопротивления; $R_{L,ij}$ – подъемная сила; $c_{D,ij}$ – гидродинамический коэффициент силы сопротивления; $c_{L,ij}$ – гидродинамический коэффициент подъемной силы; ρ – плотность воды; $n_{L,ij}$ – вектор по направлению подъемной силы; $r_{x,ij}$ – проекция участка веревки на ось ОХ после деформации; N_i – множество узлов, связанных с узлом i ; \square – скалярное произведение; \times – векторное произведение.

Частная производная внутренних сил по скорости для всех узлов:

$$\frac{\partial \mathbf{F}_i}{\partial \mathbf{v}_i} = \mathbf{0}. \quad (17)$$

Матрица частных производных внутренних сил по перемещению является квадратной матрицей, состоящей из $N \cdot N$ блоков размером 3·3. Каждый блок характеризует изменение внутренней силы под действием перемещения для узла i от узла j , где i, j – номер блока по столбцам и строкам матрицы:

$$\frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \mathbf{r}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial \mathbf{F}_1}{\partial \mathbf{r}_1} & \dots & \frac{\partial \mathbf{F}_N}{\partial \mathbf{r}_1} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial \mathbf{F}_1}{\partial \mathbf{r}_N} & \dots & \frac{\partial \mathbf{F}_N}{\partial \mathbf{r}_N} \end{bmatrix}, \quad (18)$$

$$\frac{\partial \mathbf{F}_i}{\partial \mathbf{r}_j} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{x,j}} & \frac{\partial F_{y,i}}{\partial r_{x,j}} & \frac{\partial F_{z,i}}{\partial r_{x,j}} \\ \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{y,j}} & \frac{\partial F_{y,i}}{\partial r_{y,j}} & \frac{\partial F_{z,i}}{\partial r_{y,j}} \\ \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{z,j}} & \frac{\partial F_{y,i}}{\partial r_{z,j}} & \frac{\partial F_{z,i}}{\partial r_{z,j}} \end{bmatrix}. \quad (19)$$

Продифференцировав (12) для составляющей по координате x , получим:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{x,j}} &= \frac{\pi}{4} d_{ij}^2 E_{ij} \frac{L_{0,ij} (r_{ij}^2 - r_{x,ij}^2) - r_{ij}^3}{r_{ij}^3}, \\ \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{y,j}} &= -\frac{\pi}{4} d_{ij}^2 E_{ij} \frac{L_{0,ij} r_{x,ij} r_{y,ij}}{r_{ij}^3}, \\ \frac{\partial F_{x,i}}{\partial r_{z,j}} &= -\frac{\pi}{4} d_{ij}^2 E_{ij} \frac{L_{0,ij} r_{x,ij} r_{z,ij}}{r_{ij}^3}. \end{aligned} \quad (20)$$

Аналогично для составляющих по координатам y и z .

Аналогичный (18) и (19) вид имеют матрицы для сил гидродинамического сопротивления (13). Для нахождения частных производных можно воспользоваться разностной схемой:

$$\begin{aligned}\frac{\partial R_{x,i}}{\partial v_{x,j}} &= \frac{1}{2h_v} (R^+ - R^- + |R^+| - |R^-|), \\ R^+ &= R_{x,ij} (v_{x,ij} + h_v, v_{y,ij}, v_{z,ij}, \mathbf{r}_{ij}), \\ R^- &= R_{x,ij} (v_{x,ij} - h_v, v_{y,ij}, v_{z,ij}, \mathbf{r}_{ij}),\end{aligned}\tag{21}$$

где h_v – шаг интегрирования по скорости, например $v_{max}/1000$; v_{max} – максимальная скорость.

В схеме для повышения устойчивости используются противоточные производные. Аналогично (17) находится частная производная по перемещению.

Для решения системы линейных уравнений (10) можно воспользоваться методом сопряженных градиентов [6]:

$$\begin{aligned}\Delta \mathbf{v}_0 &= \mathbf{b}, \quad \delta_0 = \mathbf{k}_0 = \mathbf{b} - \mathbf{A} \Delta \mathbf{v}_0, \\ \alpha_i &= \frac{\mathbf{k}_i^T \mathbf{k}_i}{\delta_i^T \mathbf{A} \delta_i}, \quad \Delta \mathbf{v}_{i+1} = \Delta \mathbf{v}_i + \alpha_i \delta_i, \\ \mathbf{k}_{i+1} &= \mathbf{k}_i - \alpha_i \mathbf{A} \delta_i, \\ \beta_{i+1} &= \frac{\mathbf{k}_{i+1}^T \mathbf{k}_{i+1}}{\mathbf{k}_i^T \mathbf{k}_i}, \quad \delta_{i+1} = \mathbf{k}_{i+1} + \beta_{i+1} \delta_i,\end{aligned}\tag{22}$$

где α , β , δ , \mathbf{k} – временные переменные.

В качестве критерия остановки итерационного процесса используем $k_i < \varepsilon$, где ε – требуемая точность вычислений.

Выводы

В статье был рассмотрен метод решения задачи моделирования динамики траловой системы с использованием математической модели взаимодействующих частиц неявным конечно-разностным методом Эйлера:

- получены зависимости внутренних сил от перемещения узлов (12) и их частные производные по скорости и перемещению (20);
- получены зависимости гидродинамических сил от скорости (13);
- предложен метод расчета частных производных гидродинамических сил по скорости и перемещению (21);
- предложен метод линеаризации систем дифференциальных уравнений движения;
- предложен метод решения систем линейных алгебраических уравнений (22).

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ № 15-08-00464-а.

Библиографический список

1. Недоступ А.А., Ражев А.О. Математическая модель взаимодействия распорной траловой доски с водной средой // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1, № 3 (37). С. 154–157.

2. Недоступ А.А., Ражев А.О. Программное обеспечение для исследования гидродинамики распорных траловых досок // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 1, № 3 (37). С. 168–173.
3. Nedostup A.A., Razhev A.O. A discrete model of gill nets for static and dynamic problems // 11th International workshop – Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems DEMAT 2013. Germany. Rostock. 2013. V. 8. P. 13–22.
4. Бабенко К.И. Основы численного анализа. М.: Наука, 1986.
5. Эйлер Л. Интегральное исчисление. Т. 1. М.: ГИТТЛ, 1956.
6. Максимов Ю.А. Алгоритмы линейного и дискретного программирования. М.: МИФИ, 1980.

A.A. Nedostup, A.O. Razhev
Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

NUMERICAL SIMULATION OF THE DYNAMICS OF TRAWL SYSTEMS

When modeling using systems of differential equations one of the objectives is the choice of finite-difference schemes. The main selection criteria is the accuracy, speed of convergence and stability. Implicit finite-difference schemes are more accurate, faster convergence and stability in comparison with obvious. The problem of stability is particularly important when solving stiff systems of differential equations such as the equations of motion subject to forces of tension, when transients of possible abrupt multiple change in the value of the force of tension. The article considers the problem of modeling the dynamics of the trawl system, based on the mathematical model of interacting particles, the implicit finite-difference Euler method. The dependences of the internal forces from moving the nodes and their partial derivatives for velocity and displacement and dependencies of hydrodynamic force from speed. The methods for calculating the partial derivatives of the hydrodynamic forces on speed and movement, linearization of systems of differential equations of motion and solving the resulting system of linear algebraic equations.

Е.В. Соколова
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ЗАКИДНОГО НЕВОДА В ГИДРОКАНАЛЕ ОАО «МариНПО»

Рассматривается планирование экспериментального исследования моделей закидного невода в гидроканале ОАО «МариНПО». Определены цель и задачи эксперимента, описана экспериментальная база.

Цель эксперимента: получение зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от числа Рейнольдса, сплошности, формы модели и выдувания сетной стенки.

Основные задачи. Для достижения цели эксперимента необходимо решить следующие задачи:

1. Изготовить три модели закидных неводов с различными значениями сплошности F_0 .
2. Обеспечить при проведении опытов необходимый диапазон значений числа Рейнольдса Re , формы модели f/L и выдувания сетной стенки θ .
3. Получить фактические значения экспериментальных данных силы натяжения в крыльях моделей закидных неводов T , силы гидродинамического сопротивления R_c и коэффициента гидродинамического сопротивления c_x .
4. Определить зависимости коэффициента гидродинамического сопротивления от числа Рейнольдса Re , сплошности F_0 , формы модели f/L и выдувания сетной стенки θ .

$$c_x = f(Re, F_0, \frac{f}{L}, \theta). \quad (1)$$

5. Аппроксимировать экспериментальные данные в виде явной зависимости. Данный эксперимент является продолжением исследований [1].

Экспериментальная база (гидроканал ОАО «МариНПО»).

Гидроканал (рис. 1, табл. 1) представляет собой вертикальную замкнутую трубу, в которой под действием импеллера вокруг неподвижного объекта прогоняется вода [2, 3].

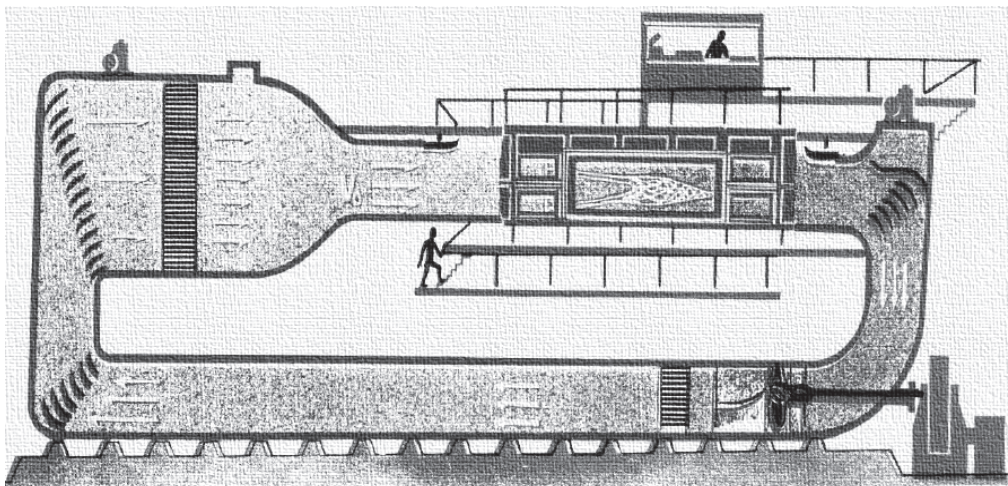


Рис. 1. Гидроканал ОАО «МариНПО» в продольном разрезе

Технические характеристики гидроканала

| Параметр | Значение |
|--|-------------|
| Габаритные размеры, м | 34 x 9 x 12 |
| Габаритные размеры рабочего участка, м | 14 x 3 x 2 |
| Высота рабочего участка по зеркалу воды, м | 2 |
| Объем воды, м ³ | 900 |
| Мощность привода потребляемая, кВт | 117 |
| Мощность привода установленная, кВт | 250 |
| Диаметр импеллера, м | 2,1 |
| Производительность импеллерного насоса м ³ /с | 21,0 |
| Минимальное значение скорости потока воды, м/с | 0,25 |
| Максимальное значение скорости потока воды, м/с | 1,0 |

План эксперимента

Эксперимент включает в себя проведение трех опытов (опыт № 1, опыт № 2 и опыт № 3). Номер опыта соответствует номеру модели, т.е. опыт № 1 проводится с моделью № 1 и т.д. В каждом опыте модель исследуется при трех значениях коэффициента выдувания θ , трех значениях числа Рейнольдса, четырех значениях f/L (рис. 2). Схема опытной установки показана на рис. 3. При первом значении коэффициента выдувания модель устанавливается в гидроканале (рис. 4) при первом значении отношения f/L и прогоняется при трех значениях скоростей потока воды. Затем модель переустанавливается в положение, соответствующее второму значению отношения f/L и в этом положении снова прогоняется при трех значениях скоростей и т.д. Всего задается четыре значения отношения f/L .

Затем аналогичным образом модель № 1 исследуется при втором и третьем значении коэффициента выдувания.

Аналогично проводится опыт № 2 (с моделью № 2) и опыт № 3 (с моделью № 3).

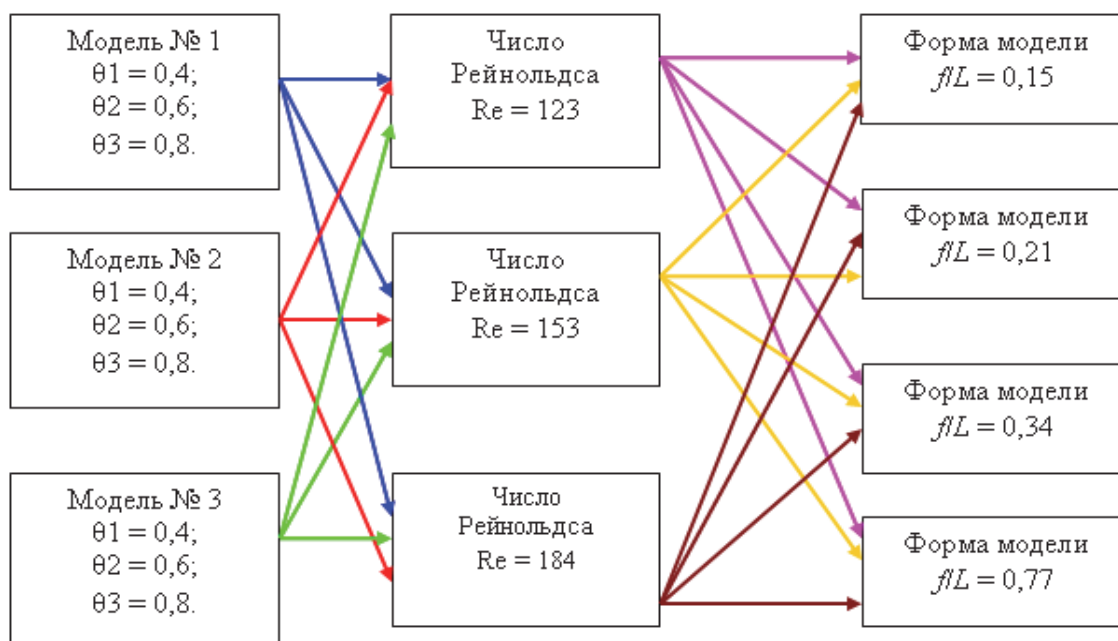


Рис. 2. План эксперимента

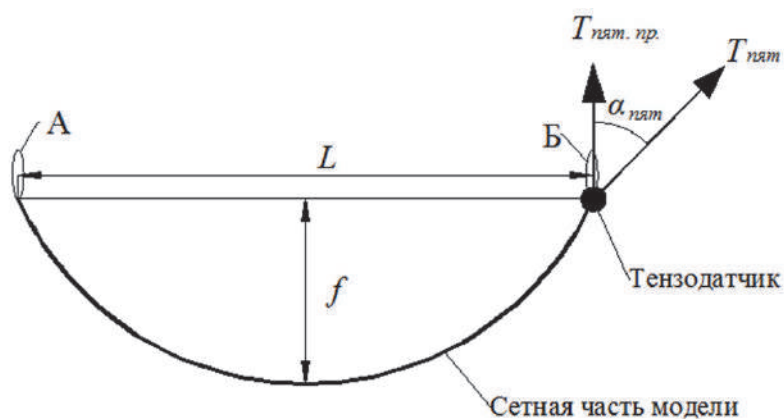


Рис. 3. Схема проведения эксперимента

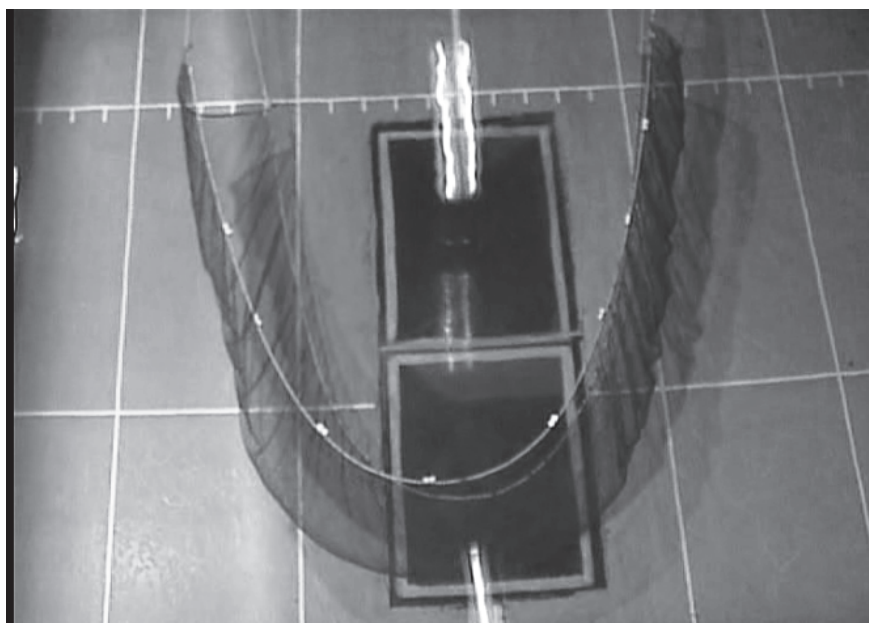


Рис. 4. Модель № 2 в гидроканале

Характеристики модели (таблица 2) подбирались исходя из распределения значений сплошности F_0 . Масштабы подобия кинематической вязкости, плотности воды приняты равными единице. Основанием для выбора диаметра нитки и шага ячеей модели является обеспечение сплошности модели и натуре $F_0 = idem$

$$\frac{d_{\text{мод}}}{a_{\text{мод}}} = \frac{d_{\text{нат}}}{a_{\text{нат}}}, \quad (2)$$

где $d_{\text{мод}}$ и $d_{\text{нат}}$ – соответственно диаметр нити модели и натурального невода; $a_{\text{мод}}$ и $a_{\text{нат}}$ – соответственно шаг ячеей модели и натурального невода.

Для моделирования выбраны три натуральных закидных невода, таким образом, чтобы получить диапазон значений сплошности. Значения сплошности моделей подбирались после анализа справочной литературы [4, 5].

Сплошность модели № 1 соответствует сплошности невода озера зимнего с подзором 503 x 4. Сплошность модели № 3 соответствует сплошности бредней 10 x 1,5 для облова сеголетков массой 80 г.

Технические характеристики моделей закидных неводов

| Техническая характеристика | Модель № 1 | Модель № 2 | Модель № 3 |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| Длина верхней подборы, м | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Длина нижней подборы, м | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Длина модели в жгуте, м | 4,5 | 4,5 | 4,5 |
| Высота модели в жгуте, м | 0,93 | 0,93 | 0,93 |
| Длина модели в посадке, м | 3 | 3 | 3 |
| Высота модели посадке, м | 0,69 | 0,69 | 0,69 |
| Диаметр нитки, м | $7,9 \cdot 10^{-4}$ | $0,8 \cdot 10^{-3}$ | $6,9 \cdot 10^{-4}$ |
| Шаг ячее, м | $12 \cdot 10^{-3}$ | $8 \cdot 10^{-3}$ | $4 \cdot 10^{-3}$ |
| Количество ячеей по высоте, шт. | 39 | 58 | 117 |
| Количество ячеей по длине, шт. | 188 | 280 | 563 |
| Сплошность F_0 | 0,133 | 0,202 | 0,348 |
| Горизонтальный посадочный коэффициент U_x | 0,67 | 0,67 | 0,67 |
| Вертикальный посадочный коэффициент U_y | 0,74 | 0,74 | 0,74 |

Сила сопротивления сетной части

$$R_z = 2 \cdot T_{\text{пят.пр}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{пят. пр}}$ – проекция натяжения пятном крыле, которая определяется следующим образом

$$T_{\text{пят.пр}} = T_{\text{пят}} \cdot \cos \alpha_{\text{пят}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{пят}}$ – средний угол атаки пятного крыла в вертикальной плоскости.

Коэффициент силы сопротивления участка модели невода

$$c_x = \frac{2R_z}{\rho v^2 F_H}, \quad (5)$$

где ρ – плотность воды; v – скорость потока воды в гидроканале; F_H – площадь ниток модели.

Точность эксперимента. Любые эксперименты, которые проводятся с помощью измерительных приборов, являются приближенными. Основная причина – ограничения точности измерительных приборов. Для того чтобы экспериментальные результаты могли быть применимы в расчетах их точность должна соответствовать целесообразной для практического применения точности.

Для оценки точности расчета сопротивления сетной части закидного невода необходимо знать возможную на практике погрешность определения значений указанных выше величин.

В итоге можно сделать следующие **выводы:**

1. Модели закидных неводов имеют различные значения сплошности.
2. Форма модели закидного невода характеризуется отношением стрелы прогиба к расстоянию между крыльями f/L и выдуванием сетной стенки θ . Задано четыре значения f/L ($0,15 \leq f/L \leq 0,77$) и три значения θ ($0,4 \leq \theta \leq 0,8$).
3. Опыты с моделями проводятся в интервале чисел Рейнольдса $123 \leq Re \leq 184$.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта РФФИ «Математическое, физическое и имитационное моделирование сетных орудий рыболовства и аквакультуры» №15-08-00464-а.

Библиографический список

1. Недоступ А.А., Соколова Е.В. Экспериментальные исследования геометрических и силовых характеристик модели закидного невода // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. Рыб хоз-во. 2013. № 2. С.122-129.
2. Курляндский Ю.М. Гидроканал ОАО «МариНПО» // Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки и техники Российской Федерации Фридмана Александра Львовича и 95-летию со дня основания кафедры промышленного рыболовства (20-21 мая). Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2010. С. 344-350.
3. Недоступ А.А. Экспериментальная гидромеханика орудий рыболовства: учеб. пособие. М.: Моркнига, 2014. 363 с.
4. Орудия облова прудов рыбоводных хозяйств: справ / под общ. ред. А.И. Литвиненко. Тюмень: ФГУП «Госрыбцентр», 2010. 194 с.
5. Орудия промышленного рыболовства внутренних водоемов России: справ: в 4 т. Тюмень: Сибирский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт рыбного хозяйства, 2003.

E.V. Sokolova
FSBEI HE «KSTU», Kaliningrad, Russia

STATEMENT OF THE PROBLEM OF EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE MODELS OF THE BEACH SEINE IN THE HYDROCANAL OF MARINPO

The article is devoted to the planning of experimental research of models of the beach seine in the hydrocanal of «MariNPO». The aim and tasks of the experiment are determined, the experimental base is described.

Halyna Tkachenko¹, Joanna Grudniewska²

¹Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Poland; Arciszewski Str. 22B, 76-200 Slupsk, Poland; e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl, biology.apsl@gmail.com

²Department of Salmonid Research, Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, 83-330 Żukowo, Poland; e-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

TISSUE-DEPENDENT AMINOTRANSFERASES ACTIVITY IN GRAYLING (*THYMALLUS THYMALLUS* LINCK) AFTER CHLORAMINE-T DISINFECTION

Chloramine-T, a widely used disinfectant for the treatment of gill diseases of fish in freshwater, can be toxic to fish (Powell and Perry, 1996). Therefore, the aim of the current study was to examine the effects of disinfection by Chloramine-T on the gills, muscle, hepatic, and cardiac tissues of grayling (Thymallus thymallus Linck) using markers of protein metabolism [alanine (ALT) and aspartate aminotransferases (AST) activity]. Twenty clinically healthy grayling were used in the experiments. In the disinfectant exposure, grayling (n = 10) were exposed to Chloramine-T in final concentration 9 mg per L. Control group of grayling (n = 10) were handled in the same way as Chloramine-T exposed groups. Fish were bathed for 20 min and repeated three times every 3 days. Two days after the last bathing fish were sampled. The present investigation demonstrates the alterations in biochemical enzyme activities of ALT and AST in the fish tissues under the disinfective procedure with Chloramine-T in dose 9 mg per L. The most alterations in enzymes' activity and metabolites was observed in liver and may be due to its prime role in detoxification of the compound. In addition, increased AST activity in the hepatic tissue may result from mobilization of aspartate for glucose production through the gluconeogenesis pathway to provide excess energy required to cope with stress. Therefore, these biochemical parameters can be considered as indicators for assessment of disinfective effects, although further studies are required for investigating the mechanism involved in this pattern.

Key words: Chloramine-T, disinfection, grayling *Thymallus thymallus*, muscle tissue, gills, liver, heart.

INTRODUCTION

Chloramine-T is easy to use and effective against many bacteria (both Gram-negative and -positive), viruses (enveloped and naked), fungi, algae, yeast, and parasites (Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3]). Chloramine-T is effective for the control of bacterial gill disease, proliferative gill disease, and flexibacteriosis. Bacterial gill disease is caused by a variety of Gram-negative bacteria (myxobacteria, aeromonads, and pseudomonads (Snieszko, 1981, Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3]). The disease is highly contagious among cultured salmonids and can lead to substantial fish losses. An approved therapeutant to control bacterial gill disease is needed to enable the production of salmonids for restoration of fish stocks and for sport and commercial fisheries (Bills et al., undated). Flexibacteriosis is a generic term that includes columnaris disease, saddleback disease, bacterial cold water disease, tail rot, peduncle disease, and related infections caused by the disease organisms *Flexibacter columnaris* (*Cytophaga columnaris*) and *F. psychrophilus* in freshwater and *F. maritimus* in marine fish (Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3]).

Impacts of chloramine-T have been assessed in a variety of freshwater and marine life. In spotted sea trout eggs and larvae, 48-hour medium tolerance limits were 14.14, 0.57 and 5.75 ppm [50.20, 2.0, and 20.4 µM] for two-hour- and ten-hour-old eggs, and one-hour post-hatch larvae, respectively. Exposure of larval lobsters to 1.0 mg/L [3.6 µM] chloramine-T resulted in a reduction in dry weight increase, standard respiration rate, growth, and metabolic activity (Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3]).

In intermittent exposures of rainbow trout to chloramine-T at the therapeutic concentration (10 mg/L [36 μ M]), the fish exhibited behaviors that were consistent with respiratory distress (i.e., fish crowing at the surface and appeared to hyperventilate (study details not provided) (Powell and Perry, 1996). Additional studies were performed to investigate the impact of a single exposure to chloramine-T. One-hour exposures of rainbow trout to chloramine-T (9 or 2 mg/L [30 or 7 μ M]) or p-TSA (9 mg/L [50 μ M]) through catheterized dorsal aorta resulted in a significant increase in both ventilation rates and PCO₂ levels. Both parameters returned to baseline levels within 90 minutes of removal from chloramine-T (Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3]).

In this study, we have tested use of Chloramine-T in dose 9 mg per L in disinfective procedures in the grayling (*Thymallus thymallus* Linck). To observe the effects of Chloramine-T at the therapeutic concentration, grayling, which is one of the most important salmonids in human diet was studied. This study opens a new perspective on the investigation of toxic effects of Chloramine-T, mainly with respect to the biochemical parameters in various tissues of grayling. Further, the aim was to evaluate the safety of this disinfective product (recently has been attracting researchers' attention for use in aquatic animals) for fish health using markers of protein metabolism [alanine (ALT) and aspartate aminotransferases (AST) activity] in the gills, muscle, hepatic, and cardiac tissues of grayling.

MATERIALS AND METHODS

Fish. Twenty clinically healthy grayling (*Thymallus thymallus*) were used in the experiments. The study was carried out in a Department of Salmonid Research, Inland Fisheries Institute (Rutki, Poland). Experiments were performed at a water temperature of 16 \pm 2 $^{\circ}$ C and the pH was 7.5. The dissolved oxygen level was about 12 ppm with additional oxygen supply. All biochemical assays were carried out at Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Słupsk (Poland).

The fish were divided into two groups and held in 250-L square tanks (70 fish per tank) supplied with the same water as during the acclimation period (2 days). On alternate days, the water supply to each tank was stopped. In the disinfectant exposure, grayling (n = 10) were exposed to Chloramine-T in final concentration 9 mg per L. Control group of grayling (n = 10) were handled in the same way as Chloramine-T exposed groups. Fish were bathed for 20 min and repeated three times every 3 days. Two days after the last bathing fish were sampled. Fish were not anesthetized before tissue sampling.

Tissue isolation. Tissue samples were removed from grayling after decapitation. One grayling was used for each homogenate preparation. Briefly, tissues were excised, weighted and washed in ice-cold buffer. The minced tissues were rinsed clear of blood with cold isolation buffer and homogenized in a homogenizer H500 with a motor-driven pestle on ice. The isolation buffer contained 100 mM tris-HCl; pH of 7.2 was adjusted with HCl.

Analytical methods. All enzymatic assays were carried out at 25 \pm 0.5 $^{\circ}$ C using a Specol 11 spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany). The enzymatic reactions were started by adding the homogenate suspension. The specific assay conditions are presented subsequently. Each sample was analyzed in triplicate. The protein concentration in each sample was determined according to Bradford (1976) using bovine serum albumin as a standard (Bradford, 1976).

Assays of alanine aminotransferase (ALT, E.C. 2.6.1.2) and aspartate aminotransferase (AST, E.C. 2.6.1.1) activities. ALT and AST activity was analyzed spectrophotometrically by standard enzymatic method (Reitman and Frankel 1957). The ketoacids produced by the enzyme action reacts with 2,4-dinitrophenylhydrazine producing hydrazone complex measured calorimetrically at 530 nm. ALT and AST activities were expressed as μ mol pyruvate per h per mg of protein.

Statistical analysis. The mean \pm S.E.M. values was calculated for each group to determine the significance of inter group difference. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test (p > 0.05). Significance of differences between the oxidative stress biomarkers level (significance level, p < 0.05) was examined using Mann-

Whitney *U* test. Correlations between parameters at the set significance level were evaluated using Spearman's correlation analysis (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 8.0 software (Poland).

RESULTS AND DISCUSSION

The present study is mainly concerned with comparative evaluation of enzymatic activities after disinfective procedure with Chloramine-T in different tissues, namely, liver, muscle, gill, and heart of grayling.

Alanine aminotransferase (ALT) plays a main role in synthesis and deamination of amino acids during stress imposed conditions for meeting the high energy demand of the organism (Van Waarde and De Wilde-Van Berge Henegouwen, 1982). Alanine aminotransferase activity in the muscle tissue, gills, hepatic and cardiac tissues of the trout disinfected by Chloramine-T is presented in fig. 1.

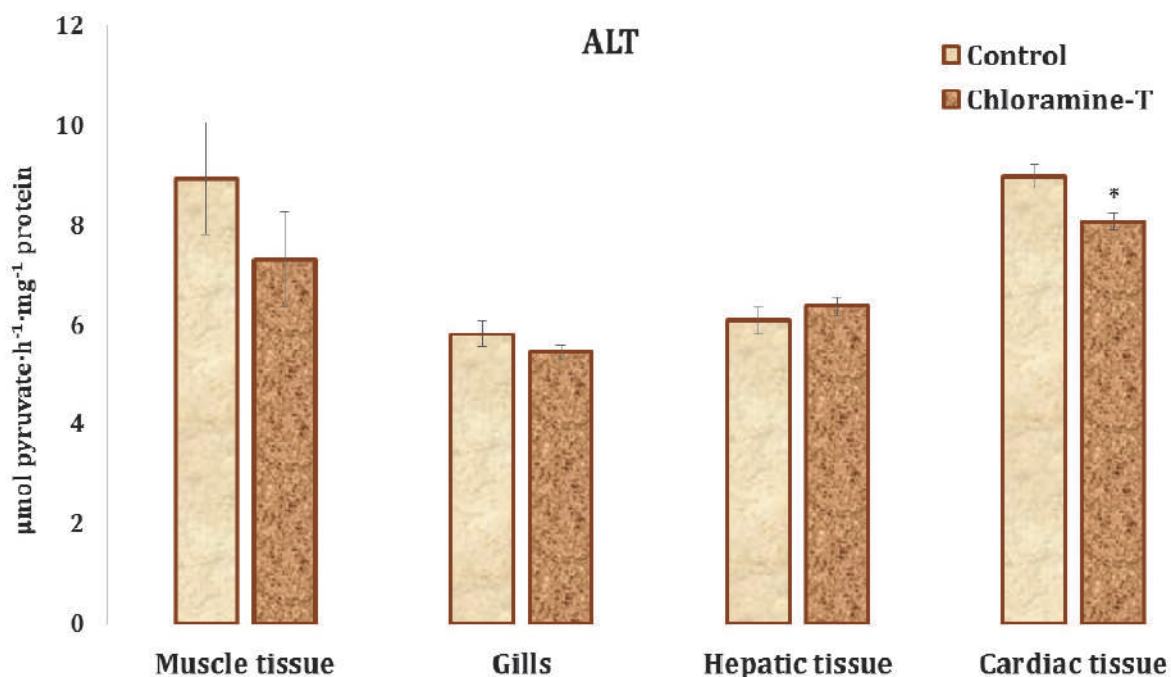


Fig. 1. Alanine aminotransferase (ALT) activity in the muscle tissue, gills, hepatic and cardiac tissues of the trout disinfected by Chloramine-T. Data are represented as mean \pm S.E.M.

* The significant difference was shown as $p < 0.05$ when compared disinfected group ($n = 10$) and unhandled group ($n = 10$) values

In the present study, ALT activity after exposition of Chloramine-T was significantly decreased by 10 % ($p = 0.005$) in the cardiac tissue of the fishes when compared to control value (fig. 1). Muscle and gill tissues also showed similar results as in cardiac tissue such as decrease of ALT activity by 18 and 6.4 % ($p > 0.05$), respectively. In case of hepatic tissue, ALT activity was non-significantly increased compared to control. The results clearly depicted that ALT activity was raised lowly in the cardiac tissue of grayling but this decreased activity was not tissue specific. The increased activity of ALT in different tissues of the test fishes indicated tissue damage which may be due to disturbance in normal physiological and biochemical processes such as Krebs' cycle, TCA cycle, and subsequent leakage of this enzyme from the tissue cytosol through membrane into the blood stream (Samanta et al., 2014). The oxaloacetic acid, pyruvate and α -ketoglutarate might have been channeled into the citric acid cycle. The glutamic acid formed from transamination may be subsequently deaminated leading to the formation of ammonia (Bidigare and King, 1981). Several authors observed increased activity of ALT as a consequence of xenobiotics exposure in teleostean fishes. Enhanced activity of ALT provided the oxaloacetic

acid and pyruvate to meet the increased energy demand during carbofuran imposed stress condition in the freshwater fish, *Clarias batrachus*. The activity levels of ALT, AST, glutamate dehydrogenase and glycogen phosphorylase a were found to increase in liver and muscle tissues during the exposure period (Begum, 2004). However, in our study, ALT activity was reduced in comparison to the untreated control and approaching towards the control value in the hepatic tissue. In case of ALT, recovery pattern was in the following order: muscle tissue (18 %) > cardiac tissue (10 %) > gills (6.4 %) (fig. 1). Decreased ALT activity in the tissues of test fishes after disinfective procedure could represent an induction of adaptive repairing mechanism against the Chloramine-T toxicity.

Aspartate aminotransferase activity in the muscle tissue, gills, hepatic and cardiac tissues of the trout disinfected by Chloramine-T is presented in fig. 2.

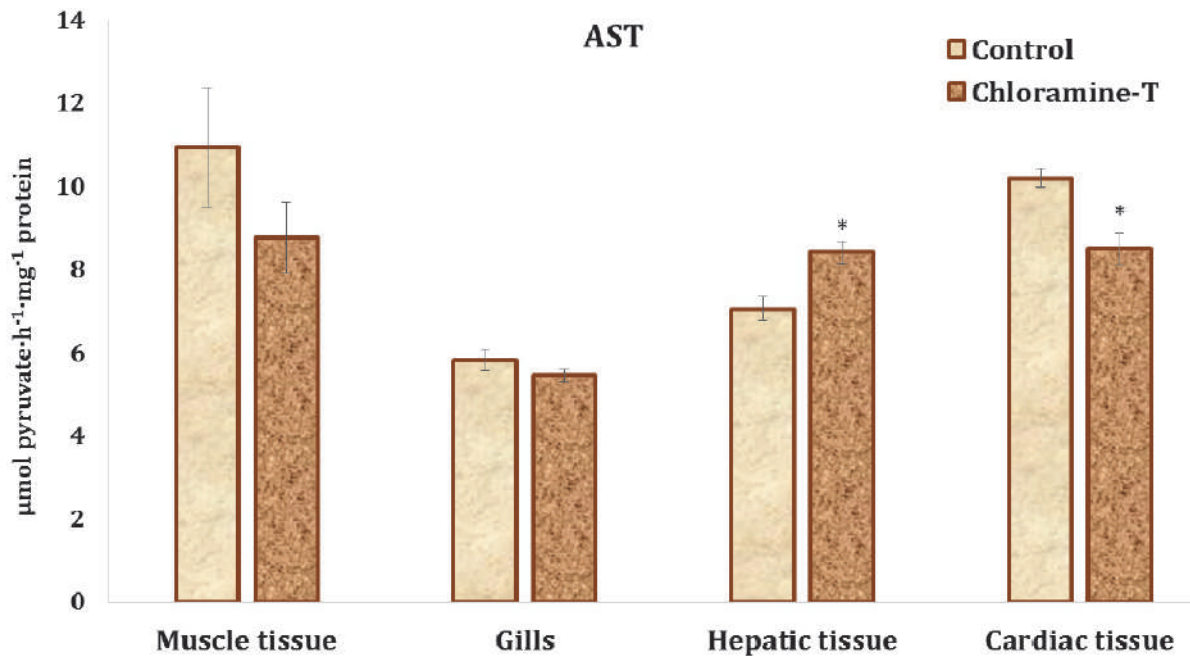


Fig. 2. Aspartate aminotransferase (AST) activity in the muscle tissue, gills, hepatic and cardiac tissues of the trout disinfected by Chloramine-T. Data are represented as mean ± S.E.M.

* The significant difference was shown as $p < 0.05$ when compared disinfected group ($n = 10$) and unhandled group ($n = 10$) values

Aspartate aminotransferase (AST), although a liver specific enzyme, is found in high amounts in skeletal muscle cells and promotes gluconeogenesis from amino acids in association with ALT (Samanta et al., 2014). AST activity was increased significantly in the hepatic tissue by 19 % ($p = 0.007$) but decreased in the cardiac tissue by 16.7 % ($p = 0.002$) as compared to control value during Chloramine-T disinfection (fig. 2). AST activity in the muscle tissue and gills after Chloramine-T exposition showed usual trend of decreased as compared to control value. In the present study, liver tissue showed the highest elevation of AST activity, while, in heart, the decrease of AST activity was observed. In case of muscle and gill tissues, non-statistically decreased AST activity was 20 % and 7 %, respectively (fig. 2). Considering all the tissues, here, the increase of AST activity was observed in the liver (by 19 %, $p = 0.007$) and the decrease in the gills, muscle and cardiac tissues under Chloramine-T exposure. The study also showed that hepatic and cardiac tissues were more sensitive to the changes than gills and muscle tissue. Enhanced AST activity in the liver of investigated fish under Chloramine-T exposure in the present study was an indication of damage either in tissues or organs leading to release of the enzyme into the serum or blood circulation and the presence of these metabolites acts as intermediate to the Krebs' cycle. The decrease pattern was in the following order: muscle tissue (20 %) > cardiac tissue (16.7 %) > gills (7 %). Reduced activity of AST after disinfective procedure indicated

counter response mechanism by the fishes to protect the permeability and integrity of membrane structure against Chloramine-T toxicity and to develop a compensatory response in the physiological system.

Polakof and Soengas (2008) have obtained evidence in rainbow trout for a role of lactate in glucose homeostasis as well as in the function of glucosensing tissues. The response of parameters assessed (metabolite levels, enzyme activities and glucokinase expression) in tissues provided evidence for (1) a role for lactate in the regulation of glucose homeostasis through changes not only in brain regions but also in liver energy metabolism, which are further reflected in changes in plasma levels of metabolites; (2) the possible presence in trout brain of an astrocyte–neuron lactate shuttle similar to that found in mammals; and (3) the lack of capacity of lactate to mimic *in vitro* (but not *in vivo*) glucose effects in fish glucosensing regions. Data obtained in the study of Polakof and Soengas (2008) provide several pieces of indirect evidence allowing to suggest the presence in trout brain of an astrocyte–neuron lactate shuttle similar to that proposed in mammals, reinforcing previous data obtained in rainbow trout brain of the use of lactate as fuel. Furthermore, lactate metabolism is also apparently involved in glucose homeostasis through changes in plasma glucose levels and glucose production in liver (Polakof and Soengas, 2008).

In our previous study (Tkachenko et al., 2012; Tkachenko and Grudniewska, 2015; Tkachenko and Grudniewska, 2016, a–e), we assessed the influence of chloramine-T on oxidative stress biomarkers and metabolic alterations in various tissues of grayling and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Chloramine-T bathing markedly decrease aldehydic and ketonic derivatives of oxidative protein, and aminotransferases activity only in rainbow trout liver, and their elevation is a compensatory mechanism to impaired metabolism. No significant changes were found in oxidative stress biomarkers between control and chloramine-treated brown trout. For grayling, Chloramine-T exposure caused significantly elevation in the levels of severe oxidative stress biomarkers in the liver. Increased aldehydic and ketonic derivatives of oxidative protein could modify lactate and pyruvate levels, aminotransferases and lactate dehydrogenase activities, principally causing increased enzymes activity due to oxidative stress in the liver of chloramine-exposed fish (Tkachenko et al., 2012). Our results also showed that chloramine-T bathing markedly increase aldehydic and ketonic derivatives of oxidative protein in hepatic tissue, while significantly decrease of carbonyl derivatives in cardiac tissue of grayling was observed (Tkachenko and Grudniewska, 2015, 2016c). In the muscle tissue of grayling, chloramine-T bathing markedly decrease lipid peroxidation with non-significant decrease of aldehydic and ketonic derivatives of oxidative proteins. However, reduced lipid peroxidation results in decrease of total antioxidant capacity. Moreover, decreased lipid peroxidation level causes decrease of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins (Tkachenko and Grudniewska, 2016d). Our results also showed that Chloramine-T non-significantly decrease lipid peroxidation as well as aldehydic and ketonic derivatives of oxidative proteins in the gills of grayling. No statistically significant alterations in the activities of antioxidant defenses instead catalase and superoxide dismutase activity in the gill tissue of grayling disinfected by Chloramine-T were noted (Tkachenko and Grudniewska, 2016b).

The effects of disinfection by Chloramine-T using oxidative stress biomarkers (levels of 2-thiobarbituric acid reactive substances and derivatives of oxidatively modified proteins) and biochemical enzymes' activity [alanine- and aspartate aminotransferases (ALT and AST), lactate dehydrogenase (LDH)] were assessed in the muscle tissue of rainbow trout (Tkachenko and Grudniewska, 2016a). Our results showed that Chloramine-T bathing caused the decrease of the lipid peroxidation as well as ALT and AST activity and significant decrease of LDH activity (by 339 %, $p = 0.017$) compared to controls. Chloramine-T markedly affected on lactate and pyruvate metabolism and resulted to decrease of LDH activity. Correlative analysis revealed that the lipid peroxidation level is correlated with ALT and AST activity in the muscle tissue of unhandled control group. In the muscle tissue of trout disinfected by Chloramine-T, LDH activity is correlated positively with ALT and AST activity. Thus, the skeletal muscles of fish play an important role in the processing of lactate through the gluconeogenic and glycogenic pathways including a greater potential for biosynthesis (Tkachenko and Grudniewska 2016a, e).

The effects of disinfection by Chloramine-T on the muscle tissue of grayling using oxidative stress biomarkers [levels of 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and oxidative modified protein (OMP) derivatives] and antioxidant defense (superoxide dismutase, catalase, glutathione reductase, glutathione peroxidase, total antioxidant capacity) was studied in our previous study (Tkachenko and Grudniewska, 2016f). Our results showed that Chloramine-T bathing markedly decrease lipid peroxidation with non-significant decrease of aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins. However, reduced lipid peroxidation results in decrease of total antioxidant capacity. Moreover, decreased lipid peroxidation level causes decrease of aldehydic ($r = 0.854$, $p = 0.002$) and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins ($r = 0.852$, $p = 0.002$). Fish developed tissue-specific enzyme responses, such as decrease in superoxide dismutase and catalase activity as well as total antioxidant capacity in muscle tissue with decrease of lipid peroxidation as response to the Chloramine-T disinfection. Correlative analysis has revealed positive correlations between oxidative stress biomarkers (aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins, TBARS as marker of lipid peroxidation) and antioxidant defenses (Tkachenko and Grudniewska, 2016f).

CONCLUSIONS

The present investigation demonstrates the alterations in biochemical enzyme activities of ALT and AST in the fish tissues under the disinfective procedure with Chloramine-T in dose 9 mg per L. The most alterations in enzymes' activity and metabolites were observed in liver and may be due to its prime role in detoxification of the compound. In addition, increased AST activity in the hepatic tissue may result from mobilization of aspartate for glucose production through the gluconeogenesis pathway to provide excess energy required to cope with stress. Therefore, these biochemical parameters can be considered as indicators for assessment of disinfective effects, although further studies are required for investigating the mechanism involved in this pattern.

REFERENCES

1. Bidigare R.R., King F.D. 1981. The measurement of glutamate dehydrogenase activity in *Praunus flexuosus* and its role in the regulation of ammonium excretion // *Comp. Biochem. Physiol.* 70B: 409–413.
2. Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem.* 72: 248–254.
3. Chloramine-T [127-65-1] and Metabolite p-Toluenesulfonamide [70-55-3] // *Review of Toxicological Literature / Prepared for Scott Masten, Ph.D.; National Institute of Environmental Health Sciences, Submitted by Karen E. Haneke, M.S. Integrated Laboratory Systems, 2002.*
4. Polakof S., Soengas J.L. 2008. Involvement of lactate in glucose metabolism and gluco-sensing function in selected tissues of rainbow trout // *J. Exp. Biol.* 211(Pt 7): 1075–1086.
5. Powell M.D., Perry S.F. 1996. Respiratory and acid-base disturbances in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) blood during exposure to chloramine-T, para-toluenesulfonamide, and hypochlorite // *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 53: 701–708.
6. Reitman S., Frankel S. 1957. A colorimetric method for determination of serum oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminases // *American Journal of Clinical Pathology.* 28: 56–63.
7. Samanta P., Pal S., Mukherjee A.K., Ghosh A.R. 2014. Evaluation of metabolic enzymes in response to Excel Mera 71, a glyphosate-based herbicide, and recovery pattern in freshwater teleostean fishes // *Biomed. Res. Int.* 2014: 425159.
8. Snieszko S.F. 1981. Bacterial gill disease of freshwater fishes. U.S. Fish Wildl Serv, Fish Dis Leaflet 62. 11 p.
9. Tkachenko G.M., Grudniewska J. 2015. Tissue-specific response of protein oxidation in the grayling (*Thymallus thymallus* L.) disinfected by chloramine-T // *Scientific Medical Bulletin.* 1(1): 76–82.

10. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016a. Biochemical changes in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) disinfected by Chloramine-T. *Baltic Coastal Zone // Journal of Ecology and Protection of the Coastline*. 20: 101–116.
11. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016b. Influence of chloramine-T on oxidative stress biomarkers in the muscle tissue of grayling (*Thymallus thymallus*) // *Scientific journal «Kalinin-grad State Technical University News»*. 42: 49–58.
12. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016c. Influence of chloramine-T on oxidative stress biomarkers in the cardiac tissue of grayling (*Thymallus thymallus* Linn.) // *Globalisation and regional environment protection. Technique, technology, ecology / Scientific editors Tadeusz Noch, Wioleta Mikołajczewska, Alicja Wesołowska*. Gdańsk: Gdańsk High School Publ., 2016. – P. 213–234.
13. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016d. Lipid and protein oxidation in the muscle tissue of grayling (*Thymallus thymallus* Linn.) after Chloramine-T disinfection // *Materials of the International Forum «The Current State and Prospects for the Development of Aquaculture in the Caspian Region»*, dedicated to the 85th anniversary of Dagestan State University and the 75th anniversary of Professor F. Magomayev / ed. F. Magomayev, S. Chalayeva, S. Kurbanova, A. Shakhnazova (Makhachkala, 17–19 October, 2016). Makhachkala: Printing house IPE RD, 2016. P. 168–175.
14. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016e. Effect of chloramine-T disinfection on oxidative stress biomarkers in the gill tissue of grayling (*Thymallus thymallus*) // *Trudy VNIRO (Tr. ВНИРО)*. 162: 150–160.
15. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016f. Oxidative stress biomarkers in the muscle tissue of grayling (*Thymallus thymallus* Linck) after Chloramine-T disinfection // *Słupskie Prace Biologiczne*. 13: 231–252.
16. Tkachenko H., Kurhaluk N., Grudniewska J. 2012. Effects of Chloramine-T exposure on oxidative stress biomarkers and liver biochemistry of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), brown trout, *Salmo trutta* (L.), and grayling, *Thymallus thymallus* // *Arch. Pol. Fish.* 21: 41–51.
17. Van Waarde A, De Wilde-Van Berge Henegouwen M. 1982. Nitrogen metabolism in goldfish, *Carassius auratus* (L.). Pathway of aerobic and anaerobic glutamate oxidation in goldfish liver and muscle mitochondria // *Comparative Biochemistry and Physiology B: Comparative Biochemistry*. 72(1): 133–136.
18. Zar J.H. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall Inc.

Halyna Tkachenko¹, Joanna Grudniewska², Agnieszka Pękala-Safińska³

¹Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Poland; Arciszewski Str. 22B, 76-200 Slupsk, Poland; e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl, biology.apsl@gmail.com

²Department of Salmonid Research, Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute, 83-330 Żukowo, Poland; e-mail: jgrudniewska@infish.com.pl

³Department of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute, Pulawy, Poland

TOTAL ANTIOXIDANT CAPACITY IN THE CARDIAC TISSUE OF RAINBOW TROUT *ONCORHYNCHUS MYKISS* IMMUNIZED AGAINST *YERSINIA RUCKERI*

The enteric redmouth (ERM) disease, or Yersiniosis, caused by an ubiquitous pathogen Yersinia ruckeri, is traditionally associated with rainbow trout. ERM has been controlled successfully using immersion-applied bacterin vaccines for several decades. Considering the extensive use of vaccination against Y. ruckeri, it would be valuable to assess the oxidative stress biomarkers in different tissues of immunized fish. Thus, the present study aimed to investigate the effects of immunization against Y. ruckeri. The total antioxidant activity in the cardiac tissue of rainbow trout immunized against Y. ruckeri after two months of the finish of oral vaccination were assessed. Clinically healthy rainbow trout with a mean body mass of 107.9 ± 3.1 g were used in the experiments. The experiments were performed in water at 14.5 ± 0.5 °C and pH 7.2–7.4. The fish were divided into two groups: untreated control and immunized against ERM. The vaccine against ERM (Department of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute, Pulawy, Poland) contained three inactivated Y. ruckeri strains originating from rainbow trout cultured at different farms, in which fish were exhibiting clinical signs of ERM. The bacteria isolates belonged to O1 serotype and showed some differences in their biochemical properties. Concentrated vaccine was enclosed by fish feed, and was administered three times every other day. Fifteen rainbow trout from each group were euthanized 60 d after the finish of vaccination, and then cardiac tissue samples were collected. The findings described in the present study allow the conclusion that immunization by anti-Yersinia vaccine decrease the TAC level. Understanding the role of oxidative stress in the tissues of vaccinated trout has important implications for understanding of the complex physiological changes that occur in immunization but also for improving aquaculture practices to maximize tissues growth and health of vaccinated trout. The oxidative stress biomarkers, i.e. content of antioxidant defenses biomarkers were sensitive to vaccination of trout against Y. ruckeri and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine toxicity in rainbow trout.

Key words: yersiniosis, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), lipid peroxidation, oxidatively modified proteins, antioxidant defenses, cardiac tissue.

INTRODUCTION

The enteric redmouth (ERM) disease, or Yersiniosis, caused by an ubiquitous pathogen *Yersinia ruckeri*, is traditionally associated with rainbow trout (Ormsby et al., 2016). The disease gets its name from the subcutaneous hemorrhages, it can cause at the corners of the mouth and in gums and tongue. Other clinical signs include exophthalmia, darkening of the skin, splenomegaly and inflammation of the lower intestine with accumulation of thick yellow fluid. The bacterium enters the fish via the secondary gill lamellae and from there it spreads to the blood and internal organs (Pękala and Antychowicz, 2010; Kumar et al., 2015).

Vaccination plays an important role in protecting salmonids against the bacterial pathogen *Y. ruckeri* but, in recent years, there has been an increasing incidence of vaccine breakdown in salmon. For instance, Ormsby and co-workers (2016) have demonstrated that *Y. ruckeri* isolates recovered from diseased Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Scotland are more diverse than those from rainbow trout; furthermore, isolates from the two species represent distinct sub-populations. In addition, a new O-serotype was identified that is responsible for a significant proportion of Atlantic salmon disease. This is largely because current vaccines are aimed at rainbow trout and

based on serotypes specific for this species. A wider range of serotypes is responsible for infection in Atlantic salmon but very little is known about the diversity of these strains and their relationships to those recovered from rainbow trout. Haig and co-workers (2011) have demonstrated that strains recovered from infected salmon possess a wider range of phenotypic properties (relative virulence, O serotype and possession of serum-resistance factors), compared to ERM-causing rainbow trout isolates.

Response of oxidative stress biomarkers in different tissues of fish is dependent of immune system activation and reactive oxygen species (ROS) generation due to respiratory burst in response to microbe recognition induced by vaccination. Paiva and Bozza (2014) described the mechanisms by which ROS directly kill microbes or interfere with the immune response, the role of ROS in pathogenic viral, bacterial, and protozoan infections (Paiva and Bozza, 2014). Phagocytes recognize microbes through many molecular patterns displayed by them and try to engulf them. Once a microbe is phagocytosed, the nature of the molecules recognized on microbe's surface dictates the treatment enacted within the phagosome. Respiratory burst, a process by which NADPH oxidase generates ROS in response to microbe recognition, is a possible outcome of this process and helps to get rid of many microbes (Paiva and Bozza, 2014). Once a pathogen is phagocytosed, it must subvert the respiratory burst, withstand its oxidative power, or escape the phagosome to survive (Paiva and Bozza, 2014). Microbe recognition sets the immune system in motion, and ROS are produced not only in the phagocyte respiratory burst but also in other cell compartments, such as mitochondria, as intermediaries in many signal transduction pathways, such as leukocyte pattern recognition receptor (PRR) signaling. The generation of ROS is a prerequisite to the formation of neutrophil extracellular traps (NETs); is actively involved in phagolysosomal formation and enzymatic degradation; autophagy; chemoattraction and inflammation; cell death of infection reservoirs; antigenic presentation, T-helper polarization, and lymphocyte proliferation; iron redistribution among tissues and cell compartment availability of iron (Paiva and Bozza, 2014).

The antioxidant enzymes that provide the first line of cellular defense to ROS include superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione peroxidase (GPx) and glutathione reductase (GR), glutathione S-transferase (GST) etc. However, an imbalance between the activities of cellular antioxidant enzymes and ROS production results in oxidative stress and cellular damage. If the antioxidant system is not able to eliminate or neutralize the excess of ROS, there is an increased risk of oxidative damage (Banaee, 2013). The role of these enzymes are the containment of ROS; it is a classical biomarkers of oxidative stress (Dussauze et al., 2015).

Considering the extensive use of vaccination against *Y. ruckeri*, it would be valuable to assess the total antioxidant capacity (TAC) in different tissues of immunized fish. Thus, the present study aimed to investigate the long-term effects of immunization against *Y. ruckeri*. The TAC level in the cardiac tissue of trout immunized against *Y. ruckeri* after two months after the finish of oral vaccination were assessed.

MATERIALS AND METHODS

Experimental animals. Clinically healthy rainbow trout with a mean body mass of 107.9 ± 3.1 g were used in the experiments. The experiments were performed in water at 14.5 ± 0.5 °C and pH 7.2–7.4. The dissolved oxygen level was about 9 ppm with additional oxygen supply, with a water flow of 25 L/min, and a photoperiod of 12 h per day. The same experimental conditions were used during the whole research. The water parameters were maintained under constant surveillance. The fish were held in square tanks (150 fish per tank) and fed commercial pelleted diet.

Experimental design. The fish were divided into two groups: untreated control (n = 15) and immunized against ERM (n = 15). The vaccine against ERM (Department of Fish Diseases, National Veterinary Research Institute, Pulawy, Poland) contained three inactivated *Y. ruckeri* strains originating from rainbow trout cultured at different farms, in which fish were exhibiting clinical signs of ERM. The bacteria isolates belonged to O1 serotype and showed some differences in their biochemical properties. Concentrated vaccine was enclosed by fish feed, and was

administered three times every other day. Fifteen rainbow trout from each group were euthanized 60 days after the immunization, and then hepatic tissue samples were collected.

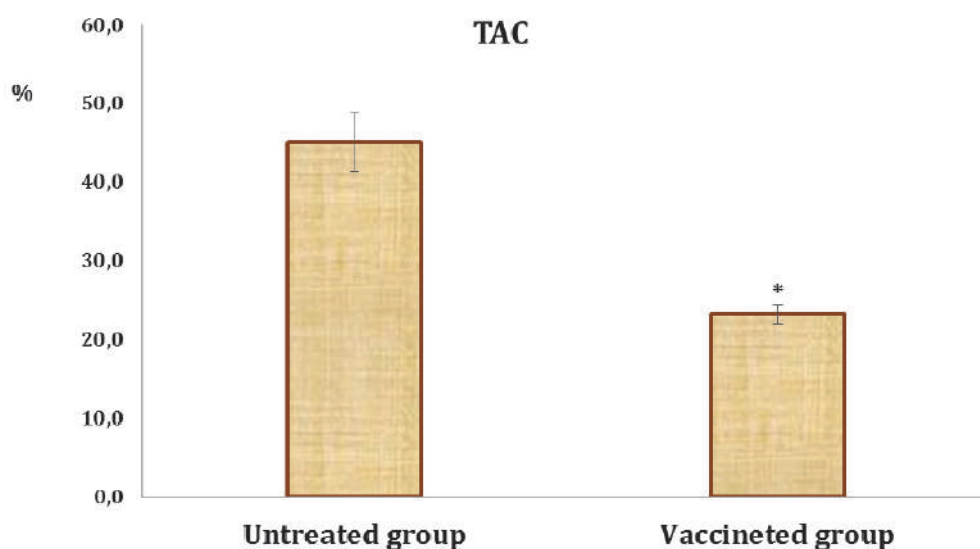
Laboratory analyses. The samples were homogenized in ice-cold buffer (100 mM Tris-HCl, pH 7.2) using a glass homogenizer immersed in ice water bath. Homogenates were centrifuged at 3000 g for 15 min at 4 °C. After centrifugation, the supernatant was collected and frozen at -20 °C until analyzed. Protein contents were determined with the method described by Bradford (1976) with bovine serum albumin as a standard. Absorbance was recorded at 595 nm. All enzymatic assays were carried out at 22 ± 0.5 °C using a Specol 11 spectrophotometer (Carl Zeiss Jena, Germany) in duplicate. The enzymatic reactions were started by adding the tissue supernatant.

Measurement of total antioxidant capacity (TAC). The TAC level in the sample was estimated by measuring the TBARS level after Tween 80 oxidation. This level was determined spectrophotometrically at 532 nm (Galaktionova et al., 1998). Sample inhibits the Fe²⁺/ascorbate-induced oxidation of Tween 80, resulting in a decrease in the TBARS level. Briefly, 0.1 mL of sample was added to 2 mL of 1 % Tween 80 reagent, 0.2 mL of 1 mM FeSO₄, and 0.2 mL of 10 mM ascorbic acid. In the blank assay, 0.1 mL of distilled water was used instead of the sample. The mixture was heated in boiling water bath for 48 hrs at 37 °C. After cooling, 1 mL of 20 % TCA was added. The mixture was centrifuged at 3000 g for 10 min. After centrifugation, 2 mL of supernatant and 2 mL of 0.25 % TBA reagent were mixed. The mixture was heated in a water bath at 95 °C for 15 min. The absorbance of the obtained solution was measured at 532 nm. The absorbance of the blank was defined as 100 %. The level of TAC in the sample (%) was calculated with respect to the absorbance of the blank sample.

Statistical analysis. The mean ± S.E.M. values was calculated for each group to determine the significance of inter group difference. All variables were tested for normal distribution using the Kolmogorov-Smirnov and Lilliefors test ($p > 0.05$). Significance of differences between the oxidative stress biomarkers level (significance level, $p < 0.05$) was examined using Mann-Whitney *U* test. Correlations between parameters at the set significance level were evaluated using Spearman's correlation analysis (Zar, 1999). All statistical calculation was performed on separate data from each individual with STATISTICA 8.0 software (StatSoft, Poland).

RESULTS AND DISCUSSION

Significant decrease of TAC level (by 48.3 %, $p < 0.05$) in the cardiac tissue of the trout vaccinated against *Y. ruckeri* at second months after immunization was found (figure).



The total antioxidant capacity in the liver of the trout treated by vaccine against *Y. ruckeri* at second months after immunization. Data are represented as mean ± S.E.M. (n = 15)

The results were also in agreement with our previous studies (Tkachenko et al., 2015, 2016a–f). Fish exposed to vaccination exhibit a variety of physiological responses, including oxidative metabolism imbalances (Tkachenko et al., 2015, 2016a–e). In our previous study (Tkachenko et al., 2015), we have analyzed the levels of oxidative stress biomarkers [TBARS, aldehydic and ketonic derivatives of OMP, TAC] and metabolic alterations in the liver of juvenile rainbow trout determining the effectiveness of the vaccine against *Y. ruckeri*. A statistically significant reduction in lipid peroxidation between the mean in groups immunized after first and second months after vaccination indicated an effective adaptive antioxidant defense mechanisms of fish for the immunity against *Y. ruckeri*. A similar reduction of lipid peroxidation between the mean in the control group of fish after first and second months of the study was observed. Reducing aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the liver of vaccinated trout after two months after immunization was caused by a high antioxidant capacity of the liver. Activation of proteolytic degradation of the modified amino acid residues may be one reason for the reduction of oxidatively modified derivatives. Increased total antioxidant capacity in the liver of individuals from control and immunized groups at second month after vaccination indicated the powerful adaptability of the liver, helping defend against oxidative stress induced by immunization (Tkachenko et al., 2015).

The alterations in oxidative stress biomarkers may indicate a compensatory response of the fish to vaccination. Differences observed in oxidative stress biomarkers obtained in our previous study (Tkachenko et al., 2015, 2016a–e) could reflect variation in the antioxidant mechanisms of vaccinated fish, duration of exposure, and the vaccine tested. Previous studies have shown that oxidative stress indices in fish may vary depending on the tissue and duration of immunization assessed. To determine the effects of vaccination against *Y. ruckeri* on health condition of rainbow trout in general, and oxidative stress biomarkers and metabolic parameters specifically, as well as to identify mechanisms that underpin the susceptibility of fish to vaccination, we compared the liver and heart function, and the oxidative mechanism underlying those effects, by detecting relevant lipid peroxidation and protein oxidation biomarkers, as well as aerobic-anaerobic metabolism in trout immunized against *Y. ruckeri* at 30 and 60 days post-vaccination and healthy individuals (Tkachenko et al., 2016a, d). Decreased aldehydic and ketonic derivatives of OMP and the reduction of aminotransferases and lactate dehydrogenase activities were sensitive to vaccination of trout against *Y. ruckeri* and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine effects in the liver of rainbow trout (Tkachenko et al., 2016d). The level of lipid peroxidation in the liver and heart on the 61st day after immunization of rainbow trout does not significantly differ from that in the control (Tkachenko et al., 2016a). Vaccination caused a slight decrease of the aldehydic and ketonic derivatives level in the heart and liver against the backdrop of a significant decrease of total antioxidant activity in the cardiac tissue of the trout treated by the vaccine against *Y. ruckeri* on the 61st day after immunization. This is possibly a result of a long-term adaptation to immunization (Tkachenko et al., 2016a).

The effects of vaccination against *Y. ruckeri* on muscle function, and the oxidative mechanism underlying those effects, by detecting relevant lipid peroxidation and protein oxidation biomarkers as well as biochemical alterations in rainbow trout following *Y. ruckeri* vaccination at first and second months after oral immunization (Tkachenko et al., 2016b, c). The TBARS level in the muscle tissue of vaccinated group was at same level compared to unhandled group. The ketonic derivatives of oxidatively modified proteins in the trout following *Y. ruckeri* vaccination at first month after immunization were significantly increased compared to the level in the controls, while the aldehydic derivatives of oxidatively modified proteins were non-significantly increased (Tkachenko et al., 2016c). In our study, vaccination against *Y. ruckeri* at second month after oral immunization results to non-significant decrease of TBARS as lipid peroxidation level, aldehydic and ketonic derivatives of OMP level in the muscle tissue during the second month after immunization against *Y. ruckeri*, while significant changes occurred in GR activity (decreased

by 46 %, $p = 0.017$) and TAC (increased by 44 %, $p = 0.045$). The alterations in markers of oxidative stress and antioxidant defenses suggest that glutathione-dependent enzymes may contribute to balance of oxidative stress in the muscle tissue of trout vaccinated against *Y. ruckeri* (Tkachenko et al., 2016b).

No significant difference was noted in lipid peroxidation level in the muscle tissue of rainbow trout in either the first or second month after vaccination, while aldehydic and ketonic derivatives of oxidatively modified proteins OMB in the vaccinated group were significantly lower in the second month compared to those in the first month after vaccination ($p < 0.05$) (Tkachenko et al., 2016e). The content of ketonic derivatives of OMB in muscles in the first month after immunization was higher compared to untreated control. All these culminated in a depletion of GPx activity and low TAC level. Correlations between CAT activity and lipid peroxidation and TAC confirmed the pivotal role of CAT in antioxidant defense during immunization. From a broader perspective, it is suggested that immunization of fish with anti-*Yersinia* vaccine is associated with induced free radical formation and oxidative stress. Free radicals would therefore be at least partially responsible for the induction of both humoral and cellular elements of the immunity and increased protective immunity against *Y. ruckeri* infection (Tkachenko et al. 2016e).

The early responses of a set of genes may provide essential information and function as biomarkers in future vaccine development in aquaculture. Wangkahart and co-workers (2017) have analysed the expression in spleen and gills of a large set of genes encoding for cytokines, acute phase proteins (APPs) and antimicrobial peptides (AMPs) in response to ERM vaccination in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. ERM vaccination immediately activated a balanced inflammatory response with correlated expression of both pro- and anti-inflammatory cytokines (e.g. IL-1 β 1-2, TNF- α 1-3, IL-6, IL-8 and IL-10A etc.) in the spleen. The increase of pro-inflammatory cytokines may explain the systemic upregulation of APPs (eg serum amyloid A protein and serum amyloid protein P) and AMPs (e.g. cathelicidins and hepcidin) seen in both spleen and gills. These researchers also observed an upregulation of all the α -chains but only one β -chain (p40B2) of the IL-12 family cytokines, that suggests specific IL-12 and IL-23 isoforms with distinct functions might be produced in the spleen of vaccinated fish. Notably the expression of Th1 cytokines (IFN- γ 1-2) and a Th17 cytokine (IL-17A/F1a) was also up-regulated and correlated with enhanced expression of the IL-12 family α -chains, and the majority of pro- and anti-inflammatory cytokines, APPs and AMPs. These expression profiles may suggest that ERM vaccination activates host innate immunity and expression of specific IL-12 and IL-23 isoforms leading to a Th1 and Th17 biased immune response. A late induction of Th2 cytokines (IL-4/13B1-2) was also observed, that may have a homeostatic role and/or involvement in antibody production (Wangkahart et al., 2017).

CONCLUSIONS

In summary, the findings described in the present study allow the conclusion that immunization by anti-*Yersinia* vaccine decrease the total antioxidant capacity in the cardiac tissue compared to a unhandled control at second months after immunization. Decreased level of total antioxidant capacity in cardiac tissue resulted in decrease of derivatives of oxidatively modified proteins obtained in our previous study. Understanding the role of oxidative stress in the tissues of vaccinated trout has important implications for understanding of the complex physiological changes that occur in immunization but also for improving aquaculture practices to maximize tissues growth and health of vaccinated trout. The oxidative stress biomarkers, i.e. content of antioxidant defenses biomarkers were sensitive to vaccination of trout against *Y. ruckeri* and may potentially be used as biomarkers in evaluating vaccine toxicity in rainbow trout.

This study was funded by the Departmental Grant for Young Scientists of Pomeranian University in Slupsk.

REFERENCES

1. Banaee M. 2013. Physiological Dysfunction in Fish After Insecticides Exposure // Insecticides – Development of Safer and More Effective Technologies. InTech, Chapter 4: 103–143, An open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>)
2. Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding // *Anal. Biochem.* 72: 248–254.
3. Dussauze M., Danion M., Le Floch S., Lemaire P., Pichavant-Rafini K., Theron M. 2015. Innate immunity and antioxidant systems in different tissues of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) exposed to crude oil dispersed mechanically or chemically with Corexit 9500 // *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 120: 270–278.
4. Galaktionova L.P., Molchanov A.V., El'chaninova S.A., Varshavskii Bla. 1998. Lipid peroxidation in patients with gastric and duodenal ulcers // *Klinicheskaia Labaratornaia Diagnostika.* 6: 10–14 (in Russian, Abstract in English).
5. Haig S.J., Davies R.L., Welch T.J., Reese R.A., Verner-Jeffreys D.W. 2011. Comparative susceptibility of Atlantic salmon and rainbow trout to *Yersinia ruckeri*: relationship to O antigen serotype and resistance to serum killing // *Vet. Microbiol.* 147(1–2): 155–161.
6. Kumar G., Menanteau-Ledouble S., Saleh M., El-Matbouli M. 2015. *Yersinia ruckeri*, the causative agent of enteric redmouth disease in fish // *Vet Res.* 46: 103.
7. Ormsby M.J., Caws T., Burchmore R., Wallis T., Verner-Jeffreys D.W., Davies R.L. 2016. *Yersinia ruckeri* isolates recovered from diseased Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Scotland are more diverse than those from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and represent distinct sub-populations // *Appl. Environ. Microbiol.*, pii: AEM.01173-16.
8. Paiva C.N., Bozza M.T. 2014. Are reactive oxygen species always detrimental to pathogens? // *Antioxid. Redox Signal.* 20(6): 1000–1037.
9. Pękala A., Antychowicz J. 2010. Yersiniosis of salmonids – epizootiology of the disease, methods of its elimination // *Medycyna Wet.* 66 (6): 374–377 (Article in Polish, Abstract in English).
10. Tkachenko H., Grudniewska J. 2016a. Effect of vaccination against *Yersinia ruckeri* on oxidative stress biomarkers in the liver and heart of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) // *Scientific journal «Kaliningrad State Technical University News»* (Научный журнал «Известия Калининградского государственного технического университета»). 41: 59–67.
11. Tkachenko H., Grudniewska J., Pękala A. 2016b. Biochemical response in the muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) following vaccination against *Yersinia ruckeri*. In: *Globalisation and regional environment protection // Technique, technology, ecology / Scientific editors Tadeusz Noch, Wioleta Mikołajczewska, Alicja Wesołowska.* Gdańsk: Gdańsk High School Publ. P. 235–264.
12. Tkachenko H., Grudniewska J., Pękala A. 2016c. Muscle biochemistry in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* following *Yersinia ruckeri* vaccination // *Baltic Coastal Zone – Journal of Ecology and Protection of the Coastline.* 20: 137–159.
13. Tkachenko H., Grudniewska J., Pękala A., Paździor E. 2016d. Effects of vaccination against *Yersinia ruckeri* on oxidative stress biomarkers and liver and heart biochemistry in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) // *Arch. Pol. Fish.* 24: 33–46.
14. Tkachenko H., Grudniewska J., Pękala A., Terech-Majewska E. 2016e. Oxidative stress and antioxidant defence markers in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after vaccination against *Yersinia ruckeri* // *J. Vet. Res.* 60: 25–33.
15. Tkachenko H., Kumorowski I., Grudniewska J., Kurhaluk N. 2015. Przemiany metaboliczne w wątrobie pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) immunizowanego szczepionką przeciwko *Yersinia ruckeri* // *Słupskie Prace Biologiczne.* 12: 367–391.
16. Wangkahart E., Secombes C.J., Wang T. 2017. Dissecting the immune pathways stimulated following injection vaccination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against enteric redmouth disease (ERM) // *Fish Shellfish Immunol.*, pii: S1050-4648(17)30450-3, doi: 10.1016/j.fsi.2017.07.056.
17. Zar J.H. 1999. *Biostatistical Analysis.* 4th ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs.

Halyna Tkachenko¹, Lyudmyla Buyun², Elżbieta Terech-Majewska³,
Olha Kasiyan⁴, Zbigniew Osadowski¹

¹Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk, Poland; Arciszewski Str. 22B, 76-200 Slupsk, Poland; e-mail: tkachenko@apsl.edu.pl, biology.apsl@gmail.com

²M.M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine

³Department of Epizootiology, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland

⁴Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine

**THE ANTIMICROBIAL EFFICACY OF THE ETHANOLIC
LEAF EXTRACT OF *FICUS BENGHALENSIS* L. (MORACEAE) AGAINST
AEROMONAS HYDROPHILA ISOLATED LOCALLY FROM RAINBOW TROUT
(*ONCORHYNCHUS MYKISS* WALBAUM)**

In aquaculture plant therapy can be applied as a preventive alternative approach against bacterial infections, which can improve the overall production of adult fish and ensure the sustainability of fish farming. Consequently, the natural plant products can be a valuable source to explore their antibacterial properties against multidrug resistant pathogens, in aquaculture as well. To test this suggestion, the genus Ficus L. (Moraceae), one of the most species-rich and ecologically important plant genera in lowland tropical rainforests, was chosen for evaluation of antimicrobial activity, in particular, of leaf extracts. Therefore, the aim of this study was to test the efficacy of ethanolic extract prepared from leaves of Ficus benghalensis L. against fish pathogens, Aeromonas hydrophila in order to evaluate the possible use of this plant in preventing infections caused by these bacteria in aquaculture. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility technique). Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200 and 400 µL of standardized inoculum (10⁸ CFU/mL) of bacterium and spread with sterile swabs. Aeromonas hydrophila (strain E 2/7/15) isolated locally from gills of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss Walbaum) with clinical features of furunculosis. In our study, the A. hydrophila (200 and 400 µL of standardized inoculum) revealed intermediate susceptibility to ethanolic extract obtained from leaves of F. benghalensis (inhibition zone diameters ranged from 8 to 12 mm). Further studies aimed at the isolation and identification of active substances from the ethanolic extracts obtained from leaves of F. benghalensis could also disclose compounds with better therapeutic value. It is believed that screening of plants from Ficus genus for other biological activities including antimicrobial activity is essential. Finally, it seems important not only to determine the substances involved in the activity against pathogens but also to establish the induced response in the fish physiology. Quantifying the response in fish can be achieved by measuring hematological, immunological and biochemical indices, but also by analyzing the growth parameters directly or indirectly involved in the physiological response.

Key words: *Aeromonas hydrophila*, antimicrobial activity, disc diffusion technique, ethanolic extract, leaves.

INTRODUCTION

The use of natural products has been considered as an alternative to antibiotics in fish health management to control bacterial infections in aquaculture. Additionally, it is an attractive method for increasing the protective capabilities of fish (Pachanawan et al., 2008). One of the potential plants that can be used as antimicrobial to enhance survival and immune competence is *Ficus* genus plants. Recently, researchers have reported promising effects from many species of *Ficus* genus for treating parasitic diseases and broad activity against bacteria and fungi (Salem et al., 2013). *Ficus* trees have a number of uses in various industries and fields of human activity.

Virtually all parts of their body are utilized in ethnomedicine to cure disorders of digestive and respiratory systems, skin diseases, parasitic infections, etc. In addition, some species have been cited to have analgesic, tonic, and ecboic effects (Lansky and Paavilainen, 2011).

The genus *Ficus* (Moraceae) constitutes one of the largest genera of angiosperms with over 1,000 species consisting of trees, shrubs and epiphytes (Wagner et al., 1999). Plants in the genus are all woody, ranging from life forms of trees and shrubs to climbers. *Ficus benghalensis* is a monoecious evergreen tree reaching 20 (or more) m in height, usually hemi-epiphytic, rarely terrestrial, with puberulous leafy twigs. The species is native to India and Pakistan. It is a classic example of the banyan-type tree having aerial adventitious roots that grow down from the branches into the soil forming additional woody trunks, hence enabling an ageing tree to spread out laterally and cover a wide area. Leaves are coriaceous, 7–30 cm long and 4–20 cm wide, ovate to elliptic with rounded or cordate base, puberulous on the veins. Its small sessile puberulous figs, up to 2 cm in diameter, contain all the three flower types, i.e., the seed, gall, and staminate flowers, and turn red at maturity (Berg and Corner, 2005).

Ficus (Moraceae) species are reported to have antimicrobial activity against several pathogenic bacteria and have been used as traditional medicines for the treatment of human diseases (Ghosh et al., 2004; Ali and Chaudhary, 2011; Sirisha et al., 2010; Salem et al., 2013). Moreover, in line with the growing interest in the antibacterial properties of different plants, in our previous researches, we have used ethanolic extracts derived from leaves of various *Ficus* species to assess antibacterial activity against harmful fish pathogens, *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens* (Tkachenko et al., 2016, 2017).

Therefore, the aim of this study was to test the efficacy of ethanolic extract prepared from *F. benghalensis* leaves against fish pathogens, *Aeromonas hydrophila* in order to evaluate the possible use of this plant in preventing infections caused by these bacteria in aquaculture.

MATERIALS AND METHODS

Collection of Plant Material and Preparing of Plant Extract. The leaves of *F. benghalensis* were sampled in M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine). The whole collection of tropical and subtropical plants at M.M. Gryshko National Botanical Garden (Kyiv, Ukraine) (including *Ficus* spp. plants) has the status of a National Heritage Collection of Ukraine. The sampled leaves of *Ficus* spp. were brought into the laboratory for antimicrobial studies. Freshly crushed leaves were washed, weighted, and homogenized in 96 % ethanol (in proportion 1:10) at room temperature, and centrifuged at 3,000 g for 5 minutes. Supernatants were stored at –20 °C in bottles protected with laminated paper until required.

Method of Culturing Pathological Sample and identification Method of the Bacteria. *Aeromonas hydrophila* (strain E 2/7/15) isolated locally from gill of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) with clinical features of furunculosis (kidneys were gray, liver was pale and fragile, enlarged spleen with exudate in the body cavity). After preincubation, bacterial culture was transferred to two different cultivation media: TSA (Trypticase Soya Agar, Oxoid) and BHIA (Brain Heart Infusion Agar, Oxoid) supplemented with 5 % of sheep blood (OIE Fish Diseases Commission, 2000). After 48 hrs of incubation at 27 °C, characteristic pink colonies were selected for further examination.

Preliminary characterization of isolates. Bacterial species were identified with the use of the oxidase test and API E test kit (Biomerieux, France). The results of the test were interpreted in accordance with the manufacturer's protocol, after 24 hrs of incubation at 27 °C. Codes ++V-V---+V+++---+VV+ in API E test were identified as *A. hydrophila*. The strain was obtained from Diagnostics Laboratory of Fish and Crayfish Diseases, Department of Veterinary Hygiene, Provincial Veterinary Inspectorate in Olsztyn (Poland).

Bacterial Growth Inhibition Test of Plant Extracts by the Disk Diffusion Method. Strains tested were plated on TSA medium (Tryptone Soya Agar) and incubated for 24 hrs at

25 °C. Then the suspension of microorganisms was suspended in sterile PBS and the turbidity adjusted equivalent to that of a 0.5 McFarland standard. The disc diffusion assay (Kirby-Bauer Method) was used to screen for antibacterial activity (Bauer et al., 1966). Muller-Hinton agar plates were inoculated with 200 and 400 µL of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium and spread with sterile swabs.

Sterile filter paper discs impregnated by extract were applied over each of the culture plates, 15 min after bacteria suspension was placed. The antimicrobial susceptibility testing was done on Muller-Hinton agar by disc diffusion method (Kirby-Bauer disk diffusion susceptibility test protocol). A negative control disc impregnated by sterile ethanol was used in each experiment. The sensitivity of strain was also studied to the commercial preparation with extracts of garlic (in dilution 1:10, 1:100 and 1:1000). After culturing bacteria on Mueller-Hinton agar, the disks were placed on the same plates and incubated for 24 hrs at 25 °C. The diameters of the inhibition zones were measured in millimeters, and compared with those of the control and standard susceptibility disks. Activity was evidenced by the presence of a zone of inhibition surrounding the well.

Statistical analysis. Each test was repeated six times and the average values of antimicrobial activity were calculated. All statistical calculation was performed on separate data from each species with STATISTICA 8.0 software (StatSoft, Poland) (Zar, 1999). The following zone diameter criteria were used to assign susceptibility or resistance of bacteria to the phytochemicals tested: Susceptible (S) \geq 15 mm, Intermediate (I) = 11–14 mm, and Resistant (R) \leq 10 mm (Okoth et al., 2013).

RESULTS AND DISCUSSION

Data on antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *F. benghalensis* leaves against *Aeromonas hydrophila*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas fluorescens*, *Yersinia ruckeri* expressed as mean of diameters of inhibition zone are presented in figs 1, 2.

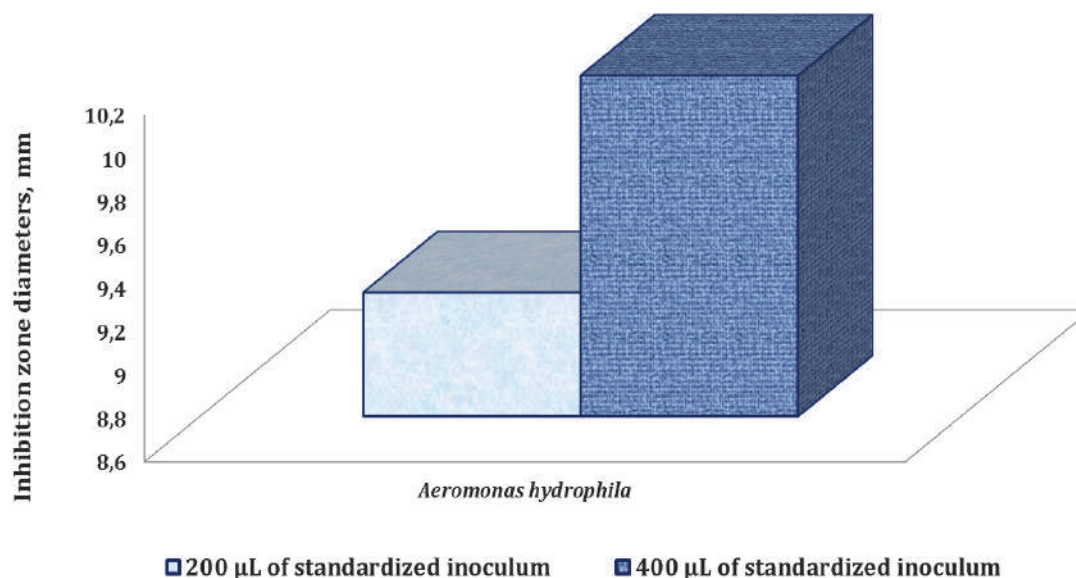


Fig. 1. Antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *F. benghalensis* leaves against *Aeromonas hydrophila*. Muller-Hinton agar plates inoculated with 200 and 400 µL of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium

Our results indicated that the *A. hydrophila* (200 and 400 µl of standardized inoculum) revealed intermediate susceptibility concerning to ethanolic extract obtained from leaves of *F. benghalensis* (inhibition zone diameters were ranged from 8 to 12 mm) (figs 1 and 2).

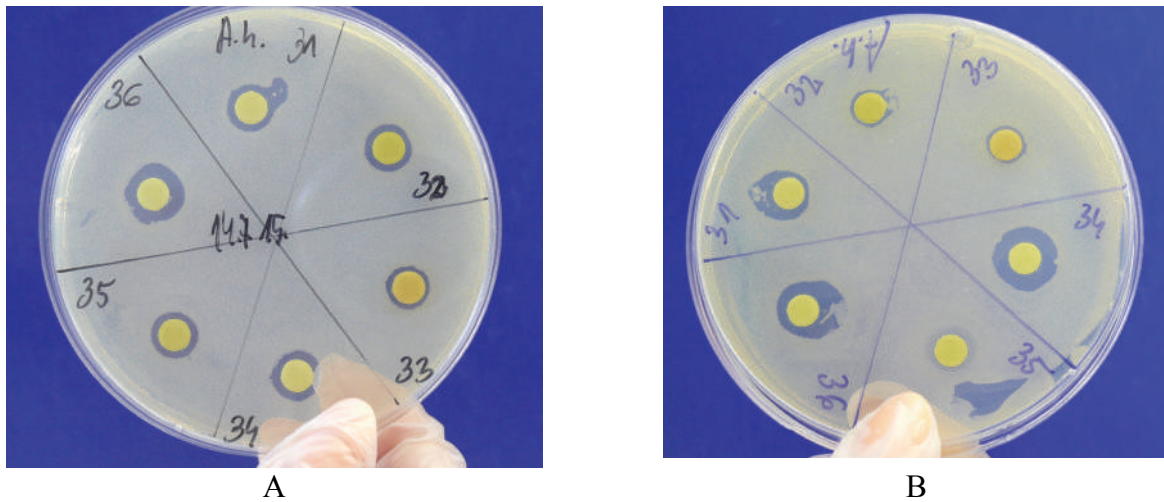


Fig. 2. Antimicrobial activity of ethanolic extract obtained from *F. benghalensis* (32) leaves against *Aeromonas hydrophila*. Muller-Hinton agar plates inoculated with 200 (A) and 400 µL of standardized inoculum (10^8 CFU/mL) of bacterium (B)

In our previous studies, therapeutic potential for the use of various plants of *Ficus* genus in the control of bacterial diseases were evaluated against fish pathogens in *in vitro* study with promising results (Tkachenko et al., 2016, 2017). Antibacterial properties of plant extracts have been by far the most studied bioactivity with potential application in aquaculture systems (Reverter et al., 2014). Castro and co-workers (2008) have revealed by agar diffusion assay that 31 methanolic extracts of Brazilian plants presented antibacterial activity against the fish pathogenic bacteria, i.e. *Streptococcus agalactiae*, *Flavobacterium columnare* and *A. hydrophila*. *F. columnare* being the most susceptible microorganism to most of the tested extracts. Wei and Musa (2008) also studied the susceptibility by assay of minimum inhibitory concentration (MIC) of two Gram positive bacteria (*Staphylococcus aureus* and *Streptococcus agalactiae*), four Gram negative bacteria (*C. freundii*, *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus*) and 18 isolates of *Edwardsiella tarda* to aqueous extract of garlic (500, 250, 125, 62.5 mg/mL), and found that all garlic extracts were effective against the tested pathogenic bacteria.

This investigation is in line with our previous works which have revealed a great potential of *Ficus* species as plants with potent antimicrobial properties. In our previous study, the *in vitro* antimicrobial activity of the ethanolic leaf extracts of various *Ficus* species against *Citrobacter freundii* was evaluated. The results proved that the extracts from *F. drupacea*, *F. septica*, *F. deltoidea* as well as *F. hispida*, *F. mucoso*, *F. pumila*, *F. craterostoma* exhibit a favorable antibacterial activity against *C. freundii* (200 µL of standardized inoculum) (Tkachenko et al., 2016). Our results also proved that the ethanolic extracts obtained from *F. pumila*, *F. binnendijkii* ‘Amstel Gold’, *F. carica*, *F. erecta*, *F. hispida*, *F. mucoso*, *F. palmeri*, *F. religiosa* possess considerably sufficient antibacterial potential against *C. freundii* (Tkachenko et al., 2017). Among various species of *Ficus* screened ethanolic extracts of the leaves of ten *Ficus* species: *F. hispida*, *F. binnendijkii*, *F. pumila*, *F. rubiginosa*, *F. erecta*, *F. erecta* var. *sieboldii*, *F. sur*, *F. benjamina*, *F. craterostoma*, *F. lyrata*, *F. palmeri* (the species are listed in the order of effectiveness against pathogen tested) were the most effective against *P. fluorescens* (200 µL of standardized inoculum) (Tkachenko et al., 2016). Moreover, previous investigation has shown that the most effective against *P. fluorescens* (400 µL of standardized inoculum) were the ethanolic extracts obtained from leaves of ten *Ficus* species: *F. craterostoma*, *F. cyathistipula*, *F. drupacea* ‘Black Velvet’, *F. hispida*, *F. macrophylla*, *F. mucoso*, *F. pumila*, *F. villosa* (Tkachenko et al., 2016). In our study, most ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. proved effective against the bacterial strain of Gram-negative *A. hydrophila* tested, with 10–12 mm zones of inhibition being observed. *A. hydrophila* demonstrated the highest susceptibility to *F. pumila*. The highest antibacterial activity against *A. hydrophila* (200 µL of standardized inoculum) was displayed by *F. benghalensis*,

F. benjamina, *F. deltoidea*, *F. hispida*, *F. lyrata* leaf extracts (Tkachenko et al., 2016). Among various species of *Ficus* genus exhibiting moderate activity against *A. hydrophila* (400 µL of standardized inoculum), the highest antibacterial activity was displayed by *F. benghalensis*, *F. benjamina*, *F. deltoidea*, *F. hispida*, *F. lyrata* leaf extracts (Tkachenko et al., 2016).

In line with these general findings, there are copious evidences that various species of genus *Ficus* exhibit antimicrobial properties against broad spectrum of microorganisms. The scientific research on *Ficus* spp. indicated that these plants have received increasing interest in recent years. It is well documented that various *Ficus* spp. have been used against Gram-positive and Gram-negative bacteria (Salem et al., 2013). In many various study, *Ficus benghalensis*, having traditional claims for the treatment of various diseases and disorders were investigated for their antimicrobial activities on bacterial and fungal strains, which are known to be common pathogens. For example, Mousa and co-workers (1994) tested chloroform extract of fruits from four *Ficus* species (*F. benghalensis*, *F. benjamina*, *F. religiosa*, and *F. sycomorus*) for toxicity (against *Artemia salina*), antitumor activity (against *Agrobacterium tumefaciens*), and antimicrobial activity against 22 pathogenic bacterial and fungal strains. The extracts had significant antibacterial activity and no antifungal activity. *F. benjamina* extracts were generally the most active against bacteria, while those of *F. religiosa* were occurred the least active. The strain *S. aureus* HAMB1 66, being low to moderately susceptible among tested organisms in general, was most strongly inhibited by *F. benjamina* extract (inhibition zone diameter of 17–20 mm), while *F. benghalensis* and *F. sycomorus* showed weaker activity (16–19 mm), and *F. religiosa* was inactive. Valsaraj and co-workers (1997) evaluated activity of ethanolic extracts from *F. benghalensis* aerial roots and *F. religiosa* leaves, among a large number of plants, against four bacterial strains (*Bacillus subtilis* ATCC 6633, *E. coli* ATCC 11229, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 9027, and *Staphylococcus aureus* ATCC 6538) and two fungi (*Aspergillus niger* IMI 076837 and *Candida albicans* IMI 349010), using the agar dilution method for the former and agar-well diffusion method for the latter. Both *Ficus* species showed weak inhibition of *S. aureus* at concentration of 25 mg/ml.

Various parts of *F. benghalensis* are reported in several scientific publications to possess antioxidant, immunomodulatory, hypoglycemic, anti-allergic, anthelmintic and hypoglycemic activities (Kong et al., 2003) due to the presence of secondary metabolites, i.e. sterols, ketones, flavonoids, triterpenes and triterpenoids, furocoumarins and tiglic acid esters (Mandal et al., 2010). Bengalenosides such as 5,7-dimethyl ether of Leucoperalgonidin-3-O- α -l-rhamnoside, 5,3-dimethyl ether of leucocyanidin, 5,7,3-trimethoxy leucodelphinidin and 3-O- α -l-Rhamnoside were found in stem bark of *F. benghalensis* (Taur et al., 2007). Kundap and co-workers (2017) have evaluated the effect of Pelargonidin, an anthocyanin compound from stem bark of *F. benghalensis*, on phenotypic variations in zebra fish embryos. Pelargonidin could serve as a candidate drug for *in vivo* inhibition of angiogenesis and can be applied for the treatment of neovascular diseases and tumor (Kundap et al., 2017).

Consequently, the antimicrobial property of *F. benghalensis* leaf extract may be manifested due to its constituents. Antibacterial flavonoids might be having multiple cellular targets, rather than one specific site of action (Kumar and Pandey, 2013). One of their molecular actions is to form complex with proteins through nonspecific forces such as hydrogen bonding and hydrophobic effects, as well as by covalent bond formation. Thus, their mode of antimicrobial action may be related to their ability to inactivate microbial adhesins, enzymes, cell envelope transport proteins, and so forth. Lipophilic flavonoids may also disrupt microbial membranes (Kumar and Pandey, 2013). It is reported that flavones have been used as Efflux pump inhibitors (EPIs). Flavones also exhibit bactericidal activity by interference with iDNA synthesis. A series of flavones was studied for their DNA-gyrase inhibitory activities. It was proposed that the ring-B of flavones is involved in intercalation or hydrogen bonding with the stacking of nucleic acid bases, thus imparting inhibitory action on DNA and RNA synthesis (Singh et al., 2014).

The major problem linked with the use of antimicrobial agents in aquaculture is considered to be the potential to facilitate the development of a pool of antimicrobial resistance genes (ARGs) that may be eventually transferred to clinically relevant bacteria (FAO/OIE/WHO, 2006). Therefore, it was reasonably suggested that good management strategies in aquaculture

should be based on minimization of the use of antimicrobials in fish in order to prevent or, at least, to delay the emergence and spread of antimicrobial resistance in aquaculture environments (Miranda et al., 2013).

Finally, it seems important not only to determine the substances involved in the activity against pathogens but also to establish the induced response in the fish physiology. Quantifying the response in fish can be achieved by measuring hematological, immunological and biochemical indices, but also by analyzing the grows parameters directly or indirectly involved in the physiological response. Therefore, all aforementioned considerations accentuate the importance of search of the plant-derived agents with antimicrobial properties from natural sources, including *Ficus* spp. plants, in particular, to control fish infections that could be considered as an promising alternative to the use of antibiotics.

CONCLUSIONS

In conclusion, ethanolic extract obtained from leaves of *F. benghalensis* investigated possessed activity against *Aeromonas hydrophila*. The data on susceptibility patterns of pathogens responsible for fish diseases are very important for aquaculture. The results also indicate that scientific studies carried out on medicinal plants having traditional claims of effectiveness might warrant fruitful results. Therefore, it seems a promising strategy to apply plant-derived products to gain control of infections in fish used for aquaculture. Further studies aimed at the isolation and identification of active substances from the ethanolic extract obtained from leaves of *F. benghalensis* could also disclose compounds with better therapeutic value. It is believed that screening of plants from *Ficus* genus for other biological activities including anti-microbial activities is essential.

This study was carried out during Olha Kasiyan's Scholarship Program supported by The International Visegrad Fund in the Department of Zoology and Animal Physiology, Institute of Biology and Environmental Protection, Pomeranian University in Slupsk (Poland). We thank to The International Visegrad Fund for the supporting our study.

REFERENCES

1. Ali M., Chaudhary N. 2011. *Ficus hispida* Linn.: A review of its pharmacognostic and ethnomedicinal properties // Pharmacogn. Rev. 5(9): 96–102.
2. Bauer A.W., Kirby W.M., Sherris J.C., Turck M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method // Am. J. Clin. Pathol. 45(4): 493–496.
3. Berg C.C., Corner E.J.H. 2005. Moraceae – *Ficus*. Flora Malesiana. National Herbarium Nederland. The Netherlands, 2005. Ser. I. 17(2). 1–730.
4. Castro S.B.R., Leal C.A.G., Freire F.R., Carvalho D.A., Oliveira D.F., Figueiredo H.C.P. 2008. Antibacterial activity of plant extracts from Brazil against fish pathogenic bacteria // Braz. J. Microbiol. 39: 756–760.
5. FAO/OIE/WHO. 2006. Report of a Joint FAO/OIE/WHO Expert Consultation on Antimicrobial Use in Aquaculture and Antimicrobial Resistance: Seoul, Republic of Korea, June 13–16, 2006. Seoul: WHO.
6. Ghosh R., Sharatchandra K.H., Rita S., Thokchom I.S. 2004. Hypoglycemic activity of *Ficus hispida* (bark) in normal and diabetic albino rats // Indian J. Pharmacol. 36: 222–225.
7. Kong J.M., Chia L.S., Goh N.K., Chia T.F., Brouillard R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins // Phytochemistry. 64(5): 923–933.
8. Kumar S., Pandey A.K. 2013. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview // Scientific World Journal. 2013: 162750.
9. Kundap U., Jaiswal Y., Sarawade R., Williams L., Shaikh M.F. 2017. Effect of Pelargonidin isolated from *Ficus benghalensis* L. on phenotypic changes in zebrafish (*Danio rerio*) embryos // Saudi Pharm. J. 25(2): 249–257.
10. Lansky E.P., Paavilainen H.M. 2011. Figs: the genus *Ficus*. In: Hardman R. (ed.) Traditional herbal medicines for modern times. Vol. 9. CRC Press, Boca Raton, P. 1–357.

11. Mandal S., Shete R., Kore K., Otari K., Kale B., Manna A. 2010. Review: Indian national tree (*Ficus benghalensis*) // Int. J. Pharm. Life Sci. 1: 268–273.
12. Miranda C.D., Tello A., Keen P.L. 2013. Mechanisms of antimicrobial resistance in finfish aquaculture environments // Front. Microbiol. 4: 233.
13. Mousa O., Vuorela P., Kiviranta J., Wahab S.A., Hiltunen R., Vuorela H. 1994. Bioactivity of certain Egyptian *Ficus* species // Journal of Ethnopharmacology. 41: 71–76.
14. Parasuraman S., Thing G.S., Dhanaraj S.A. 2014. Polyherbal formulation: Concept of ayurveda // Pharmacogn. Rev. 8(16): 73–80.
15. Reverter M., Bontemps N., Lecchini D., Banaigs B., Sasal P. 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives // Aquaculture. 433: 50–61.
16. Salem M.Z.M., Salem A.Z.M., Camacho L.M., Ali H.M. 2013. Antimicrobial activities and phytochemical composition of extracts of *Ficus* species: An over view // Afr. J. Microbiol. Res. 7(33): 4207–4219.
17. Singh M., Kaur M., Silakari O. 2014. Flavones: an important scaffold for medicinal chemistry // Eur. J. Med. Chem. 84: 206–239.
18. Sirisha N., Sreenivasulu M., Sangeeta K., Chetty C.M. 2010. Antioxidant properties of *Ficus* species, a review // Int. J. Pharma Techn. Res. 4: 2174–2182.
19. Taur D.J., Nirmal S.A., Patil R.Y., Kharya M.D. 2007. Antistress and antiallergic effects of *Ficus bengalensis* bark in asthma // Nat. Prod. Res. 21(14): 1266–1270.
20. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Osadowski O., Sosnovskiy Y., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016f. *In vitro* antibacterial efficacy of *Ficus* spp. against fish pathogen, *Pseudomonas fluorescens*. Materials of the International Forum «The Current State and Prospects for the Development of Aquaculture in the Caspian Region», dedicated to the 85th anniversary of Dagestan State University and the 75th anniversary of Professor F. Magomayev. Ed. F. Magomayev, S. Chalayeva, S. Kurbanova, A. Shakhnazova (Makhachkala, 17-19 October, 2016). Makhachkala: Printing house IPE RD, 2016. P. 182–189.
21. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Osadowski Z. 2016. Antibacterial activity of ethanolic leaf extracts obtained from various *Ficus* species (Moraceae) against the fish pathogen, *Citrobacter freundii* // Baltic Coastal Zone – Journal of Ecology and Protection of the Coastline. 20: 117–136.
22. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Osadowski Z. 2016. *In vitro* antimicrobial activity of ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against the fish pathogen *Aeromonas hydrophila* // Arch. Pol. Fish. 24: 219–230.
23. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Osadowski Z., Sosnovskiy Y., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016. The antimicrobial activity of some ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against *Aeromonas hydrophila* // Тр. ВНИРО (Trudy VNIRO). 162. 172–183.
24. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Osadowski Z., Sosnovskiy Y., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016. *In vitro* antibacterial efficacy of various ethanolic extracts obtained from *Ficus* spp. leaves against fish pathogen, *Pseudomonas fluorescens*. In: Globalisation and regional environment protection. Technique, technology, ecology. Scientific editors Tadeusz Noch, Wioleta Mikołajczewska, Alicja Wesołowska. Gdańsk: Gdańsk High School Publ., 2016. P. 265–286.
25. Tkachenko H., Buyun L., Terech-Majewska E., Sosnovskiy Y., Honcharenko V., Prokopiv A. 2016g. *In vitro* inhibition of *Aeromonas hydrophila* growth by ethanolic extracts obtained from leaves of various *Ficus* species (Moraceae) // Proceedings of V scientific and practical conference of International Association of Parasitologists «Parasitic systems and parasitocoenoses of animals» (24–27 June 2016, Vytebsk, Republic Belarus). Vytebsk. P. 231–234.
26. Wagner W.L., Herbst D.R., Sohmer S.H. 1999. Manual of the Flowering Plants of Hawai'i. 2 vols. Bishop Museum Special Publication 83, University of Hawai'i and Bishop Museum Press, Honolulu, HI.
27. Wei L., Musa N. 2008. Inhibition of *Edwardsiella tarda* and other fish pathogens by *Allium sativum* L. (Alliaceae) extract // Am.-Eur. J. Agric. Environ. Sci. 3: 692–696.

Н.Н. Федорова, А.А. Беляков, М.П. Грушко
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

ФОРМИРОВАНИЕ ЖИЗНЕННО ВАЖНЫХ ОРГАНОВ ШЕМАИ В КОНЦЕ ПРЕДЛИЧИНОЧНОГО ПЕРИОДА

К концу предличиночного периода развития шемаи при смешанном питании происходят значительные преобразования в пищеварительной, дыхательной, мочевыделительной системах, все эти преобразования определяют развитие нервной системы. В пищеварительной системе выделяются как самостоятельные органы пищевод, желудок, средняя, задняя кишка. В жаберном аппарате на жаберных дугах появляются филламенты, которые начинают принимать участие в газообмене. В мочевыделительной системе мезонефрос становится экскретно-гемопоэтическим органом.

Введение

В ходе акклиматизационных работ изучены основные черты биологии, половые циклы, особенности шемаи, разработана биотехника развития, организовано выращивание племенного материала. Менее изучены вопросы морфологии гистогенеза шемаи на эмбриональном, постэмбриональном и личиночном этапах развития [1, 3, 6]. Закономерности формирования таких важных систем, как нервная, эндокринная, мочевыделительная, и их функциональная взаимозависимость почти не отражены в литературе. Только знания особенностей развития организма, его требования к окружающей среде на разных этапах развития позволяют создать необходимые условия, обеспечивающие высокую эффективность искусственного воспроизводства данного вида рыб [2, 5].

Целью исследования является анализ состояния жизненно важных органов предличинок шемаи перед переходом на экзогенное питание при искусственном выращивании.

Материалы и методы

Исследования по изучению конца предличиночного периода у шемаи 7–9-го дня после вылупления при искусственном выращивании проводились на базе кафедры гидробиологии и общей экологии Астраханского государственного технического университета в 2015–2016 гг. В работе использован комплекс методов: ихтиологические, гистологические, статистические.

Материалом для исследования служили предличинки на 7–9-е сутки после вылупления ($7,1 \pm 0,2$ мм), полученные на рыбоводном заводе на Азовском побережье (Краснодарский край). Ихтиологические методы: при помощи окулярмикрометра и торсионных весов ВТ-500 измеряли общую длину и массу каждой особи. Гистологический анализ проводили по общепринятым методам [4]. Сделано 20 серий сагиттальных и фронтальных срезов предличинок 7–9-го дней после вылупления. Изучение серий срезов проводилось под микроскопом МБИ-3 OlympusVx 40 (Япон). Применялась окраска гематоксилин-эозином.

Статистические методы. Весь цифровой материал обработан с использованием интегрированного пакета статистической обработки информации Statgraphics.

Результаты исследования и их обсуждение

Формирование нервной системы

Спинальный мозг у предличинок в возрасте 7–9 дней после вылупления представлял собой очень длинный полый тяж округлой формы, проходивший вдоль всего туловищного и хвостовых отделов. Причем спинномозговой канал был довольно узким, над ним с обеих сторон находилось 11–12 рядов нейробластов; треть объема спинного мозга занимало белое вещество. Спинальный мозг окружала тонкая соединительнотканная оболочка. Под спинным мозгом, сопровождая его, проходит хорда, которая значительно шире спинного мозга.

У предличинок 7–9 дней после вылупления имелись все отделы головного мозга. Передний мозг представлял собой небольшое овальное образование, в котором верхние две трети занимали ряды (14–16) тел нейробластов, внутреннюю треть – белое вещество головного мозга. Произошла дифференцировка промежуточного мозга на отделы: к верхнему примыкает формирующийся эпифиз, который состоит из плотно расположенных нейробластов; верхний отдел и зрительные бугры относительно небольших размеров промежуточного мозга состояли из 10–18 рядов нейробластов, которые покрывал тонкий слой белого вещества. К нижнему отделу промежуточного мозга примыкает эпителиальный зачаток гипофиза. Средний мозг был незначительных размеров и состоял из нейробластов. Мозжечок был представлен большим плотным скоплением нервных клеток и по размерам был равен переднему мозгу, на периферии мозжечка находились крупные нервные клетки Пуркинье. Самым длинным отделом головного мозга оставался продолговатый мозг, который по длине превышал все остальные отделы. Серое вещество в нем составляло две трети объема, белое вещество – одну треть. Снизу и с боков головной мозг окружен гиалиновым хрящом формирующегося основания черепа.

Органы чувств предличинки шемаи 7–9 дней

У предличинки 7–9 дней обонятельные ямки широкие, с гладкой поверхностью, выстланные 2–3 слоями эпителиальных призматических клеток. Слуховые пузырьки крупные, на их дорзальной стенке имеется зачаток эндолимфатического протока, т.е. происходит образование полости протока.

В глазном яблоке присутствуют все три оболочки: фиброзная – из плотной соединительной ткани с большим количеством коллагеновых волокон, сосудистая очень тонкая и очень широкая – сетчатая оболочка. В ней все слои сетчатки достаточно хорошо сформированы, в том числе пигментный листок сетчатки, расположенный на базальной мембране, из 6 рядов тел нервных клеток состоял наружный ядерный слой, из 7 рядов тел нервных клеток образован внутренний ядерный слой и довольно широкий внутренний сетчатый слой – хорошо контурируются.

Капсула хрусталика содержит 3–4 слоя округлых небольших клеток, напоминавших кубические. Хрусталик круглой формы, внутри него – хрусталиковые волокна, лишены ядра. Следует отметить, что полость глазного яблока невелика. Среди многослойного неороговевающего эпителия находились небольшие округлые образования вкусовых почек.

Особенности пищеварительной системы

К 7–9-му дню после вылупления выделились как самостоятельные органы пищевод, желудок, средняя задняя кишка. Так как на этой стадии происходит смешанное питание, уже имеются все очень тонкие оболочки пищеварительного тракта и функционирующие железы: появились закладки желудочных желёз в верхней его части, довольно крупная, массивная печень, начинает развиваться поджелудочная железа.

Печень приобрела трабекулярную архитектуру. К концу предличиночного периода желточный мешок стал напоминать удлиненную форму – узкое образование, в котором находилось небольшое количество желтка. На этой стадии развития появились редкие зубы на верхней и нижней челюсти.

Ротовая и жаберная полости были выстланы многослойным неороговевающим эпителием с большим количеством бокаловидных клеток. Таким же эпителием выстлан и довольно короткий с гладкими стенками пищевод.

В месте перехода глотки в пищевод и переходе его в желудок заметны сужения. Стенки пищевода состояли из трех оболочек: слизистой – самой значительной, очень тонкой – мышечной и адвентициальной, переходящей в средостение.

При переходе из пищевода в желудок сменился тип эпителия: из многослойного неороговевающего эпителия пищевода – в однослойный призматический эпителий желудка. Стенка желудка была относительно тонкой: самой объёмной была слизистая оболочка, со-

бранная в поперечные складки, тонкой – мышечная оболочка из гладких мышечных клеток, самой тонкой – серозная из пластинки соединительной ткани и мезотелия. По форме желудок напоминал рогатку; его узкая часть после заметного сужения (будущий сфинктер) переходила в среднюю кишку, имевшую также три оболочки. Слизистая оболочка в основном состояла из каемчатого эпителия, имела довольно ровную поверхность; среди клеток каемчатого эпителия имелись бокаловидные клетки. Анальное отверстие было сформировано. Задняя кишка перед анальным отверстием несколько расширялась.

В печени имелся зачаток желчного пузыря. Изнутри полость целома была выстлана плоским целомическим эпителием – мезотелием с большим количеством крупных пигментных клеток.

Развитие дыхательной системы

На широких жаберных дугах, состоявших из значительных гиалиновых, хрящевых пластинок, в которых еще не завершился хондрогенез, появились по 1–2 зачатка филамента, которые также состояли из мелких пластинок гиалинового хряща. В жаберных дугах проходили довольно крупные кровеносные сосуды, от которых к филаментам выходили их веточки, причем в основании филаментов эти веточки образовывали лакуны, в которых находились форменные элементы крови, в основном эритроциты. От так называемых первичных филаментов отходили вторичные, все они были покрыты многослойным неороговевающим эпителием, в котором было не более двух рядов клеток. По-видимому, к этой стадии развития развивающиеся филаменты начинают функционировать как структуры газообмена. Ламелл на этой стадии развития не обнаружено.

К этому периоду развития сформировался плавательный пузырь.

Сердечно-сосудистая система

Полость предсердия значительно больше полости желудочка сердца, стенки предсердия очень тонкие в отличие от мышечных стенок желудка. В предсердии, напоминающем мешок, находилось значительное количество форменных элементов крови, в основном эритроцитов.

Мочевыделительная система

От краниального уровня желточного мешка с обеих сторон от позвоночника опускался довольно узкий мезонефральный тяж, сбоку от которого находился вольфов проток, выстланный низким кубическим эпителием.

Сами протоки в нижней своей части соединялись в общий выводной проток, открывающийся во внешнюю среду. К концу предличиночного периода сформировалась первая генерация мезонефральных телец и коротких извитых канальцев, которые открывались в мезонефральный канал.

Кроме того, с возрастом возрастало количество межканальцевой ткани, в основном кроветворной. Таким образом, с началом смешанного питания мезонефрос шемаи становился экскреторно-гемопоэтическим органом.

Причем в мезонефросе расположение почечных телец уже не соответствует сегментации мышц туловища.

Заключение

При смешанном питании к концу предличиночного периода происходят значительные преобразования в пищеварительной, дыхательной, мочевыделительной системах, причем все эти преобразования определяют развитие нервной системы.

В пищеварительной системе выделяются как самостоятельные органы пищевод, желудок, средняя, задняя кишка. В жаберном аппарате появляются на жаберных дугах филаменты, которые к этой стадии развития начинают принимать участие в газообмене. В мочевыделительной системе мезонефрос становится экскреторно-гемопоэтическим органом.

Выводы

1. В конце предличиного периода при смешанном питании интенсивно развиваются пищеварительная, сердечно-сосудистая, дыхательная и мочевыделительная системы.
2. У предличинков шемаи 7–9 дней после вылупления значительно преобразуются органы чувств и органы эндокринной системы.
3. Видовой особенностью предличинков шемаи может быть развитие первичных и вторичных филламентов.

Библиографический список

1. Астанин Л.П., Саманеева Л.И. Сравнительное изучение плодовитости рыба и шемаи, акклиматизированных в Сенгелеевском водохранилище // Вопросы ихтиологии. 1968. Т. 8, вып. 4. С. 646–653.
2. Беляков А.А, Каниева Н.А, Грушко М.П, Федорова Н.Н. Изменение тканей и органов шемаи, выращенных в искусственных условиях // Рыбное хозяйство. 2015. № 1. С. 93–98.
3. Волкова О.В Основы гистологии с гистологической техникой. М: Медицина, 1982. С. 304
4. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М., 1981. С. 222–223.
5. Карпенко Т.И, Шевцова Г.Н, Переверзева Е.В, Головки Г.В. Разведение шемаи в рыбоводных комплексах Азовского бассейна (технологическая инструкция). Ростов н/Д: Медиа-полис, 2007. 87 с.
6. Битехтина В.А, Карпенко Г.И, Сафонова М.В. Концепция воспроизводства шемаи в бассейне Азовского моря // Материалы I конгресса ихтиология России. Астрахань: АГТУ, 1987. С. 306–307.

N.N. Fedorova, A.A. Belyakov, M.P. Grushko
FGBOU VO «Astrakhan State Technical University», Astrakhan, Russia

FORMATION OF LIFETIME IMPORTANT CHEMICALS IN THE END OF THE PRELIMINARY PERIOD

By the end of the period of predlichinochnogo Shemaah with mixed diet, there are significant changes in the digestive, respiratory, urinary systems, all of these changes determines the development of the nervous system. It stands as an independent body in the digestive system: the esophagus, the stomach, the average, hindgut. The gill apparatus on the gill arches appear the filaments, which are beginning to take part in gas exchange. The urinary system becomes mesonephros ekskretno-hematopoietic organ.

О.Г. Шевченко^{1, 2}, А.А. Пономарева¹
¹ФГБУН ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, Россия
²ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВИДОВ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В РАЙОНЕ СОДЕРЖАНИЯ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Одним из актуальных направлений мониторинга микроводорослей является изучение видового разнообразия и динамики токсичных видов. Особенно актуально это для прибрежных вод, используемых как особо охраняемые акватории, нерестилища или участки развития марикультуры. В результате проведенных исследований в районе содержания морских млекопитающих на открытой воде и на контрольной станции идентифицировано 16 видов потенциально токсичных микроводорослей. Сравнение количественных параметров фитопланктона между станциями показало, что потенциально токсичные виды были обнаружены на всех станциях; пики их плотности не были отмечены на определенной станции.

Одним из важнейших направлений мониторинга микроводорослей служит наблюдение за развитием токсичных видов на исследуемой акватории. Начало исследования токсичных видов фитопланктона относится к 60-м гг. прошлого века, в настоящее время известно более 60 видов [1-4]. Токсичные микроводоросли способны вызывать различные отравления теплокровных животных и человека, массовую гибель рыбы, беспозвоночных и морских млекопитающих [5-10].

Случаи гибели морских млекопитающих и хищных рыб из-за «цветения» токсичных водорослей известны с древних времен. Так, исследование массовых захоронений морских млекопитающих эпохи позднего миоцена у берегов Чили показало, что животные погибли из-за высокой плотности токсичных сине-зеленых или динофитовых водорослей [11]. В последние десятилетия в результате активного антропогенного воздействия на прибрежные акватории Мирового океана и глобального изменения климата развитие токсичных водорослей достигло катастрофических масштабов, хотя, несомненно, их массовое развитие является природным явлением [12, 13]. В зал. Петра Великого известно около 40 видов микроводорослей, способных продуцировать токсины. Большинство из них отмечены при невысокой концентрации, однако, неоднократно регистрировали вспышки увеличения плотности некоторых видов [14-16]. Необходимость проведения мониторинговых исследований, направленных на контроль плотности потенциально токсичных видов фитопланктона, неоспорима и крайне важна, особенно в прибрежных водах, используемых как особо охраняемые акватории, нерестилища или участки развития марикультуры [17, 18]. К такой акватории относится база исследования морских млекопитающих (БИММ) «Приморского океанариума» – филиала ННЦМБ ДВО РАН (б. Парис, о. Русский), где круглогодично в садках на открытой воде содержатся морские млекопитающие (белухи *Delphinapterus leucas* и ларги *Phoca larga*). Контроль за развитием токсичных и вредоносных видов микроводорослей в бухте проводится с 2013 г. Такие меры необходимы для своевременного принятия мер по безопасному содержанию морских животных.

В основу работы легли количественные сборы фитопланктона, выполненные с декабря 2012 г. по ноябрь 2015 г. включительно в б. Парис (о. Русский), на станции в районе садков с морскими млекопитающими, и на контрольной станции в Уссурийском заливе. Пробы фитопланктона на станциях отбирали два раза в месяц 5-литровым батометром Нискина с горизонтов 0,5, 2 и 5 м. Один литр пробы фиксировали раствором Утермеля до бледно-желтого цвета и концентрировали методом осаждения [19] или методом обратной фильтрации через поликарбонатные мембранные фильтры Nucleopore с диаметром пор 2 мкм [20].

Известно, что морские млекопитающие являются конечным звеном пищевой цепи. Употребляя в пищу зараженную фикотоксинами рыбу или двустворчатых моллюсков, животные могут получить отравление вплоть до летального исхода [21, 22]. За весь период исследования в фитопланктоне б. Парис и в Уссурийском заливе обнаружено 16 видов потенциально токсичных микроводорослей (табл.). В б. Парис потенциально токсичные виды присутствовали на протяжении всего года. Самое низкое видовое богатство (5 видов) наблюдали в зимний период; наибольшее (15 видов) – летом.

Виды рода *Pseudo-nitzschia* в районе исследования отмечали круглогодично. В осенний период 2013 г. их плотность превышала 173 тыс. кл./л и составляла до 80 % от общей плотности фитопланктона (таблица) [23]. По данным научной литературы известно, что на сопредельных акваториях (Амурский залив) максимальная плотность *P. pungens* в летне-осенний период может достигать 11 млн кл./л, а *P. calliantha* – 2,7 млн кл./л [24], что на несколько порядков выше данных, полученных в нашем исследовании. Виды этого рода известны как продуценты нейротоксичной домоевой кислоты; при массовом развитии представителей *Pseudo-nitzschia* регистрировали случаи пищевого амнезического отравления моллюсками – Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) [2]. Симптомы амнезического отравления, вызываемые домоевой кислотой, проявляются в течение 3–5 ч после употребления в пищу зараженных продуктов. В легких случаях – это тошнота, диарея, в тяжелых – галлюцинации, потеря памяти, дезориентация, в редких случаях – летальный исход [25]. Наиболее хорошо исследовано отравление морских млекопитающих (калифорнийских морских львов *Zalophus californianus*) домоевой кислотой, вызванное потреблением зараженной фикотоксинами рыбы в период массового развития видов рода *Pseudo-nitzschia* [22, 26]. В странах Европы вводятся ограничения на вылов объектов марикультуры при плотности в воде *P. calliantha* и *P. pungens* свыше 200 тыс. кл./л [2]. Анализ полученных нами данных показал, что в районе исследования зарегистрировано 4 вида рода *Pseudo-nitzschia*: *P. calliantha*, *P. delicatissima*, *P. multistriata*, *P. pungens* (таблица). Наиболее многочисленным был *P. delicatissima*; его плотность превышала 170 тыс. кл./л осенью 2013 г. на станции в районе садков. В этот же период на контрольной станции отмечали максимум развития *P. pungens* – 99,7 тыс. кл./л, а в 2015 г. – *P. multistriata* (44,4 тыс. кл./л). В целом в 2013 г. в б. Парис видовое разнообразие и количественные характеристики представителей рода *Pseudo-nitzschia* были наибольшими за весь период исследования. По данным литературы исследование природных популяций *Pseudo-nitzschia* в северо-западной части Японского моря показало низкий уровень содержания домоевой кислоты, не представляющий угрозы для жизни млекопитающих [4, 24].

За период исследования в планктоне б. Парис и Уссурийского залива идентифицировано 5 видов рода *Dinophysis*: *D. acuminata*, *D. acuta*, *D. rotundata*, *D. fortii*, *D. infundibula* (таблица). Известно, что представители рода *Dinophysis* являются продуцентами омега-3 кислоты и вызывают диаретическое отравление моллюсками – Diarrhetic Shellfish Poisoning (DSP) [2]. В некоторых европейских странах вводятся ограничения на добычу морских промысловых объектов при увеличении плотности отдельных видов *Dinophysis* до 0,5–1,0 тыс. кл./л [2]. В районе исследования виды рода *Dinophysis* отмечали в разные сезоны; высокие количественные характеристики были характерны для летне-осеннего периода [23]. Так, *D. acuminata* регистрировали на всех станциях в 2013–2015 гг., наибольшим показателем вид достигал на контрольной станции при максимальной плотности 6,0 тыс. кл./л летом 2013 г. (табл.). Клетки *D. acuta* отмечали в теплый период в концентрации 0,1–0,5 тыс. кл./л; наибольшей плотности вид достигал весной 2013 г. на станции в районе садков. Вид *D. rotundata* вегетировал на протяжении всего периода исследований при плотности 0,1–0,4 тыс. кл./л; значительное увеличение числа клеток вида было зарегистрировано осенью 2013 г. на станции в районе садков. Клетки *D. fortii* отмечали в летне-осенний период 2013–2015 гг.; максимальную плотность зафиксировали летом 2014 г. на

станции в районе садков (0,6 тыс. кл./л) (таблица). Вид *D. infundibula* был встречен осенью 2013 и летом, осенью 2014 г., при низкой концентрации (0,1–0,2 тыс. кл./л); наибольшую плотность зарегистрировали на контрольной станции. В литературе для сопредельных акваторий указаны максимальные показатели плотности для *D. acuminata* – 500 тыс. кл./л [27], *D. acuta* – 0,2 тыс. кл./л (Orlova et al., 2002), *D. fortii* – 3 тыс. кл./л [16], *D. infundibula* – 0,1 тыс. кл./л [28]. Проведенный иммуноферментный анализ тканей устриц и мидий из Амурского залива, зал. Петра Великого, показал высокое содержание оокадаевой кислоты в тканях исследованных образцов [29].

Анализ полученных нами данных показал, что из всех представителей рода *Dinophysis* наиболее массового развития достигал *D. acuminata*. С весны до осени плотность клеток вида превышала ПДК (1,0 тыс. кл./л). На контрольной станции количественные параметры *D. acuminata* были выше, чем на других станциях (табл.). Значительное видовое разнообразие *Dinophysis* и высокие количественные характеристики отмечали в 2013 г. На протяжении периода исследования не отмечено положительного тренда увеличения плотности представителей *Dinophysis* в районе исследования.

Prorocentrum minimum также известен как потенциально токсичный вид [30]. За время исследования вид отмечали в теплый период при плотности 0,2–11,5 тыс. кл./л; максимальное значение регистрировали в 2015 г. на контрольной станции (таблица). В научной литературе описаны случаи массовой гибели рыбы и морских беспозвоночных, когда плотность вида достигала 8 млн кл./л [31]. Кроме того, известны факты отравления людей моллюсками в результате массового развития вида [32]. В некоторых европейских странах *P. minimum* включен в список микроводорослей, подлежащих обязательному контролю санитарными службами [33].

Потенциально токсичный *Alexandrium tamarense* в период нашего исследования встречался редко и при низкой концентрации (таблица); наибольшей плотности вид достигал летом 2013 г. на станции в районе садков (0,2 тыс. кл./л). Согласно сведениям из литературы в юго-западной части зал. Петра Великого максимальная плотность *A. tamarense* составляла 6,0 тыс. кл./л [34]. Виды рода *Alexandrium* содержат сакситоксин, вызывающий паралитическое отравление моллюсками – Paralytic Shellfish Poisoning (PSP); вид *A. tamarense* при массовой вегетации способен вызывать массовую гибель рыбы и морских беспозвоночных. В некоторых странах Европы вводится запрет на добычу морепродуктов при концентрации клеток вида свыше 500 кл./л. [2]. Исследование клеток *A. tamarense* из зал. Петра Великого с помощью метода высокоэффективной жидкостной хроматографии подтвердило высокое содержание сакситоксина [16, 35]. В результате нашего исследования на станциях в б. Парис период был обнаружен только один вид рода – *A. tamarense* в весенне-летний при плотности, не превышающей ПДК (0,01–0,3 тыс. кл./л). Наибольшей плотности вид достигал летом 2013 г. на станции в районе садков (0,3 тыс. кл./л) (таблица).

Плотность клеток *Karenia mikimotoi*, отмеченного на контрольной станции и в районе садков в 2014 и 2015 гг. в летне-осенний период, изменялась в пределах 0,1–0,5 тыс. кл./л; максимальное значение зафиксировано на контрольной станции (таблица). При увеличении плотности клеток *K. mikimotoi* возможна массовая гибель рыбы и морских беспозвоночных животных [4]; наибольшая зарегистрированная плотность вида для сопредельных акваторий – 1 млн кл./л [16]. Представители *Lingulodinium polyedrum* и *Prorocentrum foraminosum* были отмечены только на станции в районе садков в летний период при низких концентрациях (0,3 и 0,1 тыс. кл./л соответственно). Представители *L. polyedrum* и *P. foraminosum* содержат токсины, вызывающие диарейное отравление моллюсками (DSP), помимо этого вид *L. polyedrum* при значительном развитии способен вызывать массовую гибель рыбы [2]. По данным литературы максимальная плотность вида *L. polyedrum* в сопредельных водах составляла 0,2 тыс. кл./л [28].

| Потенциально токсичные виды микроводорослей (тыс. кл./л) в б. Парис и Уссурийском заливе в период исследования | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-----------|-----------|-------------|---------|-------------|-----------|-------------|---------------|-------------|-------------|------|-------|---------------|
| Вид | зима | | | | весна | | | | лето | | | | осень | |
| | 2012-2013 | 2013-2014 | 2014-2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2013 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| <i>Pseudo-nitzschia calliantha</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> | 0,06/0,1/0 | | 4,9/ - /0 | 0,3/0,3/0,2 | 0,4/0/0 | 0,2/ - /- | 1,2/2,4/- | 0,1/ - /- | 8,6/0,3/- | 5,0/3,8/0 | 0,7/ - /2,8 | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia multistriata</i> | | | | | | | 0/0,6/- | 2,4/ - /- | | | | | | 9,5/4,2/0,7 |
| <i>Pseudo-nitzschia pungens</i> | 0,2/0,06/0 | 0,9/0/0 | 1,3/ - /0 | 0,2/ - /- | 0,1/0/0 | 0/0,1/- | 0/0,1/- | 6,5/0,3/- | | 77,7/99,7/0 | 2,4/1,4/ - | | | 36,5/44,4/1,9 |
| <i>Alexandrium tamarense</i> | 0/0,01/0 | | | 0,2/ - /- | | 0,3/ - /- | 0,1/0,1/- | | | | | | | |
| <i>Dinophysis acuminata</i> | 0,02/0,04/0 | 0,2/0/0 | | 0,6/1,7/- | 0,1/0/0 | 1,5/1,5/0,2 | 3,2/6,0/- | 0,7/0,5/0,6 | 0,8/1,3/0,9 | 0,3/1,4/0 | 0,2/0,4/0,1 | | | |
| <i>Dinophysis acuta</i> | | | | 0,2/ - /- | | 0/0,1/- | 0,5/0,1/- | 0,1/ - /- | 0,1/0,1/- | 0,3/0,1/0 | | | | 0,4/0,1/0,4 |
| <i>Dinophysis rotundata</i> | | | 0/0,2/0 | 0,3/ - /- | 0,1/0/0 | | 0,1/0,1/- | 0/0,1/- | 0,1/0,1/0,1 | 0,4/0,1/0 | 0,3/0,1/ - | | | |
| <i>Dinophysis fortii</i> | | | | | | 0,1/ - /- | 0,2/0,4/- | 0,6/0,2/- | 0,1/0,1/0,1 | 0/0,1/0 | 0,08/ - / - | | | 0,3/0,1/0,1 |
| <i>Dinophysis infundibula</i> | | | | | | | | 0,1/ - /- | | 0,1/0,2/0 | 0,1/0,1/0,1 | | | |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> | | | | 0/0,2/ - | 0,4/0/0 | | 0,2/0,3/- | 2,3/0,2/- | 0,2/0,2/- | | | | | |
| <i>Prorocentrum minimum</i> | | | | | | 0,3/0,2/0,2 | | 2,9/4,8/4,1 | 9,5/11,5/10,5 | 0,9/4,0/0 | 1,1/2,3/2,5 | | | |
| <i>Karenia mikimotoi</i> | | | | | | | | | 0,4/0,5 | | | | | 1,7/3,5/1,5 |
| <i>Lingulodinium polyedrum</i> | | | | | | 0,2/ - /- | | | 0,3/ - | | | | | 0,3/0,1 |
| <i>Protoceratium reticulatum</i> | | | | | | 0,3/ - /- | | | 0,6/0,6 | | | | | |
| <i>Prorocentrum foraminosum</i> | | | | | | | 0,1/ - /- | | | | | | | 0,1/1,2 |

Protoceratium reticulatum также может содержать токсин, вызывающий диарейное отравление (DSP). На протяжении нашего исследования он был отмечен только в 2015 г. на обеих станциях в б. Парис при низкой концентрации (0,1–1,2 тыс. кл./л). Максимальная плотность вида, указанная в литературе для соседних акваторий не превышает 10 тыс. кл./л [36].

Известно, что не только развитие потенциально токсичных видов может нести опасность для морских млекопитающих. Виды рода *Skeletonema*, являясь вредоносными, могут также способствовать ухудшению экологической обстановки в районе содержания животных на открытой воде. За весь период наблюдений вегетацию видов рода *Skeletonema* отмечали преимущественно в летне-осенний период. Именно в это время плотность клеток рода достигала наибольших значений – от 19,2 тыс. кл./л до 1,8 млн кл./л.

Сравнение количественных параметров фитопланктона между станциями показало, что потенциально токсичные виды были обнаружены на всех мониторинговых станциях; пики их плотности не были приурочены к определенной станции. Плотность *P. calliantha*, *P. delicatissima*, *D. acuta* и *D. rotundata* была выше на станции в районе садков, тогда как плотность *P. multistriata*, *D. acuminata*, *D. infundibula*, *P. minimum* была выше на контрольной станции.

Анализ полученных результатов показал, что плотность видов рода *Dinophysis* превышала ПДК, при которой рекомендован контроль за развитием токсинпроизводящего планктона на акваториях марикультурных хозяйств в странах Европы. Эти данные в сочетании со сведениями из литературы о высокой концентрации омега-3 кислоты в микроводорослях и моллюсках из зал. Петра Великого [37], свидетельствует о необходимости продолжения мониторинга потенциально токсичных видов фитопланктона на акватории б. Парис, особенно в районе содержания морских млекопитающих в садках на открытой воде.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 15-04-04838.

Библиографический список

1. Sourina A., Chretiennot-Dinet M.J., Ricard M. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? // Journal of Plankton Research. 1991. Vol. 13. P. 1093–1099.
2. Anderson D.M., Andersen P., Bricelj V.M., Cullen J.J., Rensel J.E. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters // APEC № 201–MR–01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series № 59, Paris. 2001. 268 p.
3. Landsberg J.H. The effects of harmful algal blooms on aquatic organisms // Reviews in Fisheries Science. 2002. Vol. 10, № 2. P. 113–390.
4. Orlova T.Yu. Diversity of potentially toxic microalgae on the east coast of Russia // Marine biodiversity and ecosystem dynamics of the Northwest Pacific Ocean / Eds S. Song, A.V. Adrianov, K.A. Lutaenko, S. Xiao-Xia. Beijing: Science Press, 2014. P. 77–87.
5. Anderson D.V., White A.W. Marine biotoxins at the top of the food chain // Oceanus. 1992. Vol. 35, № 3. P. 55–61.
6. Lefebvre K.A., Powell C.L., Busman M., Doucette G.J., Moeller P.D., Silver J.B., Miller P.E., Hughes M.P., Singaram S., Silver M.W., Tjeerdma R.S.. Detection of domoic acid in northern anchovies and California sea lions associated with an unusual mortality event // Natural Toxins. 1999. № 7. P. 85–92.
7. Scholin C.A., Gulland F., Doucette G.J., Benson S., Busman M. et al. Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom // Nature. 2000. Vol. 403. P. 80–84.
8. Deeds J.R., Terlizzi D.E., Adolf J.E., Stoecker D.K., Place A.R. Toxic activity from cultures of *Karlodinium micrum* (= *Gyrodinium galatheanum*) – a dinoflagellate associated with fish mortalities in an estuarine aquaculture facility // Harmful algae. 2002. Vol. 1. P. 169–189.

9. Anderson D.M., Alpermann T.J., Cembella A.D., Collos Y., Masseret E., Montresor M. The globally distributed genus *Alexandrium*: Multifaceted roles in marine ecosystems and impacts on human healths // *Harmful Algae*. 2012. Vol. 14. P. 10–35.
10. Lefebvre K.A., Quakenbush L., Frame E. et al. Prevalence of algal toxins in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment // *Harmful Algae*. 2016. Vol. 55. P. 13–24.
11. Pyenson N.D., Gutstein C.S., Parham J.F., et al. Repeated mass strandings of Miocene marine mammals from Atacama Region of Chile point to sudden death at sea // *Proceedings of the Royal Society of London B*. 2014. Vol. 281: 20133316.
12. Smayda T.J. Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence for a global epidemic // *Toxic marine phytoplankton* / Eds. E. Granéli, B. Sundström, L. Edler, D.M. Anderson. New York: Elsevier, 1990. P. 29–40.
13. Johansson N., Granéli E. Cell density, chemical composition and toxicity of *Chrysochromulina polylepis* (Haptophyta) in relation to different N:P supply ratios // *Marine Biology*. 1999. Vol. 135. P. 209–217.
14. Симакова Н.К., Орлова Т.Ю., Селина М.С. «Красный прилив», вызванный жгутиковой водорослью *Chattonella* sp. (Raphidophyceae) в Амурском заливе Японского моря // *Биология моря*. 1990. № 5. С. 77–78
15. Orlova T.Yu., Zhukova N.V., Stonik I.V. Bloom-forming diatom *Pseudo-nitzschia pungens* in the Amurskiy Bay (the Sea of Japan): morphology, ecology and biochemistry // *Harmful and Toxic Algal Blooms* / Eds T. Yasumoto, Y. Oshima, Y. Fukuyo. Paris: Intergovernmental Oceanography Commission of UNESCO, 1996. P. 147–150.
16. Orlova T.Yu., Konovalova G.V., Selina M.S., Stonik I.V., Morozova T.V., Shevchenko O.G. Harmful algal blooms on the eastern coast of Russia // *PICES Scientific Report*. 2002. № 23. P. 47–73.
17. Морозова Т.В., Селина М.С., Орлова Т.Ю. Фитопланктон в районе хозяйства марикультуры бухты Миносок залива Посьета Японского моря // *Биология моря*. 2002. Т. 28. № 2. С. 107–112.
18. Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря // *Биология моря*. 2005. Т. 31. № 1. С. 11–16.
19. Utermöhl H. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton // *Methodik. Internationalen Verein Limnologie. Mitteilungen*. 1958. Vol. 9. P. 1–38.
20. Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // *Современные методы количественной оценки и распределения морского планктона* / ред. М.Е. Виноградов. М.: Наука, 1983. С. 97–105.
21. Anderson D.M., Burkholder J.M., Cochlan W.P., et al. Harmful algal blooms and eutrophication: Examining linkages from selected coastal regions of the United States // *Harmful Algae*. 2008. Vol. 8. P. 39–53.
22. Bargu S., Silver M., Goldstein T., Roberts K., Gulland F. Complexity of domoic acid-related sea lion strandings in Monterey Bay, California: foraging patterns, climate events, and toxic blooms // *Marine Ecology Progress Series*. 2010. Vol. 418. P. 213–222.
23. Ponomareva A.A., Shevchenko O.G. HAB monitoring in Paris Bay (the north-western of the East/Japan Sea) where marine mammals are kept in captivity // *PICES–2015 «Change and sustainability of the North Pacific»*, October 14–25, 2015, Quindao, China. Programm and Abstracts. 2015. P. 154.
24. Stonik I.V., Orlova T.Yu., Chikalovets I.V., Chernikov O.V., Litvinova N.G. Diatoms from the northwestern Sea of Japan as producers of domoic acid // *Abstracts of 9th IST Asia Pacific Meeting on Animal, Plant and Microbial toxins (International Society on Toxicology, IST)*. 4–8 September 2011, Vladivostok, Russia. 2011. P. 41
25. Andersen P. Design and implementation of some harmful algal monitoring system // *IOC technical series. UNESCO*. 1996. № 44. 110 p.

26. Thomas K., Harvey J.T., Goldstein T., Gulland F. Movement, dive behavior, and survival of California sea lions (*Zalophus californianus*) posttreatment for domoic acid toxicosis // Marine Mammal Science. 2010. Vol. 26(1). P. 36–52.
27. Коновалова Г.В. Toxic and potentially toxic dinoflagellates from Far East coastal waters of Russia // Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea / Eds T.J. Smayda, Y. Shimizu. Amsterdam: Elsevier, 1993. P. 275–279.
28. Коновалова Г.В., Селина М.С. Динофитовые водоросли (*Dinophyta*) // Биота российских вод Японского моря / ред. А.В. Адрианов. Владивосток: Дальнаука, 2010. 352 с.
29. Орлова Т.Ю. Токсичные микроводоросли залива Петра Великого // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря / ред. Н.К. Христофорова. Владивосток: ДВФУ, 2012. С. 227–238.
30. Околотков Ю.Б. Потенциально вредные и токсичные динофлагелляты (*Dinophyceae*) в морях евразийской Арктики // Ботанический журнал. 1999. Т. 84. № 11. С. 1–16.
31. Стоник И.В. Потенциально токсичная динофитовая водоросль *Prorocentrum minimum* в Амурском заливе Японского моря // Биология моря. 1994. Т. 20. № 6. С. 419–425.
32. Taylor J.R., Fukuyo Y., Larsen J. Taxonomy of harmful dinoflagellates // Manual of harmful marine microalgae. Paris: UNESCO. 1995. P. 283–317.
33. Emsholm H., Andersen P., Hald B. Result of the Danish monitoring programme on toxic algae and algae toxins in relation to the mussel fisheries 1991–1994 // Harmful and Toxic Algae Blooms / Eds. T. Yasumoto, Y. Oshima, Y. Fukuya. IOC of UNESCO. 1996. P. 15–18.
34. Selina M.S., Konovalova G.V., Morozova T.V., Orlova T.Yu. Genus *Alexandrium* Halim, 1960 (Dinophyta) from the Pacific coast of Russia: species composition, distribution, and dynamics // Russian Journal of Marine Biology. 2006. Vol. 32, № 6. P. 321–332.
35. Orlova T.Yu., Selina M.S., Lilly E.L., Kulis D.M., Anderson D.M. Morphogenetic and toxin composition variability of *Alexandrium tamarense* (Dinophyceae) from the east coast of Russia // Phycologia. 2007. Vol. 46(5). P. 534–548.
36. Орлова Т.Ю., Стоник И.В., Шевченко О.Г. Флора микроводорослей планктона Амурского залива Японского моря // Биология моря. 2009. Т. 35, № 1. С. 48–61.
37. Kameneva P.A., Efimova K.V., Rybin V.G., Orlova T.Yu. Detection of Dinophysistoxin-1 in clonal culture of marine dinoflagellate *Prorocentrum foraminosum* (Faust M.A., 1993) from the Sea of Japan // Toxins. 2015. Vol. 7. P. 3947–3959.

O.G. Shevchenko^{1,2}, A.A. Ponomareva²

¹Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

²National scientific centre of marine biology, Vladivostok, Russia

DIVERSITY AND SEASONAL DYNAMICS OF QUANTITATIVE PARAMETERS OF POTENTIAL TOXIC PHYTOPLANKTON SPECIES NEAR NET PENS WITH MARINE MAMMALS

Currently, monitoring of the dynamics of toxic species is one of the most important areas for monitoring microalgae. This is especially true for coastal waters used as specially protected water areas, spawning grounds or areas of mariculture development. As a result of research, 16 species of potentially toxic microalgae were identified near net pens with marine mammals and at a control station. A comparison of the quantitative parameters of phytoplankton between the stations showed that potentially toxic species were detected at all monitoring stations; peaks of their density were not confined to a certain station.

В.А. Шелехов, И.В. Епур
ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, Россия

ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕЛАГИЧЕСКИХ ИКРЫ И ЛИЧИНОК РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ РЫБ ПО АНАЛИЗУ УЛОВОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ТРАЛЕНИЙ ИКС-80

*Исследованы особенности вертикального распределения икры и личинок нескольких массовых видов рыб на акваториях восточного побережья Приморья и Татарского пролива в летний период 2017 г. Икра пелагических видов рыб таких, как: *E. japonicus*, *C. saira* и *S. japonicus*, встречалась только в приповерхностном слое при горизонтальных ловах. В уловах при этом присутствовали личинки только японской скумбрии. Икра четырех видов камбаловых *L. Punctatissima*, *Gl. Stelleri*, *Cl. herzensteini* и *A. nadeshnyi*, как правило, достаточно равномерно распределялась по всей водной толще. Личинки всех исследованных видов камбал демонстрируют отрицательный фототаксис: у поверхности их концентрация ниже и может увеличиваться только в ночное время суток. Отмечено, что личинки *L. punctatissima* и *A. nadeshnyi* встречались у поверхности воды и в светлое время суток, но плотность их распределения здесь была многократно ниже, чем в нижележащих слоях. Проведенные исследования говорят о необходимости ввода не только коэффициентов уловистости для конкретных орудий лова по размерным группам облавливаемых личинок, но и учета времени суток, в которое проводятся ловы.*

Ихтиопланктонные исследования с использованием различных типов планктонных сетей и мальковых тралов имеют давнюю, богатую историю [1–4]. Ловы планктонными сетями типа ИКС-50, ИКС-80 позволяют оценивать плотность распределения икры и личинок рыб в толще воды, в пересчете на m^2 и m^3 . Сочетание горизонтальных и вертикальных ловов дает возможность учитывать икру и личинок видов с разным типом распределения ранних стадий развития по водной толще и, кроме того, делать обоснованные заключения о вертикальных миграциях, характерных для личинок отдельных видов рыб. Целью нашей работы являлось изучить особенность вертикального распределения икры и личинок нескольких массовых видов рыб на акваториях восточного побережья Приморья и Татарского пролива в летний период 2017 г.

Отбор проб осуществлялся в летний период 2017 г. на акваториях восточного побережья Приморья и Татарского пролива. Ихтиопланктон отлавливали с борта НИС «Проф. Гагаринский», используя икорную сеть ИКС-80, изготовленную в соответствии с рекомендациями Т.С. Рассы и Н.Н. Казановой [4]: площадь входного отверстия $0.5 m^2$, сетной мешок из капронового газа № 14 мм. Пробы отбирали в поверхностном горизонте на циркуляции судна со скоростью в 2,5 уз, продолжительностью 10 мин [5], а затем вертикальным ловом, с 50 м, с помощью судовой лебедки. При вертикальном лове сеть дополнительно оснащалась автономным гидрологическим зондом-профилографом CastAway STD.

Всего за период работ собрано и обработано 100 проб ихтиопланктона. Из них ихтиопланктон присутствовал в 55 пробах из поверхностного горизонта воды и 45 – в вертикальных ловах. Уловы ИКС-80 в режиме горизонтального и вертикального лова отличались как по видовому составу, так и по расчетной плотности икры и личинок видов рыб. Различное соотношение видов, в вертикальных и горизонтальных уловах, свидетельствует о различном характере распределения икры и личинок у встреченных нами видов рыб.

Из-за неравномерного распространения икры и личинок у различных видов по глубине вертикальные уловы должны давать, несомненно, более адекватную оценку их соотношения в планктоне. Однако из-за относительно низкой численности большинства видов рыб часты случаи, когда они вообще отсутствовали при вертикальных ловах, в то время как в горизонтальных отмечались в заметных количествах. С одной стороны, это происходит из-за их распределения исключительно у поверхности, с другой, из-за значительно

большого объема процеживаемой воды (примерно в 100 раз). Например, икра *Cololabis saira* димерсальная и на плавающем мусоре встречалась только в горизонтальных уловах, в то время как личинки *Glyptocephalus stelleri* встречались, за редким исключением, только в вертикальных уловах (т.е. к поверхности они практически не всплывают) (рис. 1). При этом две станции (№ 56, 57), где личинки встречались в горизонтальных ловах и отсутствовали в вертикальных, пришлось в темное время суток на район апвеллинга у м. Кузнецова, у южной оконечности о. Сахалина. Здесь могли произойти их принудительный вынос и концентрация у поверхности, а из-за малой численности они не попали в сеть при вертикальном облове. Для многих важных промысловых видов ранее были установлены характеристики вертикального распределения, что позволило целенаправленно проводить оценку их нерестовой активности с учетом этих особенностей. Например, для минтая было показано, что в массе икра этого вида встречается ниже 200 м [6], поэтому использовать горизонтальные ловы при его учете не имеет смысла, а вертикальные необходимо проводить от дна.

В горизонтальных уловах на долю видов представителей сем. Pleuronectidae по всей исследованной акватории приходилось 93,43 % икры (5 видов рыб) и 84,30 % личинок (4 вида), икра японского анчоуса (*Engraulis japonicus*) составляла 6,40 % улова, а икра *C. saira* и японской скумбрии (*Scomber japonicus*) – 0,12 % и 0,04 % соответственно. В этот период среди личинок была высока доля представителей р. *Sebastes* – 9,40 % (3 вида рыб) и *S. japonicus* – 0,51 %. В уловах присутствовали также в заметном количестве личинки Stichaeidae gen.sp. – 5,15 %.

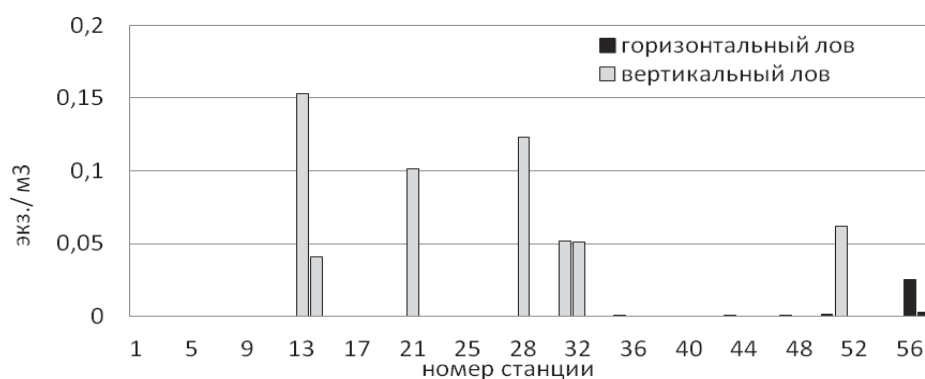


Рис. 1. Плотность распределения личинок дальневосточной малоротой камбалы (*Glyptocephalus stelleri*) в период исследований по данным вертикальных и горизонтальных ловов

В вертикальных уловах в пересчете на кубометры икра и личинки представителей сем. Pleuronectidae (4 вида рыб) составляли 95,14 % и 83,47 % соответственно. На долю личинок *S. japonicus*, двух видов р. *Sebastes* и *Stichaeidae gen.sp.* пришлось 1,14, 9,06 и 4,36 % соответственно. В районе зал. Де Кастри в прибрежных уловах присутствовали личинки мойвы (*Mallotus villosus*) – 0,59 %.

Икра пелагических видов рыб, таких как *E. japonicus*, *C. saira* и *S. japonicus*, встречалась только в приповерхностном слое при горизонтальных ловах. В уловах при этом присутствовали личинки только японской скумбрии. Они отмечались и в горизонтальных, и в вертикальных уловах, но только в вечернее или ночное время, и их концентрация по данным вертикальных ловов была на порядок выше, чем в горизонтальных, что, с одной стороны, говорит об их способности к избеганию икорной сети и необходимости принятия при учете коэффициента уловистости, а с другой – о постепенном перераспределении их в зоне комфортной температуры изотермического слоя после выклева у поверхности, где сконцентрирована вся икра данного вида.

Длиннорылая камбала (*Limanda punctatisima*) является обычным для данной акватории видом. Икра этого вида диаметром 0,71-0,85 мм находилась на I–IV стадии развития и встречалась в уловах при температуре 13,5-21,5 °С и солености 26,0-33,8 ‰, в массе – в

диапазоне 15.0-18.0 °С и 31.0-33.0 ‰ над глубинами менее 40 м. У побережья Приморья в уловах фиксировалась только икра, в то время как в Татарском проливе и икра, и личинки этого вида. Личинки концентрировались в более холодных водах.

При низкой концентрациях икра *L. punctatisima* встречалась, как правило, только в горизонтальных ловах, а при высокой – и в горизонтальных, и в вертикальных. В целом, концентрация икры была примерно одинаковая по всей облавливаемой толще воды. Два выбивающихся из общей тенденции вертикальных лова с повышенной концентрацией могут свидетельствовать о том, что они пришлись на места активного нереста этого вида. Нерест *L. punctatisima*, как и у других камбаловых, придонный и икра, после оплодотворения начинает подниматься к поверхности. В то же время концентрация личинок была на порядок выше в вертикальных ловах (рис. 2). Размерный ряд личинок варьировал от 2.5 до 10.0 мм при средних размерах 5.0-6.0 мм, как в вертикальных, так и в горизонтальных ловах. Это говорит об активном перемещении личинок, всех размерных групп, на планктонной стадии до начала оседания по водной толще. Об этом же свидетельствует и изменение плотности распределения по времени суток.

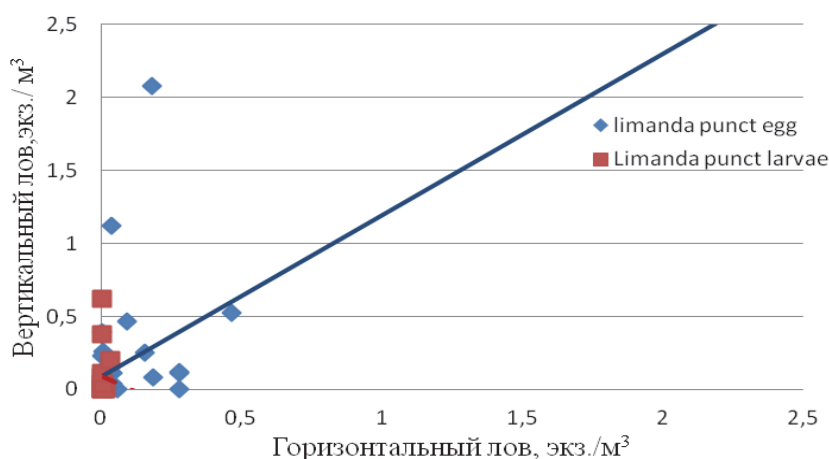


Рис. 2. Соотношение икры и личинок длиннорылой камбалы (*Limanda punctatisima*) в горизонтальных и вертикальных ловах

В период с 10:00 до 14:00, а также перед полуночью, наблюдалось резкое увеличение плотности в вертикальных ловах (рис. 3), что может говорить об отрицательном фототаксисе личинок *L. punctatisima*.

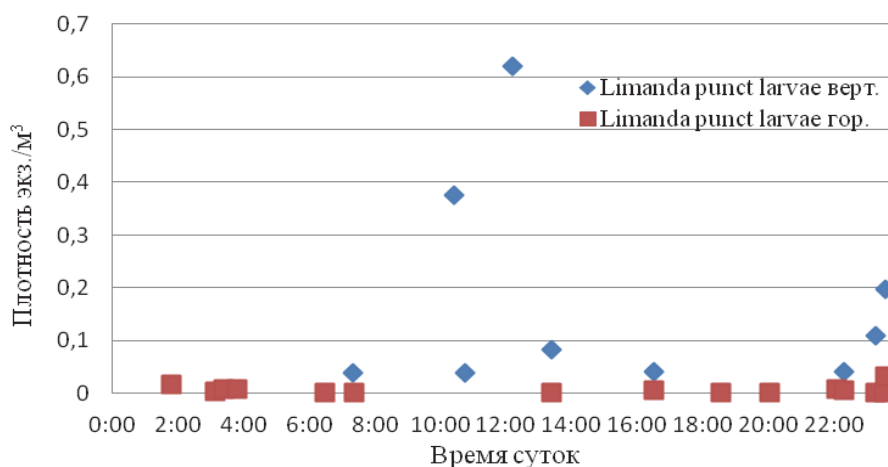


Рис. 3. Изменение плотности распределения личинок длиннорылой камбалы (*Limanda punctatisima*) в горизонтальных и вертикальных ловах по времени суток

Длинная камбала *Gl. stelleri* встречалась по всему району исследований, в диапазоне температур у поверхности от 13.4-18.9 °С и солености от 29.6-33.6 ‰. Количество икры и личинок этого вида, не смотря на их широкое распространение, было существенно ниже, чем у других видов представителей сем. *Pleuronectidae*.

Основная часть, как личинок, так и икры *Gl. stelleri* встречались глубже 35 м изобаты. При концентрации менее 0.03 экз/м³ икра встречалась только при горизонтальных ловах. Единственный вертикальный лов, в котором плотность была на 2 порядка выше, был у м. Сюркум, в холодном пятне, где видимо, идет активный нерест этого вида рыб (рис. 4).

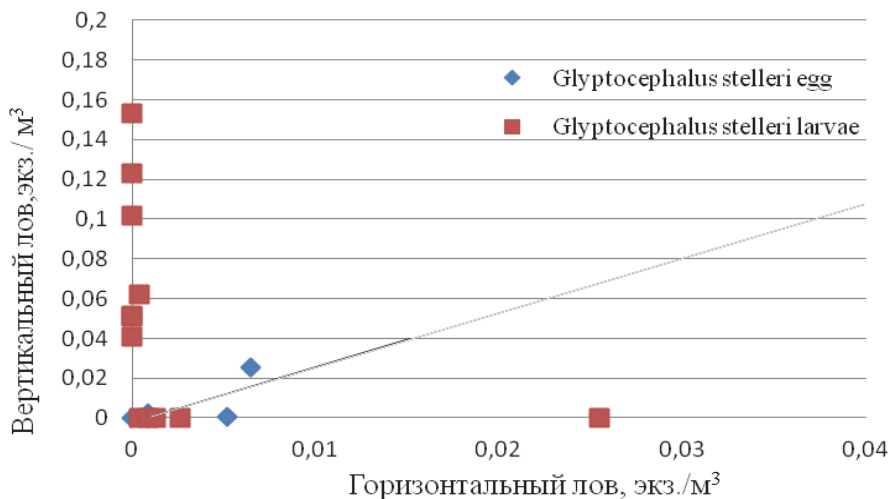


Рис. 4. Соотношение икры и личинок дальневосточной малоротой камбалы (*Glyptocephalus stelleri*) в горизонтальных и вертикальных ловах

Личинки встречались в основном в вертикальных уловах, а в горизонтальных они присутствовали только в ночное время (рис. 5), что также свидетельствует о вертикальной миграционной активности личинок данного вида и отрицательном фототаксисе.

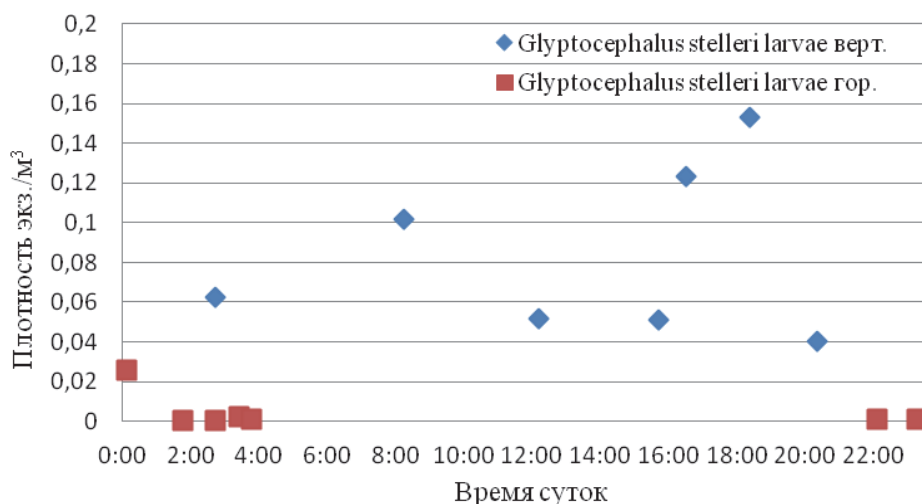


Рис. 5. Изменение плотности распределения личинок дальневосточной малоротой камбалы (*Glyptocephalus stelleri*) в горизонтальных и вертикальных ловах по времени суток

Остроголовая камбала (*Cleithenes herzensteini*) встречалась при температуре воды у поверхности 13.0-20.0 °С и солености 28-34 ‰. Большая часть уловов икры пришлась на глубины более 50 м, в диапазоне температуры и солености 14-19 °С и 30-34 ‰, соответственно. Икра в верхнем 50-метровом слое была распределена равномерно (рис. 6).

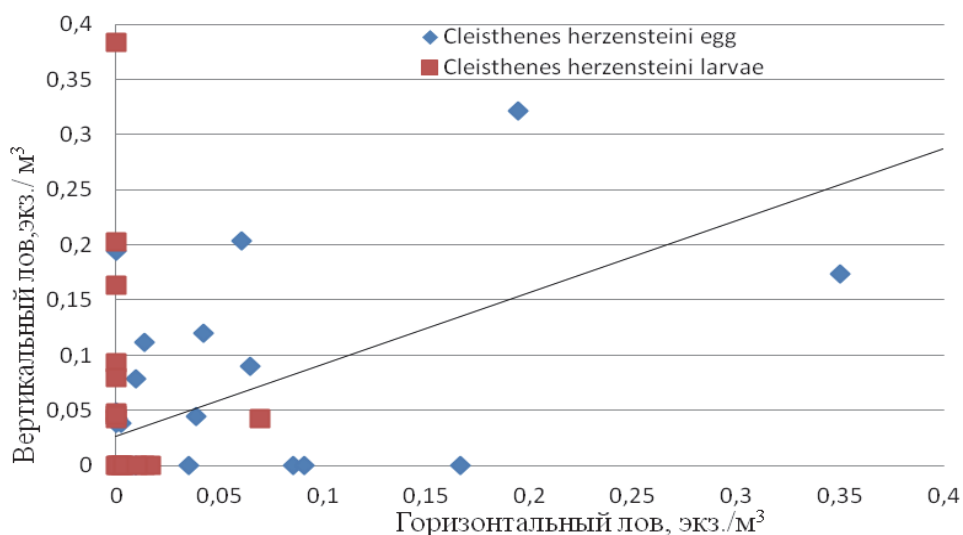


Рис. 6. Соотношение икры и личинок остроголовой камбалы (*Cleisthenes herzensteini*) в горизонтальных и вертикальных ловах

Уловы личинок *Cl. herzensteini* так же увеличивались на глубинах более 40 м при температуре 15.0-19.5 °С и солености 31.5-34.0 ‰. Личинки этого вида, хотя и встречались в горизонтальных ловах чаще, чем в вертикальных, но в пересчете на процеженный объем воды концентрация в них была на 1-2 порядка ниже (см. рис. 6). Горизонтальные ловы были результативны только в ночное время с 22:00 до 04:00 (рис. 7).

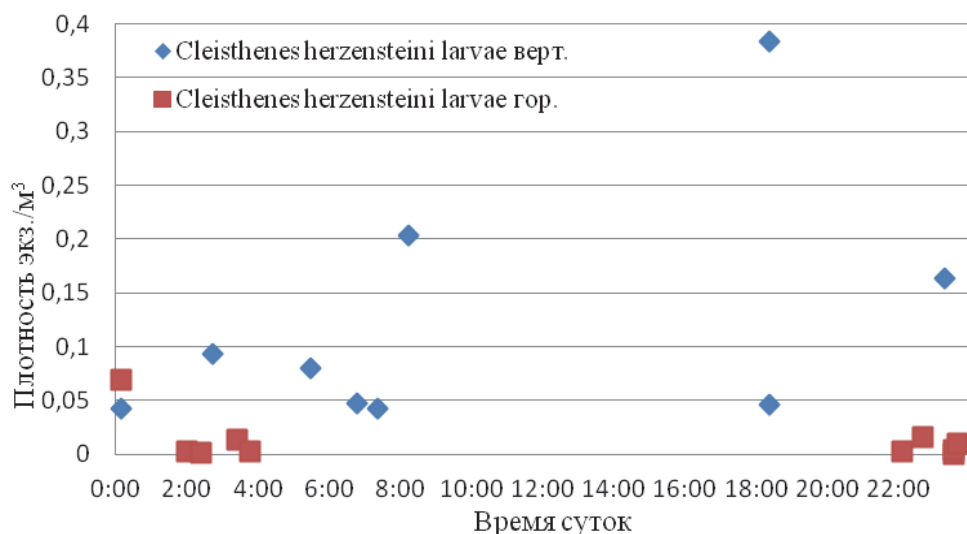


Рис. 7. Изменение плотности распределения личинок остроголовой камбалы (*Cleisthenes herzensteini*) в горизонтальных и вертикальных ловах по времени суток

Икра колючей камбалы Надежного (*Acanthopsetta nadeshnyi*) встречалась в диапазоне температур 13.5-19.0 °С и солености 30.0-34.0 ‰. Икра, чаще встречалась непосредственно у поверхности, а личинки тяготели к более нижележащим слоям водной толщи (рис. 8). Практически все уловы были над изобатами более 35 м.

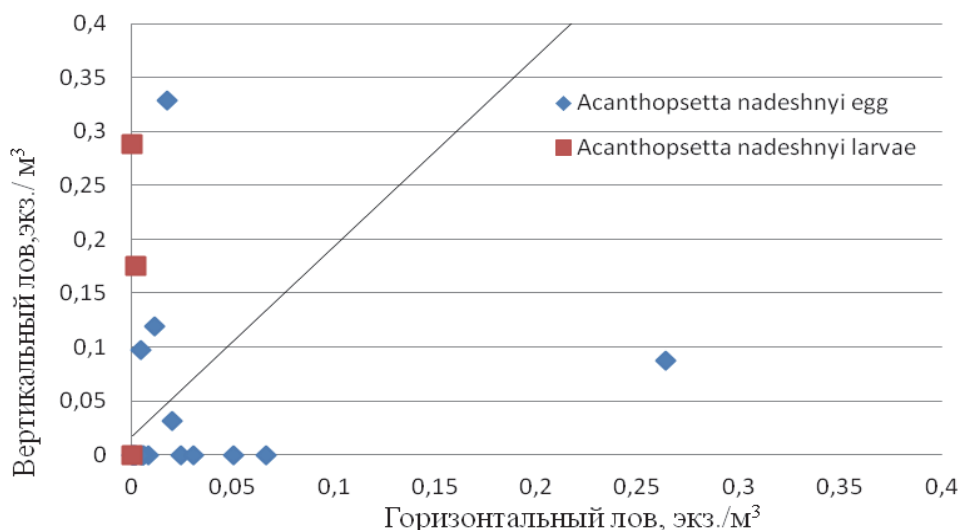


Рис. 8. Соотношение икры и личинок колючей камбалы Надежного (*Acanthopsetta nadeshnyi*) в горизонтальных и вертикальных ловах

Плотность распределения личинок *A. nadeshnyi*, в поверхностном слое, по результатам горизонтальных ловов была на 2–3 порядка ниже, чем в вертикальных на протяжении всех суток. Небольшое увеличение количества личинок этого вида у поверхности отмечено только на одной станции, с низкой температурой воды у поверхности (13.5 °C) около 02:00 (рис. 9).

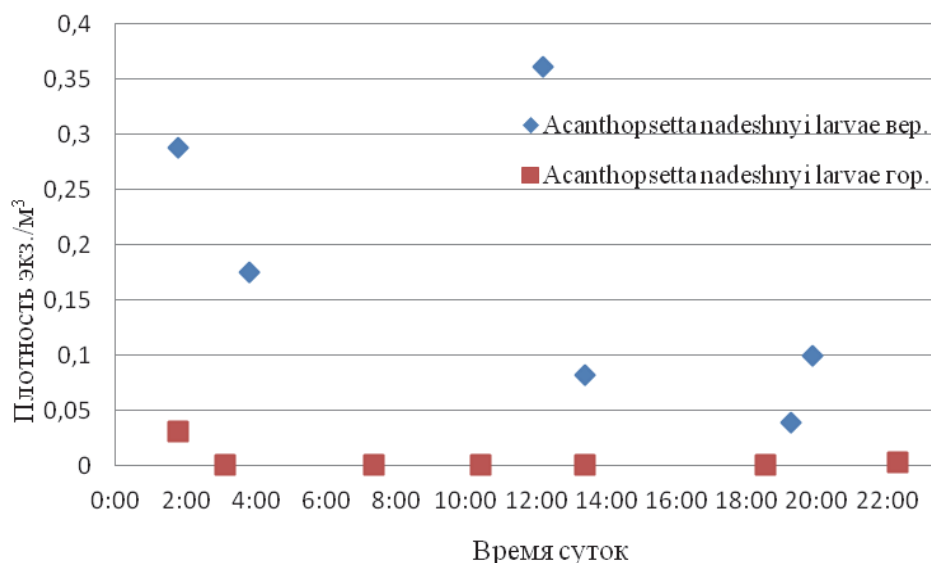


Рис. 9. Изменение плотности распределения личинок колючей камбалы Надежного (*Acanthopsetta nadeshnyi*) в горизонтальных и вертикальных ловах по времени суток

Таким образом, за период исследований, в уловах, регулярно отмечалось присутствие 4 видов представителей сем. *Pleuronectidae* – *L. punctatissima*, *Gl. stelleri*, *Cl. herzensteini* и *A. nadeshnyi*. Икра этих видов рыб, как правило, достаточно равномерно распределялась по всей водной толще и увеличение ее концентрации в вертикальных уловах, в сравнении с горизонтальными, на наш взгляд, может свидетельствовать о близости действующих нерестилищ. В то же время их личинки демонстрируют отрицательный фототаксис: как правило, у поверхности их концентрации ниже, и могут увеличиваться только в ночное время

суток. У двух видов – *L. punctatissima* и *A. nadeshnyi*, личинки встречались у поверхности воды и в светлое время суток, а плотность их распределения здесь была многократно меньше, чем в нижележащих слоях.

Проведенные исследования говорят о необходимости ввода не только коэффициентов ловистости для конкретных орудий лова по размерным группам облавливаемых личинок, но и учета времени суток, в которое проводятся ловы и особенностей распределения конкретных видов. В ночное время, для отдельных видов камбал, например, могут оказываться более эффективны горизонтальные обловы планктонной сетью у поверхности, в то время как, в дневное, несомненно, более показательны вертикальные ловы.

Библиографический список

1. Барановская А.С. К методике исследования ранних стадий промысловых рыб // Науч. техн. бюллетень ПИНРО, 1961. № 2-3.
2. Давыдова С.В., Кузнецова Н.А. Изучение ихтиопланктона в Тихом океане и дальневосточных морях // Изв. ТИНРО. 2005. Т. 141. С. 237-254.
3. Дехник Т.В. Применение ихтиопланктонных методов для оценки биомассы нерестового стада рыб // Тр. ИОАН. 1986. Т. 116. С. 103-125.
4. Расс Т.С., Казанова Н.Н. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 35 с.
5. Соколовская Т.Г., Беляев В.А. Рекомендации по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Курошио. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1987. 69 с.
6. Буслов А.В., Тепнин О.Б. Условия нереста и эмбриогенеза минтая *Theragra chalcogramma* (*Gadidae*) в глубоководных каньонах тихоокеанского побережья Камчатки // Вопр. ихтиологии. 2002. Т. 42. Вып. 5. С. 617-625.

V.A. Shelekhov, I.V. Epur
NSCMB FEB RAS, Vladivostok, Russia

PECULIARITIES OF THE VERTICAL DISTRIBUTION OF PELAGIC EGGS AND LARVAE OF VARIOUS FISH SPECIES THROUGH THE ANALYSIS OF THE CATCHES OF THE VERTICAL AND HORIZONTAL TRAWLS X-80

*The patterns of the vertical distribution of eggs and larvae of several common fish species near the eastern coast of Primorye and the Tatar Strait during the summer period of 2017 are investigated. Eggs of pelagic fish species such as *E. japonicus*, *C. saira* and *S. japonicus* was found only in the near surface with horizontal trawling. There were only mackerel larvae in the catches. Eggs of *L. punctatissima*, *Gl. stelleri*, *Cl. herzensteini* and *A. nadeshnyi* were distributed throughout the water column, as a rule, fairly evenly. Their larvae exhibited a negative phototaxis: at the surface their concentration was lower, and it can increase only at night. It is noted that the larvae of *L. punctatissima* and *A. nadeshnyi* were found near the water surface at daylight as well, but the density of their distribution was many times lower than in the underlying layers. Our researches show the necessity of consideration not only factor of catchability for plankton net on the certain size range of the larvae, but also the factors of time of day and distribution of larvae of specific species.*

В.А. Шелехов, И.В. Епур
ННЦМБ ДВО РАН, Владивосток, Россия

СМЕНА ДОМИНИРУЮЩИХ ВИДОВ РЫБ В ЛЕТНЕМ ИХТИОПЛАНКТОНЕ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА ЯПОНСКОГО МОРЯ В 2017 ГОДУ

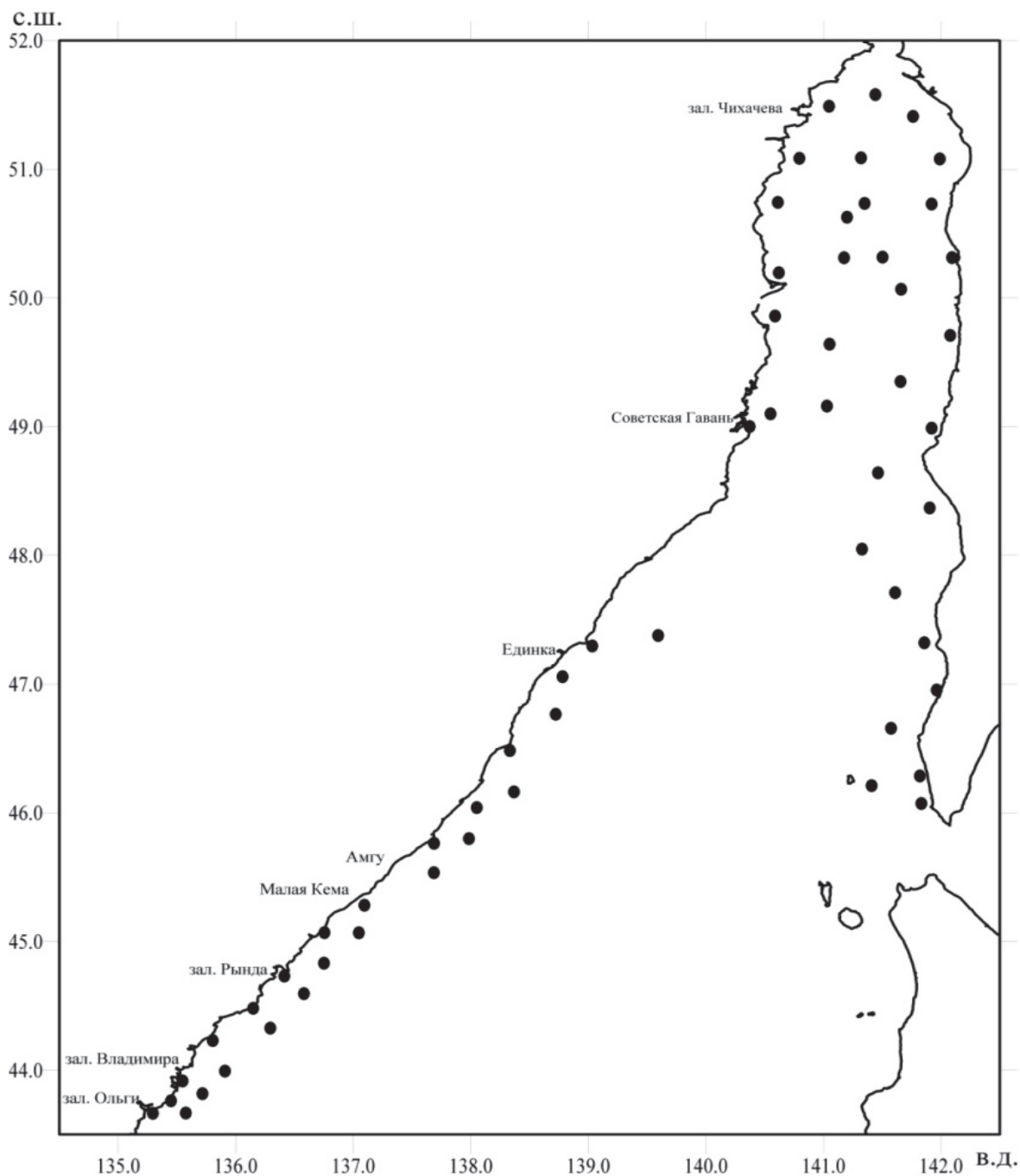
В ихтиопланктоне Татарского пролива в первые 2 декады августа 2017 г. присутствовали икра 6 видов рыб из 5 семейств и личинки 11 видов из 6 семейств. Полученные данные позволяют говорить о продолжающемся снижении численности желтоперой (*Limanda aspera*) и желтополосой (*Pseudopleuronectes herzensteini*) камбал, доминировавших в 40-х гг. XX в. В летний период 2017 г. в ихтиопланктоне доминировали икра и личинки длиннорылой (*L. punctatissima*), остроголовой (*Cleisthenes herzensteini*) и колючей камбалы Надежного (*Acanthopsetta Nadeshnyi*). Зафиксировано снижение нерестовой активности японского анчоуса (*Engraulis japonicus*) даже в сравнении с данными 3–5-летней давности, а численность японской скумбрии (*Scomber japonicus*), исходя из крайне низкой концентрации икры и личинок, находится в Японском море по-прежнему на низком уровне.

Татарский пролив, в частности его мелководная северная часть, является местом обитания многих ценных видов рыб [11]. Большая часть представителей местной ихтиофауны – донные и придонные виды сем. *Clupeidae*, *Gadidae*, *Cottidae* и *Pleuronectidae*. По данным Т.А. Перцева-Остроумовой [17], здесь могут нереститься до 8 видов камбал, в том числе такие ценные промысловые виды, как желтоперая (*Limanda aspera*), желтополосая (*Pseudopleuronectes herzensteini*), малоротая (*Glyptocephalus stelleri*) камбалы. В годы высокой численности, здесь нерестятся также японский анчоус (*Engraulis japonicus*), сайра (*Cololabis saira*), японская скумбрия (*Scomber japonicus*) и сардина-иваси (*Sardinops melanostictus*) [3, 4]. Известно, что значительная часть обитающих здесь видов рыб проходит в своем развитии пелагическую стадию, что позволяет с помощью методов ихтиопланктонных исследований получить представление о состоянии их популяций, эффективности воспроизводства. Цель наших исследований – дополнить имеющиеся литературные данные по ихтиопланктону исследуемого района, отследить происходящие изменения в составе летнего ихтиопланктона Татарского пролива.

Ихтиопланктонные пробы собирали в июле–августе 2017 г. на акватории Татарского пролива с борта НИС «Проф. Гагаринский». Для сбора ихтиопланктона использовали икорную сеть ИКС-80, изготовленную в соответствии с рекомендациями Раса и Казановой [19]: площадь входного отверстия 0.5 м², сетной мешок из капронового газа № 14 мм. Отбор проб осуществлялся в поверхностном горизонте воды на циркуляции судна со скоростью 2.5 узла, продолжительностью 10 мин [20], а затем вертикальным ловом, с 50 м, с помощью судовой лебедки. При вертикальном лове сеть дополнительно оснащалась автономным гидрологическим зондом-профилографом CastAway STD (рис. 1). Пробы фиксировались 4%-ным раствором формалина. Их дальнейшая обработка осуществлялась в лабораторных условиях. При идентификации икры, личинок и мальков использовались литературные источники [17, 21, 24]. Общую длину (*TL*) личинок и мальков измеряли с точностью до 0,1 мм при помощи микроскопа «Olympus» с окуляр-микрометром.

В ихтиопланктоне Татарского пролива в первые 2 декады августа присутствовали икра 6 видов рыб из 5 семейств и личинки 11 видов из 6 семейств (таблица).

Длиннорылая камбала (*Limanda punctatissima*) является обычным видом в зал. Петра Великого, Татарском проливе, зал. Анива и у южных Курильских о-вов, где составляет заметную долю биомассы камбал [1, 2, 9, 12]. В Татарском проливе отмечались и икра, и личинки этого вида. Личинки концентрировались в более холодных водах. Наиболее высокие их концентрации наблюдались от района м. Сюркум до зал. Чихачева по материковому побережью и севернее Александровска-Сахалинского по побережью о. Сахалин.



Карта-схема ихтиопланктонных станций исследуемого района в летний период 2017 г.

Размерный ряд личинок варьировал от 2,5 до 10,0 мм. С севера на юг Сахалинского побережья размеры личинок в уловах постепенно увеличивались, а количество икры сокращалось, что может свидетельствовать, на наш взгляд, о том, что у южной оконечности Сахалина нерест *L. punctatissima* во второй декаде августа уже практически завершился.

Икра другого вида р. *Limanda* – *L. aspera*, диаметром 0,74–0,82 мм (IV стадии развития), присутствовала в уловах лишь единожды, у зал. Императорская гавань. В ранее проведенных исследованиях икра данного вида в июле–августе доминировала в уловах [7, 25, 26, 27]. Данный факт, заставил нас усомниться в правильности определения, так как икра *L. aspera* и *L. punctatissima* очень схожа по размерам и пигментации [17]. Однако в наших сборах присутствовали личинки только *L. punctatissima*, в правильности определения которых мы уверены. В работе Т.В. Дехника [7] описание личинок, приведенное для *L. aspera* в Татарском проливе, отличается от данного позже Т.А. Перцевой-Остроумовой [17]. В сбо-

рах О.Н. Мухаметовой [25, 26, 27], когда в сходные сроки фиксировались существенные уловы икры *L. aspera* в Татарском проливе, полностью отсутствовали личинки сем. Pleuronectidae, что сильно снижает надежность идентификации икры. В отчете по результатам ихтиопланктонных работ в 2010 г. у порта г. Шахтерск О.Н. Мухаметова [14] отмечала и личинок, но если икры *L. punctatissima* в уловах, по ее данным, было почти в 5 раз меньше, чем *L. aspera*, то личинок, напротив, оказалось в 20 раз больше, чем личинок *L. aspera*. Такая диспропорция вряд ли могла быть связана с избирательным переносом личинок или икры одного из этих видов. Вероятнее всего, здесь наблюдается ошибочное определение икры *L. punctatissima* как икры *L. aspera*.

Видовой состав и доля видов рыб в ихтиопланктоне Татарского пролива в летний период 2017 г.

| Вид | Гориз. лов (на м ³) | | Верт. лов (на м ³) | |
|---------------------------------|---------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| | Икра, % | Личинки, % | Икра, % | Личинки, % |
| Сем. Engraulidae | | | | |
| <i>Engraulis japonicus</i> | - | - | - | - |
| Сем. Osmeridae | | | | |
| <i>Mallotus villosus</i> | - | - | - | 0,72 |
| Сем. Scomberesocidae | | | | |
| <i>Cololabis saira</i> | 0,17 | - | - | - |
| Сем. Gasterosteidae | | | | |
| <i>Gasterosteus aculeatus</i> | - | 0,58 | - | - |
| Сем. Scorpaenidae | | | | |
| <i>Sebastes minor</i> | - | 2,77 | - | 5,08 |
| <i>S. taczanovskii</i> | - | 5,10 | - | 4,53 |
| <i>S. trivittatus</i> | - | 0,44 | - | - |
| Сем. Liparidae | | | | |
| <i>Liparis tessellatus</i> | - | - | - | - |
| Сем. Stichaeidae | | | | |
| <i>Stichaeidae</i> spp. | - | 5,83 | - | 5,29 |
| Сем. Scombridae | | | | |
| <i>Scomber japonicus</i> | 0,01 | 0,15 | - | 0,67 |
| Сем. Pleuronectidae | | | | |
| <i>Glyptocephalus stelleri</i> | 1.52 | 10.79 | 5.43 | 5.02 |
| <i>Cleisthenes herzensteini</i> | 26.89 | 30.90 | 13.30 | 6.81 |
| <i>Limanda aspera</i> | 0.46 | - | - | - |
| <i>L. punctatissima</i> | 49.81 | 30.32 | 62.11 | 26.86 |
| <i>Acanthopsetta nadeshnyi</i> | 21.14 | 13.12 | 19.16 | 45.02 |
| Всего | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Известно, что урожайность поколений рыб сем. *Pleuronectidae* обусловлена не только численностью нерестовиков, но и факторами среды, определяющими выживаемость поколений до момента вступления в промысел. Так, И.В. Давыдов [5] и В.И. Тихонов [22] отмечали значительные колебания урожайности поколений *L. aspera* западной Камчатки и объясняли их изменениями температурных условий обитания на ранних этапах онтогенеза, а также активностью Солнца. Ю.П. Дьяков [8], исследуя влияние некоторых экологических факторов на выживаемость пяти наиболее многочисленных видов сем. Pleuronectidae на западнокамчатском шельфе, предположил, что урожайность поколений связана с активностью Солнца и циклонической активностью в период воспроизводства этих видов. С.Н. Тарасюк [23] отмечал, что численность поколений *L. aspera* западного Сахалина и зал. Терпения зависит от численности родительского стада, и высказал предположение, что колебания урожайности тесно связаны с выживаемостью генераций на ранних этапах

онтогенеза. Таким образом, с большой долей вероятности можно говорить, о том, что на исследованной акватории в 2017 г. нами выявлена низкая численность производителей *L. aspera*. Результаты последней масштабной съемки с использованием донного трала в этом районе также показали существенный рост численности *L. punctatissima* [11]. Ее биомасса в Западно-Сахалинской подзоне в 2015 г. была оценена почти в 4 раза выше, чем биомасса *L. aspera*, даже при том, что в летний период *L. punctatissima* держится, как правило, на меньших глубинах, чем *L. aspera*, часто вне акватории, доступной для работы донным тралом.

Вид *Gl. stelleri* встречалась по всему району исследований. Уловы отмечались от 16 м в северной части Татарского пролива до наиболее глубоководных станций в южной части исследованной акватории. Основная часть как личинок, так и икры *Gl. stelleri* встречалась глубже 35 м изобаты, в основном в вертикальных ловах.

Количество икры и личинок *Gl. stelleri*, несмотря на их широкое распространение, было существенно ниже, чем у других видов сем. Pleuronectidae. Однако присутствие в уловах как мелких (TL 3,0–4,0 мм), так и крупных личинок ($TL > 15,0$ мм) указывает на продолжающийся уже достаточно давно, к моменту съемки, нерестовый период.

В исследуемый период остроголовая камбала (*Cleisthenes herzensteini*) была на втором месте по обилию после *L. punctatissima*. Икра этого вида диаметром 0.89–1.2 мм находилась на I–IV стадии развития. Большая часть ее уловов пришлась на станции над глубинами более 50 м. Доля личинок *Cl. herzensteini* в уловах также увеличивались на глубинах более 40 м. Размеры личинок этого вида несколько увеличивались вдоль побережья о. Сахалина, однако, ввиду более поздних сроков проведения съемки в этом районе, нельзя с уверенностью говорить о более раннем прохождении здесь нереста *Cl. herzensteini*. Вероятно, и у материкового, и у сахалинского побережья Татарского пролива сроки нереста *Cl. herzensteini* примерно сходны с пиком в конце июля–начале августа.

Еще одним массовым видом представителей сем. Pleuronectidae, широко распространенным в ихтиопланктоне исследуемого района, являлся вид – колючая камбала Надежного (*Acanthopsetta nadeshnyi*). Икра этого вида сходна по размерам и близка по пигментации к икре *Cl. herzensteini*, однако разноразмерные личинки этих видов хорошо различаются по пропорциям и пигментации [17]. Икра *A. nadeshnyi* встречалась на всей акватории Татарского пролива, в то время как личинки этого вида были отмечены в уловах только к северу от 49° с.ш. Наибольшие уловы икры *A. nadeshnyi* были зафиксированы к северу от 50° с.ш., вдоль Сахалинского побережья, а личинок – вдоль обоих побережий. Доля *A. nadeshnyi* в ихтиоценозе данного района постоянно увеличивается на протяжении последних десятилетий. Если в середине 20-го века он не входил в тройку наиболее массовых видов, значительно уступая по численности *L. aspera*, *Ps. herzensteini* и *L. punctatissima* [7], то с конца 1970-х гг. его доля по биомассе среди представителей сем. Pleuronectidae превышала 44,0 % [13].

Численность *E. japonicus* в последние годы постепенно снижается в связи с глобальными изменениями в ихтиоценозе пелагиали Северной Пацифики, ростом численности *S. melanostictus*, долгопериодические колебания которой находятся в противофазе с *E. japonicus* [16]. Можно предположить, что в связи с этим несколько изменились сроки подхода и интенсивность нереста данного вида в Татарском проливе.

По литературным данным, 5–15 лет назад икра *E. japonicus* в августе составляла до 85,0 % от всего ихтиопланктона и плотность ее распределения доходила в Татарском проливе до 3,5 экз/м³ (южнее значительно больше) [15, 25, 26, 27]. По нашим данным, в первые 2 декады августа 2017 г. в пробах икра данного вида отсутствовала, в то время как температура воды в поверхностном слое центральной и восточной части Татарского пролива была вполне комфортна для нереста *E. japonicus* (до 20 °С), а на световых станциях у южного Сахалина встречались взрослые особи этого вида.

Икра *C. saira* отмечалась только в горизонтальных ловах на периферии теплых затоков в Татарском проливе вплоть до 51°30' с.ш., в то время как икра и личинки *S. japonicus* отмечались в вертикальных ловах до 48°30' с.ш., а личинки этого вида до 46°30' с.ш. Интенсивность нереста *C. saira* по данным КСЭ 1947–1949 гг. в Татарском проливе была также крайне низкая, однако в горизонтальных уловах встречались и личинки этого вида, что может быть связано с использованием более широкого набора орудий лова, в частности малькового бимтралла Расса и конической сети Дерюгина с диаметром входного отверстия 100 см [18]. Вероятно, отсутствие икры *C. saira* при исследованиях, проводимых СахНИРО, в период с 2000 по 2015 г. также объясняется использованием в основном вертикальных ловов ИКС-80 и отчасти более ограниченной акваторией исследований [25–27].

По данным КСЭ, в июле–августе 1947–1949 гг., *S. japonicus* была одним из доминирующих видов в ихтиопланктоне северо-восточной части Японского моря. Количество икры этого вида в уловах (до 12400 экз. на 10 мин траления или до 294 экз./м² при вертикальном лове) [6] было несоизмеримо больше того, что мы наблюдали в 2017 г. (до 4 экз. на 10 мин траления на циркуляции или до 4 экз./м² при вертикальном лове). В ихтиопланктонных исследованиях СахНИРО 2000–2015 гг. *S. japonicus* у западного побережья Сахалина не отмечалась. Это является еще одним свидетельством изменений в структуре ихтиоценоза Японского моря, связанных с климатическими изменениями и долгопериодическими колебаниями численности массовых видов (*E. japonicus*, *S. melanostictus* и *S. Japonicus*), произошедших за охваченный исследованиями период.

В августе в заметных количествах присутствовали личинки представителей сем. Scorpaenidae: малый окунь (*Sebastes minor*), восточный окунь (*S. taczanovskii*) и желтый морской окунь (*S. trivittatus*).

Личинки *S. trivittatus* встречались в двух уловах в южной части района исследований: у б. Ольга и у м. Кузнецова, на юге Сахалина. Вид *S. taczanovskii* был распространен несколько шире: по Приморскому побережью к югу от зал. Рында, по Сахалинскому побережью к югу от м. Леманон. Диапазон температуры и солености, для этого вида, был сходен с наиболее массовым в планктоне *S. minor*, но последний был распространен практически по всему району исследований вплоть до 50°45' с.ш. Интересно, что в уловах экспедиций СахНИРО в летний период были отмечены личинки только одного вида представителей сем. Scorpaenidae – красный морской окунь (*S. owstoni*) [27].

Интересным было обнаружение в летнем ихтиопланктоне личинок Stichaeidae gen.sp. По материковому побережью они начали встречаться от зал. Императорская Гавань вплоть до 51°30' с.ш., по Сахалинскому – до м. Кузнецова на юге. Размеры личинок колебались в диапазоне 4,2–7,0 мм.

В проведенных ранее исследованиях СахНИРО [25, 26, 27] в Татарском проливе личинок этого вида в августе отмечено не было. Однако в уловах, описанных в ходе КСЭ, личинки Stichaeidae gen.sp. присутствовали, но отмечались с последней декады августа по октябрь [18, 10]. Приведенный И.И. Казановой [10] рисунок личинки *Stichaeus sp.* сходен с нашими экземплярами. В настоящее время уже известно, что все представители р. *Stichaeus* нерестятся в зимне-весенний период, следовательно, пойманные нами личинки Stichaeidae gen.sp. относятся к другим представителям сем. Stichaeidae, биология которых пока недостаточно изучена.

Таким образом, проведенные в летний период 2017 г. в Татарском проливе исследования ихтиопланктона позволили оценить нерестовую активность летне-нерестующих видов рыб и, отчасти, современное состояние их популяций. Объем выполненных работ позволил провести сравнительный анализ видового состава и обилия летнего ихтиопланктона на данной акватории за период с 1947 г. Проведенные исследования позволяют говорить, на наш взгляд, с одной стороны, о слабых изменениях в видовом составе с середины прошлого века и о значительных изменениях доминирующих видов, с другой. По-прежнему наиболее массовыми видами являются представители сем. Pleuronectidae, однако на смену *L. aspera* и *Ps. herzensteini*, которые доминировали в 40-х гг. XX в., пришли *L. punctatissima*,

Cl. Herzensteini и *A. nadeshnyi*, которые являются менее ценными промысловыми видами рыб. Значительно, даже в сравнении с исследованиями 5-10-летней давности, снизилась нерестовая активность *E. japonicus*. Численность *S. japonicus* – ценного промыслового объекта у о. Сахалина и Приморья в середине прошлого века уже на протяжении нескольких десятилетий продолжает находиться в Японском море на очень низком уровне.

Библиографический список

1. Борец Л.А. Состав и биомасса донных рыб на шельфе северной части Японского моря // Биология шельфовых и проходных рыб. Владивосток: Изд-во ДВО РАН СССР, 1990. С. 59-65.

2. Баланов А.А., Епур И.В., Земнухов В.В., Маркевич А.И. Состав и сезонная динамика видового разнообразия ихтиоценоа бухты Средняя (зал. Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 163. С. 69-81.

3. Дарда М.А. Распределение и биологические характеристики анчоуса (*Engraulis japonicus* Schl.) в водах Сахалина // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 65. С. 42-48.

4. Дружинин А.Д., Дарда М.Т. Некоторые данные о сардине и анчоусе // Изв. ТИНРО. 1963. Т.49. С. 238-239.

5. Давыдов И.В. Режим вод западнокамчатского шельфа и некоторые особенности поведения и воспроизводства промысловых рыб // Изв. ТИНРО. – 1975. – Т. 97. – С. 63-81.

6. Дехник Т.В. Размножение и развитие японской скумбрии *Pneumatophorus japonicus* (Houttuyn) у берегов Южного Сахалина // Исследования Дальневосточных морей СССР. М.: Из-во АН СССР, 1959. Вып. VI. С. 97-108.

7. Дехник Т.В. Материалы по размножению и развитию некоторых видов дальневосточных камбал // Исследования Дальневосточных морей СССР. М.: Из-во АН СССР, 1959. Вып. VI. С.109-131.

8. Дьяков Ю.П. О выживаемости поколений западнокамчатских камбал // Исслед. биологии и динамики числен. промысл. рыб Камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КоТИНРО, 1991. Вып. 1. Ч. 1. С. 151-166.

9. Епур И.В., Баланов А.А. Видовой состав и сезонная динамика ихтиопланктона прибрежной зоны западной части залива Петра Великого Японского моря в 2007–2010 гг. // Вопр. ихтиологии. 2015. Т. 55. № 4. С. 397-410.

10. Казанова И.И. Материалы по размножению и развитию некоторых видов рыб из вод Южного Сахалина и Южных Курильских островов // Исследования дальневосточных морей СССР. М.: Из-во АН СССР, 1959. Вып. VI. С. 132-140.

11. Калчугин П.В., Бойко М.И., Соломатов С.Ф., Черниенко Э.П. Современное состояние ресурсов донных и придонных видов рыб в российских водах Японского моря // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 184. С. 54-69.

12. Моисеев П.А. Некоторые данные по биологии и промыслу камбал зал. Петра Великого // Изв. ТИНРО. 1946. Т. 22. С. 75-184.

13. Милованкин П.Г. Видовой состав и биомасса видов рыб по данным донных тралений в северо-западной части Японского моря в 1978-1990 гг. // Изв. ТИНРО. 2016. Т. 189. С. 74-87.

14. Мухаметова О.Н., Мотылькова И.В., Немчинова И.В. и др. Оценка воздействия на водные биологические ресурсы ремонтных дноуглубительных работ в морском порту Шахтерска / Отчет о выполнении НИР по договору № 04-185/2011-НИР от 18.05.2011. 80 с.

15. Мухаметова О.Н., Мухаметов И.Н. Ихтиопланктон прибрежной зоны залива Анива // Тр. СахНИРО. 2013. Т. 14. С. 185-202.

16. Новиков Ю.В., Свирский В.Г. Долгопериодические изменения численности основных промысловых рыб северо-западной части Тихого океана // Биологические ресурсы открытого океана. М.: Наука, 1987. С. 189-214.

17. Перцева-Остроумова Т.А. Размножение и развитие дальневосточных камбал. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 484 с.
18. Расс Т.С. Исследования ихтиопланктона, произведенные курило-сахалинской экспедицией // Исследования дальневосточных морей СССР. М.: Из-во АН СССР, 1959. Вып. VI. С. 78-96.
19. Расс Т.С., Казанова Н.Н. Методическое руководство по сбору икринок, личинок и мальков рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 35 с.
20. Соколовская Т.Г., Беляев В.А. Рекомендации по сбору и обработке ихтиопланктона зоны течения Курошио. Владивосток: Изд-во ТИНРО, 1987. 69 С.
21. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Атлас икры, личинок и мальков рыб российских вод Японского моря. Владивосток: Дальнаука, 2008. 223 с.
22. Тихонов В.И. Численность поколений желтоперой лиманды *Limanda aspera* (Pallas) (Pleuronectidae) // Вопр. ихтиологии. 1984. Т.24. Вып. 2. С. 198-203.
23. Тарасюк С.Н. О возможных причинах, обуславливающих урожайность поколений желтоперой камбалы // Рыбохоз. исслед. в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. Южно-Сахалинск, 1994. С. 23-32.
24. An atlas of the early stage fishes in Japan/ Ed/ Okiyama M. Tokyo: Tokai Univ. Press, 1988. 1154 p.
25. Moukhametova O.N. Some peculiarities of fish egg I larvae distribution in Northern Japan Sea // Program abstract of 11th Annual Meeting of North Pacific Marine Science Organization. Qingdao, 2002. P. 51-52.
26. Moukhametova O.N. Reproductive and nursery potential of nearshore area in the East of Tatarskiy Strait // Proceedings of the 29th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice Hokkaido: Mombetsu, 2014. P. 288-291.
27. Moukhametova O.N. Ichthyoplankton as an indicator of fish reproduction in Tatarskiy Strait (Japan Sea) // Proceedings of the 27th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice Hokkaido: Mombetsu, 2012. P. 133-136.

V.A. Shelekhov, I.V. Epur
NSCMB FEB RAS, Vladivostok, Russia

THE CHANGE OF THE DOMINANT FISH SPECIES IN THE SUMMER ICHTHYOPLANKTON THE TATAR STRAIT OF THE SEA OF JAPAN IN 2017

*The ichthyoplankton in the Tatar Strait, in the first 2 decades of August 2017, includes 6 species of fish from 5 families and larvae of 11 species from 6 families. The obtained data allow us to make a conclusion about the continuing decrease of the number of yellowfin sole (*Limanda aspera*) and yellow striped flounder (*Pseudopleuronectes herzensteini*) flounder, which dominated in the 40s of the XX century. The eggs and larvae of the longsnout flounder (*L. punctatissima*), *Cleisthenes herzensteini* and the scale-eye plaice (*Acanthopsetta nadeshnyi*) dominated ichthyoplankton in the summer period of 2017. The decrease in the spawning activity of the Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) is traced, even in comparison with the data of 3-5 years ago. We also believe, based on the extremely low concentration of eggs and larvae, the population of the Japanese mackerel (*Scomber japonicus*) remains at a low level in the Sea of Japan.*

Ф.М. Яблонский¹, В.Э. Охоткина²
¹ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»,
²ФГАОУ ВО «ДВФУ», Владивосток, Россия

СОДЕРЖАНИЕ И КОРМЛЕНИЕ МОРСКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ В ПРИМОРСКОМ ОКЕАНАРИУМЕ

Представлена информация по содержанию и кормлению морских млекопитающих в Приморском океанариуме. Дана краткая характеристика каждого из рассматриваемых объектов исследования. Приведены результаты расчетов необходимого количества корма в рационе питания животных.

Приморский океанариум (научно-образовательный комплекс ДВО РАН) располагается на о. Русском, административно относящемся к городу Владивостоку. В сентябре 2016 г. Приморский океанариум стал частью Национального научного центра морской биологии ДВО РАН (ННЦМБ ДВО РАН). Это первый и единственный океанариум страны, который входит в структуру Российской академии наук. Здесь представлены экспозиции обитателей всех океанов и климатических зон Земли. На базе океанариума содержатся следующие млекопитающие: 4 белухи, 1 белобокий дельфин, 5 афалин, 3 байкальские нерпы, 5 морских котиков, 1 морж, 1 сивуч.

Цель исследования: оптимизация процессов кормления и содержания морских млекопитающих Приморского океанариума. Объекты исследования: морские млекопитающие (белуха, белобокий дельфин, афалина, байкальская нерпа, морской котик, морж, сивуч). Предмет исследования: питание и содержание животных.

Результаты исследования

*Белуха (*Delphinapterus leucas*)* – вид зубатых китов из семейства нарваловых. Имеют однотонный окрас кожи. С возрастом окраска меняется: новорождённые – синие и тёмно-синие, после года становятся серыми и голубовато-серыми; особи старше 3–5 лет – чисто белые (отсюда название) [3].

Самцы могут достигать длины 6 м, массы до 2 т. Голова у белухи небольшая, «лобастая», без клюва. Позвонки на шее не слиты вместе, поэтому белуха в отличие от большинства китов способна поворачивать голову. Грудные плавники маленькие, овальной формы. Спинной плавник отсутствует; отсюда латинское название рода *Delphinapterus* – «бескрылый дельфин». Основу питания белухи составляет рыба (главным образом стайная: мойва, треска, сайка, сельдь, дальневосточная навага, камбала, сиговые и лососёвые виды) и в меньшей степени – ракообразные и головоногие моллюски [3].

*Белобокий дельфин (*Lagenorhynchus obliquidens*)*. Населяют северную часть Тихого океана – от Курильских островов и Японии до западного побережья Северной Америки. Размеры и вес самок до 2,21 м и 100 кг, самцов – 2,3 м и 180 кг. Пропорциями и формой тела очень похож на атлантического белобокого дельфина. Верхняя часть туловища (за исключением двух продольных светлых полос), кончик морды, передние части плавников и хвостовые лопасти тёмные. Нижняя часть туловища (кромка хвостового стебля, брюхо, грудь, подбородок) белая. От грудного плавника идут два чёрных «ремня»: один к углу рта, другой до нижнего гребня хвостового стебля, служа границей между светлым брюхом и более тёмными боками. Очень редко встречаются особи-альбиносы.

Самки достигают половой зрелости в возрасте от шести до двенадцати лет, самцы в возрасте от семи до одиннадцати лет. Продолжительность беременности составляет одиннадцать месяцев, после рождения детёныш вскармливается молоком полтора года. Самцы живут в среднем до 22 лет, самки до 27 лет [8].

Афалина, или большой дельфин, также бутылконосый дельфин (Tursiops truncatus) – вид дельфинов, один из трёх видов рода Афалин (*Tursiops*) [2, 5, 10]. Достигают длины 2,3–3 м, редко до 3,6 м [4], весом 150-300 кг. Имеют умеренно развитый «клюв», чётко ограниченный от выпуклой лобно-носовой (жировой) подушки. Спинной плавник высокий, грудные плавники у основания широкие, к концу заостряются, по переднему краю выпуклые, а по тонкому заднему – вогнутые. Окраска тела сверху темно-бурая, снизу светлая (от серой до белой); узор на боках тела непостоянен, часто совсем не выражен [4]. У дельфинов нет потовых желёз, а в качестве теплоизоляции туловища выступает жировая прослойка. Поэтому теплообмен с водой у них происходит через плавники – грудные, спинной и хвостовой [5].

Байкальская нерпа, или байкальский тюлень (лат. Pusa sibirica), – один из трёх пресноводных видов тюленя в мире, эндемик озера Байкал, реликт третичной фауны [5, 10].

Средняя длина тела взрослой нерпы – 165 см (от конца носа до конца задних ластов). Вес от 50 до 130 кг, самки по массе больше самцов [9]. Линейный рост заканчивается к 17-19 годам, а весовой продолжается ещё в течение ряда лет и возможен до конца жизни. Живут нерпы до 55 лет.

В спокойной обстановке скорость движения под водой не превосходит 7-8 км/ч [9]. С большей скоростью она плавает, когда уходит от опасности. По твёрдой поверхности нерпа передвигается достаточно медленно, перебирая лапами и хвостом. В случае опасности переходит к скачкам.

Нерпа способна погружаться до 200 м и выдерживает давление 21 атмосфер [10]. В природе она бывает под водой до 70 мин – этого ей достаточно, чтобы добыть пищу или уйти от опасности.

Морской котик (северный, или дальневосточный, морской котик) (Callorhinus ursinus) – млекопитающее из группы ластоногих отряда хищных, принадлежит семейству ушастых тюленей. Это животные с ярко проявленным половым диморфизмом: размеры самцов превышают размеры самок. Максимальная длина тела самцов доходит до 2,2 м, а максимальный вес до 320 кг [6, 7]. В то время как максимальный вес самок составляет около 70 кг при длине тела не более 1,4 м [1].

Половая зрелость наступает у самцов в возрасте 3-4 лет, однако способными для участия в размножении самцы становятся на 7-8 год жизни. А наиболее успешно размножаются самцы в возрасте 9-11 лет благодаря наилучшему физическому и физиологическому развитию, которого они достигают к этому возрасту [7].

Морж (Odobenus rosmarus divergens) – единственный современный вид семейства моржовых (*Odobenidae*), традиционно относимого к группе ластоногих (*Pinnipedia*).

Крупный морской зверь с очень толстой кожей. Верхние клыки чрезвычайно развиты, удлинённые и направлены вниз. Очень широкая морда усажена многочисленными толстыми, жёсткими, сплюснутыми щетинами-усами (вибриссами), их у моржа на верхней губе может быть от 400 до 700, расположены они в 13-18 рядов [11]. Наружных ушей нет, глаза маленькие.

Кожа покрыта короткими прилегающими жёлто-бурыми волосами, но с возрастом их становится меньше, и у старых моржей кожа почти совершенно голая. Конечности более приспособлены для движения на суше, чем у настоящих тюленей, и моржи могут ходить, а не ползать; подошвы мозолистые. Хвост зачаточный.

Наиболее характерной особенностью моржа являются его длинные бивни. Это удлинённые клыки, которые присутствуют у обоих полов и могут достигать в длину 1 м и весить до 5,4 кг. Бивни немного длиннее и толще у самцов, которые используют их для схваток. Самцы с крупнейшими бивнями обычно доминируют в социальной группе. Бивни также используются для формирования и поддержания отверстий во льду и помогают моржам вылезать из воды на лёд [11].

Сивуч (Eumetopias jubatus) – крупнейший представитель семейства ушастых тюленей. Также известен как северный морской лев Стеллера.

Как и все представители семейства, сивучи – животные с ярко выраженным половым диморфизмом. Размеры половозрелых самцов варьируют в пределах 300–350 см, а масса колеблется от 500 до 1000 кг. Самки гораздо мельче самцов, длина их тела доходит до 260 см, а масса в среднем составляет 350 кг. Подобные различия в размерах тесно связаны с социальной организацией вида и со стратегиями жизненного цикла. Все ушастые тюлени образуют залежки в период размножения только на берегах островов или прибрежных кекурах, и лишь иногда их отмечают на льдах, где они залегают для отдыха. Причём для сивучей характерна более сильная привязанность к определённому региону (хоминг) [3, 8]. Это выражается тем, что сивучи мигрируют на относительно короткие расстояния и в это время по-прежнему остаются привязаны к суше.

При кормлении морских млекопитающих в Приморском океанариуме следует учитывать, что они являются бентософагами. В естественных условиях моржи питаются моллюсками, кальмарами, остальные животные питаются стайными видами рыб и остальными видами морепродуктов. В условиях океанариума обеспечение такого рациона экономически невыгодно. Поэтому необходима разработка принципов содержания и кормления животных в условиях неестественной среды и адаптации данной схемы под млекопитающих, содержащихся в данном океанариуме.

Расчеты необходимого рациона для млекопитающих Приморского океанариума (таблица) производились на основании технологической инструкции «Основные нормы кормления животных Московского зоопарка», статистических результатов наблюдения за животными, а также анализа отечественной и зарубежной литературы.

Расчеты рационов кормления морских млекопитающих

| Млекопитающее | Степень жирности корма | | | |
|---------------------------|------------------------|--------------------|------------------|------------|
| | Жирная рыба, % | Полужирная рыба, % | Нежирная рыба, % | Кальмар, % |
| Сивуч | 28 | 56 | 9,5 | 6,5 |
| Тихоокеанский морж | 28 | 54 | 12 | 6 |
| Северный морской котик | 31 | 39 | 20 | 10 |
| Байкальская нерпа | 25 | 75 | - | - |
| Белуха | 18 | 54 | 23 | 5 |
| Афалина Белобокий дельфин | 19 | 56 | 19 | 6 |

Жирная рыба представлена сельдью, мойвой, скумбрией; полужирная – горбушей, кетой, кижучем, терпугом, корюшкой, ставридой; нежирная – минтаем, навагой, треской.

По нашим наблюдениям, данный состав рациона наиболее приемлем для питания морских млекопитающих в условиях Приморского океанариума.

Кормление животных осуществляется 3 раза в день, в 11-15-18 ч, один раз в неделю – «полуголодный» день (14 ч). На протяжении дня млекопитающие получают ещё некоторое количество корма с витаминными (Тривит, В1, и т.д.), минеральными (глицерофосфат кальция), биологически активными (бифидум, бифитрилак и др.) добавками.

Также ежедневно животные получают некоторое количество рыбы при выводе их в наружный бассейн, и при заводе обратно, а также при манипуляциях с животными на бассейне.

Следует упомянуть и различные добавки, которые млекопитающие получают курсами 1-3 недели, с последующими перерывами.

Кормление проводят из рук, индивидуально, для контроля съеденного корма, а также общего тонуса животного. Корма готовятся непосредственно перед скармливанием (разморозка, осмотр, при необходимости – измельчение). Целиком скармливается рыба до 20 см (корюшка и т.д.). Сельдь, горбуша, навага скармливаются в виде филе – получаем готовое, которое подвергается обработке (обрезаются заветренные части, плавники, филе режется на куски 5-7 см), или делается персоналом из целиковой рыбы. Кальмары чистятся (удаляются внутренности и гладиус), тушка режется на 3-5 кусков, в зависимости от размеров. Рыба хранится в холодильниках и морозильных камерах на базе океанариума.

Витаминно-минеральные добавки: поливитамины – 1 таб./50-75 кг веса; глицерофосфат Са 30 мг/10 кг; В1 25 мг/10 кг; биоцефит (минеральная добавка на основе ракушечника); витамин Е 100мг/10 кг; бифитрилак.

Животные приучены есть корма в любой форме – филе и рыбу целиком, фарш рыбный густой и жидкий (как молоко) – это позволяет разнообразить кормление, и облегчает кормление заболевших животных, а также скармливание животным витаминно-минеральных добавок в разных формах.

Основные моменты, которые должны учитываться при кормлении морских млекопитающих в Приморском океанариуме:

1. Включение в рацион кальция и витаминов.
2. В рацион не должны входить сложные углеводы (молоко копытных, каши или их отвары), так как, например, у ластоногих отсутствуют ферменты для их расщепления. Если в качестве источника жиров использовать сливки, следует обработать их за 24 ч до применения ферментами лактазы, которая расщепляет лактозу до глюкозы, хорошо усваиваемой ластоногими.
3. Корма необходимо давать маленькими порциями 3-4 раза в день.
4. Изменение густоты смеси, введение нового корма, увеличение количества пищи должно быть постепенным, без частых смен рациона.
5. Избегать бактериальной обсемененности кормов.
6. При адаптации вновь поступивших животных следует избегать стрессовых факторов.
7. В условиях океанариума на период адаптации животные должны быть отделены от контакта с посетителями.
8. Необходимо индивидуально подходить к каждому животному, учитывая тип его нервной деятельности, вкусы и привычки.

Таким образом, в заключение можно сказать, что при кормлении морских млекопитающих разного возраста и вида необходимо очень внимательно относиться к качеству рыбы. Каждый компонент корма подвергается внимательному визуальному осмотру и при малейших подозрениях в его недоброкачественности, компонент не используется в кормлении животных. Основные компоненты кормовой смеси – филе различной рыбы и мелкая рыба целиком, а также кальмар. Кормление следует осуществлять индивидуально для каждого животного, потому что только так можно контролировать поедаемость животным кормов, аппетит, проследить, что животное получило все витаминно-минеральные добавки и лекарства.

Библиографический список

1. Бычков В.А., Возрастная изменчивость длины тела и веса морских котиков острова Тюленьего // Экология. № 1. 1971. С. 154-172.
2. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров; редкол.: А.А. Бавев, Г.Г. Винберг, Г.А. Заварзин и др. М.: Сов. энциклопедия, 1986. С. 44.-831.
3. Животные: млекопитающие России, 2013. С. 74.

4. Жизнь животных. Т. 7. Млекопитающие / под ред. академ. В.Е. Соколова. 2-е изд. М.: Просвещение, 1989. С. 378-380.
5. Колдуэлл Д., Колдуэлл М. Мир бутылконосого дельфина / пер. с англ. И.И. Шуваловой; ред., автор предисл. А.С. Соколов, 1980. 23 с.
6. Крашенинников С.П. Описание земли Камчатки. Л.; М., 1949. 841 с.
7. Кузин А.Е. Северный морской котик. М., 1999. 396 с.
8. Млекопитающие. Большой энциклопедический словарь / науч. ред. доктор биол. наук И.Я. Павлинов. М.: АСТ, 1999. С. 66-67.
9. Пастухов В.Д. Нерпа Байкала. Новосибирск: Наука, 1993. 271 с.
10. Соколов В.Е. Пятиязычный словарь названий животных. Млекопитающие. Латинский, русский, английский, немецкий, французский / под общ. ред. акад. В.Е. Соколова. М.: Рус. яз., 1984. С. 114.
11. Fay, F. H. Ecology and Biology of the Pacific Walrus (*Odobenus rosmarus divergens*). Washington, DC.: U. S. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service, 1982. 279 p.

F.M. Iablonskii, V.E. Okhotkina

CONTENTS AND FEEDING OF MARINE MAMMALS IN THE PRIMORSKY OCEANARIUM

The work contains information on the content and feeding of marine mammals in the Primorsky Oceanarium. A brief description of each of the investigated objects is given. The results of the necessary amount of feed in the diet of animals are presented.

М.Л. Яковенко
ФГБОУ ВО «КГМТУ», Керчь, Россия

МОТИВАЦИЯ ВЫБОРА ПРОФЕССИИ В МОРСКОЙ И РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОТРАСЛЯХ НА ЭТАПЕ ПОСТУПЛЕНИЯ В ВУЗ (социологический аспект)

Представлены результаты прикладного социологического исследования, проведенного методами фокусированного группового интервью и экспертного опроса.

Проанализированы мотивирующие факторы выбора профессии на этапе поступления абитуриентов в вуз, осуществляющий подготовку специалистов для морской и рыбохозяйственной отраслей. Акцентировано внимание на осведомленности абитуриентов о реализации профессиональной деятельности в рыбохозяйственной отрасли.

Среди молодежи, проживающей в прибрежных морских регионах, всегда были популярны профессии, относящиеся к работе в море и прибрежных зонах. Сегодня, в условиях развития международного мореплавания и расширения спектра деятельности рыбохозяйственной отрасли, востребованность хорошо подготовленных специалистов возрастает.

Становление специалиста в конкретной области профессиональной деятельности начинается с выбора профессии, который осуществляется на этапе поступления в вуз, когда абитуриент рассматривает ряд существенных обстоятельств, определяющих этот выбор.

Следует отметить, что выбор профессии – это сложный процесс, на течение и результат которого влияют самые различные факторы, как внутренние, так и внешние. Почему выпускники школ и средних специальных учебных заведений выбирают своим будущим работу в отрасли? Каковы наиболее значимые мотивы выбора ими профессии? Ответы на эти вопросы являются основополагающими как с точки зрения отношения к образованию в целом, так и в контексте профессиональной реализации.

Принцип выбора отраслевой профессии абитуриентами несколько изменялся в течение времени, однако всегда напрямую зависел от темпов роста отрасли и качества подготовки специалистов конкретного направления высшими профильными учебными заведениями.

Одним из таких вузов, в течение многих лет осуществляющим образовательную подготовку специалистов для предприятий морской и рыбохозяйственной отрасли, является ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», сотрудниками которого уделяется большое внимание профессиональной ориентации абитуриентов и обучающихся, мотивации выбранной профессии. Следует уточнить, что мотивация в социологическом смысле – это побуждение к действию; способность человека деятельно удовлетворять свои потребности [1], которые в данном случае касаются профессионального выбора.

Начальным этапом мотивации выбора профессии является социологический мониторинг, который осуществляется и на этапе поступления, и в течение всего процесса обучения.

Основание представляемого анализа составили результаты прикладного социологического исследования, проведенного в ФГБОУ ВО «КГМТУ» в 2016/2017 учебном году. При этом объектом нашего исследования стали обучающиеся ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», предметом – мотивация выбора профессии в морской и рыбохозяйственной отрасли

Методика исследования мотивации выбора профессии в морской и рыбохозяйственной отрасли разрабатывалась на основании качественной методологии, предполагающей познание специфики профессиональных групп и анализ субъективных смыслов личности.

В контексте разработки методики исследования мотивации выбора профессии в морской и рыбохозяйственной отрасли были осуществлены следующие этапы.

Методом экспертного интервью была опрошена группа экспертов, уровень научной и педагогической квалификации которых соответствует следующим специальностям:

- судовождение;
- эксплуатация судовых энергетических установок;
- эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики; и направлениям подготовки:
- экология и природопользование;
- технологические машины и оборудование;
- продукты питания животного происхождения;
- водные биоресурсы и аквакультура.

Методом фокусированного группового интервью были опрошены студенты и курсанты 4-го курса очного отделения специальностей и направлений подготовки, соответствующих экспертному опросу. Выбор респондентов старших курсов обусловлен рядом показателей, среди которых переосмысление мотивации поступления в вуз, осведомленность о реализации профессиональной деятельности.

Всего проведено 7 экспертных опросов и 7 фокусированных групповых интервью.

Перечень вопросов поддерживает логическую последовательность формирования мотивации выбора профессии, фокусируя её на морской и рыбохозяйственной отрасли.

Процесс экспертных опросов и фокусированных групповых интервью подверглись обработке, в результате которой был получен транскрипт всех бесед.

В процессе работы над полученными данными был проведен сравнительный анализ мнений экспертов и респондентов из числа студентов и курсантов по всем исследуемым показателям.

Так, в процессе исследования, наши респонденты отмечали своеобразие современного этапа института образования, влияющее на профессиональный выбор. В контексте анализа факторов выбора профессии в ряде случаев мнение эксперта, представляющего определенное направление или специальность подготовки, совпадало с мнением обучающихся.

Однако проявилась некоторая разность позиций, отражающая специфику образования на факультетах, что обусловило представление нами данных, сгруппированных по факультетам и направлениям подготовки.

Мотивация – побуждение к действию; психофизиологический процесс, управляющая поведением человека, задающая его направленность, организацию, активность и устойчивость; способность человека деятельно удовлетворять свои потребности <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D0%BA>

Мотивирующие факторы выбора профессии, Технологический факультет.

Эксперт направления подготовки «Продукты питания животного происхождения» выделила ряд определяющих обстоятельств, среди которых – наличие бюджетных мест, близость к дому, решение родителей, что частично совпало с выраженным мнением студентов данного направления подготовки, как, например, «...нежелание далеко уезжать». Однако ими были отмечены и другие обстоятельства выбора профессии: в городе ограниченный выбор направлений профессиональной подготовки, большая конкурентоспособность, «...чем, если обучаться на других направлениях подготовки...», но, в целом, мотивация была «...выучиться, чтобы иметь высшее образование. А потом как карта ляжет».

Подобную мотивацию, уточняющую представление о выборе профессии, указал и эксперт направления подготовки «Технологические машины и оборудование»: «Возможность получить техническое образование общего характера, т.е. некое универсальное техническое образование. Даже без привязки к какой-то отрасли».

Эксперт направления подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура» выразил мнение, что мотивирующим фактором на этапе поступления студентов стала «...любовь к выбранной профессии, которой они хотят посвятить свою жизнь». Как оказалось, мнение

преподавателя было, скорее, субъективным отношением к выбранной им некогда профессии, поскольку студенты данного направления подготовки подтвердили преобладающее мнение, заключающееся в том, что основной мотив поступления – бюджетные места и, как следствие, стипендия, поскольку *«...мы не понимали, куда мы поступаем, и что здесь нужно будет делать»*.

Эксперт направления подготовки «Экология и природопользование» предположила, что, кроме выделяемых бюджетных мест, студенты изначально *«...считают, что тут проще учиться»*. Однако сами студенты в большинстве своем поступали на данное направление подготовки *«...потому, что экзамены подошли...»*, но часть действительно хотели быть профессионалами, *«...действительно целенаправленно или конкретно на эту специальность»*.

Своеобразным показателем образовательных притязаний состоявшихся студентов есть их размышление о самом характере поступления в вуз на современном этапе развития института образования:

«Я поступала в 2012 г., было престижно поступить в университет. Из моего класса в вузы поступили только 3 человека из 30. Все остальные либо пошли работать, либо пошли в техникумы», «На другие специальности я не прошел. Я на многие подавал. Поэтому поступил сюда».

Мотивирующие факторы выбора профессии, Морской факультет.

Эксперт специальности «Судовождение» акцентировал внимание не столько на наличии бюджетных мест для подготовки специалистов, сколько на социальных связях и контактах, предопределяющих мотивацию выбора профессии, и на предполагаемых условиях профессиональной деятельности: *«...это, безусловно, родители, это так называемое “сарафанное радио” между абитуриентами и теми, кто уже учится...»* и, с другой стороны, *«...все перспективно, и зарплаты очень высокие»*.

Нужно сказать, что курсанты полностью подтвердили мнение эксперта. Так, среди мотивирующих факторов было отмечено: влияние родителей, потенциальная заработная плата и возможность осуществления карьеры.

Эксперт специальности «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» обозначил, прежде всего, материальную и гендерную составляющие профессии: *«“Эксплуатация электрооборудования” – это высокие зарплаты, и вообще это нормальная мужская работа»*, что, собственно подтвердили и курсанты: *«Смотрел на будущую зарплату, в море люди зарабатывают нормальные деньги»*.

Однако курсантами отмечалась и ограниченность выбора высшего учебного заведения в маленьком городе: *«Когда я поступал, у нас в городе не было больше университетов»*, и возможность поступления сообразно баллу в аттестате о среднем образовании: *«Куда по баллам прошел на бюджет, туда и поступил»*.

Немаловажное значение имела приближенность высшего учебного заведения к дому и перспектива оставаться в привычной, домашней обстановке: *«В своем городе, никуда не нужно идти, много времени не тратится, и, если, допустим, живешь с родителями, не тратишь время на приготовление пищи и тому подобное»*.

Что касается специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок», то эксперт предположил, что, прежде всего это любовь юношей к механике: *«С детства ребят в основном тянет повозиться с механизмами, создать, сконструировать своими руками что-то»*.

Им был выделен и такой социально-психологический аспект, как самоосознание себя как личности: *«Судно представляет собой большой механизм и возможность единолично управлять этим механизмом дает большую самооценку»*.

Курсанты же романтизм профессии судового механика сразу не отметили, равно, как и психологические аспекты самоутверждения личности не упомянули, но, отметили финансовые возможности профессии, а также маскулинный характер получения высшего обра-

зования на Морском факультете, «...потому что быть бухгалтером не очень престижно для парня. Не мужская профессия, и денег меньше, лучше стать моряком».

Однако в процессе дальнейшего размышления и углубления в специфику профессиональной деятельности, условия и характер прохождения плавательной практики, выявили некоторый романтизм профессии:

«Это просто почувствовать надо. После первого рейса это уже особенно чувствуется, лежит у тебя к этому душа или нет».

«После моего посещения парусника, в некотором смысле изменились взгляды, у меня как бы больше проявилось к этому желание».

С учетом вышеперечисленных факторов мотивации абитуриентов, высказываемых уже состоявшимися студентами, следует отметить часто выражаемое ими мнение, сконцентрированное во фразе: *«Некоторые действительно хотят учиться на их специальности, и это классно и круто».*

Что касается изначального, на этапе поступления, *предположения о реализации профессиональной деятельности в рыбохозяйственной отрасли*, сообразно образовательной направленности вуза, практически все студенты и курсанты опрошенных старших курсов заявили, что поступая в университет, они имели слабые представления о подготовке специалистов для этой народнохозяйственной отрасли.

Обучающиеся объясняют такое положение отчасти тем, что их поступление состоялось во времена, когда вуз был подчинен Министерству аграрной политики и продовольствия Украины, где популяризация рыбохозяйственной отрасли отсутствовала. Однако ситуация несколько изменилась, на их взгляд, в течение последних двух лет, когда профориентационный процесс, осуществляемый вузом, был сориентирован на специфику вузовского образования.

Среди прочих проявилась и проблема *эксклюзивности профессии*. Как пример, направление подготовки «Водные биоресурсы и аквакультура», которое является профильным для морской и рыбохозяйственной отрасли. Однако *«рыбовод»* – не широко известный вид профессиональной деятельности, и, как выяснилось, круг знакомых наших студентов чаще всего не имеет предметного знания о характере профессиональной деятельности в области рыбоводства.

Как отмечалось самими студентами этого направления подготовки, они в подавляющем большинстве (8 человек из 10) на этапе поступления не имели никакого представления о содержании профессии и условиях её реализации.

Свою обеспокоенность выразила и эксперт кафедры «Продукты питания животного происхождения», сообщив, что *«...как правило, о специальности “Технолог пищевого производства” знают мало, а иногда вообще ничего».*

В результате проведенного исследования также проявилось, что предприятия и учреждения рыбохозяйственной отрасли, нуждающиеся в специалистах определенного профиля деятельности, по выражению одного из экспертов, *«...на личной заинтересованности...»* мотивируют своих сотрудников и их родственников к выбору конкретной профессии. Абитуриентов при этом ориентируют поступать преимущественно на заочное отделение определенного направления подготовки специалиста, необходимого организации.

Следует отметить, что подобная деятельность организаций во многом предопределена усилиями, проводимыми кафедрами КГМТУ, поскольку информация о нашем учебном заведении и конкретных специальностях и направлениях подготовки *«...регулярно доводится до руководителей предприятий. Приглашаем работников этих предприятий для обучения на заочной форме...».*

Что касается очного отделения, то *«...есть молодежь, направляемая предприятиями, которая обучается очно, но пока таких немного».* При этом абитуриенты, поступающие на определенное направление подготовки, как правило, бывают мотивированы последующим местом работы на конкретном предприятии, однако основную мотивирующую роль *«...выполняют родители, которые работают на этих предприятиях, или друзья родителей».*

Эксперты выражали сожаление, что в настоящее время отсутствует апробированная в Советском Союзе система направления школьников на учебу в высшее учебное заведение. Профориентационную деятельность, как известно, в советские времена поддерживала и система учебно-производственных комбинатов (УПК), когда в школьной программе определялись часы для знакомства с конкретной профессией, что подкреплялось непосредственной работой школьников на профильном предприятии и выступало, в конечном итоге, весомым фактором выбора конкретной профессии.

Таким образом, мотивация абитуриентов при выборе профессии изначально предопределялась их материальными и интеллектуальными возможностями, соответствующими перечню специальностей и направлений подготовки, осуществляемых ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет».

Анализируя факторы, побуждающие абитуриентов к выбору определенной профессии, наши эксперты были едины во мнении, что на современном этапе развития института образования это, прежде всего, наличие бюджетных мест. В то же время, среди факторов, предопределяющих выбор, респондентами были отмечены: конкурентоспособность на рынке труда, престижность обучения в вузе, а также финансовая устойчивость, гендерная специфика и карьерная составляющая профессии.

Библиографический список

Проблема мотивации на профессиональную деятельность в социологии и психологии [С экрана монитора] [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lektsii.org/2-3383.html> (Дата обращения: 21.12.2017).

M.L. Yakovenko
FSBEI of HE «Kerch State Maritime Technological University»,
Kerch, Russia

MOTIVATION OF CHOICE OF PROFESSION IN MARINE AND FISHERY BRANCH INDUSTRY ON THE STAGE OF ENTERING INSTITUTION OF HIGHER LEARNING (sociological analysis)

The article presents the results of applied sociological research conducted by methods of focused group interview and expert interview. Motivating factors of a choice of a trade at a stage of receipt of entrants in high school, carrying out preparation of specialists for sea and fisheries industry are analyzed. Attention is focused on the awareness of applicants about the implementation of professional activities in the fisheries industry.

Секция 2. ПРОИЗВОДСТВО РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ: ПРОБЛЕМЫ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

УДК 664.959.5

И.Л. Артюхов

Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «АГТУ», пос. Рыбное, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ УТИЛИЗАЦИИ РЫБНЫХ ОТХОДОВ

Представлена существующая технология утилизации рыбных отходов и предложен способ эффективного концентрирования рыбных бульонов с применением мембран.

В России ежегодно в отходы от пищевого производства уходит более 19 млн т. На предприятиях по переработке морепродуктов их образуется порядка 45000 т в год [1]. В настоящее время наиболее распространённый способ утилизации белковых отходов – производство кормовой рыбной муки. Такое производство обладает рядом серьезных недостатков: высокая энергоёмкость при сравнительно невысокой стоимости готового продукта, тяжелейшие условия труда, выбросы в атмосферу большого количества вредных газов, загрязнение сточных вод. Все это свидетельствует, что существующая система утилизации белковых отходов не эффективна.

В условиях ухудшения состояния природной среды вопросы получения качественного и безопасного для человека пищевого продукта являются актуальной задачей. Традиционные методы переработки сырья и контроль качества продукта не гарантируют безопасность для потребителя.

Цель работы – предложить способ переработки рыбных отходов и рыбы пониженной ценности, позволяющий создать безотходное производство с гарантированным качеством готового продукта.

Традиционно рыбные отходы измельчают, подвергают тепловой обработке при температуре 65 ± 5 °С, в результате получают коллаген или продукты его гидролиза. Более щадящий способ это ферментативный гидролиз. Протеолитические ферменты вносят в сырьё в виде водного раствора и обрабатывают в течение нескольких часов при температуре 37 ± 2 °С. Бульон подвергают термической обработке при температуре 90 ± 2 °С и затем фильтруют для отделения твердой фракции [2].

В обоих представленных выше способах образуется значительное количество жидкой фракции рыбных бульонов. Хранение и транспортировка такой продукции требует значительных затрат.

Более рациональный способ утилизации рыбных отходов состоит в применении мембранной технологии. При этом сохраняются ценные компоненты, и есть возможность уменьшать объёмы рыбных бульонов с увеличением концентрации полезных веществ в конечном продукте.

Для сохранения такого ценного сырья как белок, который теряется в процессе обработки и попадает в сточные воды, необходимо на участках разделки рыбы установить пункты сбора отходов с последующей их обработкой в пилотной мембранной установке. Предварительно отходы надо стабилизировать химическими или биологическими ингредиентами и измельчить с целью более полного выхода белка. Твердые нерастворимые ве-

щества легко удаляются посредством центрифугирования, отжимки гидравлическим или шнековым прессом и в гидроциклонах. Жидкая фракция содержит остатки тканей и водорастворимые белки, ферменты и микрофлору. Для устранения этих включений наиболее подходят аппараты тонкой фильтрации. В частности, модернизированные гидроциклоны с встроенными в них фильтрами и микрофильтрационными мембранами. Один из таких аппаратов был разработан нашей лабораторией и апробирован на модельных и реальных рыбных бульонах [3]. Для более надежной работы аппаратов следует применять микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,2-0,25 мкм. Благодаря этому из жидкости удаляется около 6,4 % сухих веществ, снижается содержание микрофлоры на 95-98 %.

Заключительным этапом очистки и концентрирования растворов можно применить ультрафильтрацию. Это один из перспективных и новых способов очистки, сбора отходов, выделения и концентрирования белков из растворов. Ультрафильтрация является способом концентрирования высокомолекулярных соединений с одновременной их очисткой от низкомолекулярных веществ.

Основные преимущества ультрафильтрации заключаются в возможности ведения процесса без фазовых превращений и при температуре окружающей среды, в экономичности процесса и достижении очистки растворов от балластных веществ.

Подбор мембран и параметров процесса очистки и концентрирования растворов, содержащих водорастворимые белки, должен быть ограничен требованиями, при которых глубина очистки и стабильность рыбных бульонов будет удовлетворять техническому регламенту на данный продукт.

Рассматривая влияние температуры на эффективность ультрафильтрационного процесса рыбных бульонов, необходимо отметить, что повышение температуры раствора дает положительные результаты по производительности. Однако природа разделяемого раствора существенно ограничивает этот фактор. Если исходить из проведенных исследований, то повышение температуры раствора с 68 до 85 °С позволяет увеличить производительность ультрафильтрации в 1,8 раза, но при этом потери по белку составляют 38±5 %. Снижение температуры способствует сохранению белка, но при этом удорожает процесс, вследствие дополнительных энергетических затрат на поддержание заданной температуры. Анализ серии исследований выявил закономерность, которая была положена в разработку технологии ультрафильтрации рыбных бульонов. В процессе ультрафильтрационной очистки происходит увеличение массовой доли сухих веществ в концентрате, однако по достижению определенной величины, содержание массовой доли сухих веществ в концентрате начинает снижаться. Предположительно увеличение концентрации фермента и белка в единице объема способствует ускорению ферментативных реакций [4]. Так как продукты ферментативной реакции и балластные вещества переходят в фильтрат, то наблюдается снижение массовой доли сухих веществ в концентрате.

Положительные результаты были получены при использовании полуволоконных мембран с размерами пор 50-100*10⁻³ мкм и молекулярной массой задерживаемых веществ не менее 30 кДа. Проницаемость мембраны составила 14,1 л/м²*ч, при этом объем исходного рыбного бульона был сконцентрирован в 2,8 раза. Селективность по белку (задерживающая способность мембраны) составила около 86,4 %. В фильтрат перешло значительное количество низкомолекулярных веществ и пептидов, которые не блокируют поры мембраны, поэтому проницаемость мембраны практически не менялась. При этом необходимо отметить, концентрировать рыбные бульоны можно до определённой величины, так как значительное увеличение белка приводит к падению производительности мембранной установки.

Рост массовой доли белка в процессе ультрафильтрационной обработки рыбных бульонов может привести к концентрационной поляризации (образуется слой белкового геля, расположенный на поверхности мембраны, что снижает проницаемость мембраны). Полагая, что лимитирующее влияние на ультрафильтрационный процесс оказывает явле-

ние концентрационной поляризации, можно воспользоваться уравнением Михаэлиса-Блатта, для связи скорости ультрафильтрации ϑ с массовой долей белка [5]

$$\vartheta = K \cdot \lambda \cdot v \cdot ((X^* - X_1)/(X - X_1)), \quad (1)$$

где ϑ – скорость ультрафильтрации, м/с; X^* – массовая доля белка на границе раздела «раствор–мембрана», %; X_1 – массовая доля белка в ультрафильтрате, %; X – текущая массовая доля белка, %.

Изменение массовой доли белка в процессе ультрафильтрации можно выразить дифференциальным уравнением вида

$$\delta X / \delta t = K \cdot (\Phi / \zeta_0) \cdot ((X - X_1)^2 / (X_0 - X_1)) \cdot \lambda \cdot v \cdot ((X^* - X_1)/(X - X_1)), \quad (2)$$

где Φ – поверхность мембраны, м²; ζ_0 – начальный объем раствора, м³; X_0 – массовая доля белка в исходном растворе, %.

В ряде работ теоретически и экспериментально показано, что коэффициент массопередачи через мембрану (K) зависит от скорости циркуляции (ω) и температуры (T) и не зависит от содержания массовой доли белка (X) в растворе. В этом случае уравнение массопередачи примет вид

$$K = K_1 \cdot (\omega / \omega_1)^\mu \cdot (T / T_1)^\nu, \quad (3)$$

где $K_1 = 3,81 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с}$ – коэффициент массопереноса при $T = T_1$, K ; $\omega = \omega_1$, м/с; $\mu = 0,093$; $\nu = 0,683$ – константы определены методом последовательного исключения переменных.

Согласно гипотезе Меерсона и Джинетти, значение X^* равно осмотически равному для давления, равного рабочему, т.е. в этом случае следует воспользоваться модифицированным законом Вант-Гоффа [6].

В результате анализа экспериментальных данных была получена формула для расчета X^* при ультрафильтрации рыбных бульонов

$$X^* = 11,9 \cdot 10^3 \Pi / T \cdot (\Pi + 7,5 \cdot 10^4), \quad (4)$$

где Π – рабочее давление, Па.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно с большой долей вероятности рассчитать процесс ультрафильтрации рыбных бульонов с заданными параметрами. Таким образом, утилизация рыбных отходов и получение из них белковых концентратов позволяет более рационально использовать рыбное сырье и создавать безотходные технологии. Данный способ утилизации не требует значительных материальных затрат и может быть реализован в технологических линиях уже существующих производств.

Библиографический список

1. Промышленное производство в России 2016: стат. сб. М.: Росстат, 2016. 347 с.
2. Панчишина Е.М., Кращенко В.В. Способ повышения биологической ценности рыбных бульонов // Современные тенденции развития перерабатывающих комплексов, пищевого оборудования и технологии пищевых производств: сб. Всерос. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. С. 55–56.
3. Пат. на полезную модель № 40015. Гидроциклон / И.Л.Артюхов, И.Н. Ким. 27.08.2004. Бюл. № 24.

4. Технология рыбного фарша / пер. с польск. В.Е. Тишина; под ред. Л.И. Борисочкиной. М.: Агропромиздат, 1991. С. 59-60.
5. Брок Т. Мембранная фильтрация / пер. с англ. М.: Мир, 1987. 464 с.
6. Blatt W. F., Dravid A., Michaels A. S., Nelsen L. // Membrane Sci. Technol. /Ed. by J. E. Flinn. N. Y.; L.: Plenum Press. 1970. P. 47-97.

I.L. Artyukhov
Dmitrovsky fishery technological Institute (branch) FSBEI HE
Astrakhan state technical University, Fish, Russia

THE USE OF MEMBRANE TECHNOLOGY IN THE PROCESS OF RECYCLING FISH WASTE

Presents current technology utilization of fish waste and the proposed method effectively concentrating fish broths using membranes.

В.Д. Богданов, О.В. Сахарова, А.А. Симдянкин
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА СУХОГО КОНЦЕНТРАТА ТРЕПАНГА В ХРАНЕНИИ И ОБОСНОВАНИЕ СРОКОВ ЕГО ГОДНОСТИ

Установлено, что после хранения в течение 18 месяцев химический состав и органолептические свойства сухого концентрата трепанга не претерпели существенных изменений. В течение исследуемого периода времени сохранилось высокое качество липидов. Исходя из данных исследований общей биологической ценности (ОБЦ), установлено, что хранение не снижает качественных характеристик, присущих исследуемому сырью. Микробиологические показатели к 537 суткам хранения остаются в допустимых пределах.

Ключевые слова: показатели качества, сухой концентрат трепанга, срок годности, липиды, общая биологическая ценность, микробиологические показатели.

Разработана технология получения сухого концентрата трепанга (СКТ), которая позволила создать продукт высокоэффективного пищевого и лечебно-профилактического назначения. Перед любой технологией стоит задача сохранения качественных характеристик сырья не только в процессе технологической обработки, но, что очень важно, в процессе его хранения. Любой выработанный продукт в процессе хранения постепенно утрачивает свои качественные характеристики, вследствие воздействия ряда факторов: биологических, физических и химических, что напрямую влияет на его относительную биологическую ценность и микробиологическую контаминацию. Целью работы является исследование качества сухого концентрата трепанга в хранении и определение срока его годности.

Объектом исследования служил пищевой сухой концентрат дальневосточного трепанга (СКТ), полученный по разработанной нами криотехнологии [1].

Определение липидов, минеральных веществ осуществлялось по ГОСТ 7636-85.

Содержание воды в СКТ определяли на анализаторе влажности ЭВЛАС – 2М в соответствии с инструкцией к данному виду прибора.

Для потребителя особое значение имеет безопасность продукта питания (БПП) и его относительная биологическая ценность (ОБЦ). Более достоверным методом определения БПП и ОБЦ продукта является метод исследования продукта на живой клетке инфузории *Tetrahymena pyriformis* класса *Ciliata* (тетрахименапириформис) [2].

Для исследования БПП готовились пробы № 1 (СКТ) и № 2 (контроль – казеин), для чего препараты вносили в пробирки с двумя мл стерильной воды и закрывали стерильными пробками. Культуру инфузории предварительно синхронизировали двое суток теплом и холодом, разводили водой в десять раз, а затем вносили по 0,05 мл в пробирки с пробами. Наличие роста и развития инфузории в исследуемых образцах контролировали в течение семи суток методом микроскопии. Угнетение подвижности, наличие гибели, единичных особей, деформация клеточной стенки инфузории говорит о токсичности исследуемых проб. На четвертые сутки проводили количественный учет выросших особей в счетной камере Горяева [3].

Для исследования ОБЦ также готовились проба № 1 (СКТ) и № 2 (контроль-казеин). Навески концентрата трепанга и казеина разводили водой для получения концентрации протеина 0,2 %. Подготовленные пробы по 2 мл вносили в стерильные пробирки. Синхронизировали культуру инфузорий теплом и холодом 48 ч и в одной стадии размножения, роста вносили по 0,05 мл в пробирки с пробами № 1 и № 2. Пробирки закрывали пробками и инкубировали при температуре 22 °С, встряхивая три раза в день. Наличие роста и развития инфузории в продукте (генерации) контролировали каждые сутки под микроскопом в 10 полях зрения. Динамику роста и развития простейших наблюдали в течение 7 суток, чтобы выявить положительное влияние исследуемых препаратов на живую клетку тест культуры *Tetrahymena pyriformis*. Количество выросших особей считали под микроскопом

в камере Горяева, фиксируя их формалином. Подсчет инфузорий вели в 10 квадратах камеры Горяева и выводили среднее арифметическое из трех подсчетов.[3]

Исследования микробиологических показателей производили в соответствии с действующими нормативными документами: ГОСТ 30726-2001 Метод выявления и определения количества бактерий *Escherichia coli*; ГОСТ 28805-90 Метод выявления и определения количества осмолотерантных дрожжевых и плесневых грибов; Количество мезофильных аэробных факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) по ГОСТ 10444.15-94 [4]. Подготовка проб для микробиологических анализов осуществлялась по ГОСТ 26669-85.

Химический состав трепанга-сырца, только что произведенного сухого концентрата трепанга и хранившегося в течение восемнадцати месяцев, приведен в табл. 1.

Данные таблицы 1 показывают, что даже через 18 месяцев хранения существенных изменений в химическом составе сухого концентрата трепанга не наблюдаются. Что касается органолептических характеристик концентрата трепанга, то они за 18 месяцев хранения также мало изменились.

Таблица 1

Химический состав трепанга-сырца и сухого концентрата трепанга различного срока хранения

| Период хранения, мес. | Показатели | | | |
|-----------------------|---------------|----------|-------------------------|-----------|
| | Вода, % | Белок, % | Минеральные вещества, % | Липиды, % |
| | Трепанг-сырец | | | |
| | 91,4 | 4,8 | 2,9 | 0,54 |
| Сухой концентрат | | | | |
| 0 | 7,5 | 45,6 | 31,0 | 5,1 |
| 4 | 8,1 | 44,8 | 32,5 | 4,5 |
| 6 | 6,7 | 42,7 | 31,7 | 4,2 |
| 8 | 5,9 | 42,8 | 35,1 | 4,5 |
| 10 | 6,1 | 43,4 | 34,5 | 4,2 |
| 12 | 6,6 | 42,4 | 35,1 | 3,8 |
| 14 | 8,2 | 41,3 | 34,4 | 3,7 |
| 16 | 8,4 | 41,1 | 34,7 | 3,9 |
| 18 | 8,1 | 41,9 | 34,5 | 3,6 |

Изменение качества сухих продуктов из гидробионтов в процессе хранения характеризуется, прежде всего, изменениями в их липидной фракции. Поэтому в табл. 2 приведены данные исследования изменения кислотного и перекисного числа липидов СКТ в процессе хранения.

Таблица 2

Изменение показателей качества липидов в процессе хранения СКТ

| Срок хранения, мес. | Кислотное число, мг КОН/г жира | Перекисное число, % J ₂ |
|---------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 0 | 0,24 | 0,001 |
| 4 | 0,32 | 0,001 |
| 6 | 0,40 | 0,001 |
| 8 | 0,43 | 0,003 |
| 10 | 0,44 | 0,004 |
| 12 | 0,46 | 0,005 |
| 14 | 0,47 | 0,006 |
| 16 | 0,47 | 0,006 |
| 18 | 0,48 | 0,007 |

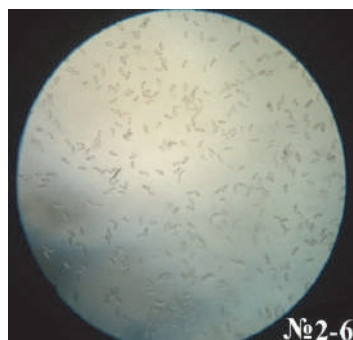
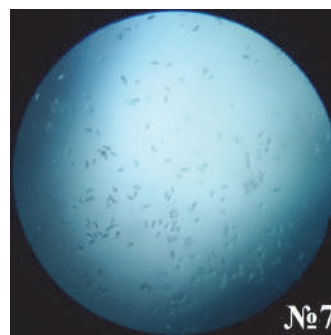
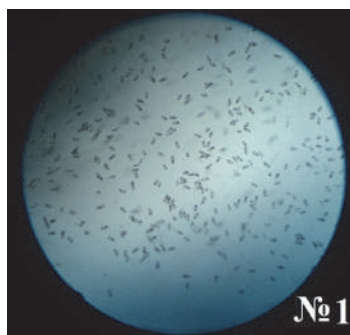
Данные табл. 2 показывают, что кислотное и перекисное число липидов СКТ за восемнадцать месяцев хранения незначительно возросло и не превышает допустимых для пищевых продуктов значений. Полученные данные свидетельствуют о сохранении высокого качества липидов криопорошка трепанга в течение исследуемого периода выдержки.

Для подтверждения рациональности разработанной технологии сухого концентрата трепанга важно выявить влияние хранения на его относительную биологическую ценность и микробиологическую контаминацию. Данная задача решалась путем сравнительного анализа разработанного продукта в процессе хранения от момента разработки до 1,5 г. хранения. Подобный подход обусловлен тем, что трепанг обладает выраженными функциональными и лечебно-профилактическими характеристиками, однако в процессе хранения они могут быть утрачены. Сублимированный концентрат трепанга хранился в стандартных условиях: при комнатной температуре 18–22 °С в закупоренных прозрачных стеклянных емкостях без доступа света. Установлено, что исследуемый продукт не только не обладает токсичностью, а наоборот стимулирует интенсивный рост и развитие инфузории тетрахимены, причем, независимо от сроков хранения (табл. 3).

Таблица 3

Оценка роста и развития инфузории в исследуемых продуктах

| Исследуемый продукт | Время генерации инфузории, сут. | | | | | ОБЦ на 4-е сут % |
|--------------------------------|---------------------------------|------|------|------|-------|---------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| № 1 Трепанг концентрат 0 сут | 5 | 19,3 | 43,8 | 78 | 100,3 | 102,3 |
| № 2 Трепанг концентрат 60 сут | 5 | 19,5 | 43,6 | 78,2 | 100,4 | 102,4 |
| № 3 Трепанг концентрат 122 сут | 5 | 19,3 | 43,8 | 78 | 100,5 | 102,5 |
| № 4 Трепанг концентрат 243 сут | 5 | 18,9 | 42,7 | 77,6 | 99,6 | 101,6 |
| № 5 Трепанг концентрат 365 сут | 5 | 17,5 | 40,2 | 75,3 | 99,4 | 101,4 |
| № 6 Трепанг концентрат 537 сут | 5 | 18,0 | 39,9 | 76,1 | 99,6 | 101,6 |
| № 8 Казеин (контроль) | 5 | 20 | 44 | 79 | 98 | 100 |



Образцы № 2; № 3; № 4; № 5 представлены одним фото, так как разница в одну-две клетки фактически зрительно не видна

Фото роста и развития *Tetrahymena pyriformis* в исследуемых образцах на четвертые сутки экспозиции

Результаты проведенных исследований, представленные в табл. 3 и на рисунке, показывают, что созданный сублимированный концентрат трепанга по относительной биологической ценности фактически не уступает контрольному образцу (казеину) и даже незначительно превосходит его от 1,0 % до 2,5 % на четвертые сутки экспозиции, что можно увидеть в количестве выросших особей для исследуемых образцов. Полученные данные не противоречат общеизвестным, так как основу структуры трепанга составляет коллаген, труднодоступный для переваривания белок. Чем в более доступном виде находится белок, тем легче его расщепить и поглотить.

Также установлено, что разработанный продукт «сублимированный концентрат трепанга» на всем этапе хранения 537 суток фактически не утрачивает свои качественные характеристики. Незначительное снижение количества клеток при сравнении между исследуемыми образцами сублимированного трепанга в установленные временные критические точки составляет максимум 1 клетку, что вполне можно считать допустимой погрешностью метода.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что разработанная технология является рациональной, так как исходя из данных исследований общей биологической ценности (ОБЦ) установлено, что хранение не снижает качественных характеристик присутствующих исследуемому сырью.

Определение безопасности произведенной продукции, сроки хранения и контроль критических точек при производстве продукции в первую очередь основывается на определении микробиологических показателей.

Так как разработанный нами продукт является новым изобретением, то его микробиологические показатели не могут быть приведены в ТРТС, поэтому их мы берем для аналогичной продукции из Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 № 880 (табл. 4).

Таблица 4

Сушеные и белковые нерыбные объекты морского промысла: гидролизат из мидий (МИГИ-К), белково-углеводный концентрат из мидий

| Показатели | Количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, КОЕ/г, не более | Бактерии группы кишечных палочек (колиформы), не допускаются в массе продукта, г | S. aureus, не допускаются в массе продукта, г | Сульфитредуцирующие клостридии, не допускаются в массе продукта, г | Плесени и дрожжи, КОЕ/г (см ³), не более |
|-------------------|---|--|---|--|--|
| Допустимые уровни | 5x10 ⁴ | 1,0 | 1,0 | 0,01 | 100 |

Для подтверждения рациональности разработанной технологии и выявления изменения качественных характеристик в процессе хранения разработанного продукта определялось КМАФАнМ исследуемых образцов (табл. 5).

Таблица 5

Значения КМАФАнМ трепанга в зависимости от времени хранения

| Исследуемый продукт | КМАФАнМ, КОЕ/г |
|--------------------------------|---------------------|
| № 1 Трепанг концентрат 0 сут | 0x10 ¹ |
| № 2 Трепанг концентрат 60 сут | 0x10 ¹ |
| № 3 Трепанг концентрат 122 сут | 0,1x10 ¹ |
| № 4 Трепанг концентрат 243 сут | 2,2x10 ² |
| № 5 Трепанг концентрат 365 сут | 2,4x10 ² |
| № 6 Трепанг концентрат 537 сут | 2,3x10 ² |

Как видно из данных, представленных в табл. 5, образцы № 1 Трепанг сублимированный концентрат (0 сут. хранения) и № 2 Трепанг сублимированный концентрат (60 сут. хранения) обладают наименьшей контаминацией КМАФАнМ 0×10^1 КОЕ/г. Роста патогенной, полупатогенной и микромицетной микрофлоры зафиксировано не было. Полученные данные вполне объяснимы минимальными сроками хранения.

Незначительный рост контаминации в сублимированном концентрате трепанга начинается лишь на 122 сутки хранения и к 537 суткам хранения достигает КМАФАнМ $2,3 \times 10^2$ КОЕ/г.

Полученные результаты для 537 суток хранения КМАФАнМ $2,3 \times 10^2$ КОЕ/г находятся в допустимых пределах согласно ТРТС максимально допустимое значение составляет КМАФАнМ 5×10^4 КОЕ/г.

Важным фактом является отсутствие микромицетов при исследовании КМАФАнМ образцов, что напрямую свидетельствует, не только о сохранении качественных характеристик сублимированного трепанга, но и о пролонгации его сроков хранения, так как именно микромицеты являются основным фактором порчи данного вида продукции.

Следует отметить, что полученные данные напрямую свидетельствуют о рациональности разработанной технологии и, пожалуй, самое главное, исходя из данных полученных при определении КМАФАнМ, можно предположить, что сроки хранения разработанного продукта могут составить до 3 лет и возможно более, при соблюдении технологических регламентов хранения. Данный тезис можно будет подтвердить при дальнейших исследованиях установления максимально возможных сроков хранения разработанного продукта.

Исследуемые образцы обладают высокой относительной биологической ценностью, и как показывает время генерации инфузории (смена поколений), благотворно воздействуют на жизнедеятельность и развитие живой клетки по поколениям.

Установлено, что нутриенты, содержащиеся в сублимированном концентрате трепанга и не были утрачены как в результате самой технологической обработки, так и в процессе хранения 537 суток, дополнительно установлено, что разработанный продукт существенно улучшает иммунитет живой клетки, стимулирует ее правильный рост и развитие без мутаций и негативных последствий.

Таким образом, в результате исследований установлено, что после хранения в течение 18 месяцев химический состав и органолептические свойства СКТ не претерпели существенных изменений. В течение исследуемого периода времени сохранилось высокое качество липидов. Исходя из данных исследований общей биологической ценности (ОБЦ) установлено, что хранение не снижает качественных характеристик присущих исследуемому продукту. Микробиологические показатели к 537 суткам хранения остаются в допустимых пределах, а показатель КМАФАнМ в 2 раза ниже предельно допустимого значения. Учитывая вышесказанное считаем возможным рекомендовать срок годности СКТ не менее 18 месяцев с даты его изготовления.

Библиографический список

1. Богданов В.Д., Назаренко А.В., Симдянкин А.А. Криотехнология сухого пищевого концентрата из голотурий // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2016. № 38. С. 64–68.
2. Игнатъев А.Д., Исаев М.К., Долгов В.А. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью ресничной инфузории *Tetrahymena pyriformis* // Вопросы питания. 1980. № 1. С. 70–71.
3. Богданов В.Д., Сахарова О.В., Сахарова Т.Г. Исследование безопасности и биологической ценности сухого концентрата трепанга биотестированием // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2016. № 39. С. 93–98.
4. ГОСТ 10444.15-94. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов // Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ, 2010.

INVESTIGATION OF QUALITY INDICES OF DRY CONCENTRATE OF SEA CUCUMBER IN STORAGE AND JUSTIFICATION OF TERMS OF ITS YEAR

It is established that after storage for 18 months the chemical composition and organoleptic properties of dry sea cucumber concentrate did not undergo significant changes. During the period under study, high quality lipids remained. Based on the data of the studies of the total biological value (OBV), it is established that storage does not reduce the quality characteristics inherent in the raw material under study. Microbiological indicators remain at acceptable levels for 537 days of storage.

Key words: *quality indicators, dry concentrate sea cucumber, shelf life, lipids, total biological value, microbiological indices.*

**СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА РЫБЫ ПРИ ГЛУБОКОЙ
РАЗДЕЛКЕ СЫРЬЯ**

Глубокая разделка рыбного сырья является приоритетной для рыбоперерабатывающих предприятий. Изучено влияние обработки рыбного филе высоким давлением и показано, что воздействие давления в 50 МПа приводит к снижению общей контаминации микроорганизмами. Дальнейшее повышение давления приводит к еще большему снижению КМАФАнМ, КОЕ/г, и к полному отсутствию БГКП. Структурно-механические характеристики филе изменяются незначительно. Обработанное давлением филе ожидаемо будет храниться в охлажденном или мороженом виде значительно дольше, так как его исходные качественные показатели значительно выше, чем у филе, не обработанного высоким давлением

Для обеспечения продовольственной безопасности страны перед рыбохозяйственной отраслью поставлена задача повсеместного внедрения глубокой переработки сырья. Это позволяет реализовать принцип его комплексного и рационального использования. Результат глубокой переработки – это в первую очередь разделка рыбы до состояния филе и фарша.

Разделка на филе может осуществляться с использованием специализированного оборудования или вручную, но во всех случаях должны быть удалены внутренности, плавники, голова, хребтовые и реберные кости. Филе может быть с кожей или без кожи.

Производство фарша базируется на технологии производства филе, которое после получения подвергается измельчению на оборудовании типа «Неопресс» (в случае филе с кожей) или на волчке, если филе было обесшкурено.

Фарш может быть получен и методом дезинтеграции мышечной ткани рыбы, когда разделка осуществляется в потоке воды, т.е. без поштучной разделки. Этот фарш больше попадает под категорию промытых фаршей, типа сурими, где из измельченной мышечной ткани промывкой удаляются водорастворимые белки, экстрактивные вещества липиды и другие компоненты мышечной ткани, которые не принимают участия в образовании структурированных продуктов.

Технология филе и фарша позволяет дополнительно перерабатывать в условиях производства фрагменты сырья, оставшиеся после разделки, для получения биологически активных веществ, кожевенного сырья, других видов пищевой или кормовой продукции.

Фарш или филе могут быть реализованы в торговой сети как самостоятельные продукты либо переработаны в различные виды пресервов, кулинарии, формованные изделия. Особенно разнообразные виды продукции могут быть получены из промытого фарша. Это и структурированные, и эмульсионные и аналоги деликатесных изделий. В измельченную мышечную ткань можно добавлять различные ингредиенты и получать продукцию, отвечающую требованиям здорового и сбалансированного питания и функционального назначения.

Вместе с тем глубокая разделка сырья влечет за собой резкое сокращение продолжительности его хранения и в охлажденном и даже в замороженном виде по сравнению с неразделанным сырьем. В среднем сроки годности филе примерно в два раза меньше, чем неразделанной рыбы, а фарша еще в два раза меньше, чем филе. Это связано с тем, что в ходе технологического процесса контакт сырья с кислородом воздуха, производственным оборудованием, руками обработчиков, повышенной температурой приводит к повышению контаминации сырья и продуктов микроорганизмами, окислению липидов и соответственно более быстрому снижению качественных характеристик филе и фарша.

Обозначенная проблема частично решается. Так, срок годности фарша, особенно промытого, можно увеличить, используя специализированные криозащитные добавки. В из-

мельченную мышечную ткань легко добавляются любые компоненты. Повысить продолжительность хранения можно и применением консервирующих добавок. Однако все эти приемы несколько снижают биологическую ценность сырья.

Существуют и механические способы снижения вредного воздействия окружающей среды в ходе технологического процесса. Сюда можно отнести воздействие на объект высокого и сверхвысокого давления. Известно, что давление используют для инактивации ферментов, снижения контаминации микроорганизмами, формирования вторичной структуры, гелеобразования, внесения вкусовых и красящих добавок. При этом в отличие от тепловой обработки ковалентные связи органических веществ не нарушаются, и компоненты, определяющие органолептические характеристики продукта, подвергаются минимальным изменениям [Balny, Masson, 1993; Kurzhals, 1995; Рогов и др., 1996]. Считается, что сохраняются все питательные свойства продукта и лишь несколько изменяются его физические свойства.

Цель настоящей работы – изучить возможность использования воздействия высокого давления на сохранение качественных показателей рыбного филе глубокой разделки после завершения процесса производства перед закладкой на хранение.

Объект исследования – воздействие высокого давления на рыбное филе.

Предмет исследования – качественные характеристики филе

Исследования проводили на филе минтая, которое нарезали на куски размером 20х6х6 см и упаковывали под вакуумом в полимерные пакеты. Обработку образцов высоким давлением проводили на гидростате рамной конструкции с внешним приводом (насос УНГР-3000). Подготовленные образцы для предотвращения попадания рабочей жидкости помещали в наполненный водой полиэтиленовый пакет и подвергали давлению в течение 10 мин. Измерение структурно-механических свойств мышечной ткани рыбы проводили на универсальной машине «Инстрон-1122». Изменение микроструктуры определяли на световом микроскопе «Иноваль».

Гистологические исследования проводили в соответствии с опубликованными в литературе методами [Леви, Сикенвиу, 1971; Скалинский, Белоусов, 1978]. Микробиологические исследования проводили в соответствии с методическими указаниями, принятыми для исследования пищевых продуктов.

В результате исследований было установлено, что уже при достижении давления в 100 МПа отмечается ингибирующий эффект на микроорганизмы (табл. 1).

Таблица 1

Влияние высокого давления на ингибирование микроорганизмов мышечной ткани при температуре 20 °С

| Давление, МПа | КМАФАнМ, КОЕ/г | Споры мезофильных аэробов, КОЕ/г | Наличие БГКП, в 0,1 г |
|---------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------|
| 0 (контроль) | $1,6 \times 10^4$ | $3,4 \times 10$ | К + Г – |
| 100 | $6,2 \times 10^3$ | $2,1 \times 10$ | К + Г – |
| 200 | $4,6 \times 10^3$ | $1,8 \times 10$ | К – Г – |
| 300 | $2,1 \times 10^3$ | $1,2 \times 10$ | К – Г – |
| 400 | $1,6 \times 10^3$ | $1,0 \times 10$ | К – Г – |
| 500 | $1,2 \times 10^3$ | $0,4 \times 10$ | К – Г – |

Общее количество мезофильно аэробных факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) и спор мезофильных аэробов снижается более чем в 2 раза. Дальнейшее повышение давления способствует еще большему снижению контаминации микроорганизмов. При давлении 200 МПа кислотообразующие бактерии группы кишечной палочки

(БГКП К –) и газообразующие (Г –) отсутствуют. Аналогичные результаты получены при обработке высоким давлением свинины и говядины [Рогов и др., 1996].

При достижении давления 400 МПа показатели снижаются в 10 раз по сравнению с контролем. При этом, если воздействие давлением проводить при пониженной температуре, ингибирующий эффект высокого давления гораздо выше (табл. 2), что возможно обусловлено фазовыми изменениями мембранных структур микроорганизмов у большинства органических веществ, у которых температура перехода из жидкого состояния в жидкокристаллическое повышается на 10–50 °С на 100 МПа [Накахара, 1990]. Подобное влияние давления и пониженной температуры отмечено в литературе. Так, инаktivация клеток дрожжей достигает 100 % при давлении более 500 МПа при комнатной температуре, а при минус 20 °С этот эффект достигается при 200 МПа.

Таблица 2

Влияние высокого давления и температуры на выживаемость в филе БГКП, КОЕ/г

| Давление, МПа | Температура минус 18 °С | Температура 20 °С |
|---------------|-------------------------|---------------------|
| 100 | 1 x 10 ⁷ | 5 x 10 ⁷ |
| 200 | 1 x 10 | 6 x 10 ³ |
| 300 | 1 x 10 | 5 x 10 |
| 400 | 1 x 10 | 1 x 10 |

При рассмотрении структуры мышечной ткани филе, обработанного давлением в диапазоне от 50 до 500 МПа, отмечается уплотнение тканей, но при этом отделения свободной влаги не происходит (табл. 3).

Таблица 3

Структурно-механические свойства мышечной ткани филе, обработанного высоким давлением

| Давление, МПа | Напряжение среза, 10 ⁻⁵ Па | Работа резания, 10 ⁻³ Дж/м ² |
|---------------|---------------------------------------|--|
| 0 (контроль) | 1,42 | 0,79 |
| 50 | 1,48 | 0,79 |
| 100 | 1,56 | 0,82 |
| 300 | 1,71 | 0,97 |
| 400 | 1,75 | 1,02 |
| 500 | 2,25 | 1,27 |

Такие характеристики структуры как напряжение среза и работа резания для филе, обработанного давлением в 50 МПа, лишь незначительно отличаются от характеристик филе, не обработанного давлением (контрольный образец), однако при рассмотрении микроструктуры некоторое уплотнение тканей все же можно отметить. С возрастанием давления указанная тенденция повышения плотности мяса рыбы сохраняется, и образец, подвергнутый давлению в 500 МПа, характеризуется величинами напряжения среза и работы резания, значения которых в 1,6 раза превосходят соответствующие показатели контрольного образца.

Исследования микроструктуры мышечной ткани рыбы показали, что при воздействии давления 50 МПа наблюдаются некоторое уплотнение и сгруппированность мышечных волокон по сравнению с контрольным образцом (без воздействия давления) (рис. 1, 2). Нарастивание же давления приводит к деструкции мышечного волокна, появлению локальных трещин и разрывов. Одновременно, очевидно, происходит разрушение внутриклеточ-

ного содержимого, в результате чего формируются зернистые деструктурированные массы, которые заполняют многочисленные полости между мышечными волокнами. При этом соединительные прослойки между пластинами мышечных волокон остаются неизменными и практически не отличаются от таковых в контрольном образце.

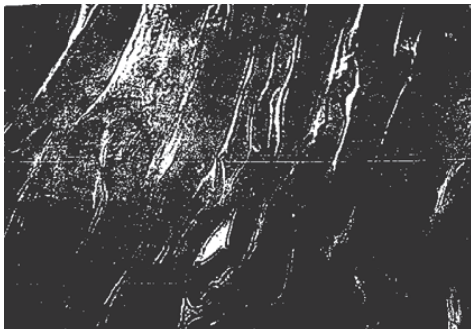


Рис. 1. Микроструктура контрольного образца мышечной ткани рыбы (без давления)

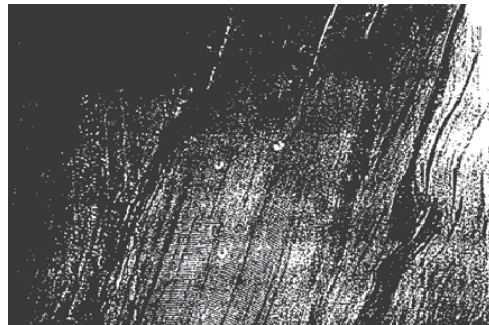


Рис. 2. Микроструктура образца мышечной ткани рыбы после воздействия давления

Следовательно, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что путём воздействия высокого давления можно снизить контаминацию сырья микроорганизмами. Причем ингибирование микроорганизмов тем эффективнее, чем ниже температура обрабатываемого филе. При этом ткани филе уплотняются без отделения свободной влаги, структурно-механические характеристики меняются незначительно, что важно для сохранения водо- и жиросвязывающих способностей мышечной ткани.

Подготовленное таким образом филе ожидаемо будет храниться в охлажденном или мороженом виде значительно дольше, так как его исходные качественные показатели значительно выше, чем у филе, не обработанного высоким давлением.

Библиографический список

1. Рогов И.А., Нефедова М.В., Митасова Л.Ф., Татарников И.В., Глазкова И.В. Микроструктура мяса, обработанного высоким гидростатическим давлением // Мясная индустрия. 1996. № 4. С. 13–14.
2. Леви А., Сикевуи Ф. Структура и функции клетки. М.: Мир, 1971. 600 с.
3. Накахара М. Основы обработки пищевых продуктов давлением // Секухин то кай-хацу. 1990. Т. 25. № 12. С. 3
4. Скалинский Е.И., Белоусов А.А. Микроструктура мяса. М.: Пищ. пром-сть, 1978. 175 с.
5. Balny C., Masson P. Effect of high pressure on proteins // Food Rev. Intern. 1993. Vol. 9. № 4. P. 611–628.
6. Kurzhals N.A. Entwicklungsstand nicht-thermischer Konserververfahren // Lebensmitteltechnik. 1995. № 3. S. 38–42.

T.M. Boitsova
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

METHOD OF PRESERVATION OF FISH QUALITY WITH DEEP RAW MATERIAL

Deep cutting of fish raw materials is a priority for fish processing enterprises. The effect of processing of fish fillets with high pressure was studied and it was shown that exposure to a pressure of 50 MPa leads to a decrease in total contamination by microorganisms. A further increase in pressure leads to an even greater decrease in QMAFAnM, CFU / g, and a complete absence of CGB. Structural and mechanical characteristics of fillets vary slightly. The pressure-treated fillet is expected to be stored in a chilled or frozen form for much longer, since its initial quality values are significantly higher than those of high-pressure fillets null.

Е.В. Буракова, Т.Н. Слуцкая
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»,
Владивосток, Россия
e-mail: 7lena7@list.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ИЗ ГОЛОТУРИЙ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЕЙ В ТЕХНОЛОГИИ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Рассмотрена возможность использования тепловых экстрактов голотурий (кукумари и трепанга) как добавки при изготовлении мясных котлет с высокой биологической ценностью. Изучены органолептические показатели качества и установлено положительное влияние добавления теплового экстракта кукумари в количестве от 10 до 20 %. Сделано заключение, что пищевая продукция, произведенная с применением экстрактов из голотурий, содержит биологически активные аминокислоты (глицин, аспарагиновую и глутаминовую кислоты, пролин), растворимый коллаген и гликозиды. Это позволяет отнести такие продукты к физиологически ценным и открывает перспективы для дальнейшего расширения ассортимента подобных пищевых продуктов.

Мышечные ткани голотурий – кукумари (*Cucumaria japonica*) и трепанга (*Apostichopus japonicus*) дальневосточных морей содержат комплекс биологически активных компонентов, обуславливающих высокую физиологическую ценность получаемых из них пищевых продуктов и БАДов [1].

Обычной процедурой при изготовлении пищевых продуктов из этих морских объектов является тепловая обработка в воде, время которой составляет 2–3 ч. В результате такого воздействия уменьшаются масса и количество воды, которая в сырье составляет 88–92 %, но увеличивается содержание белка до 16–18 %.

Длительная тепловая обработка голотурий приводит к потере ценных биологически активных веществ, которые переходят в варочные воды, получившие в последнее время название «гидротермические или тепловые экстракты». Установлено, что потери аминокислот (результаты получены с учетом массы исходного и термически обработанного сырья) составляют от 19,5 до 22,6 %, коллагена – 68–76 %, минеральных веществ – до 76 %, тритерпеновых гликозидов – до 80 % [2]. Специальные приемы тепловой или гидротермической экстракции при обработке голотурий, направляемых на пищевые цели, позволяют повысить суммарное количество биологически активных компонентов. В силу того что при таком способе экстракции в растворы переходит ряд биологически активных веществ, являющихся эффективными цитостатиками по отношению к определенным формам карциномы [3] за счет содержания гликозидов, они обладают антикоагулянтным действием за счет существенного количества хондроитинсульфата [4], антимикробным [5], антиоксидантным действием [6], имеется основание для использования таких экстрактов в качестве основы для получения биологически активных добавок к пище [7], мышечных тканей – для производства функциональных продуктов питания.

Технология функциональных пищевых продуктов в настоящее время базируется на современных представлениях о целесообразности снижения количества белковой составляющей животного происхождения, что достигается применением различных растительных добавок [8, 9], особое внимание уделяется использованию пищевых волокон растительного и животного происхождения [10, 11].

Технология применения тепловых экстрактов в пищевой продукции опробована при производстве кулинарных изделий (котлет) из мясного сырья. Суть заключается в замене (частичной или полной) воды, предусмотренной рецептурой для подобных изделий.

Разработано два вида рубленого полуфабриката: котлеты «Говяжьи» и котлеты «Бараньи» с добавлением теплового экстракта трепанга и кукумари в количестве 10 %, 15 %, 20 % от массы фарша. Котлеты изготавливались по традиционной технологии, экстракт

охлаждали до температуры 4–6 °С и добавляли в фарш после последовательного внесения других ингредиентов рецептуры. При полной замене воды экстрактом (внесение 20 % от массы фарша) котлетная масса приобретает более яркий, насыщенный цвет, чем контрольный образец с водой.

Отмечены высокие балльные оценки качества продукции при использовании экстрактов из голотурий по сравнению с контролем. Это касалось оценки цвета, запаха и вкуса; общая балльная органолептическая оценка была выше контрольной на 1,0–1,5 балла.

Тепловые экстракты хорошо сочетаются с мясным сырьем, наиболее высокую оценку имела продукция с 15 % и 20 % добавлением экстракта. Котлеты отличались сочной консистенцией, приятным вкусом и ароматом, без постороннего привкуса и запаха и отличались более высоким выходом.

Дегустации проведены с соблюдением принципов дегустационного анализа, закрытым способом. Респонденты оценивали продукты по пятибалльной шкале: внешний вид, вид на срезе, цвет*, запах, вкус* (рисунки 1, 2).

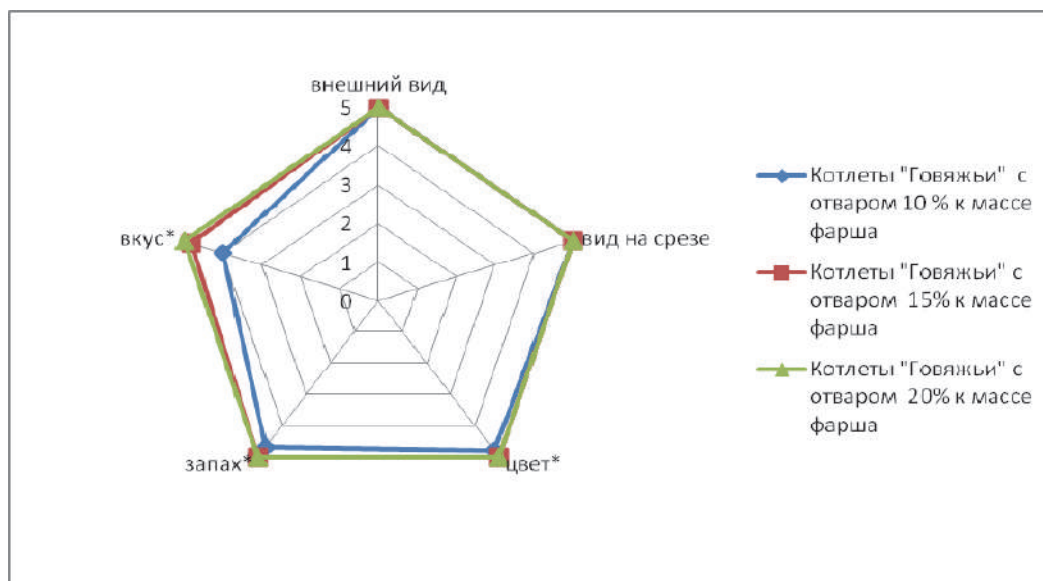


Рис. 1. Органолептическая оценка котлет «Говяжьи» с разным содержанием теплового отвара

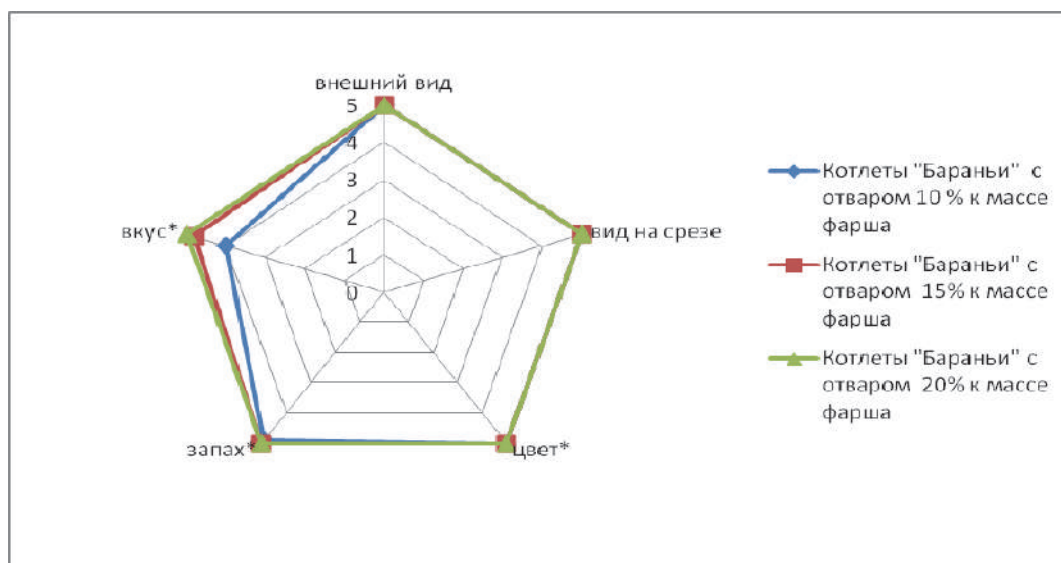


Рис. 2. Органолептическая оценка котлет «Бараньих» с разным содержанием теплового отвара

Можно сделать вывод, что тепловой экстракт из голотурий хорошо сочетается с мясом говядины и баранины, не добавляет посторонних привкусов и запахов готовому продукту, а, наоборот, подчеркивает вкус, аромат и цвет котлетного фарша, что в дальнейшем повышает степень положительного восприятия готового продукта.

Экспериментальные результаты также показывают влияние экстрактов на влагоудерживающую способность фарша, которая была на 3–4 % выше, чем в контрольных образцах, что в конечном итоге явилось причиной более высокого выхода продукции.

Как следует из результатов табл. 1, влияние экстрактов из голотурий заключается в том, что существенно увеличивается сумма заменимых аминокислот особенно за счет аспарагиновой, глутаминовой, а также глицина и пролина, что свидетельствует о повышенном уровне содержания коллагеновых белков.

Таблица 1

Содержание аминокислот в составе экспериментальных и контрольных образцов, мг/г белка

| Аминокислота | Содержание белка, мг/г белка | |
|---------------------------------|------------------------------|------------|
| | Экспериментальный образец | Контроль |
| 1 | 2 | 3 |
| Незаменимые аминокислоты | | |
| Thr | 27,3±1,3 | 22,0±1,1 |
| Val | 39,3±1,9 | 31,0±1,6 |
| Met | 10,7±0,5 | 12,3±0,6 |
| Ile | 32,9±1,6 | 27,6±1,4 |
| Leu | 61,1±3,0 | 49,3±2,5 |
| Phe | 33,0±1,6 | 25,7±1,3 |
| Lys | 19,3±0,9 | 47,3±2,3 |
| Сумма незаменимых аминокислот | 223,7±11,2 | 215,2±10,8 |
| Заменимые аминокислоты | | |
| Tyr | 19,3±0,9 | 15,2±0,8 |
| Ser | 16,9±0,8 | 13,3±0,7 |
| Asp | 79,3±3,9 | 62,2±3,1 |
| Glu | 147,4±7,4 | 116,2±5,8 |
| Gly | 63,2±3,2 | 26,7±1,3 |
| Ala | 50,4±2,5 | 32,9±1,6 |
| His | 25,7±1,3 | 20,6±1,0 |
| Arg | 55,7±2,8 | 38,9±1,9 |
| Pro | 102,6±5,1 | 62,4±3,1 |
| Cys | 11,3±0,6 | 8,85±0,4 |
| Сумма заменимых аминокислот | 572,0±28,6 | 397,3±19,9 |
| Итого | 795,7±39,8 | 612,6±30,6 |

Отдельно определенное количество оксипролина, который является маркером коллагена, было на 10–15 % выше у экспериментальных образцов. Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что экстракты из голотурий обогащают мясную продукцию тритерпеновыми гликозидами.

Таблица 2

Содержание гликозидов в готовой пищевой продукции с добавлением экстрактов из голотурий, мг/г

| № | Количество добавленного экстракта, % | Содержание гликозидов, мг/г |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 10 | 0,6 |
| 3 | 15 | 1,1 |
| 4 | 20 | 1,5 |

Анализ результатов позволяет заключить, что пищевая продукция, произведенная с применением экстрактов из голотурий, содержит биологически активные аминокислоты (глицин, аспарагиновую и глутаминовую кислоты, пролин), растворимый коллаген и гликозиды. Это позволяет отнести такие продукты к физиологически ценным и открывает перспективы для дальнейшего расширения ассортимента подобных пищевых продуктов за счет использования комбинаций на основе сырья животного и морского происхождения.

Библиографический список

1. Bordbar S., Anwar F., Saari N. High-Value Components and Bioactives from Sea Cucumbers for Functional Foods – A Review // *Marine Drugs*. 2011. № 9. P. 1761–1805.
2. Ким А.Г., Чернова Е.В., Слуцкая Т.Н. Влияние гидротермической обработки на химический состав голотурий // *Известия вузов. Пищ. технология*. 2013. № 5–6. С. 21–24.
3. Ogushi M., Yoshie-Stark M., Suzuki T. Cytostatic activity of hot water extracts from the sea cucumber in Caco-2 // *Food Sci. Technol. Res*. 2005. Vol. 11. P. 202–206.
4. Mourao P.A., Pereira M.S. et al. Structure and anticoagulant activity of a fucosylated chondroitin sulfate from echinoderm. Sulfated fucose branches on the polysaccharide account for its high anticoagulant action // *J. Biol. Chem*. 1996. Vol. 271(39). P. 23973–23984.
5. Chiludil H.D., Miniain C.C., Seldes A.M. Cutotoxic and antifungal triterpene glycosides from the patagonian sea cucumber *Hemoidema spectabilis* // *J. Nat. Prod*. 2002. № 65. P. 860–865.
6. Zhong Y., Khan A. M., Shahidi F. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) // *J. Agric Food Chem*. 2007. Vol. 55. P. 1188–1192.
7. Акулин В.Н., Павель К.Г., Слуцкая Т.Н. и др. Эффективность биологически активных добавок из голотурий и совершенствование технологии их получения // *Изв. ТИПРО*. 2012. Т. 170. С. 291–298.
8. Бессалая И.И., Решетняк А.И., Данченко Л.В. Лечебно-профилактические колбасные изделия – продукты будущего // *Научный журнал Куб ГАУ*. 2013. № 91 (10). С. 265–278.
9. Басова М.С. Перспективы использования белка бобовых культур в мясных полуфабрикатах // *Современные наукоемкие технологии*. 2010. № 3. С. 23–27.
10. Неклюдов А.Д. Пищевые волокна животного происхождения. Коллаген и его фракции как необходимые компоненты новых и эффективных продуктов питания // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2003. Т. 39. № 3. С. 261–273.

11. Речкина Е.А., Губанина Г.А., Машанова А.И. Перспективы использования пищевых волокон в пищевом производстве // Вестник Крас ГАУ. 2016. № 1. С. 91–97.

E.V. Burakova, T.N. Slutsкая
Dalrybtuz, Vladivostok, Russia
e-mail: 7lena7@list.ru

APPLICATION OF EXTRACTS FROM THE HOLOTURES OF THE FAR EASTERN SEAS IN FOOD PRODUCTION TECHNOLOGY

The possibility of using thermal extracts from holothurians in food products is shown. Extracts from holothuria content: soluble collagen, some amino acids, triterpene glycosides and positively influenced the organoleptic evaluation of products. The recommended amount of extracts in the product is from 10 to 20 %.

А.Б. Васильевский, Е.В. Дорошенко, Ю.А. Дорошенко
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,
Челябинск, Россия

СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ДОСТУПНОСТИ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНОВ, УДАЛЕННЫХ ОТ МОРЕЙ

Противоречия, сложившиеся на региональных потребительских рынках в сегменте морской рыбы, послужили основанием для сопоставления условий производства этого вида продовольствия с аналогичным продуктом животного происхождения. Установлено необоснованное завышение стоимости морской рыбы на внутреннем рынке. Предложены меры по улучшению экономических показателей предприятий рыбной отрасли.

Система рыночных отношений в России по-прежнему далека от гармоничного сбалансированного состояния. Это приводит к различным негативным последствиям, среди наиболее вредных из них можно выделить неэффективное использование ресурсов при недостаточном уровне удовлетворения потребностей населения страны в различных благах, товарах, услугах.

Многочисленные недостатки наблюдаются в рыбной отрасли страны и в обеспечении потребностей граждан страны в морепродуктах и морской рыбе. Внутренним рынком страны в настоящее время потребляется около 2,4 млн т рыбной пищевой продукции, включая консервы, из них 0,8–0,9 млн т импортные поставки. В 2015 г. в России было реализовано 330 тыс. т выращенной рыбы.

В Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Председателя Правительства Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120, доля российской рыбной продукции должна составлять не менее 80 % [1].

Большая часть людей (40 %) покупает рыбную продукцию раз в неделю, 30 % один раз в месяц и столько же 2–3 раза в месяц. В районах, приближенных к районам добычи (вылова) водных биологических ресурсов и выращивания объектов аквакультуры, в структуре потребительского спроса лидирует товарная группа живой и охлажденной рыбы и составляет примерно 53 %, мороженая рыба составляет почти 10 %.

В местах, отдаленных от районов добычи (вылова) водных биологических ресурсов и выращивания объектов аквакультуры, в структуре потребительского рынка преобладает мороженая рыба и составляет примерно 30 %, живая и охлажденная составляет только 4 %.

Это свидетельствует о большом потребительском потенциале и необходимости развития аквакультуры (рыбоводства) в центральных европейских субъектах Российской Федерации, а также в субъектах Урала и Сибири.

Чтобы разобраться в состоянии и возможных решениях этой проблемы, сопоставим технологические и экономические параметры деятельности рыбной отрасли и одной из тех подотраслей национальной экономики, которые снабжают население страны продукцией, сходной по своим потребительским свойствам. Используем в качестве своеобразного аналога продукцию птицеводства.

Одним из наиболее доступных видов мясной продукции на отечественном потребительском рынке является в настоящее время мясо птицы. Его средняя рыночная цена в розничной торговле составляет от 90 до 134 руб. на примере потребительского рынка города Челябинска. Эта цена включает торговую наценку и прибыль магазинов, расходы на доставку и хранение в специальных условиях, издержки производства и прибыль птицефабрики. Само производство мяса кур является сложным, капиталоемким и высоко рискованным процессом.

Предприятие птицеводства должно быть удалено от населенных пунктов с учетом требований санитарных зон. В его состав должны входить разнообразные помещения для инкубации яйца, содержания молодняка и ухода за ним, откорма поголовья, иногда содержания взрослой птицы. Особое место на птицефабрике занимает цех убоя и обработки тушек. Все помещения оснащены сложным и дорогостоящим оборудованием, преимущественно импортным. Производство сопровождается существенными затратами тепла и электрической энергии на отопление и вентиляцию помещений, на работу оборудования, на приготовление и раздачу корма. Затраты на корма и зооветеринарные препараты в структуре себестоимости мяса птицы занимают более 50 %. Несмотря на высокую капиталоемкость производства продукции птицеводства, до настоящего времени высоки затраты ручного труда. Удельный вес расходов на оплату труда и начисления на заработную плату достигают 16–20 % в общей величине расходов в птицеводстве. Из-за высоких требований к качеству и надежности осуществления технологических операций содержания птицы также высоки размеры накладных расходов. Существенной составляющей затрат на выращивание птицы является удаление и обеззараживание продуктов жизнедеятельности поголовья.

Обращает на себя внимание, что для предложения покупателю такого продукта, как морская рыба, большинство затрат, естественных при производстве продукции отраслей животноводства, осуществлять просто не требуется. Приведенные в таблице данные приводят нас к выводу, что действительная общественно необходимая величина затрат на предоставление потребителям продукта – морской рыбы, вылавливаемой промышленным способом, – должна складываться из расходов на вылов рыбы и на ее доставку потребителям.

Сравнительная характеристика необходимости затрат тех или иных видов при получении продукции рыбной отрасли и птицеводства

| Составляющие затрат на предложение продукции потребителям | Рыба морская свежемороженоя | Куриная тушка |
|---|-----------------------------|---------------|
| Приобретение яиц (икры) | Нет | Есть |
| Амортизация зданий, сооружений, оборудования по содержанию поголовья | Нет | Есть |
| Оплата труда производственного, вспомогательного и обслуживающего персонала | Нет | Есть |
| Инкубация яиц (икры) | Нет | Есть |
| Уход за молодняком | Нет | Есть |
| Затраты на тепло и электроэнергию | Нет | Есть |
| Затраты на корм | Нет | Есть |
| Затраты на зооветеринарное обеспечение | Нет | Есть |
| Налоги, сборы, акцизы, отчисления, платежи, связанные с различными аспектами производственного процесса | Нет | Есть |
| Затраты на сбор, вывоз и утилизацию отходов производства | Нет | Есть |
| Потери от падежа | Нет | Есть |
| Вылов рыбы (убой поголовья) | Есть | Есть |
| Транспортировка на рынки сбыта с обеспечением специальных режимов хранения | Есть | Есть |
| Продажа через торговую сеть | Есть | Есть |

И если эта цена для потребителя будет на треть ниже, чем стоит на том же рынке куриная тушка, то участники операций все равно будут иметь возможность получать весьма высокую прибыль, и она будет значительно больше, чем у операторов на рынке продукции птицеводства.

Разница, которую можно установить между фактической рыночной ценой рыбы и ее оценочной стоимостью есть не что иное как безосновательно присваиваемая агентами рынка природная и монополистическая рента. При этом агенты данного сектора преднамеренно, искусственно создают на внутреннем потребительском рынке дефицит рыбы, чтобы завышать цены ее реализации конечным покупателям. Это обстоятельство, на наш взгляд, требует пристального внимания и разбирательства Федеральной антимонопольной службы.

Нельзя также умолчать о том, что рента не является результатом экономической деятельности, который зарабатывается, заслуживается организаторами соответствующих производственных и коммерческих процессов. Ее источниками являются либо природа, либо особенности (зачастую, недостатки) устройства общественных и экономических явлений, поэтому присвоение ренты частными участниками хозяйственной деятельности не правомерно. Рентный доход должен на справедливых основаниях распределяться между всеми членами общества. Именно такое состояние является важнейшим условием ведения социально-ориентированной хозяйственной деятельности и своеобразным критерием оценки цивилизованности, гуманности и социальной ориентации государственного устройства.

При этом каждый законопослушный гражданин страны независимо от того, в каком регионе он проживает – прибрежном или глубоко континентальном, вправе рассчитывать на равное право доступа, в повседневной жизни выражающееся в ценовой доступности к так называемым «дарам моря».

Эта проблема имеет и другой аспект. Он состоит в том, что часть улова морской рыбы в экономической зоне России может быть реализована за пределами внутреннего рынка страны. В этом случае может иметь место как легальный, так и нелегальный экспорт. При наличии такой возможности компания, осуществляющая вылов, будет стремиться к равной выгоде поставок на внешний и на внутренний рынок. В реальной жизни это будет означать, что если на зарубежном рынке цена улова выше, то его выгоднее всего будет продать именно там. И лишь остатки, которые по каким-то причинам не удалось продать на наиболее выгодных условиях, окажутся на внутреннем рынке. При таких альтернативных каналах сбыта возникновение дефицита морской рыбы на внутреннем рынке вполне естественное следствие. Ограниченное предложение приводит к возможностям завышения цены на продукцию рыбного промысла, чем не отказываются воспользоваться все участники товаропроводящей сети. В итоге на торговом прилавке в удаленном от морей регионе цена рыбы может быть существенно выше, чем та, по которой такая же рыба поставляется на экспорт. На наш взгляд, описанный механизм является основной причиной недостаточно высокого уровня потребления населением регионов страны морской рыбы и морепродуктов.

По нашему мнению, исправлению положения могло бы способствовать усовершенствование порядка налогообложения деятельности по лову морской рыбы в экономической зоне страны, заканчивающейся поставками морской рыбы на экспорт. Если бы с объема рыбы, поставляемого на внешние рынки, взимался своеобразный аналог налога на добычу полезных ископаемых, равный по своей величине сумме ренты, формирующейся при реализации той же рыбы на внутреннем рынке, это снизило бы привлекательность для рыболовных компаний поставок за рубеж при дефицитном состоянии внутреннего рынка. И если бы этот налог передавался в качестве трансферта малоимущим потенциальным потребителям морской рыбы в регионах, структура их рациона питания стала бы намного качественнее. Он мог бы решить проблему потери внутренним рынком существенной доли вылавливаемой в российских экономических зонах морской рыбы.

Разумеется, ситуация, когда природная рента присваивается отдельными агентами отрасли, а не распределяется в соответствии с общественными интересами, ошибочна и под-

лежит решительному исправлению. Это предполагает изменение действующего законодательства, отраслевых регламентов и нормативов.

Огромные возможности в утверждении законности и правопорядка в области добычи морских ресурсов в российских экономических зонах представляют последние достижения в области коммуникаций, информатики и цифровизации производственных, логистических и транспортных процессов. Например, рыболовные суда могут быть оснащены системой автоматической регистрации информации о месте, времени и объеме вылова морской рыбы, которая в режиме реального времени будет передаваться в федеральный единый центр мониторинга добычи рыбных ресурсов.

Практическое решение проблемы и устранение недостатков может быть достигнуто с использованием различных алгоритмов и схем отношений между участниками рынка.

Задача, которую надо решить, – сделать доступной морскую рыбу высокого качества в достаточном количестве для всего населения страны независимо от географии проживания.

Следует отметить, что вылов морской рыбы не может превысить определенных квот. Это условие вместе с действием фактора сезонности ухудшает экономические показатели предприятий отрасли, уменьшает доходы работников рыболовных компаний. Уменьшение вредных последствий этих особенностей отрасли возможно за счет диверсификации деятельности, в том числе и путем освоения промышленного выращивания рыбы как морской, так в водоемах с пресной водой.

Наибольший объем среди выращенной рыбы в регионах страны занимают карп и растительноядные виды рыб. Они реализуются в основном в живом виде. Самой высокой пищевой ценностью обладает живая и охлажденная рыба, поэтому карп и растительноядные рыбы в живом и охлажденном виде пользуются повышенным спросом населения. Растительноядные рыбы (белый и пестрый толстолобики, белый амур), ткани которых содержат в достаточном количестве полноценные белки, хорошо сбалансированы по аминокислотному составу, способствуют снижению артериального давления, уменьшают содержание холестерина в крови и являются прекрасным продуктом для поддержания состояния здоровья различных групп населения, особенно пожилых людей и детей. Сбор информации об этом и продвижении продуктов питания из растительноядных видов рыб не ведется на должном уровне.

Наблюдается устойчивая тенденция роста розничных цен на продукцию аквакультуры, причем темпы роста и стабилизация розничных цен выше, чем оптовых. В крупных городах и мегаполисах цены увеличиваются в несколько раз за счет посредников. Чем больше их в товаропроводящей цепи, тем вероятнее повышенный рост соотношения оптовых и розничных цен. Большое количество промежуточных звеньев между производителем и потребителем приводит к созданию неэффективной конкурентной среды и ведет к необоснованному завышению цен на каждом участке цепи на 20–50 %. Тем не менее сегодня рынок продукции аквакультуры в целом является немонополизированным, низкоконцентрированным, с развивающейся конкурентной средой.

В стабилизации и обеспечении прироста продукции аквакультуры огромная роль отводится работе:

- по обеспечению рыбоводных хозяйств качественным высокопродуктивным племенным материалом;
- оптимизации технологических режимов выращивания объектов аквакультуры;
- совершенствованию технологических приемов защиты объектов аквакультуры от болезней, что позволит значительно увеличить продуктивность и сократить затраты кормов.

Разработаны рецепты комбикормов для ценных видов рыб с максимальным использованием нетрадиционных компонентов и новых кормовых форм биологически активных и минеральных веществ отечественного производства. Наряду с этим были разработаны и освоены в производстве более экономичные рецепты комбикормов с минимальным содержанием животного белка.

Современные технологии товарного рыбоводства позволяют в короткие сроки не только количественно увеличить объемы производства, но и снизить ее себестоимость.

Развитие товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) обусловлено:

- наличием производственной базы, это более 1 млн га водных объектов комплексного использования, пригодных для разведения объектов аквакультуры;
- наличием развитой комбикормовой промышленности;
- наличием квалифицированных трудовых ресурсов;
- созданием рабочих мест для сельского населения, решением социально-экономических проблем сельских поселений;
- повышением доходов и улучшением рациона питания населения;
- рациональным и комплексным использованием сельскохозяйственных земель, покрытых водой (прудов) в интеграции товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) с другими видами сельскохозяйственного производства;
- необходимостью обеспечения населения объектами аквакультуры в живом и охлажденном виде.

Основными факторами, сдерживающими развитие товарной аквакультуры (товарного рыбоводства) в Российской Федерации, являются:

- отсутствие достаточного внимания со стороны государственной и муниципальной властей;
- слабо развитая рыночная инфраструктура;
- высокая степень износа основных производственных фондов;
- дефицит инвестиционных ресурсов.

В связи с вышесказанным для надежного обеспечения населения регионов рыбными продуктами вопросы развития товарного рыбоводства, осуществляемого во внутренних водоемах, имеют осязаемое социально-экономическое значение. Важной особенностью ситуации является то, что рынок сбыта не насыщен, на нем отсутствуют крупные конкуренты, преимущества получают те предприятия, которые будут развивать производство на рациональной технологической основе.

Библиографический список

Указ Президента РФ от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» [Электронный ресурс] // Система ГАРАНТ. URL: <http://base.garant.ru/12172719/#ixzz51vYFc3CY>. (дата обращения: 11.12.2017).

A.B. Vasilevskii, E.V. Doroshenko, U.A. Doroshenko
FSAEIHЕ SUSU (NRU)
Chelyabinsk, Russia

MEANS OF INCREASING THE AVAILABILITY OF FISH PRODUCTS IN THE ECONOMY OF REGIONS REMOTE FROM THE SEAS

The contradictions prevailing at the regional consumer markets in the segment of sea fish, served as the basis for comparing the conditions for this type of food with a similar product of animal origin. Installed unnecessarily increasing the cost of marine fish in the domestic market. Proposed measures to improve the economic performance of enterprises of the fishing industry.

А.С. Гришин

Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт ФГБОУ ВО «АГТУ»,
п. Рыбное, Россия

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИКРЫ И ИКОРНЫХ ПРОДУКТОВ

Дана краткая характеристика сегмента рынка икры и икорных продуктов с позиции технологии пищевых производств. Приведены примеры современных технологий производства икры и икорных продуктов.

Икра и икорные продукты занимают особое место в структуре мирового рыбного рынка. Устойчивый спрос на продукт формирует определенную культуру в процессе оборота, в том числе при переработке, реализации и употреблении.

Большой отпечаток накладывают национальные традиции, исследования и разработки в данном сегменте рынка, например, употребление икры морских ежей и получение имитаций.

Практически все технологии производства продукции из гонад водных биоресурсов являются уникальными, а органолептическая характеристика широкой сырьевой базы, позволяет отнести каждое наименование ассортиментной группы к деликатесной продукции.

Основным сырьем для производства икры и икорной продукции традиционно являются тресковые, лососевые, частиковые и осетровые виды рыб, а также нерыбные объекты промысла. К особенностям сырьевой компоненты относятся высокое содержание белка и других биологически активных компонентов, микробиальная нестабильность, высокая ферментативная активность, присутствие посторонних включений и у некоторых видов рыб повышенное содержание липидной фракции, что предопределяет в том числе «чистую» быструю переработку.

Ассортимент икры и икорной продукции по видам готовой продукции включает охлажденную, мороженую (в ястыках, зерно), солено-мороженую, вяленую (в том числе по типу «судзико», «боттарга»), подкопченную, соленую (зернистая, ястычная, паюсная, пробойная, по типу «мосаго»), консервы, икорные продукты (икра деликатесная, икорное масло) и аналоговую [1].

Среди современных трендов развития всего пищевого рынка, с определенной спецификой, характерной для деликатесной продукции, на рынке икры особое место занимают расширение ассортимента, повышение органолептических свойств, увеличение выхода готовой продукции и пролонгирование срока хранения.

К основным способам решения данных задач относятся вовлечение ранее малоиспользуемых сырьевых источников в промышленную переработку, применение новых технологий и технологических решений для того или иного вида сырья, использование дополнительных компонентов для создания продукции комбинированного состава с ярко выраженными новыми вкусовыми ощущениями, использование пищевых добавок, в том числе в комбинации, для снижения негативных последствий хранения сырья до обработки, в процессе изготовления и последующего хранения.

Соленая лососевая зернистая икра – относится к наиболее распространенным и популярным видам икры, реализуемым на территории страны. Технология изготовления в период путины («по месту») является классической, однако при выработке икры из мороженого ястыка можно использовать следующие технологические решения (табл. 1).

**Технологическая карта производства икры лососевой зернистой соленой
из икры лососевой мороженой в ястыках (вариант)**

| Операция | Описание процесса |
|-----------------------------|---|
| Размораживание, закрепление | Блоки разместить на стеллажах, не вскрывая, в зоне отепления, на воздухе, на ночь. Утром при необходимости – сортировка. Закрепить ястыки в ванной: 3%-й солевой раствор, при необходимости нитрит натрия (не более 1 г на 10 л), при необходимости хлорид кальция (не более 8 г на 10 л), температура раствора – 68–72 °С, гидромодуль 1–1,5:1, время обработки – 2–4 мин |
| Стекание | Сливание тузлука без остатка |
| Пробивка ястыков | Стандартно на грохотке, ячея под «икру» |
| Посол икры | Насыщенным соевым раствором «база», температура 4–10 (максимум 14) °С, гидромодуль 2:1, продолжительность – 3–8 мин (по готовности), краситель – «под лосось» 0,005–0,01 кг на 100 л солевого раствора. Порошковый – предварительно растворить в небольшом количестве воды, затем развести полученный раствор на весь объем солевого раствора. Цвет регулировать по необходимости. Возможно, использование Понсо 4R в смеси с Сансетом |
| Стекание, инспектирование | До необходимой влажности |
| Внесение добавок | Смесь консервантов БКН и Сорбиновая кислота (1:1) или «Смесь для икры» (2 г на 1 кг) или ВАРЕКС (по спецификации). Перемешивание в тазу небольшими партиями (строго по весу, запись). При необходимости глицерин и растительное масло. При необходимости КМЦ в дозировке 0,1–0,7 % или гуаровая камедь 0,1–0,5 %, или многофункциональная смесь (по спецификации). Предварительно диспергировать в растительном масле. Вносить после консервантов. При необходимости ЭДТА в дозировке 0,75 мг на 1 кг. При необходимости 0,5–4,0 % сорбитол (сухой). Дать сработать – не менее 2 ч |
| Ликвид | По требованию (вид, масса, тара) |

Данная технология при работе с мороженым ястыком в блоках и использовании пищевых добавок позволяет увеличить выход икры до 87 %, стабилизировать цвет, снизить «джус», получить микробиальную стабильность и равномерную вкусовую ноту.

Одной из разновидностей направления икры-сырца у некоторых видов рыб является получение из нее вяленой («снековой») продукции в виде кусочков или целого ястыка, что решает сразу несколько поставленных выше задач.

В качестве примера рассмотрим авторскую технологию производства **вяленой икры лемонемы**.

Размораживание блоков: на воздухе, на ночь, на стеллажах.

Утром: мойка, совмещенная с инспектированием как можно более холодной водой (максимум до 15 °С), если есть возможность, то слабым соевым раствором (1,0–1,5 %), затем стекание. Икру в воде не задерживать. Мойка должна быть кратковременной. Стекание на поверхности с перфорацией. Контроль высоты и диаметр ячеек дна. Продолжительность – 5...15 мин.

Посол сухой, в емкости. На 10 кг ястыка: 500–550 г поваренной соли, 150 г сахара, 100 г влагоудерживающего агента, регулятор кислотности и консерванты. Икру вместе со смесью перемешиваем и оставляем на 4–6 ч без гнета при температуре помещения до

12 °С. После посола кратковременная промывка в чистой холодной воде (не более 8 мин) и направление на вяление.

Вяление проводят с контролем температуры, влажности и скорости движения воздуха. Температура на уровне помещения – 16.....22 °С. Движение воздуха обычно 1,5 м/с, в первые часы (2–3 ч) можно увеличить до 3,0 м/с. Вяление происходит относительно равномерно, необходимо следить за соединением между ястычками, так как может пересохнуть. Продолжительность процесса в зависимости от условий камеры – 3–5 дн. Затем инспектирование и ликвид. Технология позволяет получить выход до 38 %, стабилизацию цвета, микробиальную стабильность и приятную вкусовую ноту.

Икра деликатесная в последние годы все более широко представлена на потребительском рынке. Это позволяет компаниям-производителям более рационально использовать сырье и получить дополнительную прибыль, а потребителям, в свою очередь, обеспечивает доступность «деликатесного» рынка по приемлемым ценам, что отвечает периоду низкой покупательской способности.

Рассмотрим технологию производства «Икра мойвы в майонезной заливке» (рисунок).



Технологическая схема производства икры мойвы в майонезной заливке

Изготовленная по данному способу икра деликатесная дает ощущение полноты вкуса икры, хотя норма закладки составляет 30 %, вариации вкусо-ароматических свойств, микробиальную стабильность и значительное расширение ассортимента.

Консервы из икры изготавливают в основном с добавлением печени, по типу «ассорти», реже в натуральном виде. В настоящее время ассортимент постоянно растет, основным сырьем являются частичковые виды рыб и по аналогии с икрой деликатесной имеют схожий состав, но содержат более термостабильные пищевые добавки, способные выдерживать стерилизацию.

Нами в соавторстве разработана технология консервов «Патэ из икры и молок сома» [2]. Рецептура смеси представлена в табл. 2.

Рецептура консервов «Патэ из икры и молок сома» на 1 тубу

| Компонент | Количество, кг |
|---|----------------|
| Икра сома, ястыки | 115,0 |
| Молоки сома | 57,8 |
| Поваренная соль | 4,2 |
| Крахмал картофельный | 2,8 |
| Гуаровая камедь (Е 412) | 0,35 |
| Клетчатка пшеничная «Уницель 200» | 0,18 |
| Растительное масло | 15,25 |
| Вода питьевая | 161,2 |
| Вкусо-ароматическая добавка (ВАД) | 0,22 |
| Выход, кг с учетом 2 % потерь при фасовании | 357 |

В качестве ВАД возможно использование любой, представленной на рынке и обладающей требуемым вкусо-ароматическим профилем.

Консервы обладают приемлемыми потребительскими свойствами: органолептическая оценка характеризует их как продукт из икры и молок сома по типу «патэ», закусочный, способный при употреблении намазываться на хлеб, соотношение «белки: липиды» при этом равно 1:0,78-0,82, калорийность продукта незначительна.

Аналоговая (имитационная) продукция получается методом сферификации с использованием альгината натрия и лактата/хлорида кальция. Получаемый продукт представляет собой круглые шарики, внутри которых заключен слабый гель любого композиционного состава по цвету и вкусо-ароматическому «началу» с более твердым, «сработанным» путем химической модификации, гелем на базе альгината натрия. Кроме этого, для снижения эффекта синерезиса можно вносить другие загущающие агенты на основе полисахаридов, например, камеди и стабилизирующие вещества другой химической природы.

Полученный продукт, обладает приятными органолептическими свойствами, а также может обладать заданным обогащенным составом и нести персонифицированную нагрузку под требования той или иной группы потребителей.

Таким образом, современные технологии производства икры и икорных продуктов базируются на инновационных знаниях в области технологии продуктов питания, с учетом традиций «классической» школы и практики, что позволяет разрабатывать новые продуктовые платформы и отвечать требованиям рынка.

Библиографический список

1. Гришин А.С., Помоз А.С. Некоторые аспекты применения пищевых добавок в рыбоиндустрии // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2015. № 6 (35). С. 71–76.
2. Гришин А.С., Помоз А.С. Использование икры и молок сома в технологии консервов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2015. № 4(15). С. 67–74.

A.S. Grishin
«ASTU» Dmitrov Fishery Technological Institute
Rybnoe, Russia

MODERN TECHNOLOGIES PRODUCTION OF CAVIAR AND CAVIAR PRODUCTS

A brief description of the market segment caviar and caviar products from the perspective of food production technology. Examples of modern technologies for the production of caviar and caviar products are given.

В.А. Гроховский, Л.К. Куранова, М.О. Шульга
ФГБОУ ВО «МГТУ»,
Мурманск, Россия

НОВЫЙ ВИД КОНСЕРВОВ ИЗ МИНТАЯ С ДОБАВЛЕНИЕМ ОБЖАРЕННЫХ ОВОЩЕЙ И ФУКУСА

Разработан композиционный состав консервов с использованием бланшированного филе минтая с добавлением обжаренных овощей, фукуса и растительного масла. Установлен режим бланширования филе минтая. Проведены органолептические, химические и микробиологические исследования нового вида стерилизованного продукта из бланшированного филе минтая с обжаренными овощами и фукусом с добавлением растительного масла, разработаны проекты технических условий и технологической инструкции по производству консервов.

Анализ научно-технической литературы в области производства консервов показывает, что в настоящее время в консервной технологии имеется большое количество вопросов, связанных с созданием новых стерилизованных продуктов из гидробионтов с использованием неординарных пищевых ингредиентов, применения избирательной предварительной термической обработки и ряда др. [1].

В числе таких актуальных задач в технологии изготовления стерилизованной продукции приоритетными являются исследования по созданию консервов из традиционных видов рыб (например, филе минтая) с новыми питательными свойствами благодаря добавлению овощных гарниров, фукуса и растительного масла, а также исследования по использованию заливок, ранее никогда не применявшихся в производстве таких продуктов и ряд других.

В частности, представляет интерес разработка новых композиционных составов консервов с использованием бланшированного филе минтая с добавлением обжаренных овощей, фукуса и высококачественных растительных масел.

Цель данной научной работы – разработка технологии изготовления новых видов консервов из бланшированного филе минтая с добавлением обжаренных овощей, фукуса и растительного масла.

Для создания этих новых видов консервов предстояло решить следующие задачи:

- установить наиболее приемлемую продолжительность предварительной термической обработки (ПТО) филе минтая;
- провести органолептические, химические и микробиологические исследования нового вида стерилизованного продукта из бланшированного филе минтая с обжаренными овощами и фукусом с добавлением растительного масла;
- разработать проект нормативно-технической документации для производства создаваемой стерилизованной рыбной продукции.

Экспериментальная часть работы выполнена на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры «Технология пищевых производств» Мурманского государственного технического университета (МГТУ), микробиологической лаборатории ЦИСП и консервного участка учебно-экспериментального цеха МГТУ.

При решении задач данной работы на начальной стадии исследования было решено определиться с наиболее приемлемым композиционным составом создаваемых консервов.

Объектами исследований являлись филе минтая мороженое и бланшированное, масло растительное, овощи (морковь и лук репчатый), фукус *Ascophyllum nodosum*, соль пова-

ренная, перец черный горошек, перец душистый, рыбные консервы с добавлением обжаренных овощей, фукуса и растительного масла.

В процессе экспериментальных работ применяли органолептические, физические, химические и микробиологические методы исследований. Химический состав и микробиологические показатели продукции определяли стандартными методами, содержание белка определяли с помощью автоматического анализатора азота/белка «Pro-Nitro A» по методу Кьельдаля, содержание жира – на аппарате «Det-gras N» по методу Сокслета.

Органолептическую оценку качества новых видов консервов, названных «Изумрудный деликатес», определяли по специально разработанной 20-балльной шкале, включающей коэффициенты значимости, из которых самые высокие приходится на характерные органолептические показатели: внешний вид, вкус и аромат. Органолептическую оценку качества экспериментальных образцов готовой продукции проводили дегустационной комиссией.

Проведёнными поисковыми исследованиями по изготовлению консервов без предварительной термической обработки с использованием путассу, овощей и фукуса было определено рациональное соотношение основного сырья и дополнительных ингредиентов [2]. В частности, соотношение «куски путассу : обжаренная морковь : обжаренный лук : фукус : растительное масло : поваренная соль» составило соответственно 7,25: 1 : 0,5 : 0,5 : 0,8 : 0,012.

Консервы, изготовленные в соответствии с вышеуказанным рецептурным составом, хотя и имели относительно неплохое качество, но по результатам дегустационных исследований для улучшения качественных характеристик продукта рекомендовано провести эксперименты по применению предварительной термической обработки (ПТО) основного сырья и установлению наиболее приемлемых её режимов, а остальной ингредиентный состав оставить неизменным. Кроме того, было рекомендовано использовать помимо путассу и другие малорентабельные виды рыбы с белым мясом.

Перед тем как приступить к очередной серии экспериментов, было принято решение использовать в дальнейшей работе одну из самых массовых рыб семейства тресковых – минтай, а из всех способов ПТО – применить бланширование.

Как известно, бланширование – это кратковременная термическая обработка рыбы горячей водой, водным раствором соли, острым паром или нагретым маслом. В процессе бланширования происходит денатурация белков рыбы с частичным выделением влаги, в результате чего пищевая ценность рыбы повышается, мясо полуфабриката уплотняется и приобретает лучший внешний вид. Кроме того, частично уничтожаются находящиеся в рыбе микробы и разрушаются ее тканевые ферменты.

При проведении экспериментальных работ в качестве теплоносителя при бланшировании решено использовать паровую среду. При бланшировании паром потеря экстрактивных веществ меньше, чем при использовании горячей воды, так как в этом случае экстрактивные вещества теряются только с выделяющимся из рыбы соком (бульоном) и дополнительно водой не выщелачиваются.

Предварительную тепловую обработку осуществляли при температуре от 95 до 98 °С в специальных бланширователях портативного типа.

В процессе экспериментов филе минтая массой 112–120 г помещали в жестяные банки № 2 и бланшировали в указанном устройстве 10, 15, 20 и 25 мин с последующим сливом бульона, охлаждением, взвешиванием на аналитических весах и органолептической оценкой.

Результаты экспериментов по установлению потерь филе минтая в процессе бланширования паром приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние длительности бланширования на изменение массы рыбы

| № опыта | Время обработки паром, мин | Масса до бланширования, г | Масса после бланширования, г | Потери при бланшировании | |
|---------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------|------|
| | | | | г | % |
| 1 | 10 | 119,66 | 108,87 | 10,79 | 9,0 |
| 2 | 15 | 118,50 | 101,69 | 16,81 | 14,2 |
| 3 | 20 | 112,38 | 96,12 | 16,26 | 14,5 |
| 4 | 25 | 119,27 | 97,08 | 22,19 | 18,6 |

Результаты экспериментов свидетельствуют о том, что с увеличением продолжительности бланширования рыбы потери закономерно возрастают от 9 % (10 мин) до 18,6 % (25 мин).

Органолептическую оценку бланшированного филе определяли с помощью группы дегустаторов в количестве 6 человек в соответствии с разработанной 20-балльной шкалой с введением коэффициентов значимости. Результаты сенсорной оценки бланшированного филе минтая представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты органолептической оценки филе минтая, бланшированного паром в течение 10–25 минут

| № / № | Фамилия, инициалы дегустаторов | Продолжительность бланширования рыбы, мин | Органолептическая оценка, баллы |
|--|--------------------------------|---|---------------------------------|
| 1 | Никонова Р. | 10 | 17,8 |
| | | 15 | 20,0 |
| | | 20 | 19,3 |
| | | 25 | 16,8 |
| 2 | Остаркова П. | 10 | 17,5 |
| | | 15 | 20,0 |
| | | 20 | 18,8 |
| | | 25 | 17,8 |
| 3 | Петрова К. | 10 | 17,0 |
| | | 15 | 17,5 |
| | | 20 | 18,15 |
| | | 25 | 18,25 |
| 4 | Глухарев А. | 10 | 19,5 |
| | | 15 | 18,5 |
| | | 20 | 17,8 |
| | | 25 | 17,8 |
| 5 | Дунец В. | 10 | 17,7 |
| | | 15 | 19,3 |
| | | 20 | 18,4 |
| | | 25 | 18,65 |
| 6 | Шульга М. | 10 | 16,7 |
| | | 15 | 19,0 |
| | | 20 | 17,8 |
| | | 25 | 18,05 |
| Среднее значение органолептической оценки, баллы | | 10 | 17,7 |
| | | 15 | 19,0 |
| | | 20 | 18,4 |
| | | 25 | 17,9 |

Результаты дегустационной оценки свидетельствуют о том, что наилучшее качество имеет филе минтая, бланшированное в течение 15 мин (величина потерь 14,2 %).

Данный режим бланширования и решено использовать в последующих экспериментах.

После установления композиционного состава нового вида консервов, в котором был только заменён вид рыбы, и режима бланширования были проведены экспериментальные работы по изготовлению опытных образцов консервов из бланшированного филе минтая с использованием обжаренных овощей (лука и моркови), фукуса, подсолнечного масла и добавлением пряностей.

Компонентный состав нового вида консервов при использовании жестяной банки № 2 (масса нетто 160 г) составил: бланшированное филе минтая – 116 г, обжаренный лук репчатый – 8 г, обжаренная морковь – 16 г, фукус – 8 г., растительное масло – 10 г, поваренная соль – 2,0 г, чёрный и душистый перец по 0,2 г.

Рыбу подвергали размораживанию, мойке, зачистке, мойке, стеканию влаги, порционированию, фасованию в жестяные банки № 2, бланшированию в течение 15 мин при температуре от 95 до 98 °С. Далее вводили обработанные мелкоизмельчённые и обжаренные лук, морковь, фукус, растительное масло, сухую поваренную соль, чёрный и душистый перец, герметизировали, закатанные банки подвергали мойке, стерилизации по формуле 5-15-45-20/120 °С, охлаждению и выстойке в течение 11–15 сут. При изготовлении консервов использовали Технологическую инструкцию по изготовлению бланшированных консервов в масле [3].

Органолептическую оценку качества консервов для установления его качественных характеристик проводила в соответствии с разработанной 20-балльной шкалой с введением коэффициентов значимости группа дегустаторов в количестве 9 чел.

Данные органолептической оценки консервов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Органолептические показатели консервов из филе минтая с обжаренными овощами и фукусом с добавлением масла

| №/№ | Фамилия, инициалы дегустаторов | Органолептическая оценка, баллы |
|--|--------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Дунец В. | 18,65 |
| 2 | Авдеенко К. | 20,0 |
| 3 | Смирнов И. | 18,35 |
| 4 | Зырянов И. | 18,75 |
| 5 | Смагина Е. | 19,0 |
| 6 | Гущин Р. | 20,0 |
| 7 | Тарасова В. | 17,55 |
| 8 | Мекеров М. | 20,0 |
| 9 | Остаркова П. | 20,0 |
| Среднее значение органолептической оценки консервов, баллы | | 19,15 |

Анализ данных табл. 3 свидетельствует о том, что органолептическая оценка нового вида консервов составила 19,15 балла, что свидетельствует о высоком качестве.

Образцы созданных консервов, изготовленные по наиболее приемлемым технологическим параметрам, подвергали физико-химическим и микробиологическим исследованиям, данные представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

Физико-химические показатели нового вида консервов

| Вид и характеристика консервов | Химические показатели, % | | | | | | Кислотное число липидов, мг КОН/г | Азот летучих оснований (АЛО), % |
|--|----------------------------|------------|------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | Белковые вещества (N•6,25) | Липиды | Вода | Зола | Поваренная соль | Углеводы | | |
| Филе минтая бланшированное с обжаренными овощами и фукусом | 12,39±3,0 | 13,33±0,25 | 63,13±0,55 | 2,71±0,22 | 1,92±0,3 | 8,44±0,21 | 0,3±0,2 | 0,02 ±0,001 |
| Энергетическая ценность, кДж/100 г (ккал) | | | | | | 812 (203) | | |

Таблица 5

Результаты микробиологических исследований нового вида консервов

| Наименование показателей | НД на метод испытания | Нормативное значение | Результат испытаний |
|---|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАНМ) группы <i>B. Subtilis</i> | ГОСТ 30425-97 | Не более 11 клеток | Не обнаружены |
| МАФАНМ группы <i>B. cereus</i> и/или <i>polimixa</i> | ГОСТ 30425-97 | Не допускаются | Не обнаружены |
| Мезофильные клостридии | ГОСТ 30425-97 | Не допускаются | Не обнаружены |
| Неспорообразующие микроорганизмы и (или) плесневые грибы, и (или) дрожжи | ГОСТ 30425-97 | Не допускаются | Не обнаружены |

Результаты исследований, приведённые в таблицах 4 и 5, свидетельствуют о безопасности и высоких качественных показателях созданных консервов. Подготовлены проекты технических условий (ТУ) и технологической инструкции (ТИ) на их изготовление.

Выводы

1. Разработан новый вид консервов с использованием бланшированного филе минтая с обжаренными овощами и фукусом с добавлением подсолнечного масла. Особенностью этих консервов является аппетитное сочетание белого мяса филе минтая и яркой, насыщенной цветовой гаммы овощных ингредиентов, а также фукуса с изумрудным оттенком, содержащего ценнейшие нутриенты, что значительно обогащает и придаёт привлекательный вид продукту, а также высокую пищевую ценность.

2. Установлен наиболее приемлемый режим бланширования филе минтая (температура от 95 до 98 °С, продолжительность 15 мин), который обеспечивает наилучшие сенсорные показатели и потери, не превышающие 14,2 %.

3. Проведены органолептические, химические и микробиологические исследования нового вида стерилизованного продукта, которые свидетельствуют о безопасности и высо-

ких качественных показателях нового вида консервов, разработаны проекты технических условий и технологической инструкции по производству консервов.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда, проект 16-16-00076.

Библиографический список

1. Честнейшин, А.А. Рыбная отрасль. Тенденции рынка и производства [Электронный ресурс] // Международный промышленный портал: URL: www.promvest.info/news/obzor.php?ELEMENT_ID=18276.

2. Исследование возможности создания комбинированных рыбных консервов с использованием фукусковых водорослей / О.А. Николаенко, Л.К. Куранова, М.А. Варзугина // Материалы XIII Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные технологии в пищевой промышленности», 1–2 октября 2014 г., Республика Беларусь. Минск, 2014. С. 38-42.

3. Сборник технологических инструкций по производству консервов и пресервов из рыбы и нерыбных объектов: в 3 т. / Федеральное агентство по рыболовству, ОАО «Гипро-рыбфлот». – СПб.: Судостроение, 2012. 3 т. Сост. сб.: Л.А. Пинская [и др.] (ОАО «Гипро-рыбфлот»), Л.В. Шульгина [и др.] (ФГУП «ТИНРО-Центр»), Л.Н. Панасюк [и др.] (ФГУП «АтлантНИРО»), Н.С. Осипова [и др.] (ООО НИиАЦРП «Касрыбтестцентр»), Г.К. Слово-литова [и др.] (ФГУП «ПИНРО»), О.А. Тимошенко, Е.А. Новицкая (ЗАО «Машрыбпром»), В.А. Гроховский, О.А. Николаенко, Л.К. Куранова (ФГБОУ ВПО «МГТУ»), Е.С. Марты-ненко (ООО ЦС «Восток-Тест»), И.Е. Греков (ЗАО «Мурманский траловый флот») [и др.].

V.A. Grokhovsky, L.K. Kuranova, M.O. Shulga

A NEW KIND OF CANNED POLLOCK WITH ROASTED VEGETABLES AND SEaweEDS

The new composition of canned food was developed using blanched pollack fillets with roasted vegetables, fucus, and vegetable oil. A reasonable duration of blanching fillet of pollack is obtained and proved. Sensory, chemical, and microbiological studies of a new type of sterilized product from blanched pollack with fried vegetables and fucus with vegetable oil were carried out. The projects of specifications were developed.

Р.В. Есипенко, Ю.М. Позднякова, Н.Н. Ковалев
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

К ВОПРОСУ ОБ ОБОГАЩЕНИИ ФЕРМЕНТОЛИЗАТОВ СПИЗУЛЫ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Проведено исследование аминокислотного состава ферментолита пучка мягких тканей спизулы сахалинской. Проведен сравнительный анализ способов внесения молочной сыворотки. Определены различия аминокислотного состава ферментолита при различных вариантах внесения молочной сыворотки. Подтверждена перспективность биоконверсии спизулы сахалинской с использованием молочной сыворотки.

Ключевые слова: спизула, ферментолит, мягкие ткани, аминокислотный состав, молочная сыворотка, уровень потребления.

Двустворчатые моллюски – одна из наиболее широко распространенных и богатых численностью и биомассой групп морских животных, входящих в состав подавляющего большинства донных биоценозов. Эта многочисленная и многообразная группа беспозвоночных обитает в Мировом океане и в его краевых морях, встречаясь от приливо-отливной зоны до глубочайших океанических желобов [5]. Во многих местах своего обитания двустворчатые моллюски достигают высокой численности и биомассы.

Спизула сахалинская (*Spisula sachalinensis*) – один из доминирующих видов инфаунных моллюсков верхней сублиторали прибрежных вод Приморья, часто является доминирующей формой биоценоза. Основные ресурсы вида сосредоточены в зал. Петра Великого. Научный и практический интерес к двустворчатым моллюскам обусловлен их огромным потенциалом для технологий функциональных продуктов питания и биологически активных веществ.

Перспективными направлениями переработки являются технологии ферментолитов из двустворчатых моллюсков. Однако высокое содержание не усваиваемых организмом белков в мягких тканях моллюсков не позволяет получать продукты, сбалансированные по аминокислотному составу.

Основную долю азотистых экстрактивных соединений мышечной ткани беспозвоночных животных составляют аминокислоты и родственные им соединения (гистидиновые дипептиды) и креатин. Из беспозвоночных наиболее высокое содержание свободных аминокислот, в том числе и незаменимых, обнаружено в тканях двустворчатых моллюсков [6]. Для тканей двустворчатых моллюсков характерно высокое содержание глицина, аланина, серина, аргинина и циклических аминокислот. Установлено, что доминирующими аминокислотами мышечных белков являются глутаминовая и аспарагиновая.

Среди незаменимых аминокислот моллюсков особого внимания заслуживает таурин, дефицит которого вызывает функциональные расстройства зрительной и нервной систем. Таурин является регулятором деятельности желчной и инсулиновой систем, осморегулятором, веществом, связывающим холестерин, гепатопротектором и антиоксидантом. Количественное содержание таурина в мягких тканях морских беспозвоночных значительно варьирует. Так, содержание таурина в тканях головоногих моллюсков изменяется от 15,9 до 92,5 мкг/г, в брюхоногих моллюсках – от 12,5 до 58,0 мкг/г, а в тканях двустворчатых моллюсков – от 2,6 до 68,1 мкг/г [1].

Поскольку скор свободных аминокислот моллюсков сырца не в полной мере соответствует требованиям ФАО/ВОЗ, то повышение пищевой и биологической ценности продуктов переработки двустворчатых моллюсков возможно с использованием вторичного сырья (молочной сыворотки) методами биоконверсии.

В составе молочной сыворотки белковые вещества составляют 23 % и могут служить дополнительным источником аминокислот [2]. В сыворотке имеются все незаменимые аминокислоты, которые находятся в количествах, соответствующих их содержанию в

«идеальном белке» [3, 4], поэтому дополнительное вовлечение в пищевой рацион белков молочной сыворотки как вторичного сырья является актуальным.

Таким образом, обогащение ферментоллизатов моллюсков белками молочной сыворотки повысит их биологическую ценность и увеличит количественное содержание аминокислот до адекватного уровня потребления.

Пищевая и биологическая ценность белковых продуктов определяется их аминокислотным составом. В ходе работы были получены экспериментальные образцы с различными способами внесения молочной сыворотки. В полученных образцах было проведено определение содержания свободных аминокислот. Результаты исследования состава свободных аминокислот ферментоллизатов спизулы представлены в табл. 1.

Таблица 1

Свободные аминокислоты в ферментоллизатах мягких тканей спизулы, мг/г

| Аминокислота | Ферментоллизат ткани | Ферментоллизат ткани + сыворотка | Совместный ферментоллиз | Ферментоллизат ткани | Ферментоллизат ткани + сыворотка | Совместный ферментоллиз |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------|
| | Протамекс | | | Мегатерин | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Незаменимые | | | | | | |
| Arg | 2,8 | 7,6 | 9,7 | 3,9 | 6,8 | 8,1 |
| Val | 2,0 | 5,2 | 7,7 | 2,7 | 4 | 7,0 |
| His | 0,3 | 1,1 | 1,4 | 0,5 | 0,9 | 1,0 |
| Ile | 2,2 | 4,8 | 6,2 | 2,6 | 3,6 | 4,9 |
| Leu | 2,9 | 8,9 | 10,9 | 4,3 | 6,3 | 8,3 |
| Lys | 1,7 | 4,2 | 5,3 | 2,6 | 3,9 | 5,1 |
| Met | 1,2 | 3,0 | 3,8 | 1,6 | 1,6 | 2,0 |
| Thr | 2,0 | 4,0 | 4,9 | 2,6 | 3,9 | 4,6 |
| Trp | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 |
| Phe | 1,5 | 4,4 | 5,6 | 2,0 | 3,0 | 4,3 |
| P-Ser | 0,1 | 0,8 | 0,9 | 0,1 | 0,3 | 0,3 |
| Tau | 14,8 | 16,6 | 16,7 | 18,6 | 19,3 | 19,7 |
| Sar | 0,4 | 2,3 | 2,5 | 0,5 | 4,2 | 2,7 |
| Orn | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | 0,4 |
| Car | 0,7 | 3,5 | 4,0 | 0,7 | 3,63 | 4,0 |
| Σ незаменимых аминокислот | 33,0 | 67,0 | 80,3 | 43,2 | 62,1 | 72,8 |
| Заменимые | | | | | | |
| Ala | 12,0 | 24,5 | 32,0 | 16,4 | 22,1 | 31,1 |
| Asp | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,7 | 1,8 |
| Glu | 6,4 | 8,1 | 9,9 | 2,9 | 9,2 | 12,7 |
| Gly | 5,3 | 10,4 | 14,1 | 6,6 | 9,6 | 12,2 |
| Pro | 0,3 | 2,4 | 3,3 | 0,3 | 1,4 | 2,7 |
| Ser | 1,8 | 3,3 | 4,2 | 2,3 | 3,5 | 3,8 |
| Tyr | 1,5 | 4,1 | 5,3 | 2,1 | 3,3 | 4,5 |
| Cys | 0,07 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| Σ заменимых аминокислот | 28,5 | 54,4 | 70,5 | 32,2 | 51,0 | 69,0 |
| Σ аминокислот* | 61,5 | 121,4 | 150,8 | 75,4 | 113,1 | 141,8 |

*Достоверность различий показателей: между ферментоллизатом (2) и ферментоллизатом с добавлением молочной сыворотки (3) $p \leq 0,0001$; между ферментоллизатом (2) и ферментоллизатом в среде молочной сыворотки (4) $p \leq 0,0002$; ферментоллизата с добавлением молочной сыворотки (3) и ферментоллизата в среде молочной сыворотки (4) $p \leq 0,001$; между ферментоллизатом (5) и ферментоллизатом с добавлением молочной сыворотки (6) $p \leq 0,0002$; между ферментоллизатом (5) и ферментоллизатом в среде молочной сыворотки (7) $p \leq 0,0005$; ферментоллизата с добавлением молочной сыворотки (6) и ферментоллизата в среде молочной сыворотки (7) $p \leq 0,007$.

Обогащение свободными аминокислотами при использовании молочной сыворотки определяется не только количественным их содержанием в сыворотке, но и процессом ферментоллиза белков самой сыворотки.

Исследование влияния способа внесения молочной сыворотки при использовании в качестве сырья мягких тканей спизулы (табл. 1) показывает, что внесение молочной сыворотки увеличивает содержание свободных аминокислот на 97,4 % при использовании протамекса и на 88,1 % при использовании мегатерина.

Проведение совместного ферментоллиза мягких тканей спизулы в молочной сыворотке под действием протамекса увеличивает содержание в продукте свободных аминокислот на 145,0 % по сравнению с ферментоллизатом тканей и на 24,2 % по сравнению с ферментоллизатом ткани с добавлением сыворотки. При использовании мегатерина эти цифры составляют соответственно 88,1 и 25,4 %.

Внесение молочной сыворотки в ферментоллизат моллюска увеличивает содержание незаменимых аминокислот на 102,5 % в случае использования протамекса и на 43,9 % в случае мегатерина. Увеличение содержания заменимых аминокислот количественно равно такому для незаменимых аминокислот для каждого фермента соответственно.

Совместный ферментоллиз тканей спизулы и молочной сыворотки приводит к увеличению содержания свободных аминокислот на 142,4 % (при использовании протамекса) и 66,6 % (в случае мегатерина) по сравнению с ферментоллизатом мягких тканей в водной среде. Увеличение содержания заменимых аминокислот составляло 145,2 и 88,1 % при использовании соответственно протамекса и мегатерина.

Влияние белков сыворотки на количественное содержание свободных аминокислот в продукте оценивали по сравнению с их содержанием в ферментоллизате с добавлением молочной сыворотки и в препарате, полученном при совместном ферментоллизе. Результаты определения показывают, что повышение содержания свободных аминокислот составило почти 25 % для обоих исследованных ферментов. При этом следует отметить, что увеличение содержания незаменимых аминокислот составляло 16–19 %, а заменимых – 30–36 %.

Поскольку в технологическом процессе используется сублимационная сушка, происходит концентрирование молочной кислоты в конечном продукте. Молочная кислота является пищевой добавкой, поэтому представляло интерес определение ее содержания в конечных продуктах. Проведенное исследование показало, что продукты, полученные с использованием молочной сыворотки, различались по ее содержанию. Так, содержание молочной кислоты в 100 мг продукта из спизулы составляло 4,9–5,1 мг.

Отмечено, что количественное содержание углеводов увеличивалось при добавлении молочной сыворотки, но не зависело от способа ее внесения.

Обогащение ферментоллизатов белками молочной сыворотки способствовало увеличению выхода продукта в случае использования протамекса до 16,3 %, а в случае мегатерина – до 21,0 %. Совместный ферментоллиз тканей моллюсков с молочной сывороткой при использовании протамекса и мегатерина способствовал увеличению выхода продуктов до 24,7 %.

Сравнение выхода препаратов, полученных при ферментализации спирулы, и препаратов, полученных при совместном ферментализации, показывает, что выход увеличился в 1,2–1,4 раза.

В диетологии принято оценивать качество пищевого белка путем сравнения его аминокислотного состава с аминокислотным составом стандартного, или «идеального», белка. «Идеальный» белок – условное понятие, обозначающее белок, по сбалансированности аминокислотного состава наиболее полно отвечающий потребностям организма человека в незаменимых аминокислотах. В качестве «идеального» белка применяют аминокислотную шкалу Комитета ФАО/ВОЗ, показывающую содержание каждой из незаменимых аминокислот в 100 г стандартного белка.

Расчет соответствия состава аминокислот ферментализатов спирулы шкале «идеального» белка представлен в табл. 2.

Приведенные данные показывают, что при процессе биоконверсии спирулы-сырца (табл. 2) «идеальному» белку соответствовало только содержание изолейцина, метионина и цистеина, фенилаланина и тирозина.

Обогащение ферментализатов спирулы молочной сывороткой способствовало накоплению аминокислот в продукте и содержание практически всех аминокислот соответствовало шкале «идеального» белка, за исключением аминокислоты триптофан, содержание которой составляло 23 % от содержания в «идеальном» белке.

Таблица 2

Содержание аминокислот в ферментализатах спирулы, % от идеального белка

| Аминокислота | ФАО/ВОЗ, мг/г | Ферментализат ткани | Ферментализат ткани + сыворотка | Совместный ферментализ | Ферментализат ткани | Ферментализат ткани + сыворотка | Совместный ферментализ |
|--------------|---------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | | | | | | |
| Val | 54 | 81,5 | 184,5 | 218,5 | 106,1 | 137,2 | 192,0 |
| Ile | 48 | 102,8 | 192,3 | 199,7 | 113,7 | 138,5 | 149,5 |
| Leu | 104 | 62,8 | 165,1 | 161,2 | 86,7 | 113,2 | 117,2 |
| Lys | 81 | 47,7 | 100,6 | 99,9 | 67,4 | 91,0 | 93,0 |
| Met+Cys | 35 | 149,0 | 325,0 | 336,0 | 188,2 | 181,7 | 175,0 |
| Trp | 20 | 23,3 | 21,1 | 23,0 | 28,1 | 30,6 | 30,9 |
| Phe+Tyr | 80 | 166,1 | 406,6 | 420 | 214,2 | 291,2 | 321,0 |

Примечание. $p \leq 0,05$.

Совместный ферментализ (протамекс) мягких тканей спирулы и молочной сыворотки не приводил к значительному изменению количественного содержания аминокислот. Как и в случае обогащенного сывороткой продукта, содержание триптофана в продукте, полученном методом совместного ферментализа, не соответствовало шкале ФАО/ВОЗ.

В случае ферментализата спирулы-сырца содержание лейцина, лизина и триптофана не соответствовало шкале «идеального» белка. Следует отметить, что и совместный ферментализ тканей спирулы и молочной сыворотки не приводил к увеличению содержания триптофана до значений шкалы ФАО/ВОЗ.

В связи с этим представляло интерес сравнительное сопоставление содержания аминокислот в ферментализате спирулы в среде молочной сыворотки с адекватным уровнем потребления, согласно методическим рекомендациям «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» (2004) (табл. 3).

Расчёт соответствия адекватному уровню потребления

| Аминокислота | Адекватный уровень потребления, г | Скор аминокислот, мг/г | Доля от адекватного уровня, % | |
|--------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------|
| | | | 100 г | 60 г |
| Незаменимые | | | | |
| Валин | 2,5 | 7,05 | 28,2 | 16,9 |
| Изолейцин | 2,0 | 4,88 | 24,4 | 14,6 |
| Лейцин | 4,6 | 8,29 | 18,0 | 10,8 |
| Лизин | 4,1 | 4,42 | 10,8 | 6,5 |
| Треонин | 2,4 | 4,59 | 19,1 | 11,5 |
| Триптофан | 0,8 | 0,35 | 4,4 | 2,6 |
| Небелковые | | | мг | |
| Таурин | Не нормируется | 19,71 | 1971,0 | 1182,6 |
| Орнитин | Не нормируется | 0,44 | 44,0 | 26,4 |

Согласно данным табл. 3, количество валина и изолейцина в 60 г продукта соответствует 15 % адекватного уровня потребления аминокислот. При этом в 100 г продукта 15%-му уровню адекватного потребления не соответствуют только триптофан и лизин.

Помимо незаменимых аминокислот, в продукте обнаружены аминокислоты ненормального строения, такие, как таурин, саркозин, орнитин и карнозин. Перечисленные аминокислоты обладают высокой физиологической активностью.

Таурин представляет собой серосодержащую аминокислоту, не входящую в состав белков и образующуюся в процессе метаболизма метионина. Структурная простота этой небелковой β-аминокислоты сопровождается сложностью и разнообразием биологических эффектов, что позволяет поставить ее в один ряд с важнейшими биологически активными веществами. Она входит в состав желчи, участвует в регуляции уровня холестерина в крови и в процессах абсорбции жирорастворимых витаминов. Таурин необходим для осуществления функции зрения.

Таурин оказывает тонизирующее действие на сердечную мышцу, и поэтому может быть использован при лечении хронической сердечной недостаточности [1]. Также установлено, что таурин способствует улучшению памяти и умственной работоспособности, повышению концентрации внимания, редукции невротоподобных и сомато-вегетативных нарушений, положительно влияет на высшие корковые функции головного мозга.

Орнитин – это родственная аргинину аминокислота. Лечебные препараты с добавлением биологически активного компонента применяются в терапии следующих болезней: гепатит; почечная недостаточность; цирроз печени; белковая недостаточность; превышение содержания в крови мочевины.

Орнитин как гепатопротектор является мощным защитником организма. Применение аминокислоты положительно сказывается на регенерации и восстановлении клеток печени. При этом орнитин защищает организм от негативного воздействия токсических веществ, что значимо для людей с нарушениями работы печени.

Орнитин обладает еще рядом свойств: укрепление иммунитета и, как следствие, повышение сопротивляемости организма заболеваниям; укрепление соединительных тканей; генерирование энергии в процессе расщепления жиров; восстановление мышц; поддержание кислотно-щелочного баланса организма.

Таким образом, проведенное исследование показало перспективность биоконверсии двустворчатых моллюсков с использованием молочной сыворотки. Процесс ферментализации сырья позволяет получить продукты с содержанием свободных аминокислот, соответствующим «идеальному» белку.

Библиографический список

1. Аюшин, Н.Б. Таурин: фармацевтические свойства и перспективы получения из морских организмов / Н.Б. Аюшин // Изв. ТИНРО. 2001. Т. 129. С. 129–145.
2. Гунькова, П.И. Биотехнологические свойства белков молока: моногр. / П.И. Гунькова, К.К. Горбатова. СПб.: ГИОРД, 2015. 214 с.
3. Кисиль, Н.Н. Аминокислотные смеси из белков творожной сыворотки / Н.Н. Кисиль, Э.М. Тер-Саркисян // Молочная промышленность. 2006. № 12. С. 48–49.
4. Остроумов, Л.А. О составе и свойствах молочной сыворотки / Л.А. Остроумов, Г.Б. Гаврилов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2006. № 8. С. 47–48.
5. Nakano, T. Life history and population dynamics of the surf clam, *Macra veneriformis* (Bivalvia: Mactridae), on an estuarine intertidal sand flat in western Kyushu, Japan / T. Nakano, J. Nasuda, Y. Agata et al. // Molluscan Research. 2012. Vol. 32(3). P. 159–176.
6. Suarez-Jimenez, G.M. Bioactive Peptides and Depsipeptides with Anticancer Potential: Sources from Marine Animals / G.M. Suarez-Jimenez, A. Burgos-Hernandez, J.-M. Ezquerro-Brauer // Mar. Drugs. 2012. Vol. 10. P. 963–986.

R.V. Esipenko, Yu. M. Pozdnyakova, N.N. Kovalev
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

ENRICHMENT OF SPISULA FERMENTALIZATE BY WHEY

Amino acids composition of Spisula fermentolizate beam soft was studied. Comparative analysis of methods for making whey was determined. Differences of amino acids composition of enzymatic hydrolysis with different versions of whey making was identified. Confirmed the prospectivity of Spisula bioconversion using whey.

Key words: *Spisula, fermentolysis, soft tissue, amino acid composition, whey, the level of consumption.*

Ю.В. Карпенко, В.В. Кращенко
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГЛУБОКОВОДНЫХ РЫБ НА ПРИМЕРЕ МАКРУРУСА МАЛОГЛАЗОГО

Проведен анализ существующих технологий переработки глубоководных рыб на примере макруруса малоглазого. Выявлено, что данное сырье возможно использовать не только в технологии традиционных рыбных продуктов, но и создавать новые уникальные продукты питания на основе мышечной ткани, в том числе функциональной направленности.

Глубоководные рыбы населяют материковый склон и ложе океана, а также толщу воды от нижней границы эпипелагиали до абиссали. Видовой состав этих рыб насчитывает около 2 тыс. особей, которые можно разделить на 2 группы: истинно глубоководные, имеющие специфические органы, и шельфоглубоководные, не имеющие подобных адаптаций и населяющие материковый склон [1, 2].

Одним из наиболее разнообразных семейств глубоководных рыб являются лучеперые макрурусовые (или долгохвостые) рыбы отряда трескообразных, большинство из которых считаются промысловыми. Типичный представитель семейства – макрурус малоглазый (лат. *Albatrossia pectoralis*) широко распространен в северной части Тихого океана и обитает на глубинах до 3500 м [3]. Он является наиболее крупным представителем вида, масса которого может достигать 36 кг, и имеет массивное туловище, лентовидную хвостовую часть, которая постепенно сужается до нитевидного хвостового плавника [3, 4]. Окраска тела макрурусов светло-серая, пепельная, чешуя мелкая и удлиненная, с немногочисленными крупными шипиками, расположенными в три ряда [5].

По данным ФГБУ «Центр системы мониторинга рыболовства и связи» с начала 2012 г. российские рыбохозяйственные организации выловили 10 тыс. т макруруса, что превышает показатель за аналогичный период 2011 г. почти в два раза. В Дальневосточном бассейне улов составил 9,95 тыс. т, из них в Охотском море – 1,97, в Беринговом – 1,84, в районе Северных и Южных Курил – 6,14 тыс. т. В открытой части Мирового океана было добыто всего 53 т макруруса. Общий запас макрурусов оценивается в 2,0-2,7 млн т, а промысловый – не менее 470–550 тыс. т.

В последнее время макрурус малоглазый переходит из недоиспользованных в число важных объектов промысла, доля освоения которого имеет стабильный рост [4].

Технохимическая характеристика глубоководных рыб, и в частности макруруса малоглазого, значительно отличается от традиционных объектов промысла. Скелет рыб слабоокостеневший, мышцы студнеобразные. Отнесение глубоководных рыб к разряду «нетрадиционных» связано со значительной обводненностью тканей, низким содержанием белка и жира. При стандартной переработке мышечная ткань таких рыб плохо формуется и расслаивается. Поэтому целесообразно усовершенствование традиционных технологий и создание новых уникальных и полезных продуктов из мышечной ткани глубоководных рыб.

По технологическим свойствам макрурусы отнесены к пищевым рыбам, диетическое мясо которых можно использовать в технологии многих видов пищевых продуктов, в том числе функциональной направленности.

Например, предложена технология консервов для детского питания из глубоководных рыб с полным использованием тканевого сока, что исключает потери питательных веществ. Для этого бульон после бланширования рыбы использовали для варки других компонентов консервов, в качестве которых использовали рисовые продукты, позволяющие улучшить структуру консервов. Такая технология обеспечивает высокое содержание йода и селена в готовых изделиях, поскольку именно глубоководные виды рыбы отличаются

высоким содержанием таких микроэлементов, а также исключает их потерю при максимальном использовании мышечного сока. Помимо этого, мышечная ткань в консервах для детского питания из глубоководных рыб имеет мягкую консистенцию, что важно в рационе детей первых лет жизни [6].

Исследования макруруса малоглазого показали, что измельченная мышечная ткань представляет собой фаршевую систему, содержащую белок и значительное количество свободной воды. Использование такой системы, способной образовывать стабильные эмульсии, исключает дополнительное внесение жидкости и позволяет сократить технологический процесс. На основе водно-белковых эмульсий из мышечной ткани макруруса малоглазого, сбалансированных по составу полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), разработана технология кулинарных продуктов, а именно паштетов. Отличительными особенностями данной технологии являются эмульгирование сырой измельченной мышечной ткани макруруса, внесение липидной фазы, состоящей из смеси растительного масла и рыбьего жира, сбалансированной по составу ПНЖК; снижение температурного воздействия за счет однократного щадящего режима термической обработки [7].

Выявлено, что чем ниже содержание белка в мышечной ткани глубоководных рыб, тем выше доля миофибриллярных белков и ниже соотношение структурных белков миозин/актин. Установлено, что мышечная ткань таких рыб обладает высокой трансглутаминазной активностью, которая тем выше, чем ниже содержание белка в мышцах. Обнаружено, что в миофибриллах мышц глубоководных рыб возможна диполимеризация белка миозина под действием собственной тканевой трансглутиминазы, при этом структурно-механические свойства белковых систем снижаются. Определена оптимальная величина активности трансглутаминазы для получения структурированных белковых систем из мышечной ткани глубоководных рыб. На основании этого разработана технология формованного изделия «Сардельки из макруруса вареные» из измельченной мышечной ткани макруруса малоглазого с заданными реологическими свойствами. В качестве дополнительного белкового компонента в технологии используется изолят соевого белка и микробиальная трансглутаминаза. Внесение дополнительного источника белка позволяет получить структурированный белковый продукт с максимальными структурно-механическими свойствами [8].

Макрурус относится к незрелым видам рыб и ранее не использовался в качестве сырья для производства соленой рыбы и, в частности, пресервов, из-за низких потребительских свойств готового продукта. По уровню активности мышечных протеолитических ферментов он близок к тресковым рыбам, однако белки его мышечной ткани хорошо гидролизуются под действием внесенных протеаз [9]. На основании этого разработана технология пресервов, включающая предварительный посол в посольном растворе, содержащем поваренную соль, консерванты или их смеси, усилители вкуса, подсластители, регуляторы кислотности в различных сочетаниях, что позволяет получить соленый продукт (пресервы) с хорошими вкусовыми свойствами, внешним видом и приемлемой консистенцией. Кроме этого, в посольный раствор могут быть введены другие компоненты для придания продукту из макруруса новых потребительских свойств: ферментный препарат, натуральные пряные смеси, копильный препарат, пищевые красители [10].

Согласно «Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 года» в части «вовлечения в хозяйственный оборот вторичных ресурсов для увеличения выхода готовой продукции с единицы перерабатываемого сырья» [11] использование термически обработанной мышечной ткани макруруса совместно с отделившимся бульоном и бульона, приготовленного из пищевых отходов от его разделки (кожа и хребтовая кость), является актуальным. Следствием этого явилась разработка технологии консервов «Супы-пюре рыборастительные» из макруруса малоглазого, технологический процесс которой заключался в подготовке рыборастительных компонентов, бланшировании, куттеровании, фасовании и стерилизации. Отличительной особенностью таких консервов является включение альгината натрия, который вносили в состав некоторых рецептурных смесей на стадии куттерования. Использование альгината натрия позволяет повы-

сильную устойчивость, однородность системы, а также предупреждает ее расслоение после высокотемпературной обработки [12].

Перспективной является разработка технологии продуктов питания функциональной направленности из мышечной ткани глубоководных рыб, которая отличается довольно высоким содержанием незаменимых аминокислот. Белки мышц макрурусов отличаются достаточно высоким содержанием триптофана, лизина и метионина. Для получения функциональных продуктов на основе измельченной мышечной ткани макрурусов на примере формованного продукта предложено использование биологически активных добавок (БАД) к пище на основе аминокислотного и аминокислотного комплексов, которые способны обогатить продукты свободными аминокислотами, а также улучшить структуру продуктов за счет взаимодействия с миофибриллярными белками. В измельченный фарш вносили пищевые БАД и остальные компоненты рецептуры и куттеровали до однородной массы в течение 165–20 мин, после чего выдерживали фаршевую смесь в течение 4–5 ч при температуре 5 °С для улучшения реологических свойств смеси [13].

Разработана технология пищевого продукта на основе мышечной ткани макруруса с высокими органолептическими и реологическими показателями. В рецептуру фаршевой смеси дополнительно вносят рыбный фарш таких рыб, как ставрида и семга, содержание жира в которых составляет не менее 8 %. В качестве структурообразователя предложено использование альгината натрия, каррагинана и их смеси. Для обогащения фаршевой смеси функциональным компонентом, являющимся дополнительным источником белка, вносят пищевой альбумин. Использование этих компонентов приводит к улучшению функциональных свойств белков, увеличению реологических показателей пищевых систем и повышению устойчивости эмульсий [14].

Печень макрурусов обладает большой удельной массой, которая достигает 9 %, и высоким содержанием в ней жира и витаминов. Икра рыбы характеризуется крупными размерами, ярко-оранжевой окраской и хорошими вкусовыми качествами. Переработка печени и производство консервов из нее, а также производство икорной продукции позволит существенно повысить рентабельность промысла макрурусов [15].

Библиографический список

1. Steele J.H. Encyclopedia of ocean sciences: marine biology // Academic Press. 2009. 647 p.
2. Randall D.J., Farrell A.P. Deep-sea fishes // Academic Press. 1997. 50 p.
3. Токранов А.М., Орлов А.М., Шейко Б.А. Промысловые рыбы материкового склона прикамчатских вод. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2005. 52 с.
4. Тупоногов В.Н., Новиков Н.П. Макрурусы – важный резерв глубоководного промысла в дальневосточных морях // Рыбное хозяйство. № 6. 2016. С. 54–61.
5. Быков В.П. Справочник по химическому составу и технологическим свойствам морских и океанических рыб. М.: ВНИРО, 1998. 224 с.
6. Пат. 2409190 Российская Федерация. Способ получения детских консервов на основе мяса глубоководных рыб / Е.Г. Кекина, Н.А. Голубкина, Е.К. Байгарин, В.И. Баранов, С.А. Хотимченко. Патентообладатель Е.Г. Кекина. № 2009114256/13, заявл. 16.04.2009; опубл. 20.01.2011. Бюл. № 2.
7. Сполохова В.А., Кращенко В.В. Разработка технологии паштетов из макруруса малоглазого // Науч. тр. Дальрыбвтуза. № 26. 2012. С. 108–113.
8. Караулова Е.П. Обоснование рекомендаций по переработке глубоководных рыб в зависимости от свойств структурных белков и активности транскламиназы: автореф. дис... канд. техн. наук. Владивосток, 2007. 24 с.
9. Шендерюк В.И., Некрасова Г.Т. Методика гидролиземости белковых веществ рыбного сырья собственным комплексом протеиназ // Тр. АтлантНИРО. Вып. 52. 1973. С. 106–111.

10. Пат. 2192134 Российская Федерация. Способ производства соленой продукции из макруруса и пресервы из макруруса / Б.Л. Нехамкин, О.Ю. Ездакова, А.Ю. Паскарь, С.А. Кравченко, В.Т. Ильинский. Заявитель и патентообладатель ФГУП «Атлантический научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», ЗАО «Приматор». № 2000111769/13, заявл. 11.05.2000; опубл. 10.11.2002. Бюл. № 31.
11. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года: [утв. Распор. Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. № 559-р (в ред. Распор. Правительства РФ от 30 июня 2016 г. № 1378-р)].
12. Панчишина Е.М., Кращенко В.В. Разработка технологии консервов «Супы-пюре рыборастворительные» из макруруса малоглазого // Техника и технология пищевых производств. № 1. 2013. С. 1–5.
13. Дроздова Л.И., Пивненко Т.Н., Орлова М.В. Функциональные продукты из фаршей глубоководных рыб // Материалы междунар. конф. «Биотехнологические процессы и продукты переработки биоресурсов водных и наземных экосистем». Астрахань, 2008. С. 54–58.
14. Пат. 2557145 Российская Федерация. Композиция пищевого продукта из макруруса / А.В. Подкорытова, Т.А. Игнатова, Т.В. Родина, Н.Г. Строкова, Н.В. Семикова. Патентообладатель ФГБНУ «ВНИРО». № 2013152083/13, заявл. 25.11.2013; опубл. 20.07.2015.
15. Некоторые черты биологии малоглазого *Albatrossia pectoralis* и пепельного *Coelocara sinensis* макрурусов в тихоокеанских водах северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки / А.М. Орлов, А.А. Абрамов, А.М. Токранов // Доклады VII междунар. науч. конф. 28–29 ноября 2006 г. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей». Петропавловск-Камчатский, 2007. С. 120–148.

Yu.V. Karpenko, V.V. Krachshenko
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

THE MODERN TECHNOLOGIES ANALYSIS OF DEEP-SEE FISHES PROCESSING ON THE EXAMPLE OF GIANT GRENADIER

The modern technologies analysis of deep-sea fish processing on the example of giant grenadier is carried out. It can be used not only in the traditional fish products technology, but also create new unique food products based on muscle tissue, including functional orientation.

Н.Ю. Ключко, Е.В. Лютова, В.В. Липовская
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ГОНАД РЫБ В ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Гонады рыб (икра и молоки), образующиеся в качестве бросового сырья при разделке рыб, являются источником ценных пищевых и биологически активных веществ. Проведены исследования по возможности их применения в технологии плавленых сыров и соусов.

При переработке многих недорогих видов рыб по традиционным технологиям выходит до 45 % побочных продуктов: икра и молоки, чешуя, кости и др. Как правило, предприятия утилизируют их с отходами либо направляют на корм животным или производство рыбной муки. При этом икра и молоки, например, сельди балтийской или салаки (*Clupea harengus tembras*) по своему биологическому потенциалу не уступают аналогичным продуктам из лососевых видов рыб. Они также содержат все незаменимые аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты $\omega 3$ и $\omega 6$ семейств с оптимальным для здоровья человека соотношением, нуклеиновый материал (ДНК), функциональные белки, протамины, витамины, минеральные и другие биологически активные вещества, незаменимые в питании и обеспечении здоровья человека [1, 4]. Таким образом, вопрос изучения биопотенциала данного сырья и его пищевого использования для рыбоперерабатывающей отрасли Калининградской области остается актуальным.

Цель настоящей работы – исследование пищевых достоинств икры и молок салаки и рекомендации по их использованию в технологиях плавленых сыров и томатных соусов.

Исследования общего химического состава икры и молок салаки (табл. 1) показали, что данное сырье можно отнести к добавкам с высоким содержанием белка, жира и минеральных веществ [5].

Таблица 1

Общий химический состав и энергетическая ценность икры и молок салаки IV стадии зрелости

| Гонады салаки | Массовая доля, % | | | | Энергетическая ценность, ккал |
|---------------|------------------|--------------|-------------|---------------------|-------------------------------|
| | воды | белка | жира | минеральных веществ | |
| Икра | 65,00 ± 0,10 | 21,70 ± 0,10 | 9,40 ± 0,20 | 3,90 ± 0,10 | 171,40 |
| Молоки | 74,00 ± 0,10 | 16,22 ± 0,10 | 4,60 ± 0,15 | 5,18 ± 0,10 | 106,30 |

Содержание незаменимых и частично заменимых аминокислот (АК) в белках икры и молок салаки, а также показатели аминокислотной сбалансированности, свидетельствующие о высокой пищевой ценности сырья, представлены в табл. 2.

Наличие всех аминокислот, а также значения аминокислотного сора (АС) и биологической ценности (БЦ) белков икры и молок подтверждают их белковый биопотенциал, при этом высокое содержание аргинина в икре и особенно молоках салаки (соответственно 7,1 и 13,6 мг/100 г) свидетельствует о присутствии особых белков протаминов, которые в комплексе с ДНК оказывают фармакологическое и антимикробное действие [2].

Исследования жирнокислотного состава липидов икры и молок салаки и расчет показателей их сбалансированности (табл. 3) показали, что сырье является эффективным источником биологически активных полиненасыщенных жирных кислот (ЖК), в том числе

w3 и w6 семейств при высоких значениях коэффициентов жирнокислотной сбалансированности относительно норм физиологической потребности индивидуальных ЖК, регламентированных в МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации».

Таблица 2

Содержание АК в белках гонад салаки и показатели их биологической ценности

| Наименование аминокислоты | Аминокислотная шкала «идеального» белка (ФАО/ВОЗ 2008) | Содержание аминокислот, г/100 г белка (АК) и аминокислотный скор, % (АС) | | | |
|---|--|--|-----|---------------|-----|
| | | Икра салаки | | Молоки салаки | |
| | | АК | АС | АК | АС |
| <i>Незаменимые аминокислоты</i> | | | | | |
| Валин | 3,90 | 4,90 | 126 | 4,26 | 109 |
| Лейцин | 5,90 | 7,86 | 133 | 5,25 | 89 |
| Изолейцин | 3,00 | 3,79 | 126 | 3,50 | 117 |
| Лизин | 4,50 | 6,28 | 140 | 5,10 | 113 |
| Метионин + цистин | 2,20 | 2,10 + 0,15 | 95 | 1,54 + 0,15 | 70 |
| Фенилаланин + тирозин | 6,30 | 6,94 + 2,30 | 110 | 4,60 + 2,05 | 73 |
| Треонин | 2,30 | 3,05 | 133 | 2,76 | 120 |
| Триптофан | 0,60 | 0,80 | 133 | 0,62 | 103 |
| Сумма НАК | 28,70 | 38,17 | | 29,83 | |
| <i>Частично заменимые аминокислоты</i> | | | | | |
| Аргинин | - | 7,10 | | 13,60 | |
| Гистидин | - | 1,76 | | 1,12 | |
| <i>Показатели аминокислотной сбалансированности</i> | | | | | |
| АС _{min} | 100 | 95 | | 70 | |
| Биологическая ценность (БЦ) | | 70,90 | | 70,70 | |

Таблица 3

Содержание жирных кислот и показатели их сбалансированности в липидах икры и молок салаки

| Наименование показателя | Содержание ЖК | | |
|---------------------------------------|-----------------------------|-------------|---------------|
| | МР 2.3.1.2432-08 «Нормы...» | Икра салаки | Молоки салаки |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Насыщенные ЖК (НЖК), % от ∑ ЖК | 30,0 | 41,5 | 26,1 |
| Ненасыщенные ЖК (ННЖК), % от ∑ ЖК | - | 58,5 | 73,9 |
| Мононенасыщенные ЖК (МНЖК), % от ∑ ЖК | 60 | 27,9 | 37,8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|--|--------------|--------------|
| Полиненасыщенные ЖК (ПНЖК), % от \sum ЖК в том числе: | 10 | 30,6 | 36,1 |
| линолевая (18:2) ω 6 | 7,5 | 11,4 | 7,8 |
| α -линоленовая (18:3) ω 3 | 1,0 | 8,7 | 2,0 |
| γ -линоленовая (18:3) ω 6 | | 4,3 | 2,0 |
| эйкозопентаеновая (20:5) ω 3 | - | 2,1 | 5,2 |
| докозагексаеновая (22:6) ω 3 | - | 1,8 | 17,9 |
| арахидоновая (20:4) ω 6 | 1,5 | 2,3 | 1,2 |
| \sum ЖК ω 3 семейства, % от \sum ЖК | - | 12,6 | 25,1 |
| \sum ЖК ω 6 семейства, % от \sum ЖК | - | 18,0 | 11,0 |
| Показатели жирнокислотной сбалансированности | | | |
| Эссенциальные ЖК | 10,0 | 26,7 | 13,0 |
| Соотношение ПНЖК : МНЖК : НЖК | 1:6:3 | 1,1:1:1,5 | 1,4:1,4:1 |
| Коэффициент жирнокислотной сбалансированности, Ri, дол. ед. $i = 1 \dots 3$ $i = 1 \dots 6$ (Липатов, Лисицин, 1996) | Ri \rightarrow 1 Ri \rightarrow 1 | 0,69 0,40 | 0,71 0,69 |

По содержанию токсичных элементов, пестицидов, радионуклидов, а также микробиологической и паразитарной безопасности всё сырьё соответствовало требованиям технических документов и ТР ТС 021/2011.

Сравнительный анализ количеств мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) в модельных образцах плавленого сыра с добавлением охлажденных и мороженых икры и молок рыб, выловленных в водоемах различной степени солености и загрязненности – Балтийском море (салака) и Куршском заливе (судак), – показал их безопасность по требованиям ТР ТС 033/2013 (не более $1 \cdot 10^4$ КОЕ/г). При этом значение КМАФАнМ в ОПС с добавлением охлажденных икры и молок было выше, чем при использовании замороженных (соответственно $3 \times 10^2 - 7 \times 10^2$ против $2,5 \times 10^2$ КОЕ/г), поэтому для производства ОПС рекомендуется использовать мороженое сырье, что также удобно для организации бесперебойного производства на базе молочного предприятия, это гарантирует высокое качество и безопасность сырья.

Полученные данные свидетельствуют о высоком биопотенциале и безопасности икры и молок салаки как источников незаменимых АК, ПНЖК, протамина и ДНК, что позволяет рекомендовать их в качестве функциональных добавок в технологии обогащенных пищевых продуктов.

Авторами проведены исследования по совершенствованию технологии плавленого сыра с добавлением икры и молок салаки. Готовая продукция представляет собой однородную массу с чистой, ровной поверхностью, вкус и запах – приятные, с выраженным сырным и сливочным оттенком, консистенция – нежная, мажущаяся, цвет – желтовато-кремовый по всей массе.

Оценку качества нового продукта проводили по комплексу показателей пищевой ценности. Сравнительный химический состав, проведенный относительно контрольного образца сыра «Нежный», показывает, что введение икры и молок в рецептуру приводит к обогащению продукта белками при некотором снижении содержания липидов и энергетической ценности (табл. 4).

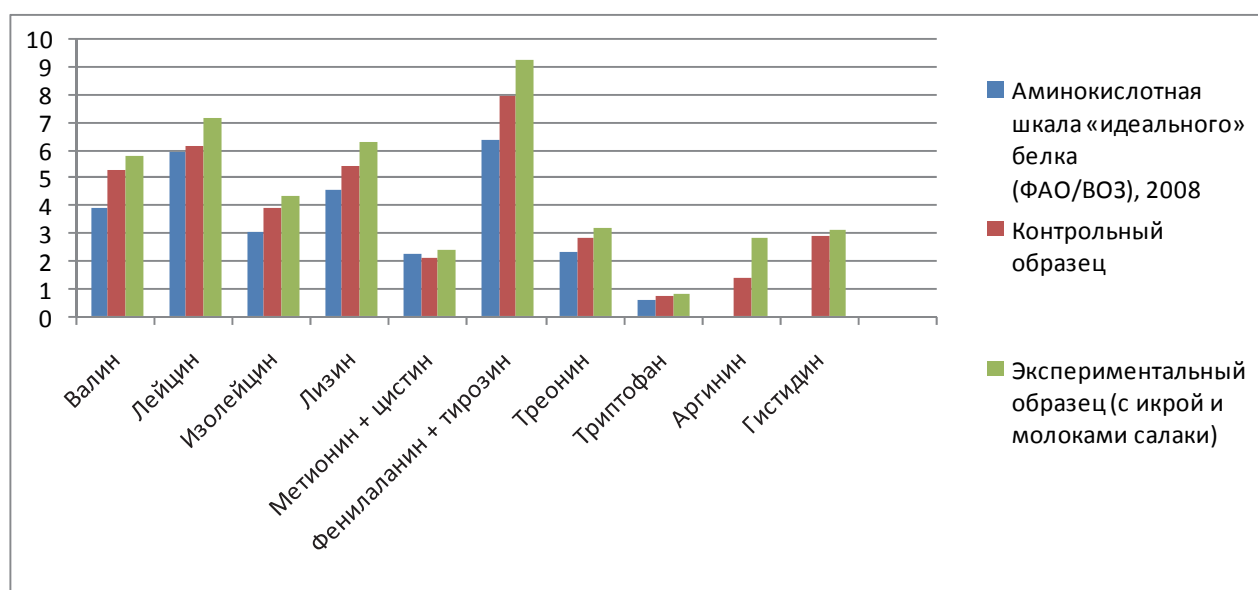
**Сравнительный общий химический состав и энергетическая ценность
плавленых сыров**

| Наименование показателя | Контрольный образец (без икры и молоко салаки) | Экспериментальный образец (с икрой и молоками салаки) |
|-------------------------------|--|---|
| Массовая доля, % | | |
| - воды | 53,0±0,20 | 57,0±0,20 |
| - белка | 10,0±0,10 | 9,4±0,20 |
| - жира | 27,0±0,10 | 21,9±0,10 |
| - минеральных веществ | 7,5±0,10 | 9,2±0,15 |
| - углеводов | 2,5±0,05 | 2,5±0,05 |
| Энергетическая ценность, ккал | 293 | 245 |

Содержание незаменимых и частично заменимых АК в белках плавленых сыров (рисунок), а также оценка сбалансированности белков по их аминокислотному составу (табл. 5) показывает, что обогащенный плавленый сыр имеет повышенные значения сбалансированности по сумме незаменимых аминокислот, показателям аминокислотного сора, биологической ценности при уменьшении коэффициента рациональности аминокислотного состава и показателю сопоставимой избыточности незаменимых АК относительно контрольного образца сыра (без икры и молока).

Сравнительное содержание жирных кислот в липидах плавленых сыров и показатели их жирнокислотной сбалансированности представлены в табл. 6.

Установлен рост в обогащенной продукции содержания НЖК семейств $\omega 3$ и $\omega 6$ на 100 и 44,4 %. При этом содержание α -линоленовой ($\omega 3$) и γ -линоленовой ($\omega 6$) ЖК повышается соответственно в 1,5–1,6 и 2,9–3,0 раза, эйкозопентаеновой ($\omega 3$) и докозогексаеновой ($\omega 3$) ЖК в 2–3 и 6–7 раз.



Содержание незаменимых и частично заменимых аминокислот в белках
плавленых сыров, г/100 г

Таблица 5

**Сравнительная оценка показателей аминокислотной сбалансированности белков
плавленых сыров**

| Наименование показателя | Идеальные значения | Содержание аминокислот, г/100 г белка (АК) и аминокислотный скор, % (АС) | |
|--|--------------------|--|---|
| | | Контрольный образец (без икры и молока салаки) | Экспериментальный образец (с икрой и молоками салаки) |
| АС _{min} | 100 | 86 | 99 |
| Биологическая ценность | 100 | 61,37 | 73,08 |
| Коэффициент рациональности аминокислотного состава, дол. ед. | 1,0 | 0,74 | 0,72 |
| Показатель сопоставимой избыточности незаменимых АК, г/100 г белка эталона | 0 | 13,3 | 11,0 |

Таблица 6

**Содержание жирных кислот в плавленых сырах и коэффициенты
жирнокислотной сбалансированности**

| Наименование показателя | Содержание ЖК | | |
|---|-------------------|--|---|
| | МР 2.3.1.2432-08* | Контрольный образец (без икры и молока салаки) | Экспериментальный образец (с икрой и молоками салаки) |
| НЖК, % от Σ ЖК | 30,0 | 69,4 | 65,0 |
| ННЖК, % от Σ ЖК | | 30,6 | 35,0 |
| МНЖК, % от Σ ЖК | 60 | 20,0 | 18,8 |
| ПНЖК, % от Σ ЖК | 10 | 10,6 | 16,2 |
| Σ ЖК ω 3 семейства, % от Σ ЖК | | 1,6 | 3,2 |
| Σ ЖК ω 6 семейства, % от Σ ЖК | | 9,0 | 13,3 |
| Показатели жирнокислотной сбалансированности | | | |
| Эссенциальные ЖК | 10,0 | 10,4 | 15,5 |
| Соотношение ПНЖК:МНЖК:НЖК | 1:6:3 | 1:1,9:6,5 | 1:1,6:4 |
| R _i , дол. ед. $i = 1 \dots 3$ | R _i →1 | 0,72 | 0,73 |
| $i = 1 \dots 6$ | R _i →1 | 0,39 | 0,41 |

Расчет показал, что при употреблении 100 г плавленого сыра, обогащенного икрой и молоками, происходит удовлетворение суточной потребности организма (Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), № 299, 2010 г.) в жирных кислотах ω 3 семейства на 35 %, ω 6 семейства – на 28 %, α -линолевой ЖК – на 68 %, β -линолевой ЖК – на 88 %, линоленовой – на 230 %, ПНЖК – на 30 %, НЖК – на 94 %. При этом суточный уровень ДНК (150 мг) удовлетворяется на 22–47% (табл. 7).

Таблица 7

Содержание ДНК в обогащенном плавленом сыре

| Наименование показателя | Обогащенный плавленый сыр с икрой и молоками |
|---|--|
| Содержание ДНК, г/100 г продукта | 0,050 |
| Адекватный уровень потребления, г/сут | 0,15 |
| Удовлетворение адекватного уровня от употребления 100 г продукта, % | 33 |

Также проведены исследования по совершенствованию технологии томатного соуса путём обогащения его икрой и молоками салаки [3]. На основе полученных оптимизированных данных была разработана рецептура томатного соуса повышенной пищевой ценности. Новому готовому продукту было дано торговое название томатный соус «Морской». Он обладает привлекательными органолептическими свойствами: характерной для соуса консистенцией, ярко выраженным красным цветом, приятным томатным ароматом с пикантным оттенком растительного сыря, рыбный вкус и запах отсутствует.

В результате дегустационного анализа установлено, что средняя балльная оценка для разработанного томатного соуса составила 14,8 баллов, что свидетельствует о приемлемости разрабатываемого соуса для потребителей (табл. 8).

Таблица 8

Органолептическая характеристика томатного соуса «Морской»

| Показатель | Характеристика |
|----------------------------|---|
| Внешний вид и консистенция | Однородная густая, протертая масса, с наличием измельченных частиц зелени, пряностей, икры |
| Цвет | От красного до красно-коричневого, однородный по всей массе. Допускается незначительное потемнение верхнего слоя |
| Вкус и запах | В меру острый, кисло-сладкий, с гармоничным ароматом томатных продуктов и использованных ингредиентов. Без посторонних запахов и привкуса |

В разработанном томатном соусе были определены пищевая ценность и физико-химические показатели, представленные в табл. 9. Также было установлено, что при употреблении 50 г томатного соуса «Морской» удовлетворяется суточная потребность ДНК на 18,7 %, флавоноидов на 26,6 %.

Таблица 9

Физико-химические показатели томатного соуса «Морской»

| Наименование показателя | Значение показателя |
|--|---------------------|
| Массовая доля растворимых сухих веществ, % | 16,8 |
| Массовая доля титруемых кислот, в пересчете на яблочную кислоту, % | 1,1 |
| Массовая доля хлоридов, % | 1,8 |

В соответствии с требованиями ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» в разработанном томатном соусе определяли количество мезофильных аэробных и

факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек, колиформные, сульфитредуцирующие клостридии, плесневые грибы и дрожжи, патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы. Как видно из табл. 10, томатный соус «Морской» соответствует нормам, регламентированным нормативной документацией.

Таблица 10

Результаты микробиологических исследований томатного соуса «Морской»

| Микробиологический показатель | Требования ТР ТС 021/2011 [3] | Томатный соус «Морской» | Метод контроля |
|--|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| КМАФАнМ, КОЕ/г, не более | 1,0x10 ³ | 0,1 x10 ³ | ГОСТ 10444.15-94 |
| БГКП, отсутствие в (г) | 1,0 | 1,0 | ГОСТ 31747-2012 |
| Дрожжи/ плесени, КОЕ/г, не более | Пл-50, Др-50 | Не обнаружено | ГОСТ 10444.12-2013 |
| Патогенные, в том числе сальмонеллы, отсутствие, г | 25 | 25 | ГОСТ 31659-2012 |
| Сульфитредуцирующие клостридии, отсутствие, г | 0,1 | 0,1 | ГОСТ 29185-2014 |

Проведенные исследования показали целесообразность и перспективность исследований по совершенствованию рецептуры томатного соуса. Введение в состав томатного соуса обогащающих композиций не влияет на безопасность и срок хранения готового продукта. Кроме того, корректировка рецептуры, направленная на повышение биологической ценности, способствует улучшению органолептических показателей томатного соуса.

Икра и молоки сельди балтийской с учетом их высокого биотехнологического потенциала можно рассматривать как полифункциональную пищевую добавку натурального происхождения, которая богата незаменимыми аминокислотами, полиненасыщенными жирными кислотами, а также ДНК, а содержание протаминов может оказывать положительное влияние при внесении их в продукты питания на хранимоспособность данных продуктов. Принимая во внимание развитые отрасли пищевой промышленности региона, можно констатировать рациональность разработки новых поликомпонентных продуктов на основе икры и молок сельди балтийской.

Библиографический список

1. Гольдштейн, А.Г. Исследование фармакологической активности нуклеиновых кислот и их производных, полученных из гонад рыб байкальского региона / А.Г. Гольдштейн, М.А. Захарова, В.П. Котegov, В.Ж. Цыренов // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии. 2010. № 6 С. 76–77.
2. Захарова, М.А. Определение биологической активности ДНК выделенной из молок пресноводных рыб / М.А. Захарова, С.В. Гомбоева, В.Ж. Цыренов // Междунар. науч.-практ. конф. «Качество как условие повышения конкурентоспособности и путь к устойчивому развитию». Улан-Удэ: ВСГТУ, 2009. С. 272–273.
3. Ключко, Н.Ю. Применение математического планирования эксперимента при оптимизации рецептуры томатного соуса повышенной пищевой ценности / Н.Ю. Ключко, В.В. Липовская, А.Н. Шитова // V Международный Балтийский морской форум. VI Международная научно-практическая конференция «Пищевая и морская биотехнология». Ч. 8. Калининград: Изд-во БГАРФ, 2017. С. 62–64.

4. Костенко, А.А. Использование молок лососевых рыб в различных отраслях промышленности / А.А. Костенко // Инновационные и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2013. 364 с

5. Лютова, Е.В. Биотехнология плавленого сыра, обогащенного функциональными компонентами икры и молок рыб Балтийского региона / Е.В. Лютова, Н.Ю. Ключко. Калининград: КГТУ, 2016. 153 с.

N.Yu. Klyuchko, E.V. Lyutova, V.V. Lipovskaya
FSBEI HE «KSTU», Kaliningrad, Russia

RESEARCH ON THE APPLICATION OF CAVIAR AND ROE FISH IN FUNCTIONAL FOOD TECHNOLOGY

Caviar and roe of fish, formed as a waste material when cutting fish, are a source of valuable food and biological active substances. Conducted research on the possibility of their use in the technology of processed melted cheese and tomato sauce.

Н.Н. Ковалев¹, С.П. Касьянов²

¹ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»

²Национальный научный центр морской биологии ДВО РАН
Владивосток, Россия

ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОДХОДОВ К ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССАМ ВЫДЕЛЕНИЯ ЖИРА АНЧОУСА ENGRAULIS JAPONICUS

Определен состав липидов и жирных кислот японского анчоуса из разных районов Японского моря. Показано, что содержание липидов зависит от физиологического состояния рыбы. Молодь анчоуса из различных районов обитания различалась по содержанию триглицеридов и полярных липидов. Липиды анчоуса из Японского моря характеризуются высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот. Обосновано техническое решение использования высокоскоростных супердекантеров в технологии переработки анчоуса.

Препараты и пищевые продукты из рыбного жира с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), и в первую очередь эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК), пользуются широкой популярностью среди населения многих стран. Это обусловлено положительным влиянием ПНЖК на обменные процессы организма, что препятствует возникновению таких заболеваний, как атеросклероз, инфаркт миокарда, старческое слабоумие, болезнь Альцгеймера, артриты и др. [5].

Среди промысловых рыб анчоус занимает важное положение, особенно в таких странах, как Перу, Чили. Продукты переработки анчоуса (мука, жир) являются одной из главных экспортных статей этих стран. География его распространения обширна: Индийский, Атлантический и Тихий океаны. Только Россия имеет возможность вылова анчоуса как в Черном и Азовском морях, так и на акватории Тихого океана. Запасы анчоуса в территориальных водах Тихого океана России составляют тысячи тонн. Однако до сих пор этот объект неинтересен отечественным рыбакам. Это определяется следующими причинами: а) анчоус сложно сохранить в привлекательном виде для консервов или других пищевых продуктов; б) отсутствие современных технологических линий переработки рыбы на муку и жир; в) ориентирование компаний на близлежащую перспективу получения прибыли от добычи других промысловых рыб. В настоящее время запасы традиционных морских гидробионтов достаточно истощены и то, что ранее казалось «неинтересным и малопригодным», заслуживает самого серьезного изучения. Руководствуясь российскими программами рациональной и комплексной переработки природных ресурсов, необходимо уделить внимание практически неиспользуемым мезопелагическим рыбам. Это направление чрезвычайно важно, поскольку, как отмечено мировой индустрией, при правильном научно-технологическом подходе и организации производства данные мероприятия могут стать одной из прибыльных статей дохода.

После экономических реформ (перестройки) в России практически не осталось предприятий, занимающихся выпуском рыбного жира. Продаваемые на рынке России препараты рыбных жиров или омега-3 полиненасыщенных жирных кислот имеют импортное происхождение. По оценкам Министерства здравоохранения только на реализацию программы «Здоровое питание нации» требуется не менее 10–12 тыс. т качественных рыбных жиров в год (МР 2.3.1.2432-08). При этом заслуживает внимания факт, что сельское хозяйство в советские годы расходовало для усиления роста животных сотни тысяч тонн рыбных жиров. В настоящее время их практически не применяют из-за отсутствия доступных отечественных и дорогих импортных.

В литературе есть сведения по липидному и жирнокислотному составу анчоуса из районов Чили [6; 7], Перу [7; 8], Южной Африки [7], Средиземного моря [9] и Тихоокеанского региона [4]. Однако такие исследования не носят систематического характера. В работах в основном приведены отдельные данные по конкретным параметрам, отсутствуют данные по колебаниям липидного состава анчоуса в зависимости от сезонности, конкретного района и других показателей.

В настоящее время Россия не ведет промысла анчоуса в Тихом океане, однако существуют научные программы исследования его как потенциального промыслового объекта для производства кормового белка (рыбная мука) и жира.

Настоящая работа посвящена исследованию липидов анчоуса с целью определения возможности их использования для производства пищевой и лечебно-профилактической продукции.

Пробы анчоуса были заготовлены в осенне-зимний период в Японском море и у побережья о. Хонсю.

По данным японских исследователей [4], с июня по октябрь содержание жира в анчоусе резко падает с 10,7 до 1,3 %. Такие изменения характерны при нересте, который проходит у анчоуса с июня по август. В это время гонады интенсивно созревают и используют для этого мышечный жир. Полученные нами данные свидетельствуют, что с середины октября у анчоуса начинается период интенсивного нагула, когда он отходит от побережья. И, как показывают результаты, в рыбе, выловленной в декабре, резко увеличивается содержание липидов (до 8,2 %). Соотношение нейтральных липидов к полярным составляет в период нагула примерно десять к одному, а в период нереста – три к одному. Содержание жира в молоди держится в течение всего лета на одном уровне около 1,1 % и лишь в декабре возрастает примерно в два раза.

В табл. 1 приведены данные по общему содержанию липидов в японском анчоусе и по их составу.

Таблица 1

Состав липидов анчоуса *Engraulis japonica* из Японского моря и Куроисио (Тихоокеанское побережье о. Хонсю)

| Липиды | Содержание липидов | Воска + эфиры стероидов | Триглицериды | Свободные жирные кислоты | Стерины | Полярные липиды |
|----------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------|--------------------------|---------|-----------------|
| Пробы | | | | | | |
| Японское море | | | | | | |
| Средняя проба молодь | 5,0 | 0,6 | 32,8 | 0,3 | 3,1 | 64,9 |
| Средняя проба взрослая | 8,9 | 0,3 | 72,6 | 0,2 | 1,0 | 24,5 |
| Тихоокеанское побережье о. Хонсю | | | | | | |
| Средняя проба молодь | 4,2 | 0,7 | 74,5 | - | 0,8 | 23,9 |
| Средняя проба взрослая | 12,0 | 0,5 | 80,2 | - | 0,3 | 19,0 |

За незначительный промежуток времени (октябрь–ноябрь) прослеживается общее увеличение содержания липидов как в половозрелой рыбе с 5–7 до 8–12 %, так и в молоди с 4,8 до 5,1 %, поскольку в это время у анчоуса происходит интенсивный нагул.

Нейтральные липиды более чем на 95 % представлены триглицеридами, причем если 19 октября их общее содержание в липидной смеси составляло 50 %, то 25 октября оно

уже было 72 %. Закономерно, что при этом снижалось содержание в липидах полярной компоненты (на 97 % чистые фосфолипиды) с 45 до 26 %.

Однако у молодежи эта картина выглядит совершенно по-другому: уровень триглицеридов в липидах снижается с 48 до 19 %, а фосфолипидов увеличивается с 49 до 77 %. Вероятно такие изменения обусловлены быстрым ростом и формированием молодых организмов.

В пробах за 20 и 24 октября содержание восков и эфиров стериннов в самках повышено до 4,5 и 1,2 % соответственно. Эти данные могут быть объяснены за счет питания зоопланктоном, липиды которого богаты восками [9].

Общее содержание жира в анчоусе из района Куроисио 5 ноября составило 3,4 %, в последующие даты (с 13 по 27 ноября) его содержание было в среднем в 4 раза выше (примерно 14 %). Пик приходится на 18 ноября, когда был зафиксирован результат – 18,2 %.

Изменения нейтральных и полярных липидов схожи с таковыми у анчоуса, выловленного в Японском море. Содержание триглицеридов – основной составной части нейтральных липидов – повышается с 30 до 72 %, а содержание фосфолипидов падает с 67 до 26 %.

Как можно было заключить из приведенных данных, изменения состава липидов анчоуса из двух акваторий довольно схожи. В анчоусе из Японского моря так же, как и течения Куроисио, в данный период происходит значительное накопление жира. При этом прослеживается увеличение доли триглицеридов и снижение уровня фосфолипидов. Средняя величина содержания жира в анчоусе из Японского моря несколько ниже (примерно 10 %), чем из района Куроисио (примерно 13 %). Также уровень триглицеридов в анчоусе из Японского моря был всегда выше, чем у анчоуса из Куроисио, а уровень фосфолипидов всегда меньше. Такое сравнение носит относительный характер, поскольку разница по времени между съемкой в Японском море и в районе Куроисио составляет 1 месяц.

Сравнение состава липидов молодежи анчоуса из двух акваторий дает в целом одинаковую картину: снижение уровня триглицеридов и увеличение фосфолипидов, – но для сеголеток из Японского моря содержание триглицеридов в пробах всегда меньше, а фосфолипидов всегда больше, чем для молодежи побережья о. Хонсю.

В табл. 2 приведен состав жирных кислот нейтральных липидов анчоуса по имеющимся литературным данным и результатам настоящих работ.

Таблица 2

Сравнительный состав жирных кислот неполярных липидов различных видов анчоуса (*Engraulis japonicus*)

| Район | Перу | | Чили | | Ю. Африка | | Средиземное море | Японское море | | | Куроисио |
|----------------|------|------|------|------|-----------|------|------------------|---------------|------|------|----------|
| Автор* | S | A | A | M | M | A | Z | R | H | N | N |
| Жирные кислоты | | | | | | | | | | | |
| 14:0 | 12.4 | 7.5 | 11.2 | 6.4 | 10.6 | 6.9 | 0.2 | 5.1 | 6.6 | 4.6 | 7.3 |
| 16:0 | 20.5 | 17.5 | 20.4 | 20.3 | 16.1 | 20.3 | 19.4 | 16.9 | 19.5 | 18.4 | 13.6 |
| 18:0 | 4.1 | 4.0 | 6.5 | 4.3 | 2.8 | 3.7 | 4.5 | 5.0 | 5.3 | 4.1 | 1.9 |
| 18:1 | 14.4 | 11.6 | 12.2 | 17.8 | 10.2 | 13.7 | 8.7 | 22.3 | 12.6 | 8.5 | 9.5 |
| 18:2n-6 | 3.6 | 1.2 | 3.3 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 1.9 | | 2.0 | 1.7 |
| 18:3n-3 | - | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.4 | - | 1.0 | - | 2.2 | 1.3 | 1.4 |
| 18:4n-3 | - | 3.1 | - | 2.2 | 1.5 | - | 1.8 | 0.4 | 1.5 | 1.6 | 3.7 |
| 20:1 | 2.1 | 1.6 | 2.0 | 1.3 | 0.5 | 3.5 | 1.9 | 7.8 | 5.7 | 1.5 | 10.7 |
| 20:4n-6 | - | 0.1 | 0.3 | 1.8 | 1.7 | 0.8 | 1.9 | 1.5 | 5.8 | 1.1 | 0.5 |
| 20:5n-3 | 2.2 | 17.0 | 10.1 | 13.5 | 24.6 | 19.6 | 11.0 | 4.9 | 6.7 | 10.4 | 8.2 |
| 22:1 | 1.7 | 1.2 | 2.0 | - | 1.0 | 3.0 | 3.3 | 8.0 | 1.8 | 1.1 | 10.9 |
| 22:5n-3 | 1.4 | 1.6 | 1.0 | 3.1 | 1.9 | 1.3 | 1.0 | 1.0 | | 0.8 | 0.8 |
| 22:6n-3 | 4.4 | 8.8 | 9.2 | 18.5 | 9.8 | 9.3 | 25.5 | 6.2 | 10.9 | 30.5 | 17.7 |

* Авторы: S–Stansby, 1967; A–Ackman, 1989; M–Moffat, 1993; Z–Zlatonos, 1993; R–Помашина, 1984 (неопубликованные данные); H – Hayashi, 1978 (табл. 6, данные за октябрь); N – результаты настоящего исследования (20 октября и 18 ноября соответственно).

По данным Hayashi и Takagi (1978), существенных изменений в летне-осенний сезон в содержании насыщенных жирных кислот липидов япономорского анчоуса *Engraulis japonica* не обнаружено. Содержание ЭПК в жире в течение всего периода менялось незначительно, но содержание ДГК с 6,2 % в июне возрастало до 15,4 % в конце августа. Если сравнить эти данные по времени с содержанием жира, то окажется, что это один из самых низких его уровней. ДГК, как известно, кроме всех прочих ее возможностей, отвечает за двигательную функцию рыб, поэтому, вероятно, ее количественное содержание в рыбе меняется незначительно. Однако в разные периоды рыба накапливает и другие жирные кислоты, в результате чего относительное содержание ДГК падает.

Как видно из табл. 2, данные по составу жирных кислот липидов анчоуса даже из одних и тех же регионов значительно различаются. Так, например, содержание ЭПК в перуанском анчоусе различается в 8 раз, ДГК – в 2 раза; в чилийском в – 1,3 и 2 раза соответственно. Такие различия, прежде всего, говорят о том, что анчоус был выловлен в разное время года и, вероятно, в разных акваториях одного региона и имел разную кормовую базу.

Показатели по обеим группам для зрелого анчоуса и сеголеток в настоящем исследовании практически одинаковы, но при сравнении групп между собой видно, что общее содержание ПНЖК в липидах анчоуса из Японского моря выше, чем у анчоуса из района о. Хонсю. Однако при сравнении содержания двух главных кислот – ЭПК и ДГК – различия не ярко выражены.

Полученные в работе данные имеют те же самые закономерности, что и литературные, но в цифровом выражении различаются значительно. Так, для анчоуса побережья о. Хонсю показано содержание жира в декабре 8,2 %, когда по нашим результатам уже в ноябре его содержание составляет 13 %. В 2 раза выше наблюдалось содержание жира в сеголетках.

При сравнении состава жирных кислот анчоуса японского с литературными данными следует отметить, что в наших результатах более низкий уровень пальмитиновой кислоты и более высокое содержание ЭПК и ДГК (в 2 раза).

При сравнении данных по самкам и самцам следует отметить, что общее содержание ПНЖК незначительно преобладает у самок, в то время как содержание моноеновых кислот ниже, а содержание насыщенных жирных кислот практически одинаково в обеих половых группах.

Главным препятствием к получению качественной муки и жира из япономорского анчоуса является высокое содержание в нем жира – более 10 %. Существующие на судах отечественные рыбомучные установки не в состоянии полноценно отделить жир от белковой массы в той мере, которая необходима для получения товарного продукта (чем меньше в муке жира, тем выше ее качество и сроки хранения).

В табл. 3 дано сравнение 3 способов переработки рыбного фарша анчоуса на муку и жир, проведенных в полупромышленном (лабораторном) варианте и в производственных условиях.

Таблица 3

Сравнительная оценка эффективности переработки фарша анчоуса на муку и жир

| № | Способ производства | Мука | | Жир | |
|---|--|----------------------|--------------------|------------|----------|
| | | Содержание белка, %* | Содержание жира, % | КЧ / ПЧ | Выход, % |
| 1 | Температурное вытапливание (лаборатория) | 30–40 | 20–30 | 1.7 / 9.5 | ~ 74 |
| 2 | Центрифугирование | 45 | 15–25 | 2.2 / 11.5 | ~ 65 |
| 3 | Применение супердекантера | 55 | 8 | 1.2 / 5.5 | ~ 93 |

* Высушенная мука.

Вытапливание жира проводили в лабораторной бане ИКА(Германия), емкостью 5 л с

водным подогревом (рубашка) и точностью температурного режима ± 2 °С. Выход жира составил около 74 %.

Центрифугирование осадка после отделения жира проводили на центрифуге К-24 (Германия) при 3000 g в течение 20 мин. Общий выход жира при данном способе составлял около 65 % и характеризовался высоким значением перекисного числа.

Производственные исследования (сепарирование водно-липидных смесей) проводили на супердекантере «Alfa-Laval» (Швеция). Использование данного технологического оборудования позволяло получать жир с максимальным выходом и низкими показателями перекисного и кислотного чисел. Рыбная мука, полученная после удаления жира данным способом, характеризовалась наиболее высоким содержанием белка и низким – липидов.

Проведенные эксперименты подтверждают правильность технического решения об использовании высокоскоростных супердекантеров в технологии переработки анчоуса, что соответствует передовым направлениям рыбопереработки за рубежом [6].

Проделанным исследованием определены закономерности формирования липидного состава анчоуса и показаны некоторые практические рекомендации по его использованию.

Анчоус, особенно зимнего вылова, содержит наибольшее количество липидов и, в частности триглицеридов, может служить источником пищевого жира. Учитывая, что содержание ПНЖК в анчоусе значительно, следует рекомендовать его использование для получения лечебно-профилактических продуктов с нормируемым содержанием полиненасыщенных жирных кислот омега-3 серии (МР 2.3.1.1915-04).

С другой стороны, большое внимание в медицине стали уделять фосфолипидам, содержащим высоконенасыщенные кислоты. Анчоус в посленерестовый период (август–ноябрь) содержит до 70 % полярных липидов. Тем самым японский анчоус может являться уникальным источником морских фосфолипидов.

Учитывая, что анчоус содержит значительные количества жира – более 10 %, его переработка на муку и жир, как показали производственные эксперименты на отечественном оборудовании, не представляется возможной. Для получения «маложировой муки» (менее 10 % жира) необходимо не простое вытапливание его из рыбного фарша, а эффективное отделение на высокоскоростных центрифугах. При этом выход жира составляет более 90 % от содержания в сырье.

При использовании свежего сырья показатели окислительной порчи жира составляли не более: кислотное число (КЧ) – 1,5 мг КОН/г жира, перекисное число (ПЧ) – 6,5 ммоль O_2 /кг, что соответствует допустимым показателям для пищевых и лечебных продуктов (Руководство Р 4.1.1672-03; ТР ТС 021/2011).

Библиографический список

1. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.
2. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ.
3. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции».
4. Hayashi K., Takagi T. Seasonal variations in lipids and fatty acids of Japanese anchovy, *Engraulis japonica* // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. – 1978. – V. 29(1). – P. 38–47.
5. Lands B. Consequences of essential fatty acids // Nutrients. – 2012. – Vol. 4. – P. 1338–1357.
6. Marine biogenic lipids, fats, and oils // Ed. Ackman R.G. – CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. – 1989. – Vol. II. – 495 pp.
7. Moffat C.F. et al. The production of fish oils enriched in polyunsaturated fatty acid-containing triglycerides/ – JAOCS. – 1994. – V. 70(2). – P. 133–138.

8. Stansby M.E. Fish oils. The AVI Publishing Company: Inc., Westport, Connecticut. – 1967. – 440 p.

9. Zlatonos S., Sagredos A.N. The fatty acids composition of some important mediterranean fish species. – Fat Sci. Technol. – 1993. – V. 95(2). – P. 66–69.

N.N. Kovalev, S.P. Kas'janov
Far Eastern state technical fisheries University,
National research centre of marine biology

RATIONALE EXPERIMENTAL APPROACHES TO PROCESSES OF FAT ANCHOVY ENGRAULIS JAPONICUS SEPARATION

The composition of Japanese anchovy of lipids and fatty acids from different areas of the sea of Japan was determined. It is shown that the lipid content depends on the physiological state of the fish. Anchovy juveniles from different habitats are differed by content of triglycerides and polar lipids. Lipids of anchovy from the sea of Japan are characterized by a high content of polyunsaturated fatty acids. Grounded technical solution to the use of high-speed supercenters in anchovy processing technology.

О.П. Ковалев, И.Е. Ибрагимова, С.Н. Мамонтова
Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт ФГБОУ ВО «АГТУ»
пос. Рыбное, Россия

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ И РЫБА КАК СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫЙ ТОВАР

Представлены сведения об ассортименте и стоимости социально значимого товара рыбы мороженой неразделанной в сетевых магазинах экономкласса, показано влияние современных тенденций в развитии рыбохозяйственного комплекса, направленных на более глубокую переработку улова на промысле, локализации и импортозамещения в рыбной отрасли на обеспечение социально незащищенных слоев населения рыбой и рыбной продукцией.

Потребление рыбы и рыбной продукции рекомендуется Минздравом для получения организмом человека жизненно необходимых компонентов. Однако при растущих объемах сырьевой базы потребление рыбы населением продолжает снижаться. Так, в 2015 г. потребление рыбы в России снизилось с 22,3 до 14 кг/г на человека, в 2016 г. этот показатель составил около 12 кг/г на человека, а по текущим данным на конец 2017 г. составит 11 кг/г на человека [1].

Расходы на питание составляют примерно 50 % стоимости потребительской корзины (для сравнения: в странах Западной Европы эта цифра не превышает 20 %) и определяют уровень жизни населения страны. Рыбопродукты занимают 1,89–2,14 % от общих расходов, и эта цифра меняется незначительно в течение последних семи лет независимо от экономической ситуации в стране, санкций и других «внешних» факторов.

Статистика по стране показывает, что численность социально незащищенной группы населения составляет не менее 50 млн человек (пенсионеры, учащиеся, дети и т.д.), в том числе по г. Москве и Московской области с численностью населения порядка 20 млн чел. более одной трети от этой численности составляет социально незащищенная категория граждан.

Для обеспечения этой группы населения минимальным набором продуктов питания Правительством утвержден Перечень (Постановление Правительства РФ от 15.07.2010 г. № 530), в котором рыбная продукция среди социально-значимых товаров представлена единичной позицией «рыба мороженой неразделанная».

На сегодняшний день тенденции развития современного рынка рыбы и рыбопродуктов в России определяются слиянием добывающей и перерабатывающей отраслей, а также активной государственной политикой в этой сфере. Росрыболовство в «Стратегии развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 года» [2] формулирует и развивает новый вектор развития отрасли, нацеленный на продукцию с высокой добавленной стоимостью, привлекательную и конкурентоспособную как на внутреннем рынке, так и за рубежом.

В Стратегии развития отрасли указано в качестве целевых показателей:

- объем производства товарной пищевой рыбной продукции;
- доля продукции с высокой степенью переработки;
- доля продукции из водных биоресурсов высокой степени переработки российского производства на мировом рынке;

Структура производства рыбопродукции остается неизменной. Выход продукции из водных биологических ресурсов продолжает оставаться на уровне около 65 %, что свидетельствует о низкой степени переработки уловов на судах и отсутствии инноваций.

Примерно 90 % пищевой продукции приходится на производство мороженой разделанной и неразделанной продукции. Доля продукции промышленного (технического) назначения в общем объеме производства остается незначительной.

Новый периметр рыбохозяйственного комплекса как объекта стратегического управления включает следующие этапы создания стоимости:

- добыча и сохранение водных биологических ресурсов;
- переработка водных биологических ресурсов (производство пищевой и непищевой продукции).

Например, в Стратегии заявлено, что основными направлениями увеличения производства минтая являются:

1. Увеличение производства и поставок филе и RTE на рынок ЕС с замещением продукции из КНР.
2. Развитие внутреннего потребления, увеличение производства и поставок отечественного филе и RTE на внутренний рынок.
3. Развитие производства и поставок филе и RTE в КНР и на другие перспективные рынки (АТР, Бразилия, Ближний Восток).
4. Получение дополнительной премии на рынке Южной Кореи: падение объема при растущем спросе и развитие поставок в охлажденном виде.
5. Максимизация добавленной стоимости при производстве благодаря полной переработке отходов.

Стратегия по переработке минтая предполагает рациональное распределение производственных усилий в четырех основных направлениях в производстве фарша сурими, блочного филе, палочек, филе индивидуальной быстрой заморозки.

Наращивание рыбоперерабатывающих мощностей предполагает пути увеличения операционной эффективности и глубины переработки водных биологических ресурсов, получения добавленной стоимости. Глубина переработки водных биологических ресурсов достигается : посредством

- производственной гибкости и организации производства новых продуктов;
- безотходности производства;
- роста качества продукции (филе, мука, жир).

Тенденция к глубокой переработке рыбы на промысле с целью повышения экономической эффективности рыбодобычи находит свое отражение и в высказываниях руководителей Росрыболовства, рыбодобывающих организаций, в процессе обмена мнениями на различных форумах рыбной отрасли.

Современная и качественная рыбопереработка – требование, продиктованное не только современным рынком, но и стратегией развития самой отрасли. Такое практически безотходное производство способно перерабатывать до 95 % всего поступающего сырья [3]. На выходе – продукция с высокой добавленной стоимостью при максимальной энергоэффективности и автоматизации рабочего процесса. Рыбодобывающие компании заказывают все больше судов с увеличенной степенью переработки улова в море [4]. В настоящее время растет степень разделки и с современных судов до 90 % продукции выпускается в виде филе.

Результатом переработки рыбопродукции на промысле является производство полуфабрикатов в виде замороженных тушек или замороженного филе, полностью готового для последующей реализации. В рознице осуществляется лишь их порционное деление и упаковка. Окончательное приготовление (обработка) рыбы осуществляется непосредственно перед употреблением путем тепловой переработки (жарка, варка).

Президент РФ В. В. Путин поручил создать комфортные условия для развития рыбопереработки [5]. «Импортозамещение – это не самоцель, – подчеркнул он. – Задача состоит не только в том, чтобы заместить импорт отечественными товарами, но и в том, чтобы увеличить экспортный потенциал российских предприятий» [6]. В четко определенные сроки от кабинета министров ждут предложений по стимулированию производства в России пищевой и иной продукции из водных биоресурсов с высокой степенью переработки и ее экспорту.

Правительство Российской Федерации, в свою очередь, дает возможность для модернизации отечественной экономики, направленной на ее развитие и повышение конкурентоспособности, проводя политику импортозамещения через локализацию производства.

Таким образом, развитие Российской промышленности, в том числе и рыбохозяйственного комплекса, идет под трендом локализации и импортозамещения.

Цели локализации производства – обеспечение национальной безопасности страны, устранение технологической зависимости, замена импортных товаров российскими, развитие промышленности. Сама локализация – это стратегия «запуска» без значительных капитальных затрат новых производств с активным использованием местного сырья, ресурсов и на этой основе создание дополнительных рабочих мест, что достигается экономией на НИОКР и использование имеющихся в стране мощностей. С другой стороны, это процесс адаптации производства к работе в условиях отечественного рынка труда, материалов, комплектующих и технологий. Также под локализацией понимают поставку местными производителями комплектующих изделий для иностранных предприятий на национальной территории [7].

Импортозамещение – это, во-первых, тип экономической стратегии и промышленной политики государства, направленной на замену импорта промышленных товаров, пользующихся спросом на внутреннем рынке, товарами национального производства, а во-вторых, производство в данной стране товаров, которые ранее только импортировались.

Импортозамещение как реакция на санкционную политику также ведет к использованию механизма локализации промышленности.

В этом случае импортозамещение в широком смысле может наступить, если созданный отечественный продукт по совокупности указанных выше показателей будет превосходить импортируемые иностранные продукты. Если этого не будет, то импортозамещения не произойдет, так как потребитель предпочтет более качественную и/или более дешевую иностранную продукцию.

Несмотря на то что движение в сторону импортозамещения в стране началось, темпы его, особенно в области создания высокотехнологичных продуктов, недостаточно высоки. Из-за отставания в развитии технологической и производственной базы нашей промышленности по сравнению с высокоразвитыми странами в целом качество нашей высокотехнологичной продукции ниже, а ее себестоимость зачастую выше, поэтому отечественная высокотехнологичная продукция не пользуется у российского потребителя необходимой востребованностью и подавляющее большинство продуктов на российском рынке являются иностранными.

Достойным примером сотрудничества рыбохозяйственного комплекса России с иностранными инвесторами в рамках локализации производства является немецкая компания «BAADER». Почти сто лет назад, в 1919 г., инженер Рудольф Баадер основал компанию «Нордишер Maschinenbau Rуд. Баадер». Он поставил цель – механизировать процесс рыбопереработки. В те времена рыбу разделявали вручную, и идея Рудольфа Баадера выглядела революционно. Однако уже через 70 лет «революцией» немецких машин была охвачена не только Европа, но и Дальний Восток России. В 1992 г. компания открыла сервисный центр на тихоокеанском побережье – во Владивостоке, чтобы улучшить обслуживание клиентов, находящихся в стратегически важном регионе тихоокеанского побережья России, а также обеспечить должное техническое обслуживание и ремонт машин фирмы «BAADER». В 1992 г. в качестве одного из вариантов локализации производства было создано совместное российско-германское предприятие ООО «Баадер-Восток-Сервис» [8].

Двумя годами позже, в 1994 г., были открыты аккредитованные представительства в Москве и во Владивостоке. В задачи представительства входят, в первую очередь, реализация маркетинговой политики компании, поддержка продаж и координация проектов. Также через представительства осуществляется взаимодействие с клиентами по вопросам запасных частей и сервисных работ в отношении собственных продуктов и продуктов других компаний группы «BAADER» в России, СНГ и странах Балтии.

Если говорить о покрытии BAADER различных промыслов и производств, то на Дальнем Востоке производство филе минтая и сельди, оснащены машинами фирмы «BAADER». В северо-западной части России – это производители трески, пикши, сайды.

В планах ООО «Баадер-Восток-Сервис» стоит в первую очередь расширение и усиление сервисной службы. Оборудование, которое выпускает компания, работает по 30, 40, 50 и более лет. «Баадер» обеспечивает их запасными частями, поэтому сейчас основной задачей является поддержка этого оборудования.

Сервисные инженеры ООО «Баадер-Восток-Сервис» прошли обучение в Германии и являются высококлассными специалистами по шеф-монтажу, ремонту, модификации и обслуживанию оборудования фирмы «Баадер».

В наши дни «Баадер» (BAADER) для добытчиков и переработчиков рыбы – фактически имя нарицательное, смысл которого сводится к одному – качественная и высокотехнологичная рыбопереработка. За сто лет группа «Баадер» стала ведущим производителем и поставщиком как отдельных машин, так и комплектных линий для промышленной переработки рыбы.

Помочь иностранным инвесторам локализовать промышленную продукцию должен Специальный инвестиционный контракт (СПИК), прописанный в Федеральном законе от 31 декабря 2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».

По специальному инвестиционному контракту одна сторона – инвестор – в предусмотренный этим контрактом срок своими силами или с привлечением иных лиц обязуется создать либо модернизировать и (или) освоить производство промышленной продукции на территории Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации, а другая сторона – Российская Федерация или субъект Российской Федерации – в течение такого срока обязуется осуществлять меры стимулирования деятельности в сфере промышленности, предусмотренные законодательством Российской Федерации или законодательством субъекта Российской Федерации в момент заключения специального инвестиционного контракта.

В целях осуществления в отношении инвестора, являющегося стороной специального инвестиционного контракта, и (или) иных лиц, указанных в специальном инвестиционном контракте, мер стимулирования деятельности в сфере промышленности, предусмотренных нормативными правовыми актами субъекта Российской Федерации или муниципальными правовыми актами, наряду с Российской Федерацией, сторонами специального инвестиционного контракта могут быть субъект Российской Федерации и (или) муниципальное образование, а при заключении специального инвестиционного контракта без участия Российской Федерации наряду с субъектом Российской Федерации стороной такого контракта может быть муниципальное образование.

Товар, производимый по СПИК, может быть приравнен к российскому, если он отвечает критериям и не имеет аналогов на территории России. К продукции, не имеющей аналогов, относится продукция, отвечающая одному или двум следующим критериям:

а) продукция не имеет таких же технических и эксплуатационных характеристик, как промышленная продукция, с которой проводится сравнение. При этом сравниваются:

- функциональное назначение (перечень выполняемых функций);
- область применения;
- качественные характеристики (длительность гарантийного срока, срока годности или срока службы, надежность, энергоемкость, экологичность и т.д.);
- физические, химические, механические, органолептические и иные свойства;

б) продукция не является коммерчески взаимозаменяемой с промышленной продукцией, с которой проводится сравнение. При этом сравниваются:

- стоимость промышленной продукции
- стоимость жизненного цикла.

Таким образом, локализация и импортозамещение в рыбохозяйственном комплексе направлено на создание высококачественной продукции с высокой добавленной стоимостью различной степенью глубины переработки свежей рыбы в районах промысла (обезглавливание, производство филе, дальнейшая переработка рыбы и производство консервов, переработка отходов до рыбной муки и т.п.) и ее реализацию как внутри страны, так и экспорте в другие страны.

Современная и качественная рыбопереработка – требование, продиктованное не только современным рынком, но и стратегией развития самой отрасли.

Сравнение стоимости одних и тех же видов рыбы, реализуемых в виде тушек и филе, показывает, что стоимость филе может превышать стоимость тушек в 1,5–2 раза (минтай, треска, пикша).

Это приводит к тому, что рыбодобывающие компании для повышения экономической эффективности работы вынуждены делать первичную разделку рыбы. Об этом не раз говорили руководители рыбодобывающих компаний, Всероссийской ассоциации рыбохозяйственных предприятий, предпринимателей и экспортеров (А.В. Фомин, Г.С. Зверев).

Такой подход может привести к снижению доли неразделанной рыбы на рынке. Тем более что введенным в действие ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» категория «мороженая рыба» включена в более широкую категорию «мороженая пищевая рыбная продукция». В разделе II «Основные понятия» дается следующее определение данной категории: «мороженая пищевая рыбная продукция – рыба, водные беспозвоночные, водные млекопитающие и другие водные животные, а также водоросли и другие водные растения, в том числе продукция из них, подвергнутые процессу замораживания до температуры в толще продукта не выше минус 18 °С», и не подразумевает разделение на разделанную и неразделанную рыбу.

В связи с этим для обеспечения физической доступности социально незащищенной группы населения с низким уровнем дохода объективно необходимо расширить перечень социально значимых продуктов питания, возможно дополнив его мороженой продукцией разделанной (обезглавленной, потрошенной, соленой, кулинарной продукцией), произведенной отечественными рыбаками из массовых объектов промысла (минтай, сельдь и т.д.).

Тем более если сравнить средний уровень цен на мороженую неразделанную то с учетом норм выхода готовой продукции из сырья цена первой даже превышает цену второй. Так, при средней цене мороженой неразделанной рыбы 149,96 руб./кг цена мороженой разделанной составит 196,2 руб./кг или в массе неразделанной продукции 140 руб./кг.

Если опираться на данные Росстата, средняя стоимость рыбы мороженой неразделанной в 2017 г. при росте на 1,2 % составляет около 152 руб./кг.

Следует отметить, что информация по ценам на рыбу мороженую неразделанную довольно противоречивая. На разных сайтах о продаже рыбы цены могут отличаться в полтора – два раза. Значительные колебания цен не являются результатом сезонных явлений. Очевидно, некоторые посредники оптового звена сначала сильно завышают цены, а затем ввиду падения спроса на их товар начинают резко снижать цены.

По другой информации в центральных регионах России цены на отечественную мороженую рыбу снижались или сохраняли стабильность из-за существенных товарных запасов. За неделю цена сельди атлантической стала ниже на 6,7 % (снижение с начала года составило 33 %) – до 70 руб./кг, минтай подешевел на 1,1 %, (90 руб./кг). Стоимость скумбрии не изменилась и составила 132 руб./кг (общее снижение с января по октябрь на 17,5 %), а мойва прибавила в цене на 1,9 % – до 107 руб./кг). Импортная рыба дорожала на фоне увеличения спроса со стороны переработчиков.

Оценка качества на основе органолептических и физико-химических методов исследования показала, что мороженая неразделанная рыба, реализуемая торговыми предприятиями Московской области, удовлетворительного качества, за некоторыми исключениями (например, рыба расфасована более полугода назад или наличие большого количества инея внутри упаковок в результате дефростации и повторного замораживания при расфасовке и др.)

Таким образом, на основе вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– локализация и импортозамещение в рыбохозяйственном комплексе направлены на создание высококачественной продукции с привлечением инвестиций и современных технологий при законодательной государственной поддержке;

– при указанных тенденциях развития рыбохозяйственного комплекса в ближайшие годы следует ожидать сокращения ассортимента (уже в настоящее время он не превышает

четыре-пять позиций на торговое предприятие: мойва, сельдь, камбала, путассу и другие виды рыб при довольно посредственном качестве) и снижения объемов реализации и потребления социально незащищенными слоями населения такого социально значимого продукта, как мороженая неразделанная рыба;

– для достижения последних утвержденных норм потребления рыбы и рыбопродуктов (22 кг/чел.) необходимо внести изменения в действующий перечень социально значимых продуктов питания путем включения в него мороженных рыботороваров разделанных (за исключением филе и спецразделки), соленой, пряной рыбопродукции, консервов, изготовленных из самых массовых объектов промысла групп тресковых и сельдевых.

Библиографический список

1. В этом году потребление рыбы в России упадет до 11 кг на человека – эксперт [Электронный ресурс] // Интернет-издание «Финмаркет: новости экономики». Опубликовано 19.11.2017. Режим доступа <http://www.finmarket.ru/news/4610629>.

2. Стратегия развития рыбохозяйственного комплекса РФ до 2030 года (проект). Документ опубликован не был. Доступ с официального сайта Росрыболовства. Режим доступа <http://fish.gov.ru/files/documents/files/proekt-strategiya-2030.pdf>.

3. Технологическое оборудование: от проекта до завода [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический портал FishNews: новости рыбного рынка. Опубликовано 22.09.2017 г. Режим доступа <http://fish-news.ru/rubric/kрупnyim-planom/10682>.

4. Глубокая переработка рыбы в море – общая тенденция российского рыболовства [Электронный ресурс] // Информационно-аналитический портал FishNet. Опубликовано 26.05.2016 г. Режим доступа: <https://www.fishnet.ru/news/>.

5. Глубокая переработка рыбы [Электронный ресурс] // Официальный сайт проекта «Открытая отрасль»: программы развития рыбохозяйственного комплекса регионов. Режим доступа: <http://открытаяотрасль.рф/topics/>.

6. Президент назвал основные принципы замещения импорта [Электронный ресурс] // Официальный сайт проекта «Открытая отрасль»: программы развития рыбохозяйственного комплекса регионов. Режим доступа: <http://открытаяотрасль.рф/articles/1048>.

7. Макаров А.Н. Локализация производства продукции производственно-технического назначения на территории региона как тенденция импортозамещения // Гуманитарные и социальные науки. 2011. № 3.

8. Котляр Д. «БААДЕР». Легендарные машины [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fishnews.ru/interviews/564>.

O.P. Kovalev, E.I. Ibragimova, S.N. Mamontova
Dmitrov fish-industry technological Institute (branch) FSBEI HE «ASTU»
Rybnoe, Russia

IMPORT SUBSTITUTION AND FISH AS SOCIALLY SIGNIFICANT GOODS

The article provides the range and cost of socially significant goods fish frozen intact, in chain stores economy class, there is shown the influence of modern trends in the development of the fisheries sector, aimed at deeper processing of catch in the fishery, localization and import substitution in the fishing industry to ensure socially vulnerable segments of the population with fish and fish products.

А.А. Костенко, И.Н. Ким
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ВЛИЯНИЕ НПК ИЗ МОЛОК ЛОСОСЕВЫХ НА ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ПРОДУКТА

Представлен эксперимент по изучению жирнокислотного состава аналогов сырных продуктов. После добавления НПК из молок лососевых рыб в «Адыгейский» сыр в количестве 30 %, а в соевый сыр тофу 10 % состав их жирных кислот несколько изменился, появились ЭПК и ДГК, также увеличились концентрации и некоторых других кислот. Из проведенного исследования можно сделать вывод, что с помощью добавления НПК из молок лососевых рыб можно несколько скорректировать состав ЖК мягких сыров.

Ключевые слова: мягкие сыры, НПК, молоки, жирнокислотный состав, жирные кислоты.

Введение

Получение аналогов продуктов питания позволяет не только расширять ассортимент продукции, но и восполнять недостаток необходимых организму веществ. Полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) как раз и относятся к таким веществам.

В любом организме липиды и их производные состоят из жирных кислот (ЖК). ЖК также участвуют во многих важных физиологических процессах, поддерживая жизнедеятельность организма и взаимодействие его с окружающей средой. К таким процессам можно отнести: процесс энергообразования, регуляцию воспалительных процессов, поддержание целостности клеточных мембран, регулирование транскрипции и внутриклеточной сигнализации [1; 8; 9].

Двумя основными группами ПНЖК являются кислоты семейства омега-6 и омега-3. Жирные кислоты омега-6 содержатся практически во всех растительных маслах и орехах, омега-3 содержится в ряде масел, но основным пищевым источником омега-3 являются жирные породы рыбы и некоторые морепродукты. Физиологическая потребность для взрослых составляет 8–10 г/сутки омега-6 жирных кислот и 0,8–1,6 г/сутки омега-3 жирных кислот, оптимальное их соотношение должно составлять 5–10:1 [3].

Липиды молок лососевых рыб имеют высокий уровень полиненасыщенных жирных кислот с пятью и шестью двойными связями, которые являются биорегуляторами многих физиологических процессов в клетке. Высокий уровень ЭПК и ДГК при отсутствии моноеновых кислот дает возможность производить из молок диетические продукты широкого использования, а также вносить в традиционные продукты [2].

Целью данного исследования было изучение влияния внесения НПК из молок лососевых рыб на жирнокислотный состав продуктов.

Материалы и методы

Определение жирнокислотного состава осуществляли экстракцией липидов согласно методу Блайя и Дайера [5]. Метилловые жирных кислот были получены согласно методике [6]. Анализ эфиров жирных кислот проводили газовой хроматографией на хроматографе Shimadzu GC-17A (Shimadzu, Kyoto, Japan) с пламенно-ионизационным детектором. Использовали капиллярную колонку 30 m × 0.25 mm i.d. Supelcowax 10 (Bellefonte, PA). Анализ проводили при следующих условиях: температура колонки – 190 °С, инжектора и детектора – 240 °С. В качестве газа-носителя использовался гелий. Идентификация пиков метиловых эфиров жирных кислот проводилась по временам удерживания индивидуальных эфиров жирных кислот и с аутентичным стандартом (PUFA-3 mix from menhaden oil), и с использованием значений эквивалентной длины цепи [7].

Результаты и их обсуждение

Для придания мягким сырам и сыру тофу заданных свойств, создания более плотной структуры и обогащения животными белками в настоящей работе использовали нуклео-

протеидный комплекс (НПК) молок лососевых рыб. При добавлении в мягкие сыры свежезамороженных или соленых молок рыб в готовом продукте остается рыбный вкус и запах, который неприемлем для данного вида продукции. Поэтому при изготовлении сыров использовали НПК молок лососевых по методу, описанному в патенте [4].

Состав такого НПК представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав нуклеопротеидного комплекса молок лососевых, %

| Вода | Белок | ДНК, от всего белка | Липиды |
|------|-------|---------------------|--------|
| 28,2 | 71,1 | 67,2 | 0,7 |

Известно, что ДНК в составе НПК из молок лососевых рыб способствует повышению сопротивляемости организма к неблагоприятным факторам внешней среды и к заболеваниям, поддерживает иммунитет, повышает физическую и умственную работоспособность, улучшает свойства памяти и помогает снизить эмоциональную напряженность [8].

Состав НПК из молок лососей отличается высоким содержанием лизина и аргинина (13,9 и 7,06 % соответственно), в то время как в соевых бобах этих аминокислот содержится недостаточно (2,37 и 2,74 % соответственно). Аргинин способствует ускорению синтеза гормона роста и других гормонов. Лизин способствует увеличению объема мышц; предотвращает развитие атеросклероза; предотвращает развитие остеопороза [3].

Получаемый комплекс обладал хорошими органолептическими характеристиками: не имел рыбного запаха, вкуса из-за почти полного отсутствия ЖК, обладал хорошей гигроскопичностью, имел плотную волокнистую структуру. Набухание волокон в воде позволяет получить мягкую и эластичную структуру продукта. При исследовании способности к набуханию НПК при его разных соотношениях с водой показано, что его ВУС составила 95 %. Поэтому для использования НПК в технологии соевого сыра его необходимо смешать с водой в соотношении 1:0,95 и выдержать 12 ч при температуре 20–25 °С.

С позиции биологической активности особый интерес также представляют исследования жирнокислотного состава. Так, содержание ПНЖК в НПК из молок лососевых представлено в табл. 2.

Таблица 2

Жирнокислотный состав НПК из молок лососевых, %

| № п/п | Кислота | Тривиальное название | Концентрация |
|-------|---------|---|--------------|
| 1 | 14:0 | Миристиновая кислота | 0.05 |
| 2 | 16:0 | Пальмитиновая кислота | 0.4 |
| 3 | 16:1n-7 | Пальмитолеиновая кислота | 0.025 |
| 4 | | Неидентифицированная | 0.02 |
| 5 | 18:0 | Стеариновая кислота | 0.09 |
| 6 | 18:1n-9 | Олеиновая кислота | 0.26 |
| 7 | 18:1n-7 | Вакценовая кислота | 0.035 |
| 8 | 18:2n-6 | Линолевая кислота | 0.28 |
| 9 | 18:3n-3 | α -Линоленовая кислота | 0.12 |
| 10 | 20:0 | Арахидиновая кислота | 0.07 |
| 11 | 20:1n-9 | Гондоиновая кислота | 0.01 |
| 12 | 20:5n-3 | Тимнодоновая кислота Эйкозапентаеновая (ЭПК) | 0.14 |
| 13 | 22:0 | Бегеновая кислота | 0.03 |
| 14 | 22:6n-3 | Цервоновая кислота Докозагексаеновая (ДГК) | 0.29 |

Из таблиц 1 и 2 видно, что содержание жирных кислот в НПК довольно низкое. Сумма всех насыщенных ЖК составляет 0,64 %, сумма мононенасыщенных ЖК – 0,33 %, а сумма полиненасыщенных ЖК – 0,83 %, из них приходится на ЖК ω -3 0,55 %, а на ω -6 – 0,28 %.

Готовый аналог сыра «Адыгейский» с 30%-м содержанием НПК имеет следующий химический состав: вода – 80,79 %, белок – 14,94 %, липиды – 1,84 %, минеральные вещества – 2,43 % и ДНК – 15,8 % (от всего белка).

Жирнокислотный состав разработанных продуктов имеет достаточно высокое содержание насыщенных и полиеновых жирных кислот, результаты которого представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Жирнокислотный состав сыра «Адыгейский» и аналога с добавлением НПК, %

| № п/п | Кислота | Тривиальное название | Концентрация в сыре «Адыгейский» | Концентрация в сыре «Адыгейский» с НПК |
|-------|---------|---|----------------------------------|--|
| 1 | 14:0 | Миристиновая кислота | 0.17 | 0.19 |
| 2 | 16:0 | Пальмитиновая кислота | 12.29 | 12.18 |
| 3 | 16:1n-7 | Пальмитолеиновая кислота | 0.12 | 0.14 |
| 4 | | Неидентифицированная | 0.51 | 0.47 |
| 5 | 18:0 | Стеариновая кислота | 4.41 | 4.26 |
| 6 | 18:1n-9 | Олеиновая кислота | 20.88 | 20.68 |
| 7 | 18:1n-7 | Вакценовая кислота | 1.52 | 1.50 |
| 8 | 18:2n-6 | Линолевая кислота | 50.81 | 50.87 |
| 9 | 18:3n-3 | α -Линоленовая кислота | 8.25 | 8.52 |
| 10 | 20:0 | Арахидиновая кислота | 0.24 | 0.35 |
| 11 | 20:1n-9 | Гондоиновая кислота | 0.16 | 0.17 |
| 12 | 20:5n-3 | Тимнодоновая кислота Эйкозапентаеновая (ЭПК) | - | 0.11 |
| 13 | 22:0 | Бегеновая кислота | 0.29 | 0.34 |
| 14 | 22:6n-3 | Цервоновая кислота Докозагексаеновая (ДГК) | - | 0.23 |

Из табл. 3 следует, что добавление НПК в мягкий сыр «Адыгейский» в соотношении 30 % от массы молока несколько корректирует состав ПНЖК. Сумма насыщенных ЖК – 17,32 %, сумма мононенасыщенных ЖК – 22,49 %, а сумма полиненасыщенных ЖК – 59,73 %, из них ЖК ω -3 – 8,86 %, а ω -6 – 50,87 %.

В сыре «Адыгейский» с добавлением НПК из молок лососевых рыб появляются ЭПК и ДГК. Данные ЖК относятся к незаменимым ПНЖК и появились в аналоге благодаря добавлению НПК из молок лососевых рыб.

Соевый сыр с добавлением НПК имеет следующий химический состав: вода – 75,4 %, белок – 17,22 %, липиды – 4,78 %, углеводы – 1,88 %, минеральные вещества – 0,72 % и ДНК 9,04 % (от всего белка). При внесении нуклеопротеинового комплекса содержание влаги в конечном продукте снижается, а содержание белка повышается.

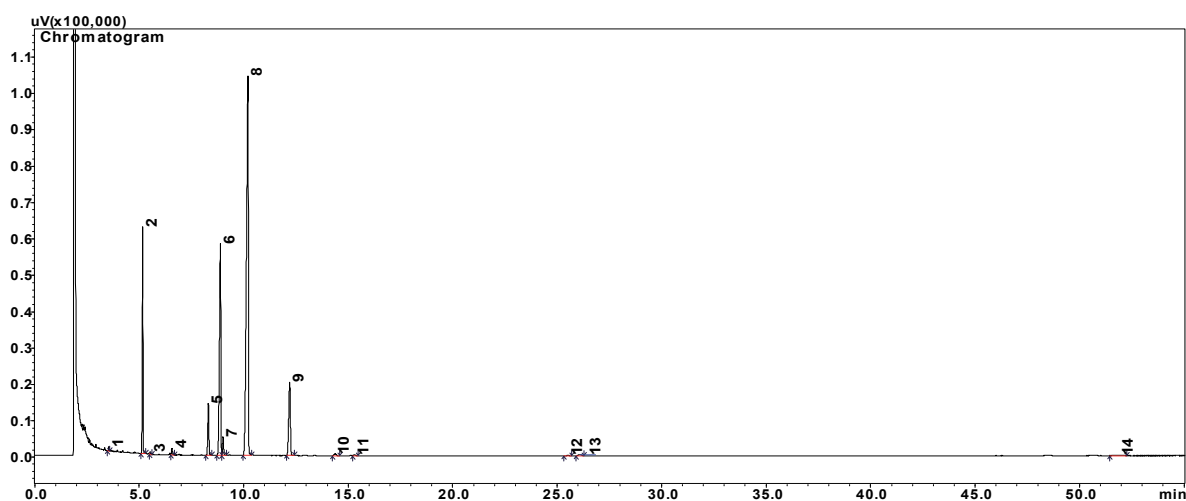
Жирнокислотный состав обычного тофу и тофу с добавлением НПК, %

| № п/п | Кислота | Тривиальное название | Концентрация в обычном тофу | Концентрация в сыре тофу с НПК |
|-------|---------|---|-----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 14:0 | Миристиновая кислота | 0.11 | 0.19 |
| 2 | 16:0 | Пальмитиновая кислота | 11.84 | 12.74 |
| 3 | 16:1n-7 | Пальмитолеиновая кислота | 0.13 | 0.16 |
| 4 | | Неидентифицированная | 0.40 | 0.39 |
| 5 | 18:0 | Стеариновая кислота | 4.38 | 4.35 |
| 6 | 18:1n-9 | Олеиновая кислота | 20.88 | 20.56 |
| 7 | 18:1n-7 | Вакценовая кислота | 1.49 | 1.54 |
| 8 | 18:2n-6 | Линолевая кислота | 50.95 | 50.33 |
| 9 | 18:3n-3 | α -Линоленовая кислота | 8.40 | 8.37 |
| 10 | 20:0 | Арахидиновая кислота | 0.32 | 0.34 |
| 11 | 20:1n-9 | Гондоиновая кислота | 0.15 | 0.16 |
| 12 | 20:5n-3 | Тимнодоновая кислота Эйкозопентаеновая (ЭПК) | - | 0.17 |
| 13 | 22:0 | Бегеновая кислота | 0.36 | 0.36 |
| 14 | 22:6n-3 | Цервоновая кислота Докозагексаеновая (ДГК) | - | 0.34 |

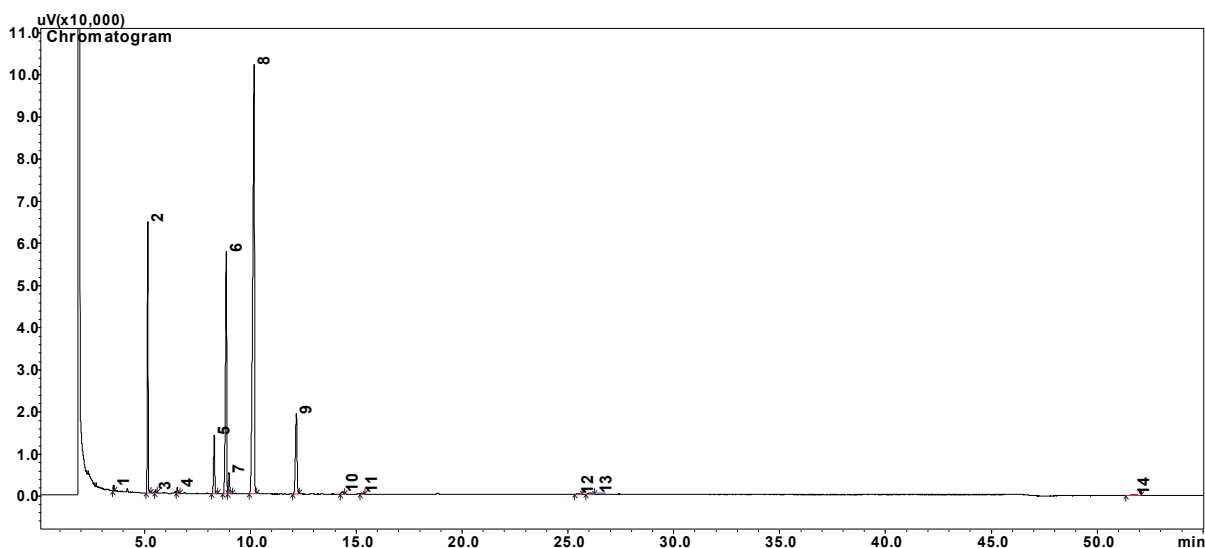
Из данных табл. 4 можно сделать вывод, что внесение НПК в соевый сыр тофу в количестве 10 % от массы соевого продукта также изменило состав ПНЖК в полученном продукте. Сумма всех насыщенных ЖК составляет 17,98 %, сумма моновенасыщенных ЖК – 22,42 %, а сумма полиненасыщенных ЖК – 59,21 %, из них приходится на ЖК ω -3 – 8,88 %, а на ω -6 – 50,33 %.

В данном случае в состав ЖК также вошли ЭПК и ДГК, как и в случае с сыром «Адыгейский», из чего можно сделать вывод, что с помощью добавления НПК можно скорректировать содержание ЖК в продукте.

Также ПНЖК можно наблюдать на хроматограммах 1 и 2.



Хроматограмма 1. ГЖХ метиловых эфиров ЖК в «Адыгейском» сыре с НПК



Хроматограмма 2. ГЖХ метиловых эфиров ЖК в сыре тофу с НПК

Анализ проводился по значению плотностей хроматографа. На хроматограммах видно несколько высоких пиков под цифрами 2 – пальмитиновая кислота, 6 – олеиновая кислота и 8 – линолевая кислота. Эти пики самые высокие на всех хроматограммах, что говорит о наибольшей концентрации данных ПНЖК. Так, пик № 8 – линолевая кислота – составляет около 50 % концентрации. Пики поменьше, отмеченные номерами 5, – на стеариновую кислоту под № 5, вакценовую кислоту № 7 и α -Линоленовую кислоту под № 9 приходится не выше 10 %.

Несмотря на то что по своему объему показания кислот ЭПК и ДГК не превышают 1 %, появление данных ЖК в аналоге сыра «Адыгейский» и соевом сыре тофу было бы невозможно без добавления НПК из молок лососевых рыб.

Выводы

Проведенное исследование наглядно показывает, что НПК из молок лососевых рыб имеет низкое содержание жиров.

Уровень ПНЖК ω -3, в аналогах продуктов, так, в сыре «Адыгейский» возросло содержание α -Линоленовой кислоты на 0,27 %, прибавилась ЭПК в количестве 0,11 % и ДГК в количестве 0,23 %.

В соевом сыре тофу после добавления НПК также были обнаружены следы ЭПК в количестве 0,17 % и ДГК в количестве 0,34 %.

Несмотря на то что содержание ЭПК и ДГК в получаемых продуктах увеличивается незначительно, тем не менее применение НПК из молок лососевых в производстве аналогов позволяет создавать аналоги мягких сыров без рыбного вкуса и запаха, несколько корректируя содержание ПНЖК, и обогатит его ЭПК и ДГК, но в незначительных количествах, и потребление только этих продуктов не сможет полностью восполнять дефицит этих кислот, а только незначительную его часть.

Библиографический список

- 1 . Дятловицкая Э.В., Безуглов В.В. Липиды как биоэффекторы // Биохимия. 1998. Т. 63. № 1. С. 3–5.
- 2 . Мусина О.Н. Комплексное монографическое исследование «Комбинированные сыры» // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 6. С. 60–63
- 3 . Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. МР 2.3.1.2432–08.

- 4 . Патент РФ № 2122856. Способ получения нуклеопротеинового комплекса / Эпштейн Л.М., Касьяненко Ю.М., Артюков А.А. Заявл. 28.06.1995. Оpubл. 10.12.1998.
- 5 . Bligh, E.G. Dyer W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification / Bligh E.G., Dyer W. J. // Can. Journal Biochem. Physiol. – 1959. – Vol. 37. – P. 911-917.
- 6 . Carreau, J. P., Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts / J. P., Carreau, J. P., Dubacq // Journal of Chromatography A – 1978. – Vol. 151. – P. 384–390.
- 7 . Christie, W. W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography - a reappraisal // J. Chromatogr. 1978. 447. (2). 305–314.
- 8 . Luiken J.J., Glatz J.F., Bonen A. Fatty acid transport proteins facilitate fatty acid uptake in skeletal muscle // Can. J. Appl. Physiol. 2000. V.25. P.333-351.
- 9 . Salem N. Omega-3 fatty acids: molecular and biochemical aspects // Scala J. 1989. P.127.

A.A. Kostenko, I.N. Kim
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

INFLUENCE OF NPC FROM MILK OF SALMON ON THE FATTY ACID COMPOSITION OF THE PRODUCT

This paper describes an experiment to study the fatty acid composition in the product analogues. After adding the PNC from salmon milk in "Adyghe" cheese in an amount of 30%, and soy cheese "tofu" 10% of the composition of fatty acids changed somewhat, there ESA and DSA also increased the concentration and some other acids. From the research carried out by us, we can conclude that by adding a PNC of salmon milk composition can be adjusted somewhat soft cheeses.

Keywords: *Soft cheeses, NPC, milk, fatty acid composition, fatty acids.*

О.Н. Кривонос¹, Н.В. Долганова¹, Л.М. Есина², Л.А. Горбенко²

¹ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

²Керченский филиал («ЮгНИРО») ФГБНУ «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» Керчь, Россия
e-mail: kryvonos.olga@mail.ru

РАЗМЕРНО-МАССОВЫЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БЫЧКА АЗОВСКОГО

Рассмотрен размерно-массовый и химический состав бычка азовского (*Gobiidae* sp, англ. Bullhead), показывающий, что данная рыба является мелкой рыбой с высоким выходом после разделки: обезглавленный – 54 %, тушка – 51,8 %. Результаты исследования химического состава мышечной ткани бычка свидетельствуют о том, что данная рыба является белковой и тощей.

Приведенные данные характеризуют объект как ценное сырье для промышленной переработки и использования в качестве основы для производства кулинарной продукции длительного хранения.

Ключевые слова: бычок азовский, *Gobius melanostomus* Pallas, кулинария, длительное хранение.

Введение

За последние годы рыбная отрасль в Республике Крым активно развивается. Одним из перспективных объектов промысла в акватории Черного и Азовского морей является бычок азовский. По данным Керченского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», г. Ростов-на-Дону, запасы бычка в море на 2017 г. составили 115,0 тыс. т. По состоянию на 1 декабря 2017 г., по данным Азово-Черноморского территориального управления Росрыболовства, вылов бычка в акватории Азовского моря составил 7,4 тыс. т. По сравнению с 2016 г. вылов остался на прежнем уровне [1]. Приоритетным направлением использования бычка является производство кулинарной продукции длительного хранения. Поскольку отсутствуют бассейновые нормы отходов и потерь при разделке данного сырья, данная работа является актуальной. Цель данной статьи – определение норм отходов, потерь и выхода при разделке бычка.

Материалы и методы

Объектом исследования опытных работ являлся бычок кругляк (*Gobius melanostomus* Pallas), выловленный в Азовском море в период с июля по август 2017 г. Бычок имеет продолговатое тело, большую круглую голову, крупные, близко расположенные друг к другу глаза, два верхних плавника, а внизу – присоску, возникшую от срастания брюшных плавников.

Питается рыбой, моллюсками, ракообразными, червями и др. Бычки плохо переносят колебания температуры воды и резкие перемены погоды, поэтому с наступлением холодов уходят на глубину.

Бычок кругляк – самый многочисленный вид семейства *Gobiidae* в Черном и Азовском морях, обладает хорошим, приятным вкусом и белым мясом. Данный вид промысловой рыбы длиной более 10 см [2] в основном используется для изготовления рыбных консервов, вяления и сушки.

Для проведения опытно-контрольных работ использовали охлажденный бычок.

Порядок проведения работ по определению норм расхода сырья – по методике [3]. Химический и размерно-массовый состав сырья определяли стандартными методами [4, 5]. Для исследования химического состава рыбу разделяли на филе без кожи, измельчали на мясорубке с диаметром отверстий решетки 3 мм. Полученный фарш исследовали соответствующими методами.

Результаты и их обсуждение

Характеристика органолептических показателей бычка представлена в табл. 1.

Таблица 1

Органолептические показатели охлажденного бычка

| Наименование показателя | Характеристика |
|-------------------------|---|
| Внешний вид | Поверхность рыбы чистая, цвет свойственный бычку. Примесь других видов рыб отсутствовала |
| Наружные повреждения | Лопнувшее брюшко без выпадения и с выпадением внутренностей наблюдалось в бычках разных дат вылова от 20 % до 44 % (по счету), что значительно превышает значение, нормируемое стандартом (не более 15 %) [6] |
| Консистенция | От плотной до ослабевшей |
| Запах | Свойственный свежим бычкам, без постороннего запаха |

Исследование размерно-массового состава рыбы показало, что в уловах встречаются бычки длиной 10–14 см и массой 30–50 г.

При производстве продукции из бычка применяются следующие виды разделки бычка [6, 7]:

- обезглавленный – бычок, у которого ровным срезом удалена голова с пучком внутренностей, икра или молоки, остатки внутренностей могут быть оставлены;

- тушка – потрошенный обезглавленный бычок, у которого удален хвостовой плавник.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к разделке, при проведении опытно-контрольных работ определяли отдельно массу голов, массу внутренностей (в том числе печени), массу полученного обезглавленного бычка, а также после удаления хвостовых плавников массу тушек. Результаты опытно-контрольных работ по разделке бычка представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты опытно-контрольных работ по разделке бычка на тушку

| Дата проведения ОКР | Средняя длина бычка, см | Средняя масса бычка, г | Отходы и потери, % | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|--|--------------|-------------|--------|--------------------|----------------------------|------|
| | | | Голова с плечевыми костями и грудными плавниками | Внутренности | | | Плавники хвостовые | Итого отходов при разделке | |
| | | | | Всего | В том числе | | | | |
| | | | | икра | молоки | печень | | | |
| 28.07.2017 (косой срез) | 11,2 | 33,0 | 33,8 | 10,8 | – | – | 3,0 | 1,8 | 46,4 |
| 05.08.2017 (косой срез) | 10,5 | 25,7 | 33,9 | 8,7 | – | – | 3,0 | 1,9 | 44,5 |
| 24.08.2017 (прямой срез) | 10,8 | 32,2 | 35,1 | 11,2 | – | – | 3,2 | 2,0 | 48,3 |
| 29.08.2017 (косой срез) | 13,0 | 44,4 | 33,5 | 8,8 | – | – | 3,6 | 2,8 | 45,1 |
| 31.08.2017 (прямой срез) | 10,6 | 29,9 | 34,8 | 9,8 | – | – | 2,8 | 2,1 | 46,7 |
| Среднее значение | – | – | 34,2 | 9,9 | – | – | 3,2 | 2,1 | 46,2 |

В требованиях к разделке не оговаривается, какой срез (прямой или косой) необходимо делать при удалении головы. Удаление головы прямым срезом приводит к тому, что определенная часть мышечной ткани приголовка остается на голове, что приводит к увеличению потерь до 1,3 % по сравнению с прямым срезом.

Для расчета коэффициента расхода сырья взяты средние значения отходов и потерь, полученные при проведении опытно-контрольных работ по разделке бычка. Потери при разделке, зачистке, мойке приняты в пределах общепринятых норм (2 %) (табл. 3).

Выход обезглавленного бычка в среднем составил 54 %, тушки – 51,8 %.

При производстве кулинарной продукции длительного хранения из бычка азовского приоритетной является разделка на обезглавленного бычка, так как следующая операция «обесшкуривание» проводится на шкуроеъемной машине, которая предусматривает удаление хвостового плавника.

Таблица 3

Средние данные по нормы отходов, потерь, выхода разделанного бычка на все виды обработки, % к массе промытой рыбы, поступившей на разделку

| Вид рыбы, характеристика сырья | Вид и способ разделки | Внутренности | | | | | | | | | | Итого отходов при разделке | Потери при разделке, зачистке | Всего отходов и потерь | Выход разделанной рыбы |
|--------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|------|--------|----------|-------------------|-------|------|-------|--------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------|
| | | Голова | В том числе | | | плавники | Позвоночная кость | Кости | Кожа | Чешуя | | | | | |
| | | | Всего | икра | молоки | | | | | | печень | | | | |
| Бычок охлажденный | Обезглавленный | 34,2 | 9,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 44,1 | 2,0 | 46,0 | 54,0 |
| | Тушка | 34,2 | 9,9 | - | - | - | 2,1 | - | - | - | - | 46,2 | 2,0 | 48,2 | 51,8 |

Основным показателем качества рыбы, ее пищевой ценности является содержание жира и белковых веществ. Содержание в бычке воды – 77,3 %, белка – 19,6 %, жира – 0,4 % (дата вылова 29.08.2017). По данным результатам можно сделать вывод, что бычок азовский является белковой тощей рыбой [8].

Для определения наиболее целесообразного вида обработки данного сырья используют белково-водный (БВК) и белково-водно-жировой (БВЖК) коэффициенты. Сравниваются данные коэффициентов с показателями, характеризующими структурные и механические свойства рыбы.

Белково-водный коэффициент – это отношение содержания белка к содержанию воды (БВК). В данном случае он будет равен:

$$\text{БВК} = 19,6 / 77,7 = 0,252 \%$$

Белково-водно-жировой коэффициент – это отношение содержания белка к содержанию воды и жира (БВЖК):

$$\text{БВЖК} = 19,6 / (77,7 + 0,4) = 0,251 \%$$

По рассчитанным критериальным показателям общего химического состава (белково-водному коэффициенту, белково-водно-жировому коэффициенту, согласно классификации, предложенной И.П. Леванидовым [9], бычка азовского можно отнести, к промысловым рыбам V и VI групп, для которых применяются все виды обработки (производство консервов, копченой, вяленой, соленой и кулинарной продукции).

Выводы

Таким образом, бычок азовский является мелкой рыбой с высоким выходом: обезглавленный – 54 %, тушка – 51,8 %. По своему химическому составу (содержание воды – 77,3 %, белка – 19,6 %, жира – 0,4 %) данный объект можно отнести к белковым тощим рыбам и рассматривать как диетический продукт. Исходя из белково-водного и белково-водно-жирового коэффициентов к бычкам применимы все виды обработки, в том числе производство кулинарной продукции.

Библиографический список:

1. Кривонос О.Н., Долганова Н.В., Виннов А.С. Маркетинговые исследования потребительского спроса на замороженную кулинарную продукцию из азовского бычка // Товаровед продовольственных товаров. 2017. № 3 (153). С. 22–26.
2. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 1 августа 2013 г. № 293 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна».
3. Методики определения норм расхода сырья при производстве продукции из гидробионтов / под ред. Е.Н. Харенко. М.: ВНИРО, 2002. 270 С.
4. ГОСТ 1368-2003 Рыба. Длина и масса. М.: Изд-во стандартов, 2004. 14 с.
5. ГОСТ 7636-85 Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1991. 131 с.
6. ГОСТ 32005-2012 Рыба мелкая охлажденная. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 7 с.
7. ГОСТ 32744-2014 Рыба мелкая мороженая. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 18 с.
8. Репников, Б.Т. Товароведение и биохимия рыбных товаров : учебное пособие / Б.Т. Репников. М.: Дашков и К, 2007. 46 с.
9. Леванидов, И.П. Классификация рыб по содержанию в их мясе жира и белков / И.П. Леванидов // Рыбное хозяйство. 1968. № 10. С. 64–66.

O.N. Krivonos¹, N.V. Dolganova¹, L.M. Esina², L.A. Gorbenko²

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Kerch Branch («YugNIRO») of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Azov Research Institute for Fisheries», Kerch, Russia

e-mail: kryvonos.olga@mail.ru

LENGTH AND WEIGHT DATA ON THE ROUND GOBY, AND ITS CHEMICAL COMPOSITION

Length and weight data on the round goby (Gobiidae sp.) is given, and its chemical composition is considered; it indicates that this fish is small, with big yield value after its dressing: 54 % for beheaded fish, 51.8 % for fish trunk. The results of research studies, performed on chemical composition of the muscular tissue of the goby, give evidence that this fish is very high-protein and lean.

The presented data characterize the subject of this study as valuable raw material for industrial processing and its application as a basis for long-storage food products.

Keywords: round goby, *Gobius melanostomus* Pallas, cooking, long-term storage.

Ю.А. Максименко, И.Ю. Алексанян, Р.В. Муцаев
ФБГОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

СУШИЛКА ДЛЯ ЖИДКИХ БИОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РАСПЫЛЕННОМ СОСТОЯНИИ

Предложен рациональный метод распылительной сушки для жидких биополимерных систем в технологиях рыбных продуктов. Разработанная рациональная конструкция распылительной сушильной установки позволяет увеличить интенсивность процесса и осуществлять циркуляционное перемешивание, предварительный нагрев и струйную подачу продукта при сушке. Положительный эффект предлагаемого устройства обеспечивается за счет увеличения интенсивности и качества процесса сушки. Предложена принципиально новая схема организации процесса распылительной сушки и ее конструкторское решение для минимизации и устранения недостатков, присущих традиционным конструкциям.

Ключевые слова: *теплообмен, сушка, распылительная сушка, переработка рыбного сырья, теплоперенос.*

Введение

Одной из первостепенных задач для развития экономики РФ является создание технологических и производственных условий для выработки конкурентоспособной и экологически безопасной пищевой, и в частности рыбной продукции, при максимальной утилизации промышленных отходов. Водные биоресурсы, а также продукция индустриальной переработки гидробионтов широко используются при получении продуктов массового спроса и играют важную роль в обеспечении полноценного питания населения. Причем рынок их сбыта практически неограничен.

Ввиду того что рыбная продукция является преимущественно скоропортящейся, необходимо обеспечение особых условий при организации процессов транспортирования, хранения и переработки рыбного сырья, полуфабрикатов и готовой пищевой продукции, что затрудняет организацию производственного цикла, ведет к повышению себестоимости товара и производственных рисков.

Использование сухих материалов для длительного хранения оправдано с экономической и технологической точек зрения, учитывая снижение стоимости хранения и транспортировки сырья и полуфабрикатов.

Использование сухих тонкодисперсных ингредиентов в качестве пищевых добавок и премиксов на предприятиях пищевой промышленности дает им возможность расширять ассортимент товарной продукции при росте ее пищевой и биологической ценности и варьировании калорийности. Учитывая повышение спроса на сушеные порошковые пищевые материалы, актуальна реализация даже малозначительной модернизации промышленных технологий обезвоживания, что при значительном объеме продаж подобной продукции ведет к существенной экономической выгоде и, соответственно, к рентабельности работы ее производителей.

Распылительные сушильные установки традиционно используются для обезвоживания жидких биополимерных систем в технологиях рыбных продуктов при производстве сухих дисперсных материалов. Распылительная технология широко применяется для сушки рыбных бульонов и гидролизатов, овариальной и семенной жидкости рыб и др. (далее продукты)[1].

Принимая во внимание современные объемы перерабатываемой рыбной продукции, в настоящее время актуальны исследования в области энергосбережения и совершенствования отдельных технологических стадий технологии рыбопереработки.

Основная часть

Анализ результатов проведенных исследований при учете имеющегося инженерного опыта пусконаладочных и ремонтных работ, а также эксплуатации сушильного оборудования совместно научным коллективом кафедры «Технологические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет» рекомендован ряд конструкторских решений для рациональной организации и повышения эффективности сушки продуктов в диспергированном состоянии.

В частности, предлагается способ сушки (рис. 1), позволяющий равномерно по высоте рабочей камеры подавать теплоноситель, что дает возможность увеличить продолжительность витания дисперсных частичек и свести до минимума контактирование и налипание частиц продукта с внутренними конструктивными элементами сушилки.

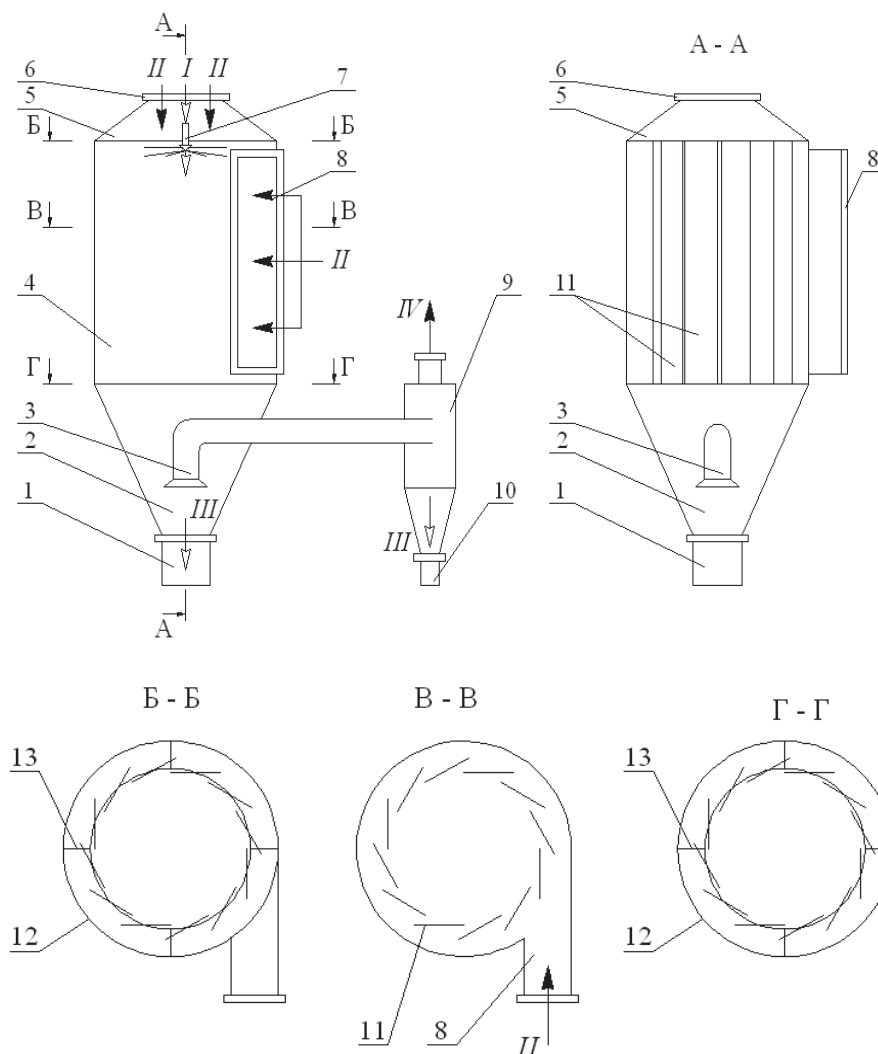


Рис. 1. Распылительная сушилка: 1 – узел выгрузки сухого продукта; 2 – нижняя коническая часть сушильной камеры; 3 – система отсоса; 4 – цилиндрическая часть сушильной камеры; 5 – верхняя часть сушильной камеры; 6 – верхний патрубок ввода сушильного агента; 7 – распылитель; 8 – патрубок ввода сушильного агента; 9 – циклон; 10 – сборник сухого продукта; 11 – вертикальные прямоугольные перегородки; 12 – сушильная камера; 13 – крепления

Также предлагается усовершенствованная конструкция аппарата для двухзонного распылительного обезвоживания (в отличие от установки на рис. 1), в которой 1-я зона прямоточного фазового контакта проходит в малом цилиндре, а во 2-й зоне совмещается прямоточный и дополнительный перекрестный фазовый контакт в большом цилиндре для организации вихревого аэродинамического фазового контактирования (рис. 2). Исходный

материал посредством распылителя 4 направляется в малый цилиндр 2. Введение теплоносителя происходит по патрубкам 7 и 8, расположенным в малом 2 и большом 3 цилиндрах соответственно. В цилиндре 2 организован прямоточный фазовый, а 3 цилиндре – совмещение прямоточного и перекрестного фазовых контактов при подаче теплоносителя между перегородками 9 в щелевые зазоры. Частицы материала при фазовом контакте сохнут и отводятся в узел выгрузки 6, а отработанный теплоноситель отводится через отсосную систему 5.

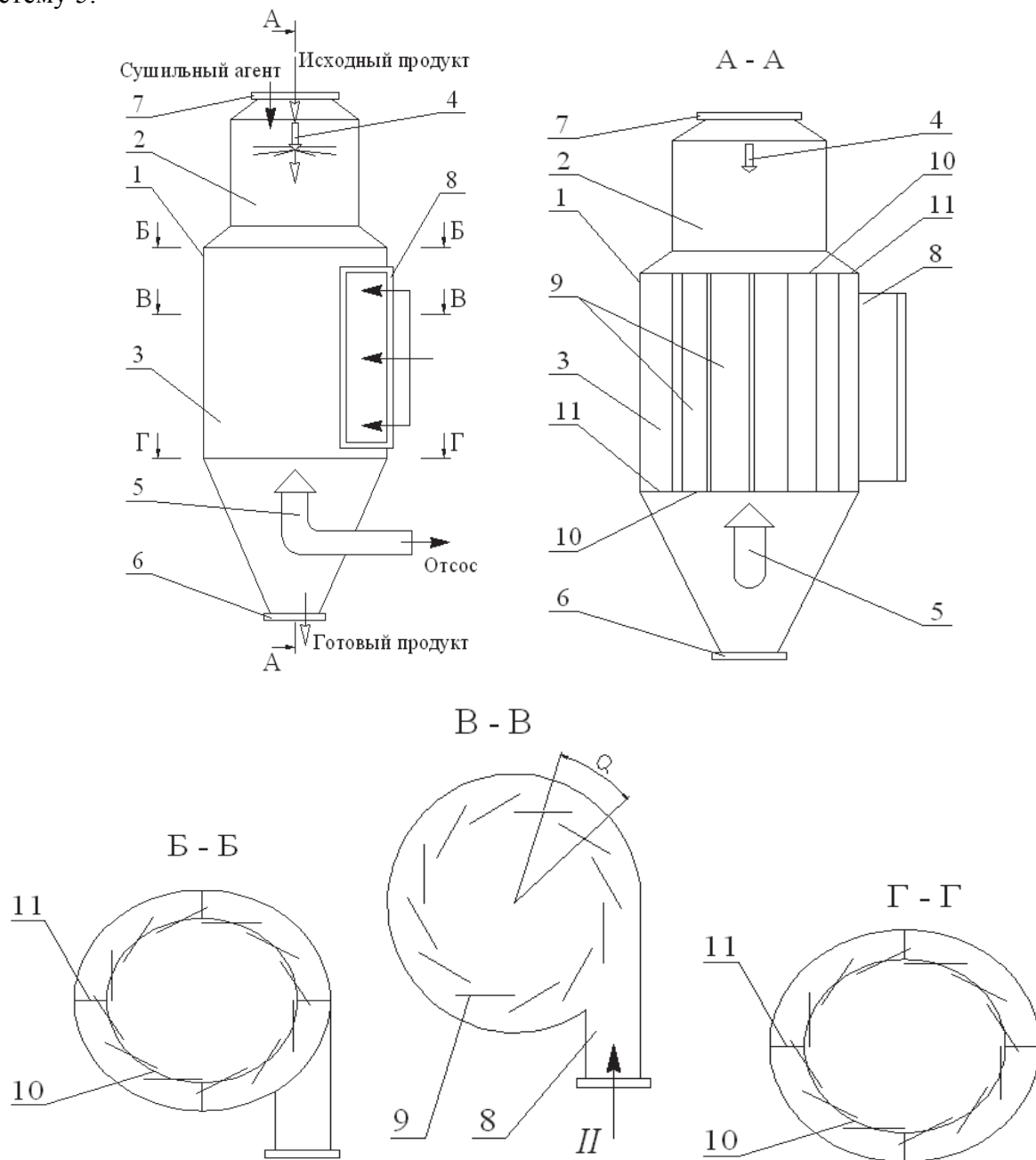


Рис. 2. Распылительная сушилка: 1 – сушильная камера; 2, 3 – полые цилиндры; 4 – распылитель; 5 – система отсоса; 6 – узел выгрузки; 7, 8 – патрубок для ввода сушильного агента; 9 – вертикальные прямоугольные перегородки; 10 – крепления; 11 – стержневые крепежные элементы
 Кроме того, предлагается вихревая конвективно-радиационная распылительная сушилка с аэродинамическим фазовым контактом (рисунки 3 и 4), позволяющая увеличить продолжительность обезвоживания и витания дисперсных частиц в рабочей камере при сведении до минимума налипания продукта на внутреннюю поверхность сушилки

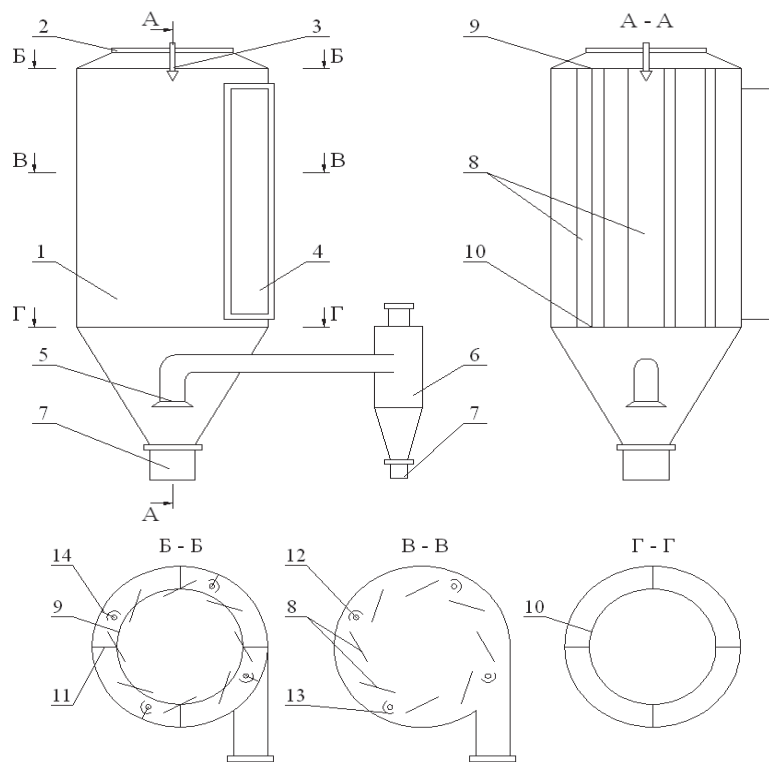


Рис. 3. Установка конвективно-радиационной распылительной сушки: 1 – сушильная камера; 2, 4 – патрубок для ввода сушильного агента; 3 – распылитель; 5 – система отсоса; 6 – циклон; 7 – сборник сухого материала; 8 – вертикальные прямоугольные перегородки; 9, 10 – крепления; 11 – стержневые крепежные элементы; 12 – излучатели КГТ-220-1000; 13 – отражатели; 14 – крепления

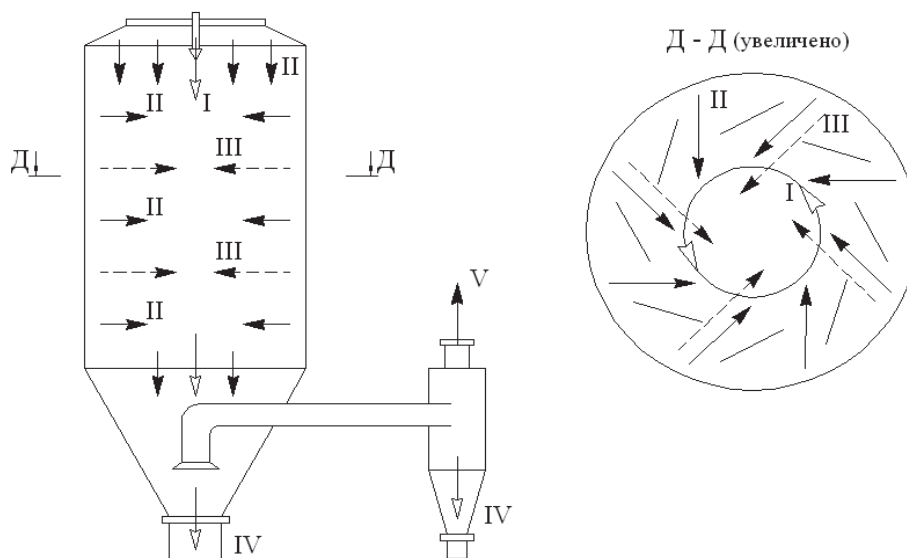


Рис. 4. Схема распределения потоков в установке конвективно-радиационной распылительной сушки: I – исходный продукт; II – сушильный агент; III – инфракрасное излучение; IV – сухой продукт; V – отработавший сушильный агент

Данная конструкция дает возможность интенсификации процесса удаления влаги за счет комбинации конвективного и радиационного подвода тепловой энергии при организации активного вихревого аэродинамического фазового контакта [2].

Специфические особенности сушки в распыленном состоянии обуславливают ряд характерных достоинств этого способа: высокое качество высушиваемого продукта, так как

отсутствует его перегрев; готовый продукт не требует дополнительного измельчения и обладает высокой растворимостью; возможность исключения из технологии энергоемкой стадии предварительного выпаривания. Наряду с достоинствами следует отметить некоторые недостатки распылительной сушилки: сложность оборудования для распыливания и улавливания сухих частиц; сложность управления процессом и контроля качественных показателей продукта при переработке; значительные удельные габариты установок, работающих при мягких режимах; и др. Недостатки обуславливают значительные энергетические и материальные затраты при эксплуатации.

На основе анализа современного состояния техники и технологии сушилки предложен рациональный метод, позволяющий увеличить интенсивность процесса и дополнительно осуществлять циркуляционное перемешивание, предварительный нагрев и струйную подачу продукта при сушке. Положительный эффект предлагаемого устройства обеспечивается за счет увеличения эффективности и качества процесса сушки.

На рис. 5 изображено предлагаемое устройство. Оно имеет вертикальную сушильную камеру, образованную двумя усеченными конусами 1, 2 и цилиндром 3; газоход для подачи теплоносителя 4; трубчатый кольцевой питатель 5, оснащенный по периферии гидравлическими форсунками 6; переливные перегородки 7 и 14; насос 8; газораспределительную решетку 9, выполненную в виде пластины круглого сечения с отверстиями, по периметру которых жестко закреплены отрезки труб, накрытые сверху колпачками 15; газоход отработавшего теплоносителя 10; циклон 11; трубопровод 12; вентиль 13.

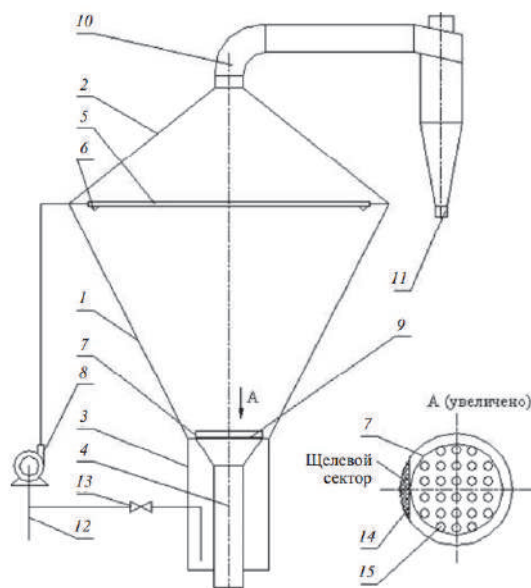


Рис. 5. Сушильная установка: 1,2 – усеченные конусы; 3 – цилиндр; 4 – газоход для подачи теплоносителя; 5 – трубчатый кольцевой питатель; 6 – гидравлические форсунки; 7,14 – переливные перегородки; 8 – насос; 9 – газораспределительная решетка; 10 – газоход отработавшего теплоносителя; 11 – циклон; 12 – трубопровод; 13 – вентиль; 15 – колпачки

Устройство работает следующим образом (рисунки 5, 6). Полый цилиндр сушильной камеры 3 от трубопровода 12 через трубчатый кольцевой питатель 5 и гидравлические форсунки 6 предварительно заполняется подлежащим сушке продуктом с помощью насоса 8, после чего по газоходу 4 производится подача сушильного агента в рабочий объем сушилки, образованный двумя усеченными конусами 1 и 2. Далее производится открытие вентиля 13. Вентиль 13 позволяет непрерывно осуществлять посредством питателя 5 и гидравлических форсунок 6 циркуляционное перемешивание продукта, подлежащего сушке, его дополнительный подвод от трубопровода 12 и предварительный нагрев за счет теплоносителя.

Поток теплоносителя при поступлении в слой жидкого продукта через перфорации колпачков 15 газораспределительной решетки 9 разбивается на струи, которые с большой скоростью входят в жидкий продукт. В пространстве между смежными колпачками газовые и жидкостные струи сталкиваются, деформируясь, и образуют слой газожидкостной системы (пены) с сильно развитой поверхностью контакта продукта и теплоносителя, при этом образуется псевдокипящий слой распыленных частиц продукта.

Распыленные частицы продукта при контакте с сушильным агентом высыхают и транспортируются потоком теплоносителя по газоходу 10 в циклон 11, где за счет возникающей центробежной силы происходит отделение сухого продукта от отработавшего теплоносителя. При циркуляционном перемешивании продукт непрерывно подается гидравлическими форсунками 6 на стенки сушильной камеры, омывая их, за счет чего исключается налипание и контакт распыленных частиц продукта со стенками сушильной камеры, а следовательно, нарастающее загрязнение стенок в процессе распылительной сушки.

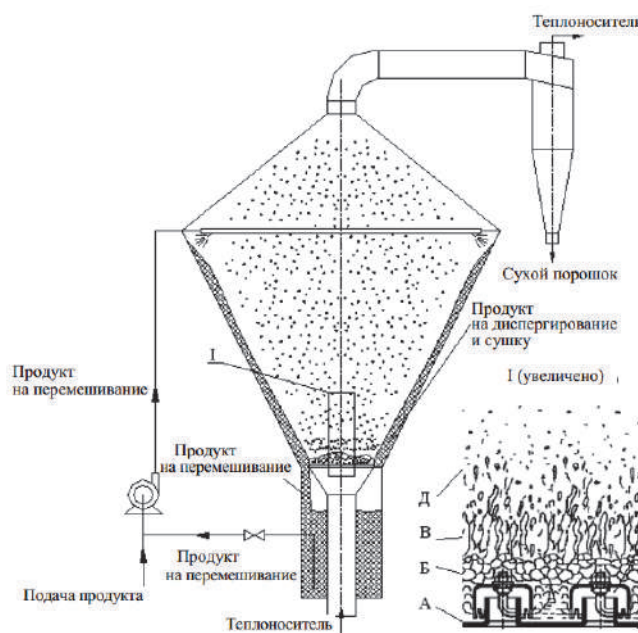


Рис. 6. Принцип работы сушильной установки

При работе устройства, с целью непрерывного и качественного высушивания продукта, необходимо согласование расходов вновь подводимого по трубопроводу 12 продукта и продукта, диспергируемого на поверхности газораспределительной решетки 9. Количество гидравлических форсунок 6 в кольцевом питателе 5 определяется из условия полного омывания стенок сушильной камеры струями продукта без его диспергирования в зависимости от расхода продукта и размеров сушильной камеры. В рабочий объем сушилки при диспергировании попадают частицы продукта различных размеров. Мелкие частицы, скорость движения которых меньше скорости движения теплоносителя в рабочем объеме сушильной камеры, транспортируются потоком теплоносителя в циклон 11, при этом происходит их досушка. Крупные, вследствие того, что скорость теплоносителя меньше их скорости движения, под действием силы тяжести вновь возвращаются на газораспределительную решетку 9, благодаря чему обеспечивается надежная работа устройства при возможных технологических колебаниях режимов распыления и сушки продукта ввиду изменения расходных параметров процесса и физико-химических характеристик продукта.

Скорость теплоносителя, подаваемого под газораспределительную решетку 9, должна соответствовать режиму уноса частиц продукта с поверхности решетки.

Все пространство между смежными колпачками 15 может быть разбито на следующие основные зоны (см. рис. 2): небазируемой жидкости (зона А); недеформируемых струй

(зона Б); деформируемых струй – пены (зона В); взвешенных частиц продукта (зона Д). Для зоны пены (зона В) характерна наиболее развитая поверхность массообменного контакта продукта с теплоносителем. Высота зоны пены возрастает с увеличением слоя жидкого продукта на газораспределительной решетке и скорости потока теплоносителя. Высота слоя жидкого продукта на газораспределительной решетке устанавливается и регулируется с помощью переливных перегородок 7 и 14. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что при увеличении высоты слоя пены увеличивается гидравлическое сопротивление движению потока теплоносителя. Переливная перегородка 14 образует с поверхностью сушильной камеры щелевой сектор для возврата части продукта в цилиндр 3 при циркуляционном перемешивании.

Дальнейшее развитие получает проведение исследований по учету при проектировании сушильной техники кинетических закономерностей процесса [3] и комплекса свойств объектов сушки, в том числе термодинамических [4], структурно-механических и теплофизических. Кроме того, необходима разработка математических моделей для оперативного управления процессом и качеством продукции, а также автоматизации работы сушильной установки.

Заключение

Предложенный рациональный метод позволяет увеличить интенсивность процесса и осуществлять циркуляционное перемешивание, предварительный нагрев и струйную подачу продукта при сушке. Положительный эффект предлагаемого устройства обеспечивается за счет увеличения интенсивности и качества процесса сушки. Предложена принципиально новая схема организации процесса распылительной сушки и ее конструкторское решение для минимизации/устранения недостатков, присущих традиционным конструкциям, а также для расширения перспектив использования сушильной техники для организации процессов комплексной переработки рыбного сырья.

Библиографический список

1. Сагдуллаев Б.Т., Шахидоятов Р.Х., Сафонова Э.В., Ходжаева М.А., Турахожаев М.Т. Технология получения сухого экстракта из корней *althaeaarmoniaca* // Химико-фармацевтический журнал. Т. 37, № 7. 2003. С. 18–19.
2. Петровичев О.А. Исследование тепломассообменных и гидромеханических процессов при распылительной сушке пектинового экстракта: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2007. 58 с.
3. Максименко Ю.А. Исследование кинетики процесса распылительной сушки овариальной жидкости рыб осетровых пород в технологии икорного золя // Вестник АГТУ. Сер. «Рыбное хозяйство». 2/2011. Астрахань: АГТУ, 2011. С. 162–166.
4. Харенко Е.Н., Максименко Ю.А., Терешонков С.А., Дмитриева Е.А. Исследование статистики процесса сушки овариальной жидкости рыб осетровых пород для совершенствования технологии икорного золя // Вестник АГТУ. Сер. «Рыбное хозяйство». 2012. №2 (Ноябрь). Астрахань: АГТУ, 2012. С. 178–181.

Y.A. Maksimenko, I.Y. Aleksanyan, R.V. Mutsaev

INSTALLING THE RACK FOR DRYING LIQUID BIOPOLYMER SYSTEMS

Proposed a rational method of spray drying liquid biopolymer systems in technologies of fish products. Developed by rational design of spray drying installation allows you to increase the intensity of the process and implement the circulation mixing, preheating and ink supply of the product at to drying. The positive effect of the proposed device is provided due to increase in intensity and quality of the drying process. The author proposes a new scheme for the spray drying process and its design solution to minimize and eliminate the drawbacks inherent to traditional designs.

С.Н. Максимова, Е.В. Шадрина
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ МОРСКИХ ЗВЕЗД В ПТИЦЕВОДСТВЕ

Разработаны рекомендации по включению кормовой добавки из морских звезд в состав комбикорма в рационе птиц (кур). Исследована эффективность применения кормовой добавки на курах-несушках. Установлено, что разработанная кормовая добавка из морских звезд, испытанная на курах, способствует увеличению яйценоскости птиц и повышает качественные характеристики яйца. Кормовая добавка из морских звезд, полученная по разработанной технологии, рекомендуется для сельскохозяйственной птицы в качестве добавки в их рацион в количестве 3–7%.

Птицеводство – важная отрасль агропромышленного комплекса, производящая полезные для здоровья человека продукты питания. Эффективное использование кормов, их кормовая и биологическая ценность оказывают серьезное влияние на продуктивность птицы и соответственно экономику отрасли.

Комбикормовая промышленность Дальневосточного региона выпускает комбикорма для кур из ингредиентов, завозимых с западных регионов РФ и Китая. Такое положение дел сказывается на себестоимости продукции. При этом географическое расположение Дальневосточного региона предопределяет использование в кормлении птиц бюджетного сырья из водных биоресурсов, отличающегося при этом высокой биологической ценностью.

Специалисты птицеводства считают, что реализация генетического потенциала птицы невозможна без применения премиксов и белково-витаминно-минерального концентрата.

Исследование эффективности применения кормовой добавки из морских звезд осуществляли на базе ООО «Птицефабрика «Уссурийская».

Работа была направлена на разработку норм включения кормовой добавки из морских звезд в состав комбикорма в рационе птиц (кур).

Материалом исследований служили куры-несушки. Введение в состав комбикормов птиц добавки из нетрадиционного сырья (морских звезд) может быть эффективным способом оптимизации минерального и белкового питания кур-несушек.

Возраст птицы в период проведения опытов определялся целью исследования. Поскольку разработанная кормовая добавка характеризуется высоким содержанием минеральных веществ, в эксперименте использовали кур второй фазы продуктивности (43 недели). В такой фазе в связи с прекращением роста птицы и достижением максимальной массы яиц целесообразно уменьшить содержание в кормосмесях сырого протеина, лимитирующих аминокислот (лизина и метионина), а также линолевой кислоты. Куры при этом характеризуются спадом продуктивности. Для повышения качества скорлупы в рационах повышают содержание минеральных веществ, увеличивают уровень кальция при снижении уровня фосфора. Последние исследования по определению нормы кальция в рационах кур свидетельствуют о целесообразности повышения уровня кальция с возрастом несушек на 10–15 % от расчетной массы вследствие понижения его использования и увеличения массы яиц. Соотношение кальция и фосфора должно быть от 4:1 до 5,5:1, поскольку оно обеспечивает высокое качество скорлупы яйца [1; 2].

Известно, что во второй фазе продуктивности увеличивается потребность кур и в калии. К основным нормируемым в комбикормах для птицы макроэлементам также относятся натрий, а к микроэлементам – железо, медь, цинк, кобальт, марганец и йод. Столь обширный перечень нормируемых минеральных веществ для птицы связан с особенностями ее минерального обмена и характеристиками яйца.

При этом следует отметить, что отношение ученых птицеводов к высокому содержанию идеального протеина неоднозначное. Мнение ученых сходится лишь в том, что рационы, богатые таким протеином, целесообразны для использования только в стартовый период, когда птица съедает 15 % корма от общего потребления [3].

Таким образом, применение новой кормовой добавки, позволяющей поддержать сохранность и повысить продуктивность птицы, а также ослабить действие на нее негативных факторов, является *актуальным*. А внесение кормовой добавки из морских звезд, которая характеризуется средним содержанием протеина, низким содержанием жира и богатым минеральным составом, в том числе высоким содержанием кальция, в рацион кур-несушек *целесообразно*.

Кормление кур-несушек рационами, содержащими кормовую добавку из морских звезд, осуществлялось в течение 4 месяцев.

Свойства и состав корма относятся к экзогенным (внешним) факторам, влияющим на поедание корма птицами, которое зависит, прежде всего, от консистенции корма, поскольку при этом происходит взаимодействие чувств осязания и зрения. Действие вкусовых ощущений проявляется преимущественно при приеме жидких кормов. В связи с этим разработанную кормовую добавку производили в виде порошкообразной массы с крупинками. При составлении рациона массу измельчали до однородной консистенции и тщательно смешивали с другими компонентами рациона.

Дозировка разработанного кормового продукта в составе комбикорма обоснована рекомендациями различных производителей и литературных источников по внесению кормовых добавок морского происхождения в основной состав корма птиц. Рыбная мука – наиболее ценный источник протеина, аминокислот и минеральных веществ. Рекомендовано в рационах птицы применять ее в количестве от 2 до 7% в зависимости от возраста [4]. В других источниках данная величина колеблется от 3 до 10% [1].

Испытание кормового продукта осуществляли на фоне полнорационного стандартного комбикорма. Птицы были поделены на контрольную и 2 опытные группы (по 15 шт. в каждой).

Контрольная группа птиц получала полнорационный комбикорм без исследуемого кормового продукта, а опытная – экспериментальный премикс – комбикорм, содержащий кормовую добавку из морских звезд (КДМЗ). Определили следующее число опытных групп птицы и дозы оцениваемой кормовой добавки:

1-я опытная группа – 96% ПК + 3 % КДМЗ;

2-я опытная группа – 92 % ПК + 7 % КДМЗ.

Кур в группе подбирали по методу аналогов с учетом кросса, возраста, живой массы, развития.

Условия содержания, фронт кормления и поения, параметры микроклимата во всех группах были одинаковыми и соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Эксперимент разделили на 2 этапа.

Первый этап – предварительный, длительностью 5 дней, цель которого – приучить птицу к условиям опыта и исключить влияние предшествующего кормления. В последний день предварительного этапа дозу корма выдавали с расчетом, чтобы обеспечить его полное поедание. В заключение первого этапа птицу в течение 8 ч не кормили, после чего начинали второй этап.

На протяжении второго этапа тщательно учитывали потребление корма (и воды), анализировали следующие показатели:

- сохранность птицы (рассчитывали в процентах от начального поголовья за весь период в целом);
- клинико-физиологическое состояние птицы: поведение, аппетит, потребление воды, подвижность, оперение;
- поедаемость корма;
- интенсивность яйценоскости (%) рассчитывали по формуле:

$$I = N/H \times 100,$$

где N – количество яиц, снесенных за период опыта, шт., H – количество кормодней, дн.;

- качество яиц (масса яйца, качество скорлупы, цвет желтка) определяли 1 раз в месяц от всех яиц, собранных в течение 5 смежных дней от каждой группы.

При этом качество скорлупы оценивали по показателю боя и насечки (при механическом сборе яиц она достигает 5–6 %), а цвет желтка оценивали по шкале Рош.

Регистрация показателей осуществлялась с различной периодичностью и по истечении 4 месяцев кормления.

Качественные показатели вводимой в комбикорм кормовой добавки строго регламентировались нормативными документами и разработанным СТО 00471515-062-2017 «Кормовая добавка из морских звезд. Требования к качеству и безопасности. Требования к производству, хранению и реализации».

В табл. 1 дана характеристика кормовой добавки, представленной для испытания в рационе.

Таблица 1

Характеристика кормовой добавки в составе комбикорма

| Показатели | Единицы измерения | Кормовая добавка по ферментативному способу |
|----------------------------------|-------------------|---|
| Обмен.энергия | ккал/100 г | 160 |
| Обмен.энергия | МДж/кг | 0,67 |
| Сырой протеин | % | 27,41 |
| Сырой жир | % | 3,22 |
| Сырая клетчатка | % | – |
| Сырая зола | % | 34,9 |
| Линолевая кислота | % | 0,05 |
| БЭВ | % | 29,25 |
| Сухое вещество | % | 95,0 |
| Аминокислоты, валовое содержание | | |
| Лизин | % | 1,17 |
| Метионин | % | 0 |
| Мет.+цистин | % | 0,20 |
| Треонин | % | 1,23 |
| Триптофан | % | |
| Аргинин | % | 1,80 |
| Аминокислоты, усвояемые | | |
| Лизин | % | 0,88 |
| Метионин | % | 0 |
| Мет.+цистин | % | 0,16 |
| Треонин | % | 1,05 |
| Триптофан | % | |
| Аргинин | % | 1,44 |
| Минеральные вещества | | |
| Кальций | % | 10,7 |
| Фосфор общий | % | 0,15 |
| Фосфор усвояемый | % | 0,13 |
| Натрий | % | 0,3 |
| Хлор | % | 1,5 |
| Калий | % | 0,12 |

Уровень микробиологических показателей, содержание токсичных элементов в кормовой добавке из морских звезд отвечают ветеринарно-санитарным требованиям согласно «Единым ветеринарным (ветеринарно-санитарным) требованиям» [5], предъявляемым к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (табл. 2).

Таблица 2

Показатели безопасности кормовой добавки из морских звезд

| Показатели | Допустимый уровень по Единым ветеринарным требованиям | Фактическое значение |
|---|---|----------------------|
| Общая бактериальная обсемененность, КОЕ/г, не более | 5×10^5 | 7×10^2 |
| Патогенная микрофлора, | Не допускается | Не обнаружено |
| в том числе сальмонелла в 25 г | Не допускается | Не обнаружено |
| Энтеропатогенные эшерихии в 25 г | Не допускается | Не обнаружено |
| Ботулинический токсин | Не допускается | Не обнаружено |
| Перекиси | не более 0,1 % по йоду | Не обнаружено |
| Алдрин | Не допускается | Не обнаружено |
| ГЦХГ (сумма изомеров) | Не более 0,2 мг/кг | Не обнаружено |
| ДДТ (сумма метаболитов) | Не более 0,4 мг/кг | Не обнаружено |
| Гептохлор | Не допускается | Не обнаружено |
| Свинец | Не более 5,0 мг/кг | 0,396 |
| Кадмий | Не более 1 мг/кг | 0,396 |
| Ртуть | Не более 0,5 мг/кг | Не обнаружено |
| Мышьяк | Не более 2,0 мг/кг | 0,604 |
| Цинк | Не более 100,0 мг/кг | 47,6 |

Результаты зоотехнических показателей, полученные на протяжении всего опытного периода (4 месяца), представлены в табл. 3.

Таблица 3

Основные зоотехнические показатели кур-несушек при кормлении КДМЗ в составе рациона

| Показатели | Группа | | |
|---|--|--|--|
| | Контрольная | 1-я опытная | 2-я опытная |
| Сохранность птицы, % | 100 | 100 | 100 |
| Клинико-физиологическое состояние птицы | Поведение, аппетит, потребление воды, подвижность, оперение в норме | Поведение, аппетит, потребление воды, подвижность, оперение в норме | Поведение, аппетит, потребление воды, подвижность, оперение в норме |
| Поедаемость, % | 100 | 100 | 100 |
| Интенсивность яйценоскости, %: в начале опыта в конце опыта | 80,2 72,3 | 80,4 74,4 | 80,3 76,5 |
| Качество яиц | Средняя масса яйца – 70 г, показатель боя – 6%, цвет желтка – 6 баллов | Средняя масса яйца – 71 г, показатель боя – 5%, цвет желтка – 7 баллов | Средняя масса яйца – 74 г, показатель боя – 3%, цвет желтка – 8 баллов |

Из приведенных данных видно, что для кур 1-й и 2-й групп, которые питались рационами, содержащими разработанную кормовую добавку в разном количестве, большинство показателей имело тенденцию к увеличению. Такой результат свидетельствует о том, что по кормовой эффективности и влиянию на живой организм рацион, в состав которого включена кормовая добавка из морских звезд, не только не уступает контрольному рациону, но и превосходит его по некоторым показателям.

При сравнении результатов изменения клинико-физиологического состояния птицы в контрольной и экспериментальных группах в течение трех месяцев эксперимента можно заключить, что различия в полученных данных не наблюдалось.

Величины поедаемости рационов как контрольной, так и экспериментальными группами не различаются и составляют 100%, что свойственно для содержания кур в условиях фабрики.

В целом все уровни внесения кормовой добавки в комбикорма для кур положительно повлияли на сохранные и продуктивные показатели птицы. Так, при включении кормовой добавки в состав комбикорма сохранность птицы осталась на прежнем уровне – 100%, что показательно для данных условий эксперимента.

В результате изменения состава рациона в опытных группах улучшилось качество яиц: показатель боя уменьшился, увеличилась средняя масса яиц, а цвет желтка стал более насыщенным.

Цвет (по шкале Рош) яиц из контрольной группы составлял 6 баллов. В результате кормления кур кормовой добавкой цвет желтка оценивался в 8 баллов. Данный факт может объясняться наличием каратиноидов в кормовой добавке из морских звезд. Известно, что желток достигает 10 баллов по цвету при внесении в комбикорм пигментов лютеина и зеаксантина (500 г на 1 т) или 10 г каротиноидов в 1 т кормосмеси.

Интенсивность яйценоскости при использовании кормовой добавки в количестве 3% увеличилась на 2,1 %, а в количестве 7 % – на 3,2 %. В целом от начала к концу эксперимента показатель яйценоскости снизился во всех группах птиц, что объясняется увеличением возраста и снижением репродуктивности кур-несушек в течение 4 месяцев экспериментальных исследований.

Таким образом, проведенными зоотехническими исследованиями установлено, что введение кормовой добавки из морских звезд в рацион кур-несушек в количестве 3–7 % в комбикорм дает возможность:

- обеспечить высокую продуктивность кур-несушек в 42–56-недельном возрасте и продлить срок их использования;
- повысить сохранность птицы;
- повысить яйценоскость на 0,9–3,1 %;
- улучшить качество яйца.

Поскольку с точки зрения общего протекания и регулирования пищеварительных функций не существует серьезных различий между отдельными видами сельскохозяйственной птицы, полученные результаты могут быть спроецированы и на другие объекты (утки, гуси, индейки).

На основании экспериментальных исследований кормовая добавка из морских звезд, полученная по разработанной технологии, рекомендуется для сельскохозяйственной птицы в качестве добавки в их рацион в количестве 3–7 % .

Библиографический список

1. Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. Кормление сельскохозяйственной птицы. Сергиев-Посад: ВНИТИП, 2003. 360 с.
2. Околелова Т.М., Кулаков А.В., Кулаков П.А., Безнюк В.Н., Кузьмин А.Н. Что полезно знать о качестве сырья. Сергиев-Посад: Изд-во «Весь Сергиев Посад», 2005. 94 с.

3. Лемме А. Концепция идеального протеина в кормлении бройлеров // Основы кормления животных. Evonikindustries, 2016. С. 305–313.
4. Околелова Т.М., Мансуров Р.Ш., Гаврилов С.Н., Кержнер М.А. Российские ферментные препараты для импортозамещения // Научно-производственный журнал «Птицеводство». № 1. 2016. С. 30–33.
5. Единые ветеринарные (ветеринарно-санитарные) требования, предъявляемые к товарам, подлежащим ветеринарному контролю (надзору), утвержденные решением комиссии Таможенного союза от 18 июня 2010 года. № 317.

S.N. Maximova, E.V. Shadrina
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR USING FODDER SUPPLEMENTS FROM THE SEA STARS IN POULTRY

The recommendations for the inclusion the feed additives from the sea stars in feed composition in the diet of birds (chickens) are developed. We investigated the efficiency of feed additives for chickens-laying hens. Found that the developed feed supplement from the sea stars, are tested on hens, increasing egg production of the birds and increases the quality of the eggs. Feed additive from the sea stars, derived by the developed technology is recommended for poultry as a supplement to their diet in an amount of 3–7 %.

С.Н. Мамонтова, И.Е. Ибрагимова, О.П. Ковалев
Дмитровский рыбохозяйственный технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «АГТУ», пос. Рыбное, Московская область, Россия

АССОРТИМЕНТ И ОЦЕНКА КАЧЕСТВА САЛАТОВ ИЗ МОРСКОЙ КАПУСТЫ, РЕАЛИЗУЕМЫХ В ТОРГОВЫХ СЕТЯХ ДМИТРОВСКОГО РАЙОНА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Морские водоросли – полезный продукт питания, являющийся важным сырьём для глубокой переработки не только с целью обеспечения продовольственной безопасности, но и для медицинских целей. В работе проанализирована структура ассортимента салатов из морской капусты, реализуемых в торговых сетях Дмитровского района Московской области. Определены показатели качества образцов реализуемых салатов из морской капусты.

Морские водоросли – природные ресурсы многоцелевого использования. Сфера их применения обширна: от непосредственного употребления в пищу до применения в фармакологии, микробиологии, пищевой, текстильной промышленности, сельском хозяйстве и др. Запасы этого возобновляемого растительного сырья огромны.

Мировой водорослевый промысел базируется на небольшом числе видов морских растений, относящихся к трем отделам высших таксонов: зеленые, бурые и красные. Мировая статистика показывает, что во всем мире добывают около 26 млн т вместе с водорослями аквакультуры на общую сумму около 6 млрд долларов. Во многих странах мира получают хорошую прибыль от добычи водорослей и реализации продукции из нее. В нашей стране наиболее важное промышленное значение имеют бурые и красные водоросли [1]. Только Сахалину и Курилам на 2017 г. рекомендовано добыть одной только ламинарии порядка 130 тыс. т. Этот объём морской капусты наши пользователи ВБР могут освоить, имея на то желание, возможности и соответствующее разрешение [2].

Многочисленными исследованиями как в России, так и за рубежом показано, что непосредственное употребление в пищу водорослей или продуктов, получаемых из них, оказывает благотворное действие на организм человека. В составе морских водорослей присутствуют комплексные полисахариды, которых нет среди углеводов наземных растений. Морское растительное сырье позволяет получать продукты, которые из наземных растений выработать невозможно [3].

Продукция из морской капусты является источником растворимых и нерастворимых пищевых волокон, к функциональным особенностям которых относится, в первую очередь, их способность улучшать процессы пищеварения и способствовать выведению токсичных веществ. По данным различных исследователей, пищевые волокна, присутствующие в морских водорослях, способны снижать артериальное давление, повышать сопротивляемость организма к инфекционным заболеваниям и оказывать положительное влияние на лечение сердечно-сосудистых заболеваний, анемии и остеопороза при употреблении продукции на основе ламинарии. Морские водоросли обладают ошелачивающим действием, т.е. создают небольшую щелочную среду в крови, а также способствуют удалению избыточных запасов жира и слизи [4].

Благодаря высокой пищевой и биологической ценности, широкое использование продуктов из морских водорослей в рационах питания внесет вклад в обеспечение населения нашей страны пищевыми продуктами, соответствующими возрастным и физиологическим потребностям в пищевых веществах и энергии, что будет способствовать улучшению состояния их здоровья.

Получив признание как перспективные источники ряда микронутриентов, липотропных веществ, пищевых волокон, витаминов группы В, йода и некоторых других эссенци-

альных микроэлементов, морские водоросли не столь широко используются в нашей стране, как было бы возможно [5]. Это объясняется отсутствием заинтересованности у отечественных производителей выпускать достаточное количество и широкий ассортимент продукции из морских водорослей, как отвечающих различным вкусовым пристрастиям, так и учитывающих возрастные и физиологические особенности человека. По утверждению работников предприятий по добыче водорослей, ламинария – более сложное сырье, чем любая рыба, которую можно заморозить, а затем заниматься ее переработкой и реализацией. Водоросли же нужно добыть и сразу обработать: если же задержать сырье на 10–12 ч, оно потеряет полезные свойства. Так рисковать готовы не все добытчики. Темпы добычи ламинарии напрямую связаны с объемами реализации водоросли-сырца и готовой продукции, которые, в свою очередь, зависят от ассортимента и качества. А поскольку спрос зависит от предложения, то заинтересованным товаропроизводителям надо не только делать высококачественную продукцию, отвечающую всем параметрам рыночного спроса, но и плотно заниматься её продвижением в конкурентной среде. У нас, к сожалению, пока полагаются на устоявшуюся стандартную линейку ассортимента и устаревшие стереотипы полезных свойств ламинарии, не прибегая к маркетинговым стратегиям продвижения [2].

Повысить эффективность и привлекательность использования запасов морских водорослей можно благодаря широкому внедрению не только такого простого продукта, как салаты из морской капусты, но и целого ряда разработанных ранее технологий таких пищевых продуктов, как джемы, конфеты, соусы, чипсы, хлебцы, пищевые продукты диетического лечебного питания, биологически активные добавки. Рациональное комплексное использование сырья создаст все условия сделать производство экономически выгодным как для тех, кто заготавливает сырье, так и для переработчиков [3].

Большинство предприятий пищевой промышленности ведет планомерную работу по техническому перевооружению, заботится об эстетическом оформлении и расширении ассортимента продукции. Это позволяет им более уверенно в условиях жесткой конкурентной среды держать марку на российском рынке.

Ассортимент пищевой продукции из морских водорослей требует постоянного расширения, начиная с маринованной и консервированной продукции, салатов из морской капусты, заканчивая закусками, супами, запеканками, пельменями и даже шоколадом. Салаты из морской капусты представляют собой широкую вкусовую линейку за счет использования различных ингредиентов: морепродуктов, моркови, брусники и т.д., – которые усиливают функциональные особенности и привлекательность товара для потребителя.

Многие производители изготавливают данную продукцию в различных ценовых категориях. Для эконом-сегмента в состав салатов из морской капусты могут быть включены крабовые палочки. Салаты из морской капусты премиального сегмента содержат красную рыбу и морепродукты – кальмары или креветки.

Салаты выпускаются как в классической упаковке – железной и полимерной банке, так и в удобной для покупателей упаковке дой-пак, а также в упаковке для всей семьи с добавлением замка «зип-лок».

В период с августа по ноябрь 2017 г. был произведен обзор и анализ рынка салатов из морской капусты, реализуемых предприятиями розничной торговли г. Дмитрова Московской области. Объектами исследования выбраны магазины-дискаунтеры («Магнит», «Пятерочка», «Дикси») и магазины региональной торговой сети «5 звезд» ввиду их ассортиментной схожести и ценового сегмента. Во всех торговых предприятиях в основном реализуются бурые водоросли, представленные ламинарией; красные водоросли Нори реализуются в меньшем объеме, а зеленые водоросли Чука реализуются только в магазинах-дискаунтерах.

Ассортимент продукции из водорослей в данных торговых предприятиях сформирован преимущественно за счет салатов из морской капусты. Наиболее распространенной ассортиментной группой салатов, реализуемых в торговых сетях г. Дмитрова Московской области, является группа в масляно-уксусных заливках (50 %) и с добавлением овощей –

лук, морковь (45 %). Мороженая продукция из морских водорослей реализуется только в магазине «5 звезд», сушёная продукция (наборы для суши) – только в магазинах-дискаунтерах.

Лидерами в сегменте производителей салатов на прилавках торговых предприятий являются ООО «Северная Гавань», ООО «Балтийский Берег», ООО «Марина»; продукция других производителей представлена единичными образцами.

Наибольшим спросом у покупателей пользуются салаты из морской капусты, упакованные в пластиковые банки. Ценовая категория салатов из морской капусты, реализуемых в торговых сетях г. Дмитрова, зависит от объёма тары, вносимых добавок, заливки и упаковки. Средняя цена – 85 руб. за 100 г.

Было проведено исследование потребительских предпочтений. В качестве базового инструмента исследования использовался социологический опрос, проведенный среди непосредственных потребителей салатов из морской капусты путём анкетирования по репрезентативной выборке; он проводился среди покупателей магазинов Дмитровского района. В опросе приняли участие жители в возрасте от 18 лет. Опрос-анкетирование носил структурированный характер и заключался в сборе первичной информации путем прямого задания людям вопросов относительно уровня их знаний продукта, отношений к продукту, предпочтений и покупательского поведения. При проведении опроса группа опрашиваемых подвергалась однократному обследованию. Структура выборки – случайная бесповторная. Объем выборки был равен 70 человек.

Анкетирование показало, что салаты из морской капусты приобретаются достаточно активно населением возрастной категории от 35 до 45 лет (45 %); покупателями салатов из морской капусты являются в основном женщины (65 %); лица, находящиеся в категории «учащиеся» (7 %), салаты покупают гораздо реже, нежели лица, чья занятость находится в сегментах «домохозяйка» (45 %), «работающее население» (35 %), «пенсионеры» (13 %). Уровень дохода лиц, приобретающих регулярно салаты, в основном находится в сегментах, соответствующих уровням «средний» (30 %) и «ниже среднего» (50 %). Частота покупки продукции из морских водорослей составляет 1–2 раза в месяц (45 %).

Лидерами покупательского выбора являются салаты из морской капусты с добавками из овощей (65 %), кальмара (52 %), так как остальные добавки ведут к значительному увеличению цены за продукт. Основными критериями, влияющими на выбор при покупке, были выбраны цена – отметили 82 %; качество продукта – отметили 95 %.

Для проведения исследований качества салатов из морской капусты были выбраны образцы продукции торговых марок, постоянно присутствующих в ассортименте, пользующихся устойчивым спросом и известностью среди потребителей: «Балтийский берег», «Северная гавань», «NORIS», «Меридиан», «Каждый день».

В работе были использованы основные методы исследований: органолептические, физико-химические. Оценку упаковки и маркировки продукции проводили в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011), Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности упаковки» (ТР ТС 005/2011) и ГОСТ 11771-93 «Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Упаковка и маркировка». Соотношение составных частей консервов определяли весовым методом.

Определение органолептических показателей проводили по ГОСТ 26664-85 «Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Методы определения органолептических показателей, массы нетто и массовой доли составных частей». Была применена общепринятая пятибалльная шкала показателей качества продуктов, которая позволяет получить более точные результаты. Характеристика продукции по числу баллов основана на словесной характеристике отдельных показателей качества и оценки их при различных уровнях качества. Методы сравнений позволили определить различия между несколькими образцами. Органолептические показатели определяли в последовательности: внешний вид салатов, вкус и запах, консистенция, состояние и цвет заливки, качество нарезки морской капусты. Эти показатели проверяли ос-

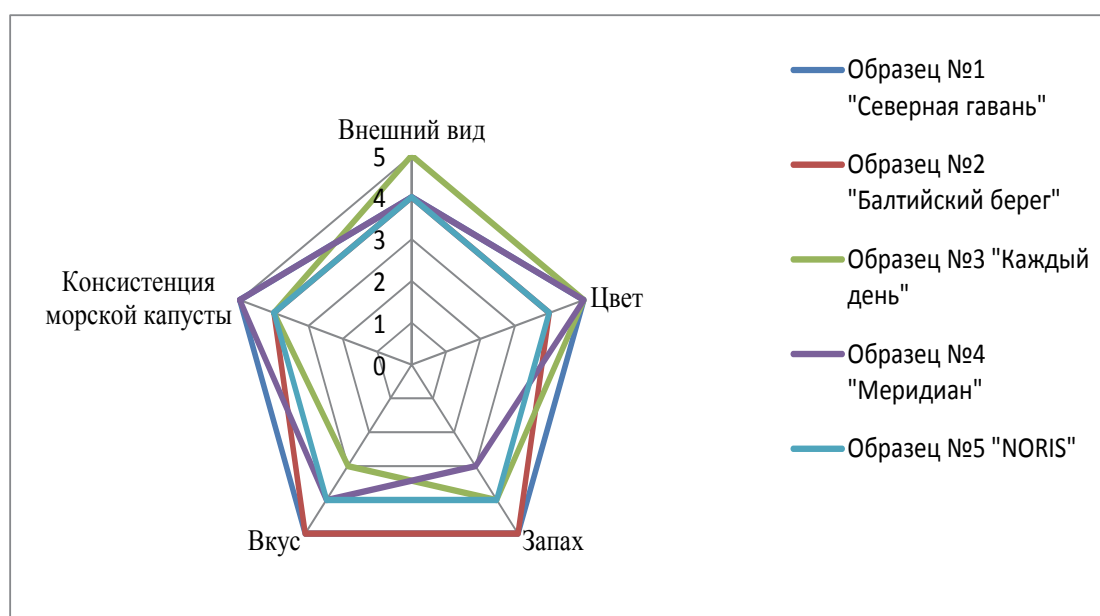
мотром и опробованием образцов согласно требованиям нормативной и технической документации. При оценке консистенции учитывалась сочность, нежность, плотность, мягкость, однородность и т.п.

Определение массовой доли поваренной соли проводили по ГОСТ Р 27207-87 «Консервы и пресервы из рыбы и морепродуктов. Метод определения поваренной соли», аргентометрическим методом (по Мору), который основан на титровании водной вытяжки соленого продукта раствором азотнокислого серебра в присутствии индикатора.

Определение общей кислотности проводили по ГОСТ 27082-2014 «Консервы и пресервы из рыбы, водных беспозвоночных, водных млекопитающих и водорослей. Методы определения общей кислотности».

Проведенная оценка состояния упаковки показала, что все выбранные образцы салатов из морской капусты по упаковке и маркировке соответствуют ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее упаковки и маркировки» и ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки». В образце № 4 «Меридиан» в составе указан сахар, а в данных пищевой ценности на этикетке отсутствуют данные наличия углеводов. Все исследуемые образцы произведены по ТУ.

По органолептическим показателям наивысшую оценку имеет образец № 1 «Северная гавань» – 4,8 балла из 5. Данные представлены на рисунке.



Профилограмма органолептических показателей качества выбранных образцов

Физико-химические исследования показали незначительное отклонение массы нетто в образце № 2 «Балтийский берег». Допустимое содержание соли и повышенную кислотность – в образце № 5 «NORIS».

Из проведенных исследований можно сделать вывод: наивысшим качеством по органолептическим и физико-химическим показателям обладает образец № 1 «Северная гавань».

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о том, что на рынке г. Дмитрова Московской области присутствуют салаты из морской капусты, соответствующие требованиям ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» и ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», при этом продукция из водорослей так и остается экзотикой для нашего покупателя. Производителям и торговым предприятиям следует больше уделять внимания маркетинговым исследованиям, расширению ассортимента и рекламе для продвижения такого полезного и необходимого продукта, как морские водоросли на российский рынок.

Библиографический список

1. Морскую капусту – на внутренний рынок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nr-citynews.ru>.
2. В 2016 году в Сахалинской области добыли 4721 тонну ламинарии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sakhalin.info/news>.
3. Коротышева Л.Б. Функциональные ингредиенты, используемые в пищевых продуктах для профилактики йоддефицитных заболеваний [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tsuren.ru/publishing/tibhoz-magazine>.
4. Гержова Т.В. Разработка специализированной пищевой продукции из ламинарии для питания детей в организованных коллективах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sfera.fm/editions/sfera>.
5. Технология рыбы и рыбных продуктов / под ред. А.М. Ершова. М.: Колос, 2010. 1057 с.

S.N. Mamontova, I.E. Ibragimova, O.P. Kovalev
Dmitrov fish-industry technological Institute (branch) FSBEI HE “ASTU”,
Rybnoe, Moscow oblast, Russia

THE RANGE AND QUALITY ASSESSMENT OF THE SEAWEED SALADS SOLD IN THE TRADING NETWORKS OF THE DMITROV DISTRICT OF THE MOSCOW REGION

Seaweed is a useful food product, which is an important raw material for deep processing, not only for food security but also for medical purposes. This paper analyzes the structure of the assortment of seaweed salads sold in the trading networks of the Dmitrov district of Moscow region. Defined indicators of quality of samples of seaweed salads.

О.Я. Мезенова, С.В. Агафонова, Н.Ю. Мезенова
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

АНАЛИЗ РЕСУРСОИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ И НЕКОТОРЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

Проведена оценка количественных данных и качественного состава вторичного сырья калининградских рыбо-, птице- и мясоперерабатывающих предприятий региона, производителей спирта, предприятий по переработке сои, ведущих производителей рыбной продукции России. Проанализированы крупнейшие производители рыбной продукции Северо-Западного региона, Дальнего Востока, Камчатки, Московской, Мурманской, Псковской областей и др. Результаты исследований демонстрируют целесообразность переработки белоксодержащих отходов на продукты с добавленной стоимостью методами ферментативного и высокотемпературного гидролиза – протейны высокого качества, жир и белково-минеральные добавки.

Рыбо-, птице-, мясоперерабатывающая отрасли и многие производства агропромышленного комплекса по переработке растительного сырья (спиртовое, пивоваренное, винодельческое и др.) неизбежно связаны с образованием вторичного сырья и накоплением отходов. Проблема касается, в первую очередь, рыбной промышленности, поскольку в мясной отрасли налажена сортировка отходов, выделение субпродуктов, переработка кишечного и эндокринного сырья, консервирование и переработка шкур. Сегодня при развитии биотехнологии становится актуальным повышение эффективности использования вторичного рыбного сырья (ВРС) биотехнологическими приемами. Рыбные отходы могут быть полезными в технологии функциональных пищевых продуктов и БАД как источники редких и ценных БАВ; данное направление изучается многими отечественными и зарубежными учеными. При различных методических подходах все они сходятся в перспективности изготовления с применением БАВ от ВРС продуктов питания нового поколения – специализированных и функциональных продуктов, БАД к пище, композиций БАВ [1–4].

В Калининградской области практически все мясо- и рыбоперерабатывающие предприятия имеют массовые накопления органических белоксодержащих отходов и проблемы с их переработкой. Также в зависимости от сезона года недоиспользуется белковый потенциал продуктов переработки сои, пивной дробины и спиртовой барды. Движением вперед по решению проблемы вторичного сырья региона в целом являются планы по строительству утилизационных заводов RBPI Group, Агрохолдингом «Долгов и К» по переработке биологических отходов в Калининградской области.

Целью исследований являлся анализ потенциала накапливающегося вторичного органического сырья – рыбного, мясного и растительного видов в Калининградской области и Российской Федерации и рациональности его использования в настоящее время.

Производственные и статистические исследования проводились сотрудниками кафедры пищевой биотехнологии Калининградского государственного технического университета (ФГБОУ ВО «КГТУ», г. Калининград) на различных перерабатывающих предприятиях Калининградской области и России путем посещения специализированных выставок, конференций и форумов различного уровня (национального, международного), опросом с анкетированием специалистов в течение 2017 г. Информационно-литературный материал сформирован из патентного поиска и литературного обзора, проведенных в фондах библиотек ФГБОУ ВО «КГТУ», ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности».

На рыбоперерабатывающих производствах из-за специфики запаха и быстрой порчи отходов комплексное использование отходов практически не наблюдается. Между тем белоксодержащее ВРС отличается высоким биопотенциалом, поскольку зачастую содержит больше биологически активных веществ, чем пищевое [1–3].

По статистике количество рыбных отходов во всем мире составляло ежегодно около 23 млн т, но используются они по-разному. ГОСТ 30772-2001 определяет рыбные отходы как «продукты питания, полностью или частично утратившие свои первоначальные потребительские свойства в процессе их производства, переработки, употребления или хранения». К ВРС относятся: головы, кожа, кости, чешуя, плавники, внутренние органы, гонады, плавательный пузырь рыб. ВРС по праву считается ценным источником биологически активных веществ (БАВ) натурального происхождения. На долю ВРС приходится 40–60 % массы всей рыбы, поступающей на консервные заводы, производство филе и фаршевых изделий. Недоиспользование этого биопотенциала существенно влияет на экономику рыбных производств. ВРС представляет так называемую «головную боль» для предприятий, они в лучшем случае отправляются на производство кормовой муки. Однако очень часто ВРС просто уничтожают (т.е. утилизируют), что сопряжено с прямым экологическим ущербом [4].

В Калининградской области по статистическим данным за 2016 г. производство рыбных продуктов за год составило 350–360 тыс. т. В результате выработки такого объема продукции на рыбоперерабатывающих предприятиях накапливалось за год от 17 до 20 тыс. т отходов. Головы и хребты частично продаются (при минимальной стартовой цене 5–8 руб./кг), в основном для выработки кормовой продукции. Однако данные продажи не дают существенной прибыли производителям, при этом они предпочитают «проблемные» отходы (жирные внутренности, головы и др.) утилизировать сжиганием или вывозить на специальные полигоны, что категорически запрещается экологическими службами.

Для решения проблемы рационального использования ВРС и экологизации производств перспективно применять современные «молекулярные» технологии, позволяющие организовать глубокую переработку ВРС, в том числе биоконверсию и биоконсервирование при максимальном сохранении химического состава. Речь идет о получении основных фракций химического состава ВРС (протеиновой, липидной, минеральной). Данные фракции при мягком способе выделения могут стать самостоятельными полезными изделиями, обладающими добавленной стоимостью, тем самым способствовать повышению эффективности производства в целом. Новые продукты могут возвращаться в производственный цикл в виде технологической добавки, регулятора содержания регламентированного ключевого компонента и т.д. либо использоваться в других сферах [5].

Комплексный подход к переработке ВРС на основе биотехнологических принципов позволяет существенно модернизировать технологическую базу пищевых производств, в частности, использовать вторичные ткани в качестве сырья для получения натуральных пищевых технологических добавок. Именно такие задачи ставит перед отечественной промышленностью «Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года» [6–9].

В таблице приведены данные Федерального агентства по рыболовству за последние 3 года по произведенной рыбной продукции, а также количеству образующихся отходов по регионам, включая Калининградскую область. Из таблицы видно, что в нашей области по данным Федерального агентства по рыболовству ежегодно накапливается свыше 100 тыс. т рыбных отходов. При этом единичные предприятия направляют отходы на рыбную муку либо занимаются их реализацией.

Количество произведенной рыбной продукции в 2014–2016 гг. и объемы образующихся отходов в некоторых рыбопромышленных регионах России [10]

| Субъект | Год | Произведено продукции, тыс. т | | Объем образующихся отходов, тыс. т: | | |
|---|------|---------------------------------|--|---|--|--------|
| | | Рыба живая, свежая, охлажденная | Рыба и продукты рыбные переработанные и консервированные | при производстве рыбы живой, свежей, охлажденной (до 5 %) | при производстве рыбы и рыбных продуктов (до 30 %) | Всего |
| Северо-Западный федеральный округ, в т. ч.: | 2014 | 180,00 | 1214,35 | 9,00 | 364,30 | 373,30 |
| | 2015 | 181,89 | 1206,32 | 9,09 | 361,90 | 370,99 |
| | 2016 | 181,05 | 1216,58 | 9,05 | 364,97 | 374,02 |
| Калининградская область | 2014 | 58,04 | 355,58 | 2,90 | 106,67 | 109,57 |
| | 2015 | 59,67 | 358,38 | 2,98 | 107,51 | 110,49 |
| | 2016 | 51,09 | 349,56 | 2,55 | 104,87 | 107,42 |
| Мурманская область | 2014 | 38,37 | 548,96 | 1,92 | 164,69 | 166,61 |
| | 2015 | 34,53 | 542,25 | 1,73 | 162,67 | 164,40 |
| | 2016 | 32,61 | 515,82 | 1,63 | 154,75 | 156,38 |
| г. Санкт-Петербург | 2014 | 61,45 | 106,31 | 3,07 | 31,89 | 34,96 |
| | 2015 | 67,28 | 98,14 | 3,36 | 29,44 | 32,80 |
| | 2016 | 71,62 | 109,34 | 3,58 | 32,80 | 36,38 |
| Псковская область | 2014 | 2,98 | 10,19 | 0,15 | 3,06 | 3,21 |
| | 2015 | 2,9 | 13,11 | 0,14 | 3,93 | 4,07 |
| | 2016 | 3,1 | 13,98 | 0,15 | 4,19 | 4,34 |
| Центральный федеральный округ, в т.ч.: | 2014 | 19,83 | 145,39 | 0,99 | 43,62 | 44,61 |
| | 2015 | 15,65 | 149,86 | 0,78 | 44,96 | 45,74 |
| | 2016 | 15,70 | 137,95 | 0,78 | 41,38 | 42,16 |
| Московская область | 2014 | 4,00 | 21,78 | 0,20 | 6,53 | 6,73 |
| | 2015 | 1,94 | 29,89 | 0,10 | 8,97 | 9,07 |
| | 2016 | 1,89 | 27,07 | 0,09 | 8,12 | 8,21 |
| г. Москва | 2014 | - | 36,13 | - | 10,8 | 10,839 |
| | 2015 | - | 31,05 | - | 9,315 | 9,315 |
| | 2016 | - | 29,61 | - | 8,883 | 8,883 |
| Дальневосточный федеральный округ | 2014 | 794,89 | 2050,73 | 39,74 | 615,22 | 654,96 |
| | 2015 | 605,56 | 2195,53 | 30,28 | 658,66 | 688,94 |
| | 2016 | 574,17 | 2301,85 | 28,71 | 690,55 | 719,26 |

По данным анкетирования, проведенного авторскими статистическими методами на Международной выставке World Food 2017 (Москва, 11–13 сентября 2017 г.), а также на Международном рыбопромышленном форуме, прошедшем 14–15 сентября 2017 г. в ЛЕН-ЭКСПО (г. Санкт-Петербург), переработкой рыбных отходов занимаются лишь единичные береговые предприятия России. Это производители крупных объемов пищевой продукции (например, «Русское море»), а также достаточно крупные рыбодобывающие компании:

«Русская рыбопромышленная компания» (13 собственных судов), ГК «ФОР» (14 судов), SMT – Sigma Marine Technology (8 судов); «Русская рыбная фактория» (15 судов). В состав рыбодобывающих компаний, как правило, входят суда, оснащенные рыбомучными установками.

Результаты анализа информации из анкетирования 13 российских добывающих компаний, рыбоперерабатывающих производств показывают, что основными видами вторичного рыбного сырья сегодня являются головы минтая, хребты и головы лососевых, внутренности. Основные проблемы связаны с большими мощностями, необходимыми для заморозки отходов, использованием подпрессового бульона, обеспечением стабильного качества рыбной муки при переработке, повышенной жирностью муки, повышенным содержанием минеральных веществ при работе с хребтами и головами, переработкой внутренностей.

Анализ информации по количественному и качественному биопотенциалу ВРС на рыбопромышленных предприятиях РФ и СНГ (более 20 крупных предприятий), собранной у участников XI Международной научно-практической конференции «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество», прошедшей 5–8 сентября 2017 г. в г. Светлогорске (Калининградская область, организатор – ФГУП «АтлантНИРО»), показывает различия в использовании предприятиями ВРС. Следует отметить, что некоторые крупные производители (например, ООО СП «Санта-Бремор», г. Брест, Беларусь) полностью перерабатывают своими силами рыбные отходы. В основном они идут на пищевые цели, их включают в производственный цикл пищевой продукции (головы идут в наборы для ухи, тонко измельченные хребты добавляют в фаршевые формованные изделия, рыбные медальоны, колбасу, фарш сурими, выпускают хребты вяленые, горячего копчения). При этом отходы с критическими показателями по микробиологическим характеристикам направляются на производство рыбной муки. Для этого в составе комплекса имеется рыбомучной цех. Однако многие береговые предприятия однозначно заявляют об узком месте в вопросе с отходами. Недополученная прибыль от реализации отходов (от бесплатной до 10 руб. за 1 кг), проблемы с их сортировкой, замораживанием и продажей волнуют специалистов и заставляют искать пути их решения. В целом, все предприятия выражают заинтересованность зарабатывать на глубокой переработке побочных продуктов и недовольны доходностью по вторичному сырью.

Из информации, полученной в результате анкетирования предприятий рыбохозяйственного комплекса России, видно, что количественный потенциал по ВРС на добывающих и перерабатывающих предприятиях России огромен и в сумме может достигать из учтенных отходов от 900 тыс. т до 1,2 млн т в год. Часть производств реализуют отходы в звероводческие хозяйства, но не везде они присутствуют. Некоторые рыбодобывающие компании сразу выбрасывают рыбные отходы за борт. Только на единичных крупных рыбных производствах («Русская рыбопромышленная компания», ООО «Восточный рыбокомбинат», ГК «ФОР», SMT – Sigma Marine Technology, АО «Норвебо РУ» и др.) из рыбных отходов вырабатывается рыбная мука. Эти компании либо имеют на больших судах рыбомучные установки, либо строят отдельные цеха по выработке рыбной муки. Биопотенциал более 70 % отходов не используют. Основным способом консервирования отходов является замораживание, что требует дополнительных морозильных мощностей и затрат. Внутренности рыб отличаются жидкой консистенцией, повышенным содержанием жира и плохо замораживаются. При этом внутренности рыб, достигающие по массе 10–30 % массы сырья, отличающиеся жидкой консистенцией и повышенным содержанием жира, как правило, плохо замораживаются традиционным способом. К тому же они относятся к скоропортящемуся сырью, так как содержат активные пищеварительные ферменты. Поэтому внутренности рыб представляют проблему для перерабатывающих производств, особенно среднего и малого класса, и зачастую утилизируются предприятиями самым неприглядным образом (выбрасываются за борт, сжигаются, закапываются в землю).

Особо масштабным добывающим и перерабатывающим потенциалом отличается Камчатский край России. Здесь добывается минтай, сайра, сельдь иваси, корюшка, дикий лосось (горбуша, кунжа, кижуч, нерка), королевский краб и многие другие виды рыб и морепродуктов (трепанг, кукумария, бурые водоросли). В результате общения с предприятиями Камчатского края удалось выяснить основные проблемы в сфере переработки вторичного рыбного сырья. На Камчатке особую сложность представляет переработка вторичного лососевого сырья. Жирность в муке из лососевых видов рыб составляет 15–17 %. Снижают данный показатель ее в основном путем подмешивания так называемой «белой» рыбы (наваги, минтая, камбалы) при производстве рыбной муки. При этом, когда «белой» рыбы нет, отходы лососевых просто никто не принимает. Другой характерной проблемой является высокая зольность в муке из «белых» видов рыб – до 26 %, невысокое содержание белка (протеинов) при переработке чистых отходов (голов минтая, наваги, камбалы) [4].

Анализ информации по потенциалу вторичного сырья, накапливающегося на пищевых и перерабатывающих предприятиях Калининградской области (анкетирование 11 предприятий), показывает, что рыбоперерабатывающие предприятия продают «дешево» вторичное сырье на кормовую муку, не знают, что делать с чешуей, как перерабатывать солевые и копченые отходы.

Не менее сложно решается проблема отходов и на других производствах. На предприятиях по производству спирта, пива, сахара, вина, как правило, налажено использование отходов в кормовых целях. Однако на спиртовых предприятиях (ООО «Итар») зимой продают барду на корм животным, а летом ее реализовать сложнее. Мясоперерабатывающие предприятия в основном сдают вторичное сырье на утилизацию и платят по 3,5 руб. за 1 кг отходов утилизационный сбор, сжигают отходы с себестоимостью 7 руб. за 1 кг или иным образом избавляются от отходов, не прибегая к глубокой переработке.

Из данных анкетирования ясно, что практически все перерабатывающие предприятия Калининградской области, прежде всего мясного и рыбного профиля, имеют массовые накопления белоксодержащих отходов животного и растительного сырья и проблемы с их переработкой. Планы по строительству утилизационных заводов RBPI Group, Агрохолдингом «Долгов и К» по переработке биологических отходов в Калининградской области является движением вперед по решению проблемы.

Приведенные выше данные обуславливают актуальность использования перспективной технологии переработки вторичного белоксодержащего сырья с применением новых инновационных методов его фракционирования ферментативным и высокотемпературным способами. При этом из органического сырья можно получать качественные фракции (протеиновая, жировая, белково-минеральная и минеральная) или их комбинации [9].

Библиографический список

1. Мезенова О.Я., Байдалинова Л.С., Землякова Е.С. и др. Технология переработки вторичного рыбного сырья на биологически ценные пищевые продукты // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств: материалы междунар. науч.-практ. конф. МГТУ, 2015. С. 140–144.
2. Kim S.-K., Mendis E. Bioactive compounds from marine processing byproducts — a review / S.-K. Kim, E. Mendis // Food Res. Int. 2000. № 39. P. 383–393.
3. Kim, S. Applications of Calcium and its Supplement derived from Marine Organisms / S. Kim, Y. Ravichandran, C. Kong // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2012. Vol. 6. Is. 6. P. 469–474.
4. Волков В.В., Гримм Т., Ланге Т. и др. Изучение различных способов гидролиза вторичного сырья тихоокеанских лососевых рыб на примере голов нерки (*Oncorhynchus nerka*) // Изв. КГТУ. 2017. № 45. С. 136–147.
5. Khoddami A. et al. Fatty Acid Profile of the Oil Extracted from Fish Waste (Head, Intestine and Liver) (*Sardinella lemuru*) // World Applied Sciences Journal. 2009. № 7 (1). P.127-131.

6. Mezenova, O. Functional foodstuff from secondary fish raw materials / O. Mezenova, N. Klyuchko, I. Dominova // «BIT's 2nd Annual World Congress of Marine Biotechnology», Dalian. 2012. P. 446.

7. Хёлинг А., Гримм Т., Волков В.В., Мезенова Н.Ю. Протеины из вторичного рыбного сырья как инновационные компоненты спортивного питания // Изв. КГТУ. 2015. № 39. С. 85–94.

8. Байдалинова Л.С., Агафонова С.В. Получение жидкой функциональной добавки, стабилизированной растительным антиоксидантом на основе жира из вторичного сырья семги // Инновации в науке, образовании и бизнесе–2014»: материалы XII Междунар. науч. конф. Калининград: КГТУ, 2014. С. 190–193.

9. Мезенова О.Я., Хелинг А., Гримм Т. и др. Инновационное получение протеинов из белоксодержащего биологического сырья // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2017. Т. 3. № 2. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/08/2017-N2-Hoehling-Mezenova.pdf>.

10. Федеральное агентство по рыболовству [Электронный ресурс] // URL: <http://fish.gov.ru/>

O.Ya. Mezenova, S.V. Agafonova, N.Yu. Mezenova
KSTU, Kaliningrad, Russia

ANALYSIS OF USING OF PROTEIN-CONTAINING BY-PRODUCTS AT THE ENTERPRISES IN THE KALININGRAD REGION AND SOME REGIONS OF RUSSIAN FEDERATION

The quantitative evaluation and qualitative composition of fish, poultry and meat by-products from the Kaliningrad processing enterprises, alcohol producers, soybean processing enterprises, leading producers of fish products in Russia were evaluated. The largest producers of fish products of the North-Western region, Far East, Kamchatka, Moscow, Murmansk, Pskov and other regions were analyzed. The quantitative potential of fish by-products in Russian fish industry enterprises is huge. pork producing facility. The results of the research show the possibility of protein-containing by-product processing with high added value products by innovative methods of enzymatic and high-temperature hydrolysis - proteins with high concentration and quality, fat and protein-mineral additives.

П.В. Насенков
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КАНАТНО-ВЕРЕВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Рассмотрена проблема определения основных физико-механических свойств нитевидных материалов для изготовления конструкций орудий промышленного рыболовства. Данная проблема вызвана развитием в области разработок новых нитевидных материалов, для которых отсутствуют стандартизированные характеристики. В связи с этим ставится задача по способу определения основных физико-механических характеристик с использованием разрывного оборудования. Представлен ряд нитевидных рыболовных материалов, которые исследуются на определение таких физико-механических свойств, как диаметр, линейная плотность, разрывная нагрузка и удлинение. В ходе дальнейшей работы планируется проведение сравнительного анализа экспериментальных данных и данных представленных заводом-изготовителем отобранных образцов для разработки методики и программы расчета для паспортизации канатно-веревочных изделий.

В настоящее время испытания канатно-веревочных изделий (КВИ) находятся на этапе интенсивного развития конструкций орудий промышленного рыболовства. Это связано не только с разработкой новых конструкций орудий промышленного рыболовства, но и с созданием новых материалов для КВИ, физико-механических характеристик которых нет в ГОСТах, так как практически все фабрики по изготовлению КВИ перешли на ТУ, которое отличается на каждом предприятии в меру своих способов и механизмов по изготовлению КВИ. Поэтому каждое новое КВИ должно проходить ряд исследований на разрывных машинах в целях определения физико-механических характеристик для дальнейшего внедрения его в конструкцию орудия промышленного рыболовства.

Исследования КВИ на разрывных машинах становится эффективным инструментом в решении многообразных проблем деформации и разрушения, прогноза надежности и ресурса КВИ, работающих в условиях износа, усталости, динамических и ударных нагрузок, в условиях низких температур и хрупкого разрушения широкого круга материалов, используемых при конструировании орудий промышленного рыболовства.

В XX столетии массовые испытания КВИ на разрывных машинах ограничивались, как правило, измерениями разрывной нагрузки. Если сравнить такое испытание с испытанием на растяжение, то разрывная нагрузка фиксирует лишь одну точку на диаграмме с координатой деформации. Характер диаграммы растяжения остается неизвестным.

Все известные на сегодняшний день методы и технические средства оценки состояния исследуемых КВИ не соответствуют современным требованиям. Для решения этих проблем требуется использовать программно-аппаратные средства разрывных машин, позволяющих в широком диапазоне нагрузок, свойств КВИ и времени воздействия на исследуемый материал проводить исследования.

Подобные исследования возможны на базе лаборатории рыболовных материалов Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета (ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз»). Данная лаборатория имеет универсальные разрывные машины Shimadzu Autograph AGS-X10 настольного типа для физико-механических испытаний различных материалов (рис.1). Данные машины имеют возможность проведения стандартных испытаний по контролю качества, механических испытаний общего назначения и научных исследований. Погрешность точности испытаний составляет $\pm 0,5\%$ от полученных данных.



Рис. 1. Универсальные разрывные машины Shimadzu Autograph AGS-X10

Основной задачей проводимых исследований является получение явных зависимостей разрывной нагрузки КВИ, позволяющей оценивать физико-механические свойства КВИ, адекватность которых подтверждена экспериментами, проведенными на модельных материалах, свойства которых известны.

Для проведения физико-механических экспериментов было принято взять крученые полиамидные, полипропиленовые и полиэтиленовые нитки и веревки (рис. 2).

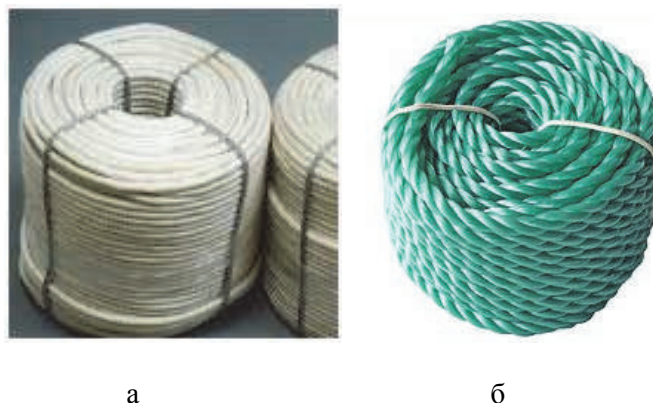


Рис. 2. Крученые нитевидные материалы:
а – полиамид; б – полипропилен

Данные образцы отбирались согласно стандартным методикам.

Из каждой бухты материала было отмотано не менее 10 проб, длиной менее 1 м каждая. Предварительно перед отбором проб было отмотано и отброшено не менее 2 м нитевидного материала. Перед проведением измерений образцы были выдержаны в течение 24 ч в атмосферных условиях по ГОСТ 10618–79.

Для определения диаметра нитевидных материалов использовались окулярный микроскоп с ценой деления 0,01 мм, а также штангенциркуль с погрешностью измерения 0,1 мм.

Определение диаметра образцов проводилось при предварительном натяжении, с массой груза не более 100 г, в зависимости от материала. Предварительное натяжение создавалось подвешиванием груза к свободному концу образца.

При определении диаметра окулярным микроскопом измерялось расстояние между выступающими прядями. При определении диаметра штангенциркулем образец плотно обертывался полоской тонкой бумаги шириной 10 мм так, чтобы концы полоски перекрывали друг друга. Двойной слой бумаги прокалывали иглой и полоску разворачивали. Измеряли штангенциркулем расстояние между проколами, деля полученную цифру на 3,14, и принимали за результат испытания одиночной пробы.

Подсчет производили до второго десятичного знака.

За результат испытания принимали среднее арифметическое результатов испытаний всех одиночных проб.

Среднее арифметическое результатов испытаний одиночных проб \bar{M} вычисляли по формуле:

$$\bar{M} = \Sigma M / n,$$

где ΣM – сумма результатов одиночных испытаний; n – общее число испытаний.

Результаты испытаний одиночных проб записывались с погрешностью, соответствующей цене одного деления шкалы приборов.

Для определения линейной плотности образцов применяли:

- мерное приспособление, представляющее собой доску с прикрепленной к ней измерительной металлической линейкой длиной 1000 мм по ГОСТ 427-75;
- весы лабораторные, обеспечивающие погрешность взвешивания 0,5% от взвешиваемой массы.

Измерение длины образцов на мерном приспособлении проводилось с предварительным натяжением, подвешивая груз не более 100 г к подвижному концу нитевидного материала.

Закрепляя образец в неподвижный зажим, создавалось предварительное натяжение, наносилась метка на образец, затем образец освобождался из зажима и переносился на концевую метку в неподвижный зажим так, чтобы концевая метка совпадала с нулевым делением шкалы. Закреплялся неподвижный зажим, создавалось предварительное натяжение, и вновь наносилась метка на нитевидный материал против концевого деления шкалы. Операцию повторяли необходимое число раз, затем разрезали нитевидный материал по первой и последней меткам.

Каждую заготовленную пробу взвешивали в отдельности с погрешностью не более 0,5 % от взвешиваемой массы.

Для проверки правильности взвешивания масс отдельных проб все пробы взвешивались вместе с той же погрешностью и полученную массу сравнивали с суммой масс, полученных при раздельном взвешивании проб.

Если сумма масс отдельных проб отличалась от массы проб, взвешенных вместе более чем на 1,5%, то все взвешивания повторялись.

Линейную плотность T образцов в тексах вычисляли по формуле:

$$T = 1000 \cdot m / l,$$

где m – масса образца, г; l – длина образца, м; 1000 – коэффициент для перевода метров в километры.

За результат испытания принимали среднее арифметическое результатов испытаний одиночных проб.

Среднее арифметическое результатов испытаний одиночных проб \bar{T} вычисляли по формуле:

$$\bar{T} = \Sigma T / n.$$

где ΣT – сумма результатов одиночных испытаний; n – общее число испытаний.

Результаты испытаний одиночных проб записывались с погрешностью, соответствующей цене одного деления шкалы приборов.

Данные физико-механических свойств образцов представлены в таблице.

Физико-механические свойства

| Образец | Диаметр, мм | Линейная плотность, ктекс |
|------------|----------------|------------------------------|
| Нитки ПА | 1 | 0,5 |
| | 2 | 1,5 |
| Веревки ПА | 3 | 2,5 |
| | 3,1 | 5,0 |
| | 3,5 | 5,5 |
| | 4 | 7,5 |
| | 5 | 12,8 |
| | 6 | 13,0 |
| | 6,5 | 14,5 |
| | 7 | 18,0 |
| Веревки ПП | 5 | 13,5 |
| | 6 | 16,0 |
| | 7 | 16,5 |
| | 8 | 29,0 |
| | 9 | 28,5 |

На базе лаборатории рыболовных материалов кафедры промышленного рыболовства Дальрыбвтуза предполагается провести физико-механические испытания отобранных образцов рыболовных крученых нитевидных материалов на определение разрывной нагрузки и удлинения.

В ходе данной исследовательской работы предполагается установка на разрывную машину улиточных креплений соответствующих размеров для испытаний выбранных образцов. Количество испытаний одиночных проб каждого выбранного материала необходимо провести не менее 10 раз и за результат испытаний принять среднее арифметическое результатов испытаний одиночных проб.

Перед началом испытаний одиночные пробы необходимо в течение 24 ч выдержать в атмосферных условиях по ГОСТ 10618–79.

Определение удлинения нитевидных материалов представляет собой закрепление одиночных проб в улиточных креплениях, расстояние между которыми должно быть 200 ± 1 мм и при скорости поднятия подвижного зажима 100 ± 1 мм/мин под нагрузкой, соответствующей параметрам линейной плотности в расчете на 1 текс 0,25 г. При достижении предварительного натяжения машину останавливают и измеряют первоначальную длину нитевидного материала и устанавливают механизм регистрации удлинения в нулевое положение. При заправке нитевидного материала в зажимы разрывной машины не допускается растягивать и раскручивать его.

Если при испытании наблюдается проскальзывание или перекусывание нитевидного материала в зажимах разрывной машины, то допускается применять прокладки. Концы прокладок должны находиться на уровне плоскостей зажимов, ограничивающих зажимную длину нитевидного материала.

При определении разрывного удлинения результат не учитывается, если разрыв нитевидного материала произошел на расстоянии менее 5 мм от зажимов.

Удлинение нитевидного материала при заданных нагрузках определяют следующим образом. При достижении первой заданной нагрузки движение зажимов останавливают, снимают показания удлинения с регистрирующей шкалы механизма удлинения или определяют удлинение линейкой.

Затем вновь продолжают растяжение пробы до достижения второй и третьей заданных нагрузок, останавливая каждый раз движение зажима и снимая показания с регистрирующей шкалы удлинения или определяют линейкой длину образца между нанесенными метками.

На разрывных машинах, регистрирующих удлинение в виде графика “нагрузка–удлинение”, удлинение при заданных нагрузках снимается с записанного графика.

Относительное удлинение ε в процентах вычисляют по формуле

$$\varepsilon = ((l_1 - l_0)/l_0) \cdot 100,$$

где l_1 – длина нитевидного материала между зажимами в момент достижения нагрузки или в момент разрыва, мм; l_0 – первоначальная длина нитевидного материала, мм.

Далее необходимо будет сопоставить физико-механические свойства модельных материалов, полученные экспериментальным путем, с известными данными, предоставленными изготовителем образцов, которые приняты за истинные, и провести сравнительную характеристику данных для разработки методики и программы расчета паспортизации канатно-веревочных изделий.

Библиографический список

1. Ломакина Л.М. Технология постройки орудий лова. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. 207 с.
2. Пакшвера А.Б. Свойства и особенности волокон. М., 1975. 496 с.
3. Государственный стандарт Союза ССР. Изделия крученые и плетеные. Методы испытаний. ГОСТ 25552–82. М.: Изд-во стандартов, 1997. 27 с.

P.V. Nasenkov

Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

FORMULATION OF THE PROBLEM OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF CORD AND ROPE PRODUCT

In the article the problem of determining the basic physical and mechanical properties of filamentary materials for the manufacture of commercial fishing implements is discussed. The given problem is caused by the big development in the field of development of new thread-like materials for which there are no standardized characteristics. In connection with this, the task is set by the method of determining the basic physic and mechanical characteristics, using discontinuous equipment. The article presents a range of thread-like fishing materials, which are investigated for determination of such physical and mechanical properties as diameter, linear density, breaking load and elongation. In the course of further work, it is planned to carry out a comparative analysis of the experimental data and the data of the samples selected by the manufacturer for the development of a methodology and a calculation program for the certification of cord and rope product.

В.С. Паначина, Е.Г. Тимчук, Э.Н. Ким
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОПЧЕНОЙ РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Обосновано использование характеристик цветовых координатных систем, рекомендованных МКО, для оценки качества копченых продуктов. Установлены граничные значения цветовых характеристик качественной копченой продукции из основных объектов промысла Дальневосточного бассейна.

Одной из задач производства копченой рыбной продукции является создание системы мониторинга качества продукции как в процессе производства, так и в процессе хранения.

Основной проблемой объективной и оперативной оценки качества копченой продукции является использование большого количества разнообразных параметров, включая субъективную оценку внешнего вида, цвета поверхности, аромата и вкуса.

Окрашивание поверхности копченых изделий в коричневые или золотистые тона является не только неотъемлемой частью эффекта копчения, придающее готовому продукту приятный и привычный для потребителя внешний вид, но и служащее в определенной степени критерием правильности осуществления самого процесса копчения, т.е. приближенным показателем степени прокопченности обрабатываемого изделия [1].

Органолептический анализ – это чисто субъективный метод оценки, который в отличие от инструментального метода ненадежен. Точно определить цвет весьма сложно, так как цветовая гамма имеет множество всевозможных оттенков и для каждого наблюдателя истинный цвет – тот, который видит он сам.

Перспективным направлением решения указанной проблемы является обоснование оценки качества копченой продукции по одному объективному показателю, коррелируемому с другими показателями качества копченой рыбной продукции. Таким показателем может быть цветовая характеристика. В соответствии со стандартами Международной комиссией по освещению (МКО) стандартизованы и рекомендованы для использования цветовые координатные системы для расчета цветовых характеристик окраски поверхности предметов, а также стандартизованные источники света для измерения цветовых характеристик [3]. Препятствием для использования этой системы, рекомендованной МКО, является отсутствие информации о граничных значениях цветовых характеристик, соответствующих копченой рыбной продукции требуемого качества [2; 3].

Таким образом, целью работы является разработка рекомендаций по оценке качества копченой рыбной продукции на основе определения характеристик в цветовой координатной системе, рекомендованной МКО.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать оценку качества копченой продукции в производственных условиях по характеристике цвета его поверхности;
- определить соответствие органолептической оценки цвета поверхности копченой рыбной продукции цветовым характеристикам;
- определить граничные характеристики цветовых характеристик основного ассортимента копченой рыбной продукции Дальневосточного бассейна.

Качество рыбной продукции во многом зависит от органолептических характеристик, изменение которых обусловлено составом, структурой и функциональными свойствами исходного сырья, условиями внешнего воздействия или ходом внутренних биохимических процессов [2].

Основными факторами, определяющими свойства копченых продуктов, являются: химический состав дыма или копильного препарата, сообщающие продукту специфический аромат, вкус и цвет копчености.

Известно, что единичные органолептические показатели имеют тесную взаимосвязь, что подтверждается высокими коэффициентами корреляции между ними.

С целью уточнения взаимной корреляции между индивидуальными органолептическими показателями в производственных условиях ООО «Фиш Трейд Ко. Лтд» на копильной установке КТД–50 был изготовлен ряд образцов сельди горячего копчения при постоянных значениях скорости копильной среды (15 м/с) и температуре копчения (90 °С). В органолептической оценке участвовали 6 оценщиков, внимаю которых были предоставлены 5 образцов сельди холодного копчения с различной окраской поверхности. Органолептические показатели продуктов относятся к неизмеримым, значения которых нельзя выразить в физических размерных шкалах. Чтобы перевести качество в количество, при экспертной оценке использовали 5-балльную шкалу. Результаты представлены на рис. 1.

Для оценки корреляции рассчитывали показатель качества сельди холодного копчения в процессе обработки дымом по формуле:

$$КПК = \sqrt[n]{\prod_i X_i}$$

где X_i – приведенная оценка единичных показателей качества объекта; i – номер единичного показателя качества объекта; n – количество единичных показателей качества объекта.

Приведенную оценку единичных показателей качества сельди горячего копчения определяли с помощью функции Харрингтона [1]. В качестве единичных показателей качества сельди горячего копчения использовали суммарную органолептическую оценку и общую биологическую ценность продукта.

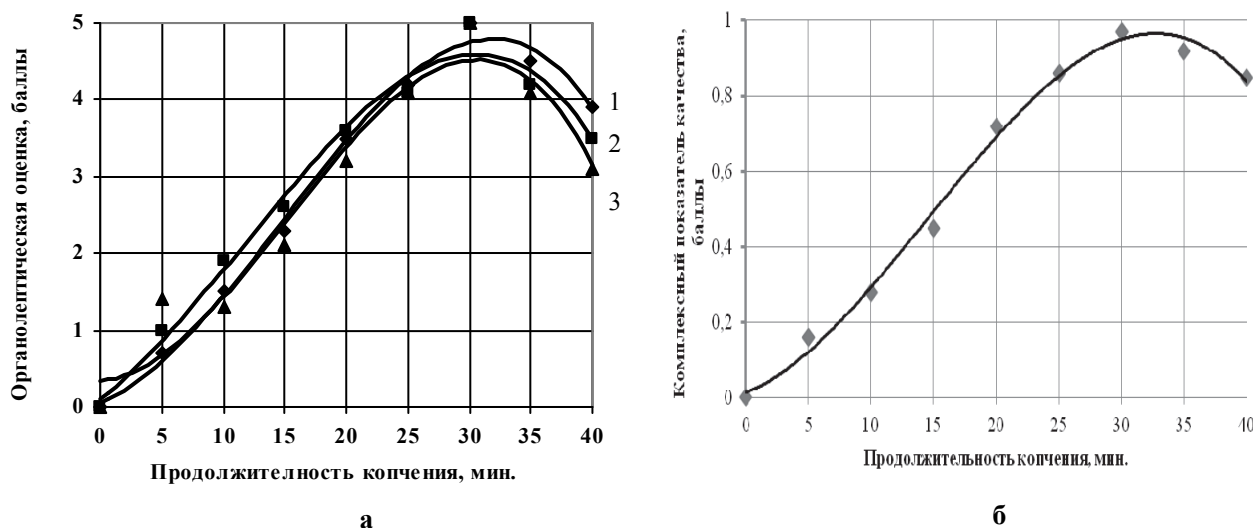


Рис. 1. Зависимость показателей качества сельди от продолжительности копчения (а – зависимость органолептических показателей от продолжительности копчения: 1 – вкус, 2 – цвет, 3 – запах; б – зависимость комплексного показателя качества от продолжительности копчения)

Из данных рис. 1 видно, что в процессе копчения наблюдается корреляция между единичными показателями органолептической оценки и качества сельди горячего копчения. Коэффициенты корреляции между оценкой вкуса, цвета и запаха определялись известным способом и составили 0,98–0,99. Это позволяет предположить, что контроль одного из органолептических показателей позволит контролировать и другие показатели. В то же вре-

мя, цвет является одним из основных показателей качества пищевых продуктов и в значительной мере определяет первоначальное отношение потребителя к ним. Кроме того, цвет тесно связан с другими качественными показателями копченой продукции, такими как вкус, запах, внешний вид.

Коэффициент корреляции органолептической оценки цвета и оценки качества составил 0,96, что подтверждает возможность оценки качества по оценке цвета поверхности копченой продукции из водного сырья.

На основании анализа научно-технической литературы и патентной документации был выбран способ определения цвета копченой продукции из гидробионтов, заключающийся в измерении отраженного от поверхности продукта сигнала, испускаемого стандартным источником дневного белого света МКО – D65 с помощью цифровой камеры с числом эффективных пикселей матрицы 15 млн пикселей/дюйм и более [4].

Для перевода полученного сигнала в цифровые данные решено было использовать программу Adobe Photoshop® CS 5. Полученный сигнал данная программа может перевести в цифровые значения различных колориметрических систем, таких как RGB, CMYK. В работе использовали цветовую модель RGB.

Снятие координат цвета в системе RGB проводится при помощи специального инструмента для измерения цвета – Eyedropper, оборудованным «цифровым табло» – палитрой Info. Для устранения разброса показаний используют среднее значение показаний 51×51 или 101×101 пикселя в зависимости от размера исследуемого образца.

Для перевода цифровых данных в психофизические характеристики цвета первоначально необходимо переводить цветовые координаты образцов копченой продукции из колориметрической системы RGB в систему XYZ.

Для перевода цветовых координат образцов копченой продукции из цветовой модели RGB в модель XYZ необходимо использовать следующие переводные формулы, рекомендованные МКО:

$$\begin{aligned} X &= 0,49000 \times R + 0,31000 \times G + 0,20000 \times B, \\ Y &= 0,17697 \times R + 0,81240 \times G + 0,01063 \times B, \\ Z &= 0,00000 \times R + 0,10000 \times G + 0,99000 \times B, \end{aligned}$$

где X, Y, Z – координаты цвета в колориметрической системе CIEXYZ; R, G, B – координаты цвета в колориметрической системе CIERGB.

Результаты органолептической оценки исследуемых образцов сельди холодного копчения, измерений цветовых характеристик ее поверхности и первичная их обработка приведены в табл. 1.

Таблица 1

Органолептическая и инструментальная оценка цвета поверхности сельди горячего копчения

| Количество баллов | Словесное описание цвета | R | G | B | X | Y | Z | x | y | Доминирующая длина волны, нм | Чистота цвета, % |
|-------------------|--------------------------|-----|-----|----|--------|--------|-------|------|------|------------------------------|------------------|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 5 | Золотистый | 220 | 166 | 42 | 159,07 | 169,18 | 65,42 | 0,40 | 0,43 | 576 | 51 |
| 4 | Желтовато-коричневый | 190 | 151 | 58 | 143,86 | 153,06 | 77,89 | 0,38 | 0,41 | 574 | 45 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----------------------------|-----|-----|-----|--------|--------|--------|------|------|-----|----|
| 4 | Насыщенный коричневый | 153 | 105 | 20 | 105,41 | 109,62 | 35,49 | 0,42 | 0,44 | 577 | 60 |
| 3 | Желтый | 243 | 217 | 130 | 202,09 | 216,60 | 155,14 | 0,35 | 0,38 | 574 | 30 |
| 3 | Тёмно-коричневый | 159 | 81 | 12 | 98,37 | 93,42 | 24,98 | 0,45 | 0,43 | 580 | 70 |
| 2 | Бледно-желтый | 235 | 220 | 180 | 208,57 | 220,49 | 202,32 | 0,33 | 0,35 | 578 | 19 |
| 2 | Коричнево-черный | 95 | 40 | 4 | 55,34 | 49,65 | 10,86 | 0,48 | 0,43 | 584 | 75 |
| 1 | Белый, с оттенками желтого | 255 | 255 | 221 | 236,45 | 252,59 | 245,77 | 0,32 | 0,34 | 581 | 9 |
| 1 | Черный, с оттенками желтого | 25 | 7 | 1 | 13,35 | 10,57 | 2,35 | 0,51 | 0,40 | 587 | 87 |

Зная координаты цветности образцов x , y , по графику цветности определяли точку цветности S и по её расположению находили доминирующую длину волны и чистоту цвета поверхности сельди горячего копчения (рис. 2).

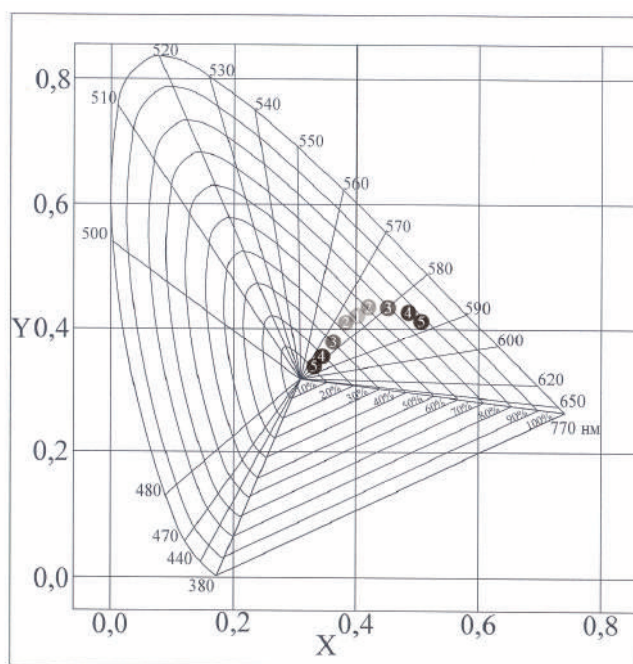


Рис. 2. Доминирующая длина волны и чистота цвета поверхности сельди горячего копчения, соответствующие органолептической оценке: 1 – 5 баллов; 2 – 4 балла; 3 – 3 балла; 4 – 2 балла; 5 – 1 балл

В соответствии с описанным способом была проведена оценка цветовых характеристик рыбной продукции из основных объектов промысла Дальневосточного бассейна, таких как сельдь, горбуша, терпуг холодного копчения, кальмар и горбуша горячего копчения. Параллельно каждый образец оценивали при помощи органолептических методов исследования, для чего использовали специально разработанные балльные шкалы.

Проведенные исследования позволили выявить области графика для перехода от координат цветности x , y к доминирующей длине волны и чистоте цвета, соответствующие образцам гидробионтов холодного и горячего копчения с различной балльной органолептической оценкой цвета. Полученные данные приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

Значения области цветовых показателей поверхности рыбы холодного копчения, соответствующие его органолептической оценке

| Балльная оценка | Словесная характеристика качества | Доминирующая длина волны, нм | | | Чистота цвета, % | | |
|-----------------|---|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|
| | | горбуша | сельдь | терпуг | горбуша | сельдь | терпуг |
| 5 | Светло-золотистый | 575-580 | 573-576 | 576-581 | 44-51 | 48-54 | 51-62 |
| 4 | Желтовато-золотистый, насыщенный коричневый | 575-582 578-584 | 571-575 575-578 | 573-580 579-583 | 39-46 50-60 | 40-46 58-63 | 39-47 58-68 |
| 3 | Желтый, темно-коричневый | 572-580 582-586 | 571-580 583-586 | 572-578 582-585 | 30-39 58-64 | 40-46 71-80 | 33-41 64-72 |
| 2 | Бледно-желтый, коричнево-черный | 570-580 586-590 | 570-583 583-586 | 571-580 586-592 | 20-30 60-70 | 15-25 71-80 | 24-32 61-70 |
| 1 | Черный, с оттенками желтого Белый, с оттенками желтого | 560-593 587-591 | 570-590 586-589 | 570-583 588-593 | 8-18 64-74 | 7-15 74-82 | 15-23 66-74 |

Таблица 3

Значения области цветовых показателей поверхности гидробионтов горячего копчения, соответствующие его органолептической оценке

| Балльная оценка | Словесная характеристика качества | Доминирующая длина волны, нм | | Чистота цвета, % | |
|-----------------|--|------------------------------|--------------------|------------------|----------------|
| | | горбуша | кальмар | горбуша | кальмар |
| 5 | Светло-золотистый | 579-584 | 573-578 | 48-52 | 50-62 |
| 4 | Желтовато-золотистый, насыщенный коричневый | 575-581 583-587 | 570-576 575-580 | 35-43 55-65 | 41-53 59-71 |
| 3 | Желтый, темно-коричневый | 573-581 585-589 | 566-575 576-582 | 25-31 55-65 | 36-48 66-78 |
| 2 | Бледно-желтый, коричнево-черный | 570-581 587-592 | 563-572 578-583 | 18-26 69-78 | 32-44 72-84 |
| 1 | Черный, с оттенками желтого, белый, с оттенками желтого | 570-590 589-594 | 579-583 556-570 | 5-15 72-80 | 78-90 22-34 |

Таким образом, проведенные исследования позволили определить граничные значения цветовых характеристик поверхности гидробионтов холодного и горячего копчения, соответствующие по качеству требованиям нормативной документации и имеющие самую высокую органолептическую оценку.

Обобщенные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Граничные значения цветовых характеристик рыбы холодного и горячего копчения с наилучшей органолептической оценкой

| Вид рыбы | Доминирующая длина волны, нм | Чистота цвета, % |
|-------------|------------------------------|------------------|
| Сельдь х/к | 573-576 | 48-54 |
| Горбуша х/к | 575-580 | 44-51 |
| Терпуг х/к | 576-581 | 51-62 |
| Горбуша г/к | 579-584 | 48-52 |
| Кальмар г/к | 573-578 | 50-62 |

Установленные граничные значения цветовых характеристик поверхности рыбы холодного и горячего копчения позволяют инструментальным методом оценивать качество и соответствие ее органолептической оценке, а также при наличии системы автоматического измерения позволят контролировать процесс копчения. Исходя из того что показатели экспериментов показали высокую степень корреляции цветовых показателей и органолептических показателей качества копченой продукции из гидробионтов, рекомендуется использовать цветовые характеристики при оценке качества копченой продукции из гидробионтов.

Библиографический список

1. Ким Э.Н., Тимчук Е.Г. Оценка качества и безопасности копченой продукции из кальмара тихоокеанского // Инновационные технологии переработки продовольственного сырья: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. 479 с.
2. Горохов Ю.И. Разработка инструментальных методов определения цвета. 1985. С. 114–121.
3. Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. М.: пищ. пром-сть, 1973. 340 С.
4. Тимчук Е.Г., Ким Э.Н. Разработка способа определения готовности копченой продукции из гидробионтов по фотометрическим параметрам // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы 4-й Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток, 2016. С. 51–54.
5. Лаптева Е.П. Химические и физико-химические аспекты образования характерной окраски копченых продуктов // Исследования молодых ученых – рыбной отрасли в XXI веке: тез. докладов междунар. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 1999. С. 12.

V.S. Panchina, E.G. Tymchuk, E.N. Kim
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

QUALITY ASSESSMENT OF SMOKED FISH PRODUCTS ON THE BASIS OF DETERMINING COLOR CHARACTERISTICS

The use of technical means recommended by the MCO for the evaluation of the quality of smoked products is justified. The established boundary values of the color characteristics of high-quality smoked products from the main objects of the Far Eastern basin fishery.

Г.А. Попов, email: popov@astu.org,
С.В. Белов, email:ssbelov@yandex.ru
ФГБОУ «АГТУ», Астрахань, Россия

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ЗНАЧИМОСТИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СИСТЕМЕ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Приводится процедура оценки значимости продовольственной безопасности в системе национальной безопасности Российской Федерации. В качестве основного метода проведения анализа выбран метод анализа иерархий. По результатам расчетов получено, что доля продовольственной безопасности в системе расходов на обеспечение национальной безопасности должна составлять порядка 10 %.

Введение

Проблема обеспечения национальной безопасности в настоящее время, по-видимому, является одной из наиболее актуальных проблем России. Недружественные, часто враждебные действия США и их союзников вынуждают принимать руководство РФ адекватные ответные действия, нередко связанные с большими финансовыми затратами, которых современной России не хватает. Поэтому проблема оптимизации затрат, связанных с обеспечением национальной безопасности, является одной из актуальных задач, решаемых руководством РФ. В частности, крайне важно распределять имеющиеся средства на решение различных проблем национальной безопасности соизмеримо с той важностью, которую представляет каждая из решаемых задач. Одним из направлений обеспечения национальной безопасности является продовольственная безопасность. Данная работа и посвящена оценке значимости продовольственной безопасности в системе национальной безопасности. Наиболее близкой к данной является работа [1].

1. Описание метода анализа и формирования исходных данных

В качестве основы проведения анализа значимости различных направлений национальной безопасности и оценки места продовольственной безопасности в системе национальной безопасности взята Доктрина национальной безопасности России до 2020 г. [2]. В соответствии с п. 7 Доктрины выделяются следующие направления обеспечения национальной безопасности – виды безопасности: 1) внутривнутриполитическая; 2) экономическая; 3) социальная сфера; 4) сфера науки и образования; 5) международная; 6) духовная; 7) информационная; 8) военная; 9) оборонно-промышленная; 10) экологическая; 11) в сфере общественной безопасности. Продовольственная безопасность, по-видимому, включена в экономическую, что является упущением. Поэтому, к приведенному перечню добавлено еще одно направление обеспечения национальной безопасности – продовольственная безопасность.

В качестве основного метода анализа выбран метод иерархий Саати [3; 4], показавший свою эффективность при решении многих аналогичных задач. Основной задачей, решаемой на основе этого метода, является получение оценок сравнительной ценности заданной совокупности объектов с обеспечением приемлемого уровня согласованности этих оценок. Напомним основное требование, которое означает согласованность оценок в методе Саати. Если объект A лучше объекта B в x раз, а объект C лучше объекта B в y раз, то необходимо объект C должен быть лучше объекта A в xy раз – условие транзитивности оценок. Однако если объектов достаточно много (обычно больше 5, а в нашем случае их 11), то экспертам часто не удается обеспечить выполнение данного условия в процессе сравнительного оценивания объектов. Автоматическое использование описанного условия транзитивности (соотношения xy) при заполнении экспертных таблиц часто входит в противоречие с инди-

видуальными представлениями экспертов. То есть экспертам необходимо возвратиться к уже проставленным оценкам и попытаться их изменить таким образом, чтобы обеспечить выполнение условия транзитивности – сложная и трудоемкая процедура при большом числе объектов оценивания, которую реализовать эксперту качественно бывает очень сложно. Поэтому встает задача уточнения оценок экспертов таким образом, чтобы обеспечить приемлемый уровень выполнения указанного условия согласованности мнений экспертов.

Поскольку прежде всего интересует продовольственная безопасность, то предлагается несколько изменить процедуру получения отдельных экспертных оценок следующим образом. Вначале получают сравнительные оценки для всех пар направлений национальной безопасности, первым из которых является продовольственная безопасность, т.е. продовольственная безопасность сравнивается со всеми другими видами безопасности. Затем при сравнении других пар направлений национальной безопасности (например, направлений *A* и *B*, где ни одно из них не совпадает с национальной безопасностью) продовольственная безопасность используется как эталон («единица измерения») для сравнения *A* и *B*. При этом учитываются уже полученные оценки сравнения продовольственной безопасности с *A* и *B*. Описанная процедура получения сравнительных оценок для указанных пар направлений

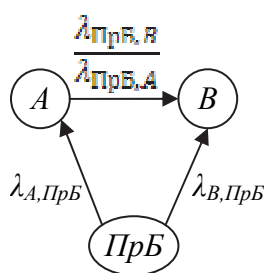


Рис. 1. Диаграмма сравнения оценок

направлений *A* и *B* может быть представлена в виде диаграммы сравнения оценок (рис. 1), где веса $\lambda_{A,PrB}$ и $\lambda_{B,PrB}$ – уже полученные оценки того, во сколько раз направление *A* более важно (оценка больше 1) или менее важно (оценка меньше 1) по сравнению с продовольственной безопасностью; *PrB* – сокращение для сочетания «продовольственная безопасность».

Исходя из требования транзитивности и взаимности оценок по противоположным направлениям, заключаем, что при идеальном оценивании должно выполняться равенство:

$$\lambda_{A,B} = \lambda_{A,PrB} \cdot \lambda_{PrB,B} = \frac{1}{\lambda_{PrB,A}} \cdot \lambda_{PrB,B},$$

которое и предлагается эксперту по умалчиванию. Тогда оценка сравнительной значимости направления *B* по сравнению с направлением *A* будет более соразмерна с оценками, связанными с продовольственной безопасностью, и поэтому более точна. Если эксперт не согласен с этой оценкой, то он должен постараться изменить уже проставленные им оценки и как следствие некоторые из уже проставленных оценок. В противном случае уровень согласованности оценок понизится. Отметим, что целесообразно организовать проведение указанной экспертной процедуры на основе информационных технологий с возможностью удаленного проставления оценок.

2. Процедура оценки значимости различных видов национальной безопасности

Как показал предыдущий опыт авторов [1] использования метода иерархий, данный метод, адекватно отображая порядок важностей различных объектов, значимо занижает оценки отдельных объектов. Использование описанной процедуры получения оценок позволяет более точно отобразить и абсолютные соотношения между важностями различных направлений национальной безопасности.

В соответствии с методом иерархий для оценки важности каждого из направлений на основе метода иерархий необходимо вначале построить диаграмму иерархий, отображающую иерархию приоритетов различных направлений обеспечения национальной безопасности.

Ниже рассматриваются два способа построения диаграммы иерархий. В первом способе строится одноуровневая иерархия приоритетов – в этом случае степень важности каждого из направлений оценивается непосредственно. Соответствующая диаграмма иерархий приведена на рис. 2. Однако, как показывает опыт, при большом числе объектов целесообразно введение дополнительных промежуточных уровней. Это связано с тем, что ре-

ально экспертам оценивать более 5 объектов качественно обычно затруднительно, а в данном случае число объектов, т.е. направлений, равно 11.



Рис. 2. Одноуровневая модель иерархий приоритетов в системе национальной безопасности РФ

Поэтому во втором случае строится двухуровневая диаграмма приоритетов, включающая дополнительно к предыдущим уровням также перечень субъектов защиты в соответствии с Доктриной национальной безопасности с добавлением еще одного важного для государства и общества субъекта – «хозяйствующие и юридические субъекты» (рис. 3).

Результаты заполнения матрицы приоритетов для одноуровневой модели приведены в таблице. Максимальное собственное значение полученной матрицы приоритетов, которое необходимо для получения результирующих оценок на основе метода иерархий, равно:

$\lambda_{\max} = 17,07$; тогда степень согласованности оценок равна $k_{\text{согл}} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = 0,652$, где $n = 12$ – число показателей.

Матрица экспертных оценок степени относительной важности различных направлений национальной безопасности

M =

| | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 0,25 | 1/6 | 1/2 | 1/3 | 1/3 | 7 | 7 | 1/6 | 3 | 1,5 |
| 0,5 | 1 | 2 | 1/8 | 3 | 9 | 6 | 2 | 2 | 8 | 1/2 | 1,5 |
| 4 | 0,5 | 1 | 7 | 1/2 | 5 | 3 | 1/5 | 1/4 | 9 | 2 | 1 |
| 6 | 8 | 1/7 | 1 | 5 | 1/2 | 6 | 9 | 7 | 1/2 | 5 | 1/2 |
| 2 | 1/3 | 2 | 1/5 | 1 | 1/6 | 1/3 | 3 | 2 | 1/7 | 1/2 | 3 |
| 3 | 1/9 | 1/5 | 2 | 6 | 1 | 8 | 9 | 9 | 2 | 5 | 1/5 |
| 3 | 1/6 | 1/3 | 1/6 | 3 | 1/8 | 1 | 1/3 | 1/3 | 1/4 | 2 | 1/2 |
| 1/7 | 1/2 | 5 | 1/9 | 1/3 | 1/9 | 3 | 1 | 1 | 1/9 | 1/4 | 1/8 |
| 1/7 | 1/2 | 4 | 1/7 | 1/2 | 1/9 | 3 | 1 | 1 | 8 | 2 | 1/6 |
| 6 | 1/8 | 1/9 | 2 | 7 | 1/2 | 4 | 9 | 1/8 | 1 | 1/8 | 4 |
| 1/3 | 2 | 1/2 | 1/5 | 2 | 1/5 | 1/2 | 4 | 1/2 | 8 | 1 | 2 |
| 2/3 | 2/3 | 1 | 2 | 1/3 | 5 | 2 | 8 | 6 | 1/4 | 1/2 | 1 |

Непосредственно оценки относительной важности различных направлений находятся как собственные векторы матрицы для собственного значения λ_{\max} , пронормированные

так, что их сумма равна 1. Получаем: 1) внутривполитическая безопасность – 0,12; 2) экономическая безопасность – 0,08; 3) социальная безопасность – 0,07; 4) безопасность в сфере науки и образования – 0,04; 5) международная безопасность – 0,12; 6) духовная безопасность – 0,03; 7) информационная безопасность – 0,09; 8) военная безопасность – 0,15; 9) оборонно-промышленная безопасность – 0,1; 11) общественная безопасность – 0,1; 12) продовольственная безопасность – 0,1. Коэффициент случайного индекса (СИ), описывающий степень согласованности оценок при случайном заполнении экспертной матрицы, равен [2, с. 25]: $s_{сл} = 1,51$, и поэтому отношение согласованности (ОС) равно: $r_{согл} = \frac{s_{согл}}{s_{сл}} = 0,605$. Так как полученное значение ОС оказалось больше 0,1, то степень согласованности оценок низкая, и необходимо уточнить проставленные оценки, обеспечив требуемый уровень их согласованности. Таким образом, в сравнительных оценках доля продовольственной безопасности должна составлять порядка 10 % в общей системе национальной безопасности.

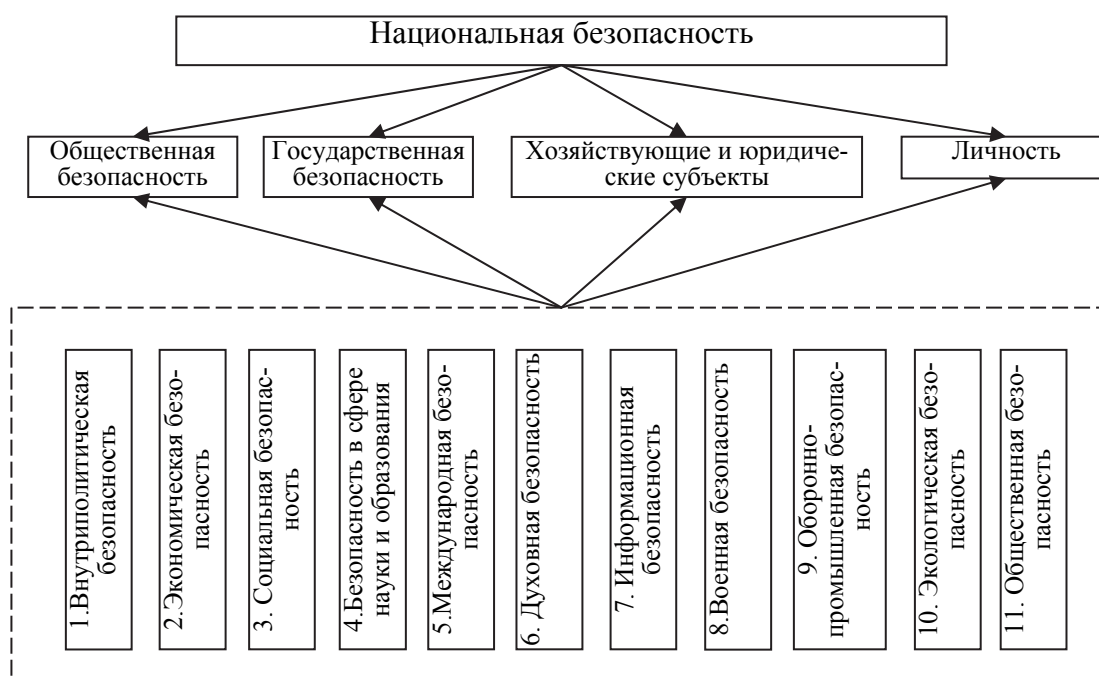


Рис. 3. Двухуровневая модель иерархий приоритетов в системе национальной безопасности РФ

Аналогичным образом был проведен анализ и для двухуровневой диаграммы, приведенной на рис. 3. При этом сверка оценок, полученных на разных уровнях, проводилась линейным образом аналогично [2, с. 29]. В этом случае уровень согласованности оказался значительно выше: $r_{согл} = 0,19$. Однако тем не менее его значений недостаточно для того, чтобы принять полученные значения в качестве конечного результата.

Представляет интерес также задача оценки значимости для продовольственной безопасности других направлений национальной безопасности. Для этих целей также можно воспользоваться методом иерархий. Соответствующая модель иерархий приоритетов приведена на рис. 4.

Расчеты были проведены аналогично первому случаю (см. рис. 2). Результаты расчетов: $\lambda_{max} = 21,42$; степень согласованности оценок равна: $k_{согл} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0,87$, где $n = 11$.

Оценки значимости различных направлений: 1) внутривполитическая – 0,2; 2) экономическая – 0,95; 3) социальная сфера – 0,22; 4) сфера науки и образования – 0,6; 5) , меж-

дународная – 0,3; 6) духовная – 0,02; 7) информационная – 0,06; 8) военная – 0,8; 9) оборонно-промышленная – 0,14; 10) экологическая – 0,52; 11) в сфере общественной безопасности – 0,11.



Рис. 4. Оценка значимости различных направлений национальной безопасности для обеспечения продовольственной безопасности

Заключение

В работе приведена процедура оценки значимости продовольственной безопасности в системе национальной безопасности на основе метода иерархий. Полученные в работе оценки позволят более адекватно распределять ресурсы между различными направлениями обеспечения безопасности РФ. Приведенные значения оценок, по-видимому, требуют уточнения, так как не полностью соответствуют мнениям ряда экспертов, что предполагается выполнить в последующих работах.

Библиографический список

1. Материалы конференции «Наука и практика – 2017». Всероссийская междисциплинарная научная конференция, 16–20 октября 2017 г. [Электронный ресурс]: материалы / Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2017. Направление «Информационные технологии и коммуникации», publish@astu.org.
2. Доктрина национальной безопасности РФ. <http://www.garant.ru/>
3. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 227 с.
4. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 360 с.

G.A. Popov, popov@astu.org
 FGBOU Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia
 S.V. Belov, ssbelov@yandex.ru
 FGBOU Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

COMPARATIVE EVALUATIONS OF THE SIGNIFICANCE OF FOOD SECURITY IN THE SYSTEM OF NATIONAL SECURITY

The paper provides a procedure for assessing the importance of food security in the national security system of the Russian Federation. The analysis of the problem is based on the doctrine of national security of the Russian Federation. The method of analyzing hierarchies was chosen as the main method of analysis. Based on the results of the calculation it was received that the share of food security in the national security system should be about 10 %.

Т.Н. Слуцкая, Д.В. Полещук, В.И. Полещук, С.Ю. Пономаренко
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САРДИНЫ ТИХООКЕАНСКОЙ НОВОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ПРОДУКЦИИ

Рассмотрены технологические аспекты использования сардины тихоокеанской (иваси) как перспективного объекта промысла в технологии соленой продукции (пресервов). Обоснованы оптимальные технологические параметры процесса производства пресервов и рецептура посольной смеси, позволяющие получить пресервы с оптимальными качественными показателями.

В целях реализации государственной экономической политики в области обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации в 2010 г. указом президента РФ была принята Доктрина продовольственной безопасности РФ, основными направлениями которой являются не только обеспечение населения страны высококачественными продуктами питания, но и развитие рыбохозяйственного комплекса [1].

Обеспечить реализацию ряда положений данной доктрины можно с помощью новых объектов рыбного промысла, одним из которых является сардина тихоокеанская (иваси) – возобновившийся и перспективный сырьевой ресурс на Дальнем Востоке.

Согласно данным исследований ученых ТИНРО в ближайшее время ожидается рост запасов сардины. К 2020 г. в тихоокеанских водах они могут достичь около 3,1 млн т, а в Японском море – более 1 млн т [2].

Постоянно увеличивающийся вылов сардины тихоокеанской ставит перед рыбной отраслью задачу ее эффективной промышленной переработки. С учетом химического состава и биохимических особенностей данного объекта промысла предпочтительным и целесообразным является производство из сардины тихоокеанской соленой продукции, в том числе пресервов.

Однако одной из особенностей сардины тихоокеанской является высокая активность ферментов тканей и внутренних органов исходного сырья, что может привести не только к окислению липидов и размягчению консистенции, но и к потере качественных характеристик готовой продукции из нее.

Нами проводились исследования, направленные на сохранение качественных характеристик сардины тихоокеанской (иваси) в процессе ее холодильного хранения и в ходе технологического процесса производства соленой продукции.

На первом этапе исследовали технoхимические свойства сардины тихоокеанской – сырца. Были определены ее размерно-массовые характеристики, которые в дальнейшем определяют использование сырья при производстве пищевой продукции. Исследуемые объекты имели массу от 60 до 210 г, абсолютная длина рыбы при этом составляла от 60 до 240 мм.

Исследования общего химического состава показали, что в образцах сардины тихоокеанской содержание жира изменялось от 12,3 до 30,2 %, белок варьировался от 15,5 до 20,0 %, влага – от 53,9 до 66,4 %.

На основании проведенных исследований размерно-массового и химического состава сардины тихоокеанской (иваси) можно сделать вывод о том, что сардина тихоокеанская, выловленная в 2016 г., по своим характеристикам не отличается от сардины предыдущих ее подходов.

Учитывая ограниченные возможности добывающего флота, практически не способного выпускать соленую продукцию в морских условиях, нами было предложено использование в технологии посола мороженой сардины тихоокеанской.

В настоящее время есть ряд нормативных документов, в соответствии с требованиями которых выпускают сардину тихоокеанскую мороженую. К таким документам относится ГОСТ 32366-2013 «Рыба мороженая. Технические условия». Срок хранения иваси в неразделанном глазированной виде составляет 1 месяц, а в неразделанном глазированном и упакованном в пленочные мешки-вкладыши – 2 месяца, при температуре не выше минус 18 °С; ТУ 9261-368-00472012-2015 «Сардина тихоокеанская (иваси). Технические условия» – 7 месяцев, при температуре не выше минус 18 °С [3].

Для улучшения качественных характеристик мороженой сардины тихоокеанской (иваси) нами было предложено использование в качестве глазировочного покрытия хитозан-альгинатного льда на основе полиэлектролитного комплекса сополимеров. Хитозан-альгинатный лед способен сохранять форму при плавлении, при повышении температуры консистенция льда становится мягкой, но не препятствует осуществлению технологических манипуляций. Лед на основе полиэлектролитного комплекса хитозана с альгинатом натрия обладает пористой структурой, которая не меняется при изменении температуры. Благодаря чему такой лед предположительно можно использовать как теплоизолятор, обеспечивая длительное сохранение заданной температуры. Хитозан, обладающий антиокислительными и антимикробными свойствами, находящийся в комплексе с альгинатом натрия, способен пролонгировать сроки хранения мороженой продукции в сравнении с традиционным глазированием водным льдом.

В дальнейшем наши исследования были посвящены обоснованию технологии посола сардины тихоокеанской.

С этой целью были проанализированы технологии посола хорошо созревающей рыбы, позволяющие получить пресервы с высокими органолептическими характеристиками и относительно пролонгированным сроком хранения.

За основу была взята технология соленой рыбы, условиями которой являлось использование (из расчета на 1 кг сырья) посольной смеси, состоящей из поваренной соли (50 г), сахара-песка (5 г), бензойно-кислого натрия (БКН) (0,1 г) и солевого раствора (400 мл) плотностью 1,12 г/см³, в состав которого входил белковый препарат из картофеля (12,5 г) с активностью 30 АТЕ ед/мг [4].

Поскольку описанный способ предполагал использование в качестве консерванта пищевой добавки бензоата натрия (Е211) химического происхождения, а также с учетом предрасположенности сардины тихоокеанской к окислению нами проводились эксперименты по модификации известной технологии.

С этой целью из состава посольной смеси исключен бензойно-кислый натрий (БКН), а в качестве антимикробного и антиокислительного агента использован хитозан. Кроме того, дополнительно к картофельному препарату предложено использовать препарат из рисовой полумы. Представлен следующий состав посольной смеси: поваренная соль (50 г), сахар-песок (5 г), хитозан (3 г), солевой раствор (400 мл) плотностью 1,12 г/см³. Белковый препарат из картофеля или рисовой полумы (12,5 г) вносили в солевой раствор.

Концентрация хитозана в посольной смеси обоснована на основании результатов многолетних исследований по его применению в пищевых, в том числе рыбных, продуктах [5].

Для оценки влияния компонентов рецептуры посольной смеси на качественные показатели готового продукта нами был подготовлен ряд рецептур посольных смесей, состав которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Состав рецептов посольных смесей из расчета на 1 кг рыбы

| № рецептуры | Соль поваренная, г | Сахар, г | Солевой раствор, плотность 1,12 г/см ³ , мл | БКН, г | Картофельный ингибитор, г | Рисовый ингибитор, г | Хитозан 32 кДа, г | Хитозан 588 кД, г | 0,5%-й раствор уксусной кислоты, мл |
|-------------|--------------------|----------|--|--------|---------------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 1 | 50 | 5 | 400 | 0,1 | - | - | - | - | - |
| 2 | 50 | 5 | 400 | 0,1 | 12,5 | - | - | - | - |
| 3 | 50 | 5 | 400 | 0,1 | - | 12,5 | - | - | - |
| 4 | 60 | 5 | - | - | - | - | - | 3 | 400 |
| 5a | 50 | 5 | 400 | - | - | - | 3 | - | - |
| 5б | 50 | 5 | 400 | - | 12,5 | - | 3 | - | - |
| 6* | 50 | 5 | 400 | 0,1 | - | - | - | - | - |
| | 50 | 5 | 400 | - | 12,5 | - | - | 3 | - |
| 8 | 60 | 5 | - | - | - | - | - | - | 400 |

Для определения качественных показателей полуфабриката и соленой продукции в течение 6-месячного периода хранения были исследованы следующие показатели: органолептические, физико-химические, биохимические и микробиологические. Исследуемые показатели определяли через каждые 1,5 месяца хранения, что позволило не только определить хранимоспособность соленой продукции, изготовленной без применения консервантов химического происхождения, но и проследить динамику формирования ее качества по основным показателям.

Полученные результаты были обработаны и представлены в виде балльной шкалы оценки качества соленой продукции. При этом была учтена значимость отдельных показателей качества через обоснованные коэффициенты. Описание уровней данной шкалы базируется на следующих показателях: органолептических, величины буферности, степени протеолиза, уровня накопления МДА и КМАФАНМ (табл. 2).

Таблица 2

Балльная шкала оценки качества соленой продукции

| Показатели | Словесная и цифровая характеристика баллов | | | | |
|------------------------------|---|-------------|-------------|---|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Органолептические показатели | Консистенция свойственна соленой рыбе без посторонних изменений | | | Излишне мягкая, разваливающееся мясо легко отделяется от кости или излишне плотная, не свойственна соленой рыбе | |
| Буферность, град | До 130 | 130-180 | 180-190 | 190-200 | 200-300 |
| Степень протеолиза, % | До 9 | 9-12 | 12-14 | 14-18 | 18-25 |
| Уровень МДА, % | До 0,9 | 0,9-1,0 | 1,0-1,06 | 1,06-1,23 | не более 1,23 |
| Уровень КМА-ФАНМ, КОЕ/г | До 103 | 2*104-5*104 | 5*104-7*104 | 7*104-1*105 | не более 1*105 |

Результаты обработки полученных экспериментальных данных представлены в виде сводной таблицы балльной оценки (табл. 3).

**Сводная таблица оценки показателей качества соленой продукции
из сардины тихоокеанской (иваси), баллы**

| № | Органолептические показатели | Буферность | Степень протеолиза | МДА | М/б | Средний балл |
|----|------------------------------|------------|--------------------|-----|-----|--------------|
| 1 | 1 | 2 | 5 | 5 | 4 | 3,4 |
| 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 3 | 1 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3,8 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 | 4,4 |
| 5а | 1 | 4 | 5 | 5 | 1 | 3,2 |
| 5б | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 |
| 6 | 5 | 2 | 1 | 3 | 5 | 3,2 |
| 7 | 1 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2,4 |
| 8 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4,8 |

Обработку результатов балльных оценок проводили методом математической статистики, путем отбраковки грубых промахов, определения среднеквадратичного отклонения средних арифметических значений балльных оценок, оценки доверительного интервала истинного значения показателя [6].

Для соответствующей оценки качества полученных экспериментальных образцов предложено использовать комплексный показатель качества (КПК), включающий следующие частные отклики: органолептика (*Орг*), буферность (*БФ*); степень протеолиза (*СП*); малоновый диальдегид (*МДА*); микробиология (*М/б*).

Исходя из разноименного физического смысла частных откликов, предложено характеризовать комплексный показатель качества (КПК) общим количеством баллов, рассчитываемых для каждого указанного выше отклика по следующей формуле:

$$КПК = v_1 * Орг + v_2 * БФ + v_3 * СП + v_4 * МДА + v_5 * М/б,$$

где $v_1 - v_5$ – весовые коэффициенты.

С учётом принципа аддитивности *КПК* следует, что каждый индивидуальный отклик продукта должен быть объективно и количественно рассчитан в той же системе оценки, т.е. в баллах.

Наиболее целесообразной является сумма 25 баллов, что следует из логического расчёта, что каждый из пяти вышеуказанных частных откликов будет иметь предельное (идеальное) значение, равное 5 баллам.

Установление количественной оценки весовых коэффициентов проводится с использованием метода квалиметрии (метод экспертных оценок).

Прежде всего определяются исходные величины значимостей (a_{1-5}), в ходе экспериментальных исследований нами были присвоены каждому из частных откликов КПК по десятибалльной шкале от 0 до 10, а затем их нормируем в диапазоне [0 – 1] и обозначаем буквой α_i (альфа).

По известной методике сначала определяют сумму величин значимостей $\sum_{i=1}^n \alpha_i$ всех частных критериев *КПК*, а затем проводят нормирование каждой величины значимости i по формуле:

$$a_i = \alpha_i / \sum_{i=1}^n \alpha_i.$$

Контроль: $\sum_{i=1}^n a_i = 1$.

Далее определяют весовые коэффициенты v_i для частных откликов K_{IIi} .

Таким образом, $v_i = 5 \cdot a_i$ с общим контролем $\sum_{i=1}^n v_i = 5$.

В табл. 4 представлен расчет весовых коэффициентов к частным откликам по экспериментальным образцам.

Таблица 4

Расчет весовых коэффициентов к частным откликам экспериментальных образцов

| Критерий | Коэффициент | |
|----------|-------------|------|
| | a_i | v |
| Орг | 9 | 1,07 |
| БФ | 8 | 0,95 |
| СП | 8 | 0,95 |
| МДА | 7 | 0,83 |
| М/б | 10 | 1,19 |

Завершающий расчет КПК для каждого экспериментального образца:

$$\text{КПК 1} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 2 + 0,95 \cdot 5 + 0,83 \cdot 5 + 1,19 \cdot 4 = 16,63 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 2} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 1 + 0,95 \cdot 2 + 0,83 \cdot 3 + 1,19 \cdot 3 = 9,98 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 3} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 4 + 0,95 \cdot 4 + 0,83 \cdot 5 + 1,19 \cdot 5 = 18,77 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 4} = 1,07 \cdot 4 + 0,95 \cdot 5 + 0,95 \cdot 5 + 0,83 \cdot 3 + 1,19 \cdot 5 = 20,32 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 5a} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 4 + 0,95 \cdot 5 + 0,83 \cdot 5 + 1,19 \cdot 1 = 14,96 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 5б} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 3 + 0,95 \cdot 3 + 0,83 \cdot 2 + 1,19 \cdot 1 = 9,62 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 6} = 1,07 \cdot 5 + 0,95 \cdot 2 + 0,95 \cdot 1 + 0,83 \cdot 3 + 1,19 \cdot 5 = 16,64 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 7} = 1,07 \cdot 1 + 0,95 \cdot 2 + 0,95 \cdot 4 + 0,83 \cdot 1 + 1,19 \cdot 4 = 12,36 \text{ балла}$$

$$\text{КПК 8} = 1,07 \cdot 4 + 0,95 \cdot 5 + 0,95 \cdot 5 + 0,83 \cdot 5 + 1,19 \cdot 5 = 23,88 \text{ балла}$$

Исходя из установленных границ вариабельности частных КПК, закономерной является градация общего КПК по уровню предлагаемой разработки, которая может быть дифференцирована следующим образом:

- 0–8,33 баллов – высокий уровень качества экспериментальных образцов;
- 8,33–16,66 баллов – средний уровень качества экспериментальных образцов;
- 16,66–25 баллов – низкий уровень качества экспериментальных образцов.

Таким образом, по совокупности результатов экспериментальных данных и математических расчетов целесообразно использовать рецептуры № 2 и 5б, которые содержат в своем составе барьерные средства (БКН, хитозан). При этом следует отметить, что БКН является консервантом химического происхождения, а хитозан – природный биополимер, обладающий функционально-физиологическими свойствами. В технологии посола сардины тихоокеанской (иваси) можно рекомендовать к использованию белковый препарат (ингибитор) из рисовой полумы, но при условии ее предварительной антисептической обработки.

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 30.01.2010 № 120 "Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации" [Электронный ресурс]. Справочно-правовая система "Консультант Плюс" (дата обращения: 13.12.2012).

2. Барышко М.Е. Промысел скумбрии и сардины-иваси на Дальнем Востоке // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8. С. 229–230.
3. ТУ 9261-368-00472012-2015. Сардина тихоокеанская (иваси). Технические условия.
4. Пат. 1598946 РФ. МИК А 23 В 4/02. Способ приготовления соленой рыбы / Т.Н. Слуцкая, Н.А. Герасимова, Н.И. Миленина и др. Заявл. 31.10.198; опубл. 15.06.1990.
5. Максимова С.Н., Сафронова Т.М. Хитозан в технологии рыбных продуктов: характеристики, функции, эффективность. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. 256 с.
6. Гроховский В.А. Научное обоснование и создание инновационных технологий изготовления продуктов из гидробионтов Арктического региона: дис. ... доктора техн. наук. Мурманск: МГТУ, 2012. 732 с.

T.N. Slutskaya, V.I. Poleschuk, D.V. Poleschuk, S.Yu. Ponomarenko
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

PROSPECTS OF USING SARDINOPS MELANOSTICTA NEW APPROACH FOR OBTAINING HIGH-QUALITY FOODSTUFFS

The technological aspects of the use of sardines of the Pacific (Ivasi) as a promising object of the fishery in the technology of salted products (preserves) are considered in the article. The optimal technological parameters of the process for the production of preserves and the formulation of the salting mixture are substantiated, which make it possible to obtain preserves with optimal quality indices.

А.В. Сукольников, Н.А. Скуратов
ФГБОУ ВО «КГТУ», Калининград, Россия

К ВОПРОСУ СОХРАНЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫЛИВАЕМЫХ УЛОВОВ ИЗ ТРАЛОВЫХ МЕШКОВ

Посвящено вопросу сохранения качества рыбы-сырца. Выявлению причин повреждаемости объектов лова и появления высоких нагрузок, приводящих к поломкам и снижению качества сырца и т.д., и вопросам исследования физического процесса выборки мешка с уловом по слипам судов.

Промысловое рыболовство издавна было и до сих пор остается одним из основных видов деятельности людей, благодаря которому значительная часть населения Земли обеспечивается продуктами питания [1].

Россия располагает значительными запасами рыбных ресурсов, выход к морям и океанам дает возможность добывать разнообразную рыбную продукцию, а рыбная промышленность является одной из ведущих подотраслей пищевой промышленности.

Эффективностью работы любой рыбодобывающей единицы (судна, бригады) является количество и качество пойманной рыбы-сырца и последующей технологической обработки [2]. На качество уловов влияют следующие факторы:

- погодные условия;
- объект лова;
- длительность лова;
- тактика и техника лова;
- способы выливки и пр.

Поэтому рассмотрим орудия лова с точки зрения сохранения качества улова, за счёт управляемых факторов (объект лова, длительность лова, тактика и техника и т.д.), по тем факторам, на которые мы можем повлиять.

Одним из таких факторов является длительность лова, чем больше ловим, тем больше потери качества сырья во время траления и выборки. Примером этого служат данные, приведённые в табл. 1.

Таблица 1

Зависимость повреждаемости хека и бесуго от наполнения трала и продолжительности лова

| Рыба | Наполнение трала, т | Продолжительность траления, мин | Количество рыбы с механическими повреждениями, % массы улова |
|-----------------|---------------------|---------------------------------|--|
| Хек серебристый | 10 | 40 | 4 |
| | 20 | 150 | 39 |
| Бесуго | 6 | 60 | 3 |
| | 20 | 120 | 20 |

Рыба, пойманная в трал, испытывает колоссальные нагрузки как во время лова, когда рыба набивается в траловый мешок и погибает без возможности двигаться, так и под постоянным давлением воды.

Следующим фактором, влияющим на качество улова и на процесс тралового лова, являются усилия, возникающие при подъёме траловых мешков на палубу судна. Причём, как

показывает, практика возникают колоссальные пиковые нагрузки, которые приводят и к повреждению улова, повреждению элементов трала, перегрузке промысловых лебёдок [3].

Отмечается, что повреждение рыба получает в меньшей степени от длительности траления, нежели от подъёма трала на судно с помощью слипа (повреждение достигает 30 % улова).

С целью сохранения качества улова ведутся исследования и работы по снижению повреждаемости рыбных особей при работе слиповым методом, и имеется множество изобретений и патентов по устройствам и способам выливки, пока они представляют из себя идею и не более того. В частности, для сокращения усилия при выборке предлагается: установка рольгангов по площади слипового настила, выбор рациональной формы слипа, снижающей пиковые нагрузки на вытяжных концах, покрытие антифрикционными составами настила слипа (пенки, смолы и т.д.). Однако результатов по данным мероприятиям не получено в силу различных обстоятельств, например, смолы откалывались и повреждали орудие лова, рольганги запутывали сетное полотно при спуске трала, а использование пенок приводит к материальным затратам, связанным с покупкой и большим их расходом.

Способы выливки улова являются основополагающими и очень трудоёмкими процессами, которые требуют помимо влияния человека использование соответствующих устройств и механизмов. И как показывает практика, качество улова снижается по-разному, в зависимости от используемых способов и методов выливки улова.

В траловом промысле существует несколько способов и методов освобождения улова из траловых мешков [4, 5]. Проведённая нами оценка работоспособности и эффективности типовых промысловых схем по способам поднятия и выливки уловов на судно характеризуется критерием повреждаемость улова.

Среди типовых схем нами для оценки были отобраны схемы, широко применяющиеся как в отечественном, так и в зарубежном рыболовстве:

- подъём по слипам судов;
- бесслиповый подъём улова;
- с применением гидротранспорта.

Исходные данные для проведения оценки повреждаемости уловов выбирались из промысловых журналов, рейсовых отчетов судов МариНПО и «Атлантрыбфлота», а также технических характеристик промыслового оборудования (табл. 2).

Таблица 2

Критерии качества улова

| Критерий | Способы подъёма улова | | |
|------------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| | По слипу | «Голландская схема» | «Ротор-М» |
| Повреждаемость рыбы, % | До 30 | До 2 | До 8 |

При подъеме улова по слипу процент повреждаемости рыбы является наибольшим. Причина этого заключается в следующем. Пока траловый мешок с уловом находится в воде, рыба имеет положительную плавучесть, которую обеспечивает ее воздушный пузырь. При подъеме мешка по слипу вода оттеживается, и рыба переходит в воздушную среду, где приобретает вес. Верхние слои рыбы начинают давить на нижние и повреждают их. Кроме этого, на рыбу оказывает давление и сеть тралового мешка. Поскольку уловы на больших траулерах составляют 50–60 т, то совместное действие этих факторов приводит к такому высокому проценту повреждаемости рыбы.

В «голландской схеме» причина повреждаемости рыбы такая же. Но на палубу поднимается не весь улов сразу, а только небольшая отделенная от него часть. И это приводит к десятикратному сокращению повреждаемости рыбы.

В рыбонасосной установке «Ротор-М» рыба повреждается лопастями рыбонасоса. Относительно невысокий процент повреждаемости рыбы позволяет считать этот метод с «голландской схемой» достаточно эффективным, в случае однородного сырья.

Известный способ и устройство позволяет осуществить выгрузку улова из кутка трала на судно. Однако для его работы необходимо использование средств для подвода к насосу электричества и трубы для транспортировки улова, которые имеют большие габариты, что влечёт за собой увеличение сопротивления при перемещении их в воде и как следствие увеличение общих затрат.

В настоящее время большинство судов работают по слиповому методу полного подъёма мешков на палубу, это обусловлено архитектурными составляющими судовых конструкций и техникой лова [6]. С целью повышения эффективности тралового лова и снижения повреждаемости улова, энергетических составляющих, нами предлагается изучение физической сущности процесса движения тралового мешка по слипу судна на макете.

Провести такие исследования в морских условиях не представляется возможным, из-за продолжительности, производственной необходимости и дороговизны.

Подводя итог можно сделать следующие выводы и предложения. В настоящее время большинство судов работает по кормовой схеме, опыт работы показывает, что применение различных способов, в частности рыбонасосов, приводит к незначительному повреждению сырья, тем не менее есть сложность в конструкции, в монтаже и условиях эксплуатации, которые требуют наличие комплексов или составов комплексов (водоотделители, бункера). Некоторые схемы подразумевают серьёзные изменения корпусных частей судна, что требует значительных перестроек судна, которые для судов, эксплуатирующихся в настоящее время, нереальны, так как суда отработали большой срок и проводить серьёзные изменения нежелательно в связи с тем, что металл устал и добавлять нагрузки с точки зрения безопасности не рекомендуется.

При этом необходимо помнить, что эффективность работы, а как следствие и качество улова, в конечном итоге зависит от способов выливки уловов непосредственно на судно. Существует множество устройств и методов, но тем не менее большинство рассмотренных нами методов, из числа опубликованных патентов, не обеспечивают должного качества улова и приводят к большим непроизводительным затратам выборки орудия лова на палубу судов, повреждаемости рыбы, трудоёмкости процесса из-за выгрузки улова в специальные бункера и пр.

Помимо этого при выборке практически любого орудия лова возникают большие, особенно при траловом лове, пиковые нагрузки. Тем не менее большинство промысловых судов, имеющих кормовую схему траления, со слипом или без него, осуществляют процесс выборки непосредственно на палубу с поднятием мешков с уловом. В связи с этим следует, что применение опубликованных в сети изобретений требует резкого изменения судовых конструкций, что в реальности, учитывая, что суда довольно старые, вызывает трудности.

Для решения вопросов снижения нагрузок и повышения качества рыбы-сырца, при проведении экспериментальных исследований при изучении данного процесса нами были определены влияющие факторы, это угол наклона и форма слипа, угол выхода вытяжного конца на вытяжную лебёдку и степень наполнения тралового мешка уловом. Выбор факторов обусловлен тактикой и техникой тралового лова, архитектурой судовых конструкций и особенностями конструкций траловых мешков. С учётом вышесказанного были определены диапазоны изменения этих факторов.

Для сокращения количества экспериментальных работ, их систематизации нами был применён метод планирования эксперимента.

Испытания потребовали создания экспериментальной установки, представляющей из себя макет промысловой палубы РТМ-С со слиповым устройством, изготовленным в масштабе 1 : 50, оснащённой действующими промысловыми механизмами. Причём слиповые устройства имеют возможность изменения угла наклона, формы слипа. Рассматриваются

варианты различного размещения промысловых механизмов на палубе макета. Она состоит из: слипового устройства с возможностью смены угла наклона, ванны с водой, регулируемой по уровню, настила промысловой палубы, блока, портала, вытяжной лебёдки.

По результатам первичных опытов нами была получена силовая динамограмма, подтверждающая наличие пиковых нагрузок и распределение усилий по длине слипового устройства (рисунок)



Диаграмма усилия при выборке полного мешка (массой 2,5 кг) на установке с минимальным углом наклона слипа и высоте $h=600$ мм

Как видно из рисунка, наблюдается значительный скачок во время выхода мешка на порог слипа.

Анализ результатов экспериментов позволил сделать некоторые выводы:

- необходимо дальнейшее усовершенствование установки, в плане увеличения количества исследуемых факторов;
- установлено приоритетное влияние факторов, а именно, первостепенное значение отводится степени наполнения тралового мешка;
- следующим по значимости является угол наклона слипа;
- угол выхода вытяжного конца оказывает незначительное влияние на усилие во время выборки в пределах проводимых исследований.

Библиографический список

1. Рыбная промышленность [Электронный ресурс]. URL: <http://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/098/394.htm>
2. Приемка, транспортировка и хранение. Влияние различных факторов на качество рыбы-сырца [Электронный ресурс]. URL: <http://ribovodstvo.com/books/item/f00/s00/z0000013/st014.shtml>
3. Фридман С.Л. Взаимодействие трала и судна при подъеме улова на кормовом траулере: дис. ... канд. техн. наук / С. Л. Фридман; науч. рук.: А.И. Трещев; Мурман. высш. мореход. училище. Мурманск, 1960. 242 с.
4. Мельников В.Н. Устройство орудий лова и технология добычи рыбы: учебник по спец. 3115 «Пром. Рыболовство». М.: Агропромиздат, 1991. 383 с.
5. Основные виды промысла [Электронный ресурс]. URL: http://studbooks.net/1107186/agropromyshlennost/osnovnye_vidy_promysla
6. Зайчик К.С. Промысловые устройства морских рыболовных судов. Л., 1972.

A.V. Sukonnov, N.A. Skuratov
Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

**TO THE ISSUE OF PRESERVING THE QUALITY OF POURED CATCHES
FROM TRAWL BAGS**

The work is devoted to preserving the quality of raw fish. Identification of the causes of damage to fishing gear and the emergence of high loads leading to breakdowns and poor quality of raw materials, etc., and to researching the physical process of sampling a bag with a catch on ship slips.

Н.Ю. Углова, М.Д. Мукатова
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

УСТАНОВЛЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ НОВЫХ БЕЛКОВЫХ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ НЕКОНДИЦИОННЫХ ЯСТЫКОВ ЩУКИ

Сроки хранения новых эмульсионных икорных продуктов, изготовленных на основе некондиционных ястыков щуки: икорного масла «Бутербродное» и икорного соуса «Нежность» – были установлены по изменению азотистых веществ: формольно титруемого азота (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО). Изменение отношения названных показателей в течение определенного времени позволило установить срок хранения икорного масла «Бутербродное» на уровне 44 сут, а для икорного соуса «Нежность» – 50 сут при температурах 8 ± 10 °С.

Введение

Проведенные исследования показали, что икра частиковых видов рыб обладает высокой пищевой и биологической ценностью. Однако в Астраханской области ассортимент белковой продукции, вырабатываемой на их основе, очень беден [1].

Исследователи Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО) утверждают, что с точки зрения снабжения населения продуктами функционального питания представляет интерес разработка технологии эмульсионных продуктов на основе икорного сырья и растительных масел [2].

Такие эмульсионные продукты имеют преимущества при питании, заключающиеся в том, что употребление пищи в виде мелкодисперсной эмульсии снижает нагрузку на эндокринную систему и способствует стабилизации физиологических функций желудочно-кишечного тракта. Кроме того, эмульсионные продукты являются источниками полиненасыщенных жирных кислот, способствующих предупреждению сердечно-сосудистых заболеваний [2].

Известен способ получения икорного масла, который предусматривает смешивание отстоя рыбной икры лососевых или частиковых видов рыб с растительным маслом, последующее эмульгирование в течение 3–5 мин в режиме непрерывной циркуляции обрабатываемой смеси [3].

Указанный способ позволяет выпускать продукт, обладающий высокой пищевой ценностью с пониженным содержанием холестерина. Однако содержание липидов растительного происхождения, составляющее от 64,9 до 73,41 % от общей массы, позволяет отнести данное икорное масло к продуктам с повышенным содержанием жира, что ограничивает его использование в качестве продукта диетического и профилактического питания.

За счет увеличения в рецептуре икорной составляющей и замены растительного масла жировым компонентом животного происхождения уровень содержания жира в конечном продукте уменьшается с 64 до 16 %, а уровень содержания белка увеличивается с 6 до 15 %, что положительно сказывается на биологической ценности готового продукта.

В связи с этим была установлена возможность использования некондиционных ястыков щуки осеннего промысла в качестве сырья для изготовления на его основе новых эмульсионных икорных продуктов на масложировой основе: икорного масла «Бутербродное» и икорного соуса «Нежность» [1].

Исходя из этого, следующим этапом развития данного направления явилось установление сроков хранения вышеуказанных икорных продуктов, что и определило цель проведенного исследования.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были икорное масло «Бутербродное» и икорный соус «Нежность», изготовленные на основе некондиционных ястыков щуки с различными сроками хранения. Исследуемые образцы хранились при температуре от 8÷10 °С.

Определение содержания азота летучих оснований (АЛО) в образцах икорного масла и икорного соуса осуществлялось в соответствии с ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [4]. Азот концевых аминогрупп был определен по методическим указаниям кафедры «Технология товаров и товароведение» Астраханского государственного технического университета.

Результаты исследований и их обсуждение

Сроки хранения образца нового белкового продукта, изготовленного на основе некондиционной икры щуки, икорного масла «Бутербродное» были установлены по изменению азотистых веществ: формольно титруемого азота (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО).

Азот летучих оснований необходимо определять, так как аминокислоты могут распадаться на аммиак и сероводород. Этот процесс считается протекающим с нормальной скоростью при условии, если отношение количества АЛО к ФТА * 100 % не превышает 7,5–8,0 %.

В табл. 1 приведены данные изменения ФТА и его распад на азот летучих оснований (АЛО).

Таблица 1

Изменение азота концевых аминогрупп (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО) в процессе хранения икорного масла «Бутербродное»

| Время хранения, сут | Содержание азотистых веществ, мг/100 г | | АЛО/ФТА *100 % |
|---------------------|--|------|----------------|
| | ФТА | АЛО | |
| 0 | 18,09 | 1,12 | 6,1 |
| 4 | 32,18 | 1,98 | 6,1 |
| 8 | 54,42 | 2,45 | 4,5 |
| 12 | 70,67 | 3,9 | 5,5 |
| 16 | 87,18 | 4,8 | 5,5 |
| 19 | 101,88 | 5,4 | 5,3 |
| 28 | 112,56 | 6,9 | 6,1 |
| 36 | 127,15 | 8,8 | 6,9 |
| 44 | 139,64 | 10,9 | 7,8 |
| 50 | 151,52 | 13,1 | 8,6 |

На рис. 1 приведены кривые, отображающие изменение формольно титруемого азота (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО) в процессе хранения образца икорного масла «Бутербродное».

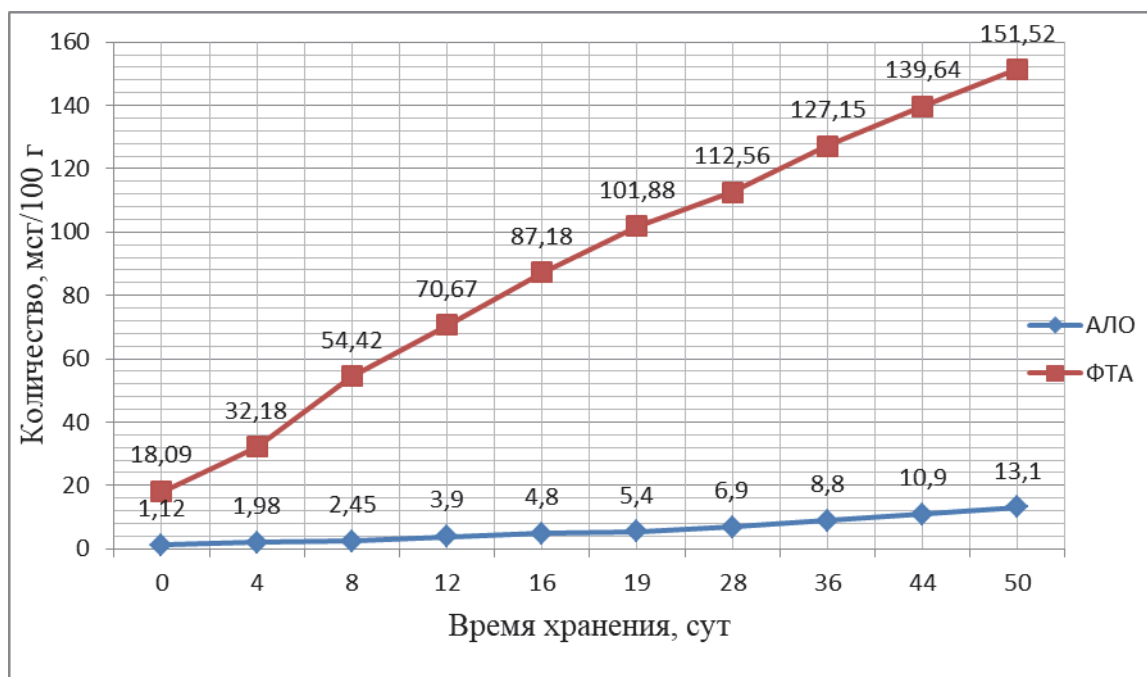


Рис. 1. Кривые, отображающие увеличение формально титруемого азота (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО) в процессе хранения икорного масла «Бутербродное»

На рис. 2 приведена кривая распада ФТА на АЛО в процессе хранения образца икорного масла «Бутербродное».

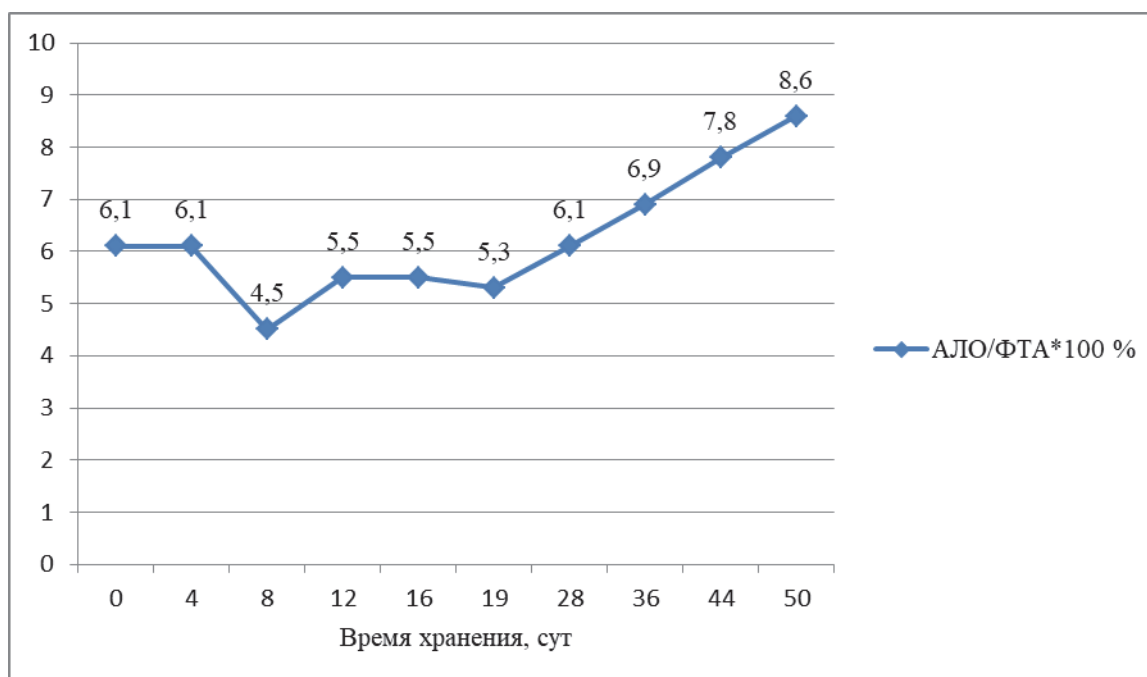


Рис. 2. Кривая распада ФТА на АЛО в процессе хранения образца икорного масла «Бутербродное»

Характеры кривых рис. 1 и 2 соответствуют постепенному увеличению содержания ФТА и АЛО. При этом содержание ФТА увеличивается с начального уровня 18,9 мг/100 г в начале хранения до 151,5 мг/100 г на 50-е сут хранения. Что касается распада ФТА на АЛО, то его количество увеличивается с более низкой скоростью: с уровня 1,1 до 13,1 мг/100 г за это же время. Соотношение указанных веществ (в %) достигает уровня 8,6 на 50-е сут.

На основании указанных экспериментальных данных рекомендовано установить срок хранения для исследуемого образца не более 44 сут при температуре $8 \div 10$ °С.

Сроки хранения икорного соуса «Нежность» были также устанавливаемы по изменению формально титруемого азота (ФТА) и азота летучих оснований (АЛО) в процессе хранения.

Известно, что в процессе хранения в пищевых продуктах соотношение азотистых веществ изменяется, так как возрастает количество азота летучих оснований по отношению к количеству гидролизуемого формально титруемого азота (ФТА).

В табл. 2 приведены данные об изменении соотношения азотистых веществ образца икорного соуса «Нежность» в процессе хранения при температуре $8 \div 10$ °С.

Таблица 2

Изменение азотистых веществ образца икорного соуса «Нежность» в процессе хранения

| Время хранения, сут | Содержание азотистых веществ, мг/100 г | | АЛО/ФТА *100 % |
|---------------------|--|------|----------------|
| | ФТА | АЛО | |
| 0 | 24,92 | 1,3 | 5,2 |
| 4 | 35,0 | 1,9 | 5,4 |
| 8 | 48,95 | 2,7 | 5,7 |
| 12 | 65,14 | 3,4 | 5,2 |
| 16 | 83,12 | 4,8 | 5,7 |
| 20 | 96,13 | 6,1 | 6,3 |
| 28 | 116,3 | 7,7 | 6,6 |
| 36 | 151,4 | 10,5 | 6,9 |
| 44 | 162,5 | 12,8 | 7,8 |
| 50 | 177,8 | 14,0 | 7,8 |
| 58 | 185,9 | 16,1 | 8,6 |

На рис. 3 приведены кривые, отображающие увеличение азота летучих оснований (АЛО) в процессе распада формально титруемого азота (ФТА) во время хранения образца икорного соуса «Нежность» при температуре $8 \div 10$ °С.

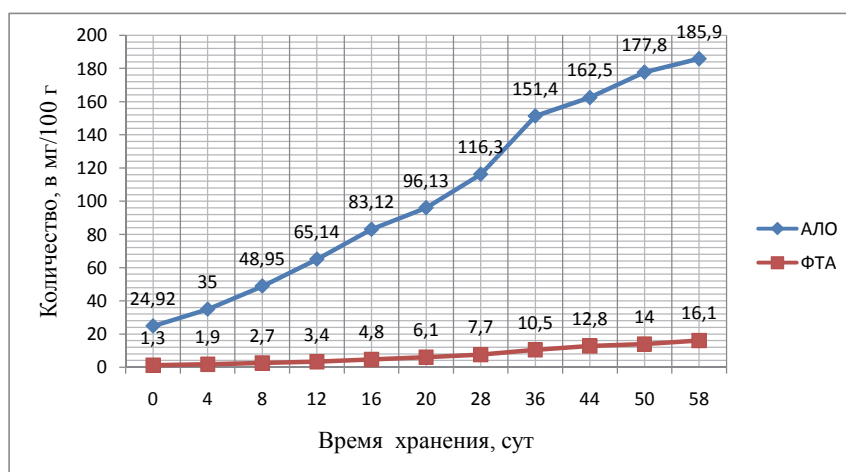


Рис. 3. Кривые, отображающие увеличение азота летучих оснований (АЛО) при распаде формально титруемого азота (ФТА) во время хранения

На рис. 4 приведена кривая, отображающая отношение азота летучих оснований к формольно титруемому азоту во время хранения образца икорного соуса «Нежность».

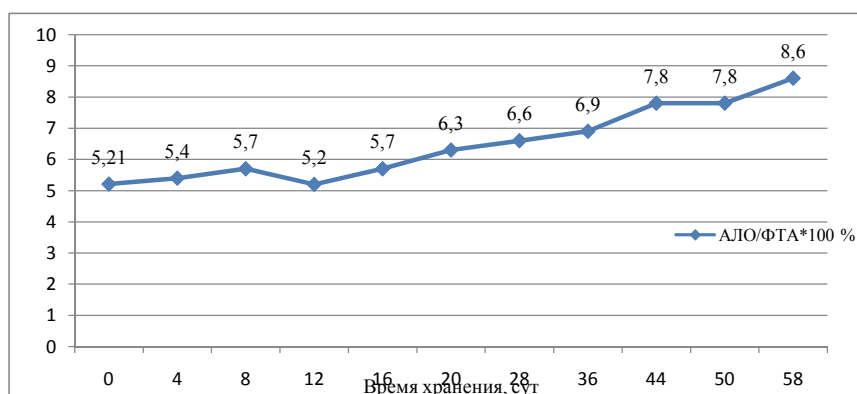


Рис. 4. Кривая, характеризующая отношения азота летучих оснований к формольно титруемому азоту в процессе хранения образца икорного соуса «Нежность»

Из данных табл. 2 и характеров кривых на рис. 3 и 4 следует, что на 58-е сут хранения образца икорного соуса произошли изменения азотистых веществ (АЛО и ФТА), отношение которых превысило 8 %, что свидетельствует о начале порчи продукта и невозможности употребления его в пищу. Исходя из этого, срок хранения исследованного продукта следует принять 50 сут при температурах $8\div 10$ °С.

Заключение

Из результатов проведенного исследования:

- выявлено, что срок хранения образца икорного масла «Бутербродное» на основании показателя, определяемого отношением уровней летучих оснований к формольно титруемому азоту, не должен превышать 44 сут при температуре $8\div 10$ °С;
- установлено, отношение азота летучих оснований к азоту конечных аминокрупп в образце икорного соуса «Нежность» превышает 8 % через 58 сут, следовательно, сроки хранения указанного икорного продукта следует принять 50 сут при температуре $8\div 10$ °С.

Библиографический список

1. Углова Н. Ю., Мукатова М. Д. Рациональная доза икорного компонента и лимонной кислоты в рецептуре икорного соуса на основе некондиционной икры щуки // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбное хозяйство. 2017. № 3. С. 138–144.
2. Сурикова А. А., Шульгина Л. В. Икорный продукт на основе отстоя из мороженых ястыков тихоокеанских лососей // Технические науки – от теории к практике. 2013. № 22. С. 25–31.
3. Пат. 2251360 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/235 Икорное масло и способ его получения / Г.М. Воронин, Э.Б. Лебединский; заявл. 05.09.2003; опубл. 10.05.2005, Бюл. № 13. 10 с.
4. ГОСТ 7636-85. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. URL: <http://gostinform.ru/gosty/gost-7636-85.shtml>.

N. Y. Ugllova, M. D. Mukatova
ASTU, Astrakhan, Russia

ESTABLISHMENT OF STORIES OF STORAGE OF NEW PROTEIN CAVIAR PRODUCTS: CAVIAR BUTTER "BUTTERBRODNOE" AND CAVIAR SAUCE "TENDERNESS"

The shelf life of new emulsion caviar products made on the basis of sub-standard pike caviar, caviar butter "Butterbrodnoe" and caviar sauce "Tenderness" was established by changing the formally titrated nitrogen (FTA) and nitrogen of volatile bases (ALO). The change in the ratio of these indicators over time has made it possible to establish the shelf life of the caviar butter "Sandwich" at 44 days at a temperature of +8 to +10 ° C, and for the caviar sauce "Tenderness" for 50 days at a temperature of +8 to +10 ° C.

А.А. Утепешева, Е.А. Степаненко, Н.Р. Кисаханова
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия
Р.С. Аракельян, Н.А. Алёхина, Я.О. Соколова
ФГБОУ ВО «АГМУ» Минздрава России, Астрахань, Россия

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Широкое распространение паразитарных и инфекционных болезней среди животных способствует интенсивному заражению населения. Лабораторный санитарный контроль является основным и часто единственным способом установить степень риска заражения.

Результаты лабораторных исследований позволяют оценивать качество продуктов питания животного происхождения, риск новых заражений.

Инфекционные и паразитарные болезни на протяжении многих столетий были и остаются наиболее опасными болезнями человеческого организма из-за их способности вовлечь в процесс большое число здоровых людей в течение короткого периода времени. Инфекционные и паразитарные заболевания относятся к числу наиболее распространенных недугов человека [1]. Характеризуясь различным по степени тяжести течением, большинство из них при правильном и своевременном лечении могут заканчиваться полным выздоровлением, так как лекарственные препараты действуют непосредственно на причину болезни. В связи с этим качество и оперативность диагностики инфекций приобретает особое значение [2]. Лабораторные исследования играют важную роль в установлении диагноза инфекционных и паразитарных болезней, при назначении этиотропной терапии, проведении контроля за эффективностью лечения [3]. Процесс специфической лабораторной диагностики основан на выявлении возбудителя и ответной реакции организма человека в ходе инфекционного процесса. Он состоит из трех этапов: сбора материала, транспортировки и его исследования в лаборатории. К проведению каждого этапа предъявляют определенные требования, от соблюдения которых зависит эффективность лабораторной диагностики [4].

В материале, направляемом на исследование в лабораторию, возбудитель бывает представлен в тех стадиях, с помощью которых он передается непосредственно от инфицированного индивида окружающим людям и/или животным. Эффективность лабораторных исследований не является абсолютной и зависит от ряда условий: правильность взятия пробы и приготовления из нее препарата для микроскопии, бережности транспортировки и хранения; компетентности использования лаборантом препаратов, приготовленных из проб и так далее [5].

Цель работы: изучить санитарное состояние некоторых видов рыбы Астраханской области.

В исследовательской работе применялись стандартные методы паразитологических и микробиологических исследований, статистической обработки (графическое изображение относительных величин и оценка достоверности результатов исследования)

Материалы: пробы рыбы и рыбной продукции, химические реактивы, питательные среды, оборудование микробиологической лаборатории.

В 2016–2017 гг. были проведены исследования 23 проб рыбы и рыбопродуктов. Паразитологические исследования рыб и рыбной продукции проводились в соответствии с методическими указаниями МУК 3.2.988-00 Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки.

Рыбу вскрывали в большом эмалированном кювете, проводя вначале наружный осмотр рыбы для выявления личинок, просвечивающих через кожу. Затем вырезали левую стенку полости тела и открывали доступ к последней (для этого, повернув рыбу брюхом кверху, делали короткий надрез вперед от анального отверстия, куда вводили тупой конец ножниц и разрезали рыбу вдоль срединной линии брюшка до угла нижней челюсти). Затем внимательно осматривали полости тела и внутренних органов.

После просмотра внутренних органов с рыбы снимали кожу, подрезая ее ножницами и оттягивая хирургическим пинцетом или рукой. Осматривали внутреннюю сторону кожи, а часть мышц, отделившихся с кожей, разрезали на пластинки или соскабливали.

Соленую икру после предварительной подготовки исследовали таким же способом. Весь материал подвергали микроскопии путем компрессии между двумя предметными стеклами [6].

Из 23 исследованных проб – 22 пробы рыбы и 1 проба икры. В результате исследования в икре была обнаружена личинка нематоды *Anisakis simplex*. Также в 5 пробах (2 линия, 2 окуня и лещ) 21,7 % были обнаружены личинки метацеркарий, одетые в черный пигмент *Rossicotrema donicum* (рисунок). В остальных пробах результат исследования был отрицательный.



Личинки метацеркарий, одетые в черный пигмент *Rossicotrema donicum*. Увеличение X1500

Таким образом, мы имеем 6 (26 %) неудовлетворительных проб и 17 удовлетворительных. Положительные пробы направлялись на микробиологические исследования.

Микробиологические исследования рыбы и рыбной продукции проводились в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов.

При микробиологическом исследовании проводились бактериоскопические и микробиологические методы исследования.

Бактериоскопическое исследование микрофлоры проводили с поверхности и с внутренних тканей рыбы следующим способом. К поверхности исследуемого образца прикладывают стерильное предметное стекло и прижимают на 1–3 мин. С внутренних тканей в теле рыбы стерильным скальпелем делают надрез, осторожно вводят в него предметное стекло. Затем стекла осторожно снимают, подсушивают, готовят фиксированный препарат и окрашивают по Граму. Готовый мазок просматривают, подсчитывают все микроорганизмы в десяти полях зрения (объектив $\times 90$ с иммерсией).

При взятии отпечатка из глубины мышц кожу посередине спины рыбы освобождают от чешуи и прижигают раскаленным скальпелем. Стерильными ножницами и пинцетом с глубины 1,0–1,5 см вырезают кусочек мышечной ткани общей площадью 2 см². Этим кусочком делают несколько отпечатков: к предметному стеклу его прикладывают разными гранями на 2–3 мин. Препарат сушат, фиксируют, окрашивают по Граму, а затем каждый просматривают и подсчитывают в десяти полях зрения.

По данным поверхностной бактериоскопии количество клеток (кокки и палочки) колебалось от 10 до 37 (норма 10–30 клеток в 1 поле зрения микроскопа). По данным глубинной микроскопии количество клеток колебалось от 5 до 20 клеток в 1 поле зрения микроскопа (норма – единичные клетки).

Микробиологические методы исследования проводили по ГОСТу. Определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) определяют по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных и факультативно-анаэробных микроорганизмов». Метод основан на подсчете выросших на питательных средах при термостатировании посевов при температуре 37 °С в течение 72 ч колоний, видимых при двукратном увеличении.

При определении КМАФАнМ время между отбором проб и проведением анализа должно быть максимально сокращено.

Из подготовленной для анализа пробы делают разведения. Разведения исследуемого материала по 1 см³ вносят в чашки Петри. Посевы заливают 20–25 см³ расплавленного и охлажденного до 45 °С питательного агара (ПА), тщательно перемешивают круговыми движениями или покачиванием вокруг горизонтальной оси.

После застывания агара чашки переворачивают крышкой вниз и ставят в таком виде в термостат с температурой 30 °С на 72 ч. Учитывают те посевы, в которых выросло на чашке от 15 до 300 изолированных колоний.

Определение бактерий группы кишечных палочек проводят согласно ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий). Метод основан на способности бактерий группы кишечных палочек сбрасывать в среде Кесслер лактозу с образованием кислоты и газа.

Для определения БГКП 10 см³ исходной суспензии продукта или соответствующего разведения засевают в пробирки с 10 см³ питательной среды Кесслер. Засевается то количество продукта, в котором нормируется отсутствие бактерий группы кишечных палочек. Посевы инкубируют при температуре 37 °С. Через 24 ч из газ-положительных пробирок инокулируют со средой Кесслер нормальной концентрации. Посевы инкубируют при температуре 37 °С в течение 24 ч. Затем со среды Кесслер проводят посев на плотную дифференциальную среду Эндо. Чашки с засеянной средой Эндо инкубируют при температуре 37 °С в течение 24 ч.

При наличии на среде Эндо колоний, характерных для группы кишечных палочек, производят их изучение. Из изолированных колоний готовят препараты, окрашивают по Граму и микроскопируют. При обнаружении грамотрицательных, не образующих спор палочек, выполняют оксидазный тест. БГКП – оксидазоотрицательные микроорганизмы.

Определение золотистого стафилококка проводят согласно ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus*. Метод основан на выявлении характерного роста бактерий на элективных средах, изучении морфологических свойств и постановке теста плазмокоагуляции.

Из навески продукта готовят исходное и ряд десятикратных разведений, чтобы можно было определить в 1 г продукта предполагаемое количество коагулазоположительных стафилококков или их допустимое количество, указанное в документе на исследуемый продукт.

Переносят с помощью стерильной пипетки 0,1–0,2 см³ исходной суспензии или соответствующего разведения на поверхность одной из сред: Байрд-Паркер агара, Байрд-Паркер агара с кроличьей плазмой и бычьим фибриногеном, молочно-солевого агара, яично-желточно-азидного агара или яично-желточно-солевого агара. для посева используют две параллельные чашки Петри со средой. С помощью стерильного шпателя осторожно и быстро распределяют посевной материал по поверхности агаризованной среды в чашке Петри, стараясь не касаться стенок чашки. Примерно в течение 15 мин дают подсохнуть по-

верхности среды под крышками. Чашки Петри с посевами инкубируют в термостате при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24–48 ч.

После инкубирования чашки Петри с посевами просматривают и отмечают типичные и атипичные для коагулазоположительных стафилококков колонии. Все чашки Петри продолжают инкубировать при температуре $(37\pm 1)^\circ\text{C}$ в течение (24 ± 3) ч, после чего отмечают появление новых типичных и атипичных колоний.

Подозрительные на стафилококки колонии (непрозрачные, золотистые, кремновые, эмалевые, лимонно-желтые, имеющие форму правильных дисков от 2 до 4 мм в диаметре, слегка выпуклые, с ровными краями, на желточно-солевом агаре – с радужным венчиком вокруг колоний) микроскопируют с окраской по Граму.

Стафилококки положительно окрашиваются по Граму, имеют шарообразную форму с диаметром 0,6–1 мкм и располагаются часто в виде скоплений, напоминающих гроздь винограда. При обнаружении грамположительных мелких кокков культуры отсевают на скошенный агар и инкубируют при температуре 37°C 18–24 ч. Число колоний, взятых для идентификации, не должно быть менее пяти.

Дальнейшие исследования направлены на определение патогенности стафилококка. Основным тестом, определяющим патогенность стафилококка, является реакция плазмокоагуляции. Патогенные стафилококки коагулируют плазму человека и теплокровных животных. С односуточной культурой ставят реакцию плазмокоагуляции.

Определение бактерий рода *Salmonella* проводят согласно ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella*.

Метод основан на способности бактерий рода сальмонелл расти на дифференциально-диагностических средах образовывать специфические колонии и давать реакцию агглютинации с сальмонеллезными сыворотками.

К бактериям рода сальмонелл относятся граммотрицательные палочки с закругленными концами, длина варьирует от 1 до 5 мк, ширина от 0,5 до 0,6 мк. Сальмонеллы являются факультативными анаэробами. Оптимальная температура роста 37°C , реакция среды слабощелочная (рН 7,2–7,4).

Навеску продукта в количестве 25 г засевают в 250 см^3 в забуференную пептонную воду. Посевы помещают на 18 ч в термостат при температуре 37°C . После инкубирования 1 см^3 культуры пересевают в 10 см^3 селенитового бульона. Посевы инкубируют при температуре 37°C в течение 24 ч. Далее из сред обогащения делают высев в чашки Петри на плотные дифференциально-диагностические среды: Висмут-сульфит агар (ВСА), среду Плоскирева, Левина или Эндо. Перед посевом среду необходимо подсушить в термостате. Чашки термостатируют при температуре 37°C в течение 24 ч.

На ВСА сальмонеллы образуют черные (или коричневые) с металлическим блеском колонии, цвет среды под колониями черный. Исключение составляют *S. paratyphi*, *S. cholerae suis* и ряд других, растущих в виде мелких серовато-зеленых колоний с черным центром и без него. На среде Эндо колонии сальмонелл бесцветные, слабо-розовые, выпуклые, блестящие. На средах Плоскирева и Левина колонии прозрачные, голубоватые, бледные или нежно-розовые.

С дифференциально-диагностических сред отсевают несколько колоний на среду Олькеницкого, Клигlera, Кристенсена с мочевиной, Гисса с маннитом и сахарозой, бульон Хоттингера (или МПБ). Посевы выдерживают в термостате при температуре 37°C 24 ч.

Таким образом, к сальмонеллам относятся бактерии, не разлагающие лактозу, сахарозу и мочевины, ферментирующие глюкозу, маннит с образованием газа, продуцирующие сероводород и не образующие индол. Для окончательного заключения у выделенных культур должны быть изучены серологические свойства.

В результате микробиологических исследований образцов рыбы установлено, что численность КМАФАнМ составляет 10^4 – 10^5 КОЕ/г, что соответствует требованиям Сан-ПиН 2.3.2.1078-01 (не более 1×10^5 КОЕ/г). БГКП обнаружено не было. Патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы, также не обнаружены.

При исследовании на определение коагулазоположительных стафилококков на молочно-солевом агаре выявлены грамположительные кокки в скоплениях. Выявлено подозрение на наличие *Staphylococcus aureus* в трех пробах исследуемой рыбы. Выделенные подозрительные культуры *Staphylococcus aureus* направлены на дальнейшую идентификацию и подтверждению принадлежности к коагулазоположительным стафилококкам.

Санитарное состояние рыбной продукции, отобранной для исследования у частных лиц, не соответствует нормам. Обнаружены паразиты (*Anisakis simplex* и *Rossicotrema donicum*). По микробиологическим показателям данные бактериоскопии превышают пределы нормы; имеется подозрение на наличие *Staphylococcus aureus* в трех исследуемых пробах рыбы.

Библиографический список

1. Аракельян Р.С., Курганова М.В., Иванова Е.С., Кузьмичев Б.Ю. Санитарно-паразитологическое состояние объектов окружающей среды в астраханской области в 2014 году. Нижний Новгород // Профилактическая медицина как научно-практическая основа сохранения и укрепления здоровья населения. 2014. С. 121–123.

2. Бедлинская Н.Р., Аракельян Р.С., Карпенко С.Ф., Иванова Е.С., Мартынова О.В., Имамутдинова Н.Ф., Донскова А.Ю., Калашникова Т.Д., Соколова Я.О., Кузьмичев Б.Ю., Мельникова К.Ю. Санитарно-паразитологическое состояние объектов окружающей среды астраханской области. М.: Пест-Менеджмент, 2016. № 3(99). С. 5–8.

3. Аракельян Р.С., Салихова Н.Ф., Донскова А.Ю., Алехина Н.А., Соколова Я.О., Илларионова О.С., Степаненко Е.А. Паразитарная чистота объектов окружающей среды Астраханской области в 2016 г. (на примере исследований проб почвы, смывов и рыбопродуктов). М.: Современные научные исследования и разработки, 2016. № 6 (6). С. 148-150.

4. ГОСТ 31746-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества коагулазоположительных стафилококков и *Staphylococcus aureus* [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

5. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Метод определения мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

6. ГОСТ 31904-2012 Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

7. ГОСТ 31747-2012 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий) [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

8. ГОСТ 31659-2012 (ISO 6579:2002) Продукты пищевые. Метод выявления бактерий рода *Salmonella* [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

9. Мартынова О.В., Салихова Н.Ф., Алехина Н.А., Соколова Я.О., Донскова А.Ю., Илларионова О.С., Степаненко Е.А., Аракельян Р.С. Санитарно-паразитологическое состояние объектов окружающей среды по городу Астрахани и Астраханской области. Ставрополь: В сборнике: Неделя науки–2016: Материалы Всероссийского молодежного форума с международным участием, 2016. С. 106–109.

10. Иванова Е.С., Кузьмичев Б.Ю., Мартынова О.В., Имамутдинова Н.Ф., Донскова А.Ю., Аракельян Р.С. Санитарно-паразитологическое состояние объектов окружающей среды Астраханской области. Воронеж: Молодежный инновационный вестник. 2016. Т. 5. № 1. С. 238–239.

11. Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки. МУК 3.2.988-00 утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 25 октября 2000 г. 2001. 1 янв.

12. СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Электронный ресурс] // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>.

A.A. Utepesheva, E.A. Stepanenko, N.R. Kisanova
Astrakhan state technical university, Astrakhan, Russia
Arakelian R.S., Alehina N.A., Sokolova Y.O.
Astrakhan state medical university, Astrakhan, Russia

SANITARY STATUS OF SOME FISH SPECIES IN ASTRAKHAN REGION

The wide spread of parasitic and infectious diseases among animals, contributes to an intense infection of the population. Laboratory health monitoring is the main and often the only way to establish the degree of risk of infection.

The results of laboratory studies allow us to evaluate the quality of food products of animal origin, the risk of new infections.

Секция 3. СУДОВОЖДЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУДОВ

УДК 621.314

И.В. Балуда, Р.Ф. Абдурахманов, В.А. Доровской
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИХ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМАХ ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЕНСАЦИЕЙ КОЛЕБАНИЙ ЧАСТОТЫ НАПРЯЖЕНИЯ

Представлен обзор исследования эффективности использования систем фазового управления полупроводниковыми преобразователями электроэнергии с компенсацией влияния колебаний частоты для снижения этого влияния быстродействующими обратными связями.

Введение

Система импульсно-фазового управления трехфазным тиристорным выпрямителем является важнейшим звеном промышленных установок. Схемы трехфазных выпрямителей применяются в основном для питания потребителей средней и большой мощности, равномерно нагружая сеть трехфазного тока, и отличаются высоким коэффициентом использования трансформатора. С целью обеспечения минимума неканонических гармоник, обусловленных несимметричностью сети и узлами синхронизации, необходимо обеспечивать равенство интервалов прохождения импульсов с синхронизацией с сетью питания. При использовании современной элементной базы узлы системы управления не могут вносить значительную несимметрию в последовательности управляющих импульсов. В современных электроэнергетических установках, где требуется большая точность поддержания качества электроэнергии, должны применяться специальные системы управления и регулирования полупроводниковыми преобразователями. На современном судне используется множество электрического оборудования, которые имеют мощности соизмеримые с мощностью самого генератора. При пуске и отключении асинхронных двигателей возникают проблемы с качеством электроэнергии. Провалы и всплески напряжения и частоты в судовой электросети во время пуска/отключения превышает в отдельных случаях нормы Морского Регистра в два раза [1]. Кроме того, колебания частоты приводят к нестабильности выходного напряжения полупроводниковых преобразователей электроэнергии. Поэтому актуальным является разработка эффективных структур и алгоритмов управления полупроводниковыми преобразователями электроэнергии для компенсации частоты колебаний напряжения.

Целью статьи является исследование эффективности использования систем фазового управления полупроводниковыми преобразователями электроэнергии с компенсацией влияния колебаний частоты для снижения этого влияния быстродействующими обратными связями.

Основной материал

Современные полупроводниковые преобразователи, а также прецизионные источники тока представляют собой многоконтурные замкнутые вентильные системы, построенные по принципу систем подчиненного регулирования [2, 3].

Известно [4], что частота среза любого внешнего контура в таких системах и его быстроедействие значительно ниже, чем внутреннего контура. Поэтому можно утверждать, что эффективное подавление помех ниже граничной частоты преобразователя возможно лишь первым внутренним контуром, представляющим собой стабилизирующую обратную связь по напряжению.

Рассмотрим эффективность указанной обратной связи (ОС) в плане подавления возмущения $\Delta\omega$ при различных типах применяемых регуляторов. Учитывая, что внутренняя ОС наиболее быстродействующая и, следовательно, пульсации выпрямленного напряжения оказывают достаточно сильное влияние на коэффициент передачи системы фазового управления (СФУ), воспользуемся динамической моделью управляемого выпрямителя (УВ) с учетом фактора пульсации (рис. 1).

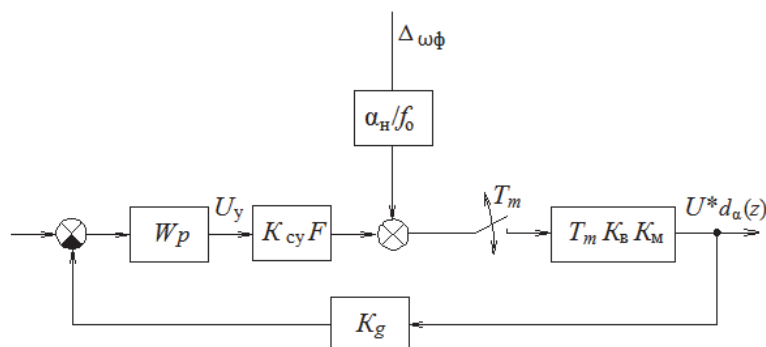


Рис. 1. Динамическая модель управляемого выпрямителя с учетом фактора пульсаций

Определим дисперсию и коэффициент сглаживания замкнутым контуром возмущения $\Delta\omega\phi$, описывающего колебания частоты на входе фильтра синхронизации со спектральной плотностью $G_\phi(\omega)$:

$$G_\phi(\omega) = \frac{\alpha_\omega}{\alpha_\omega^2 + \omega^2} R_{\omega\phi}(0), \quad (1)$$

где

$$R_{\omega\phi}(0) = \sigma_\omega^2 \left(\frac{\alpha_n}{f_0} \right)^2 = D_\omega.$$

Учитывая, что возмущение $\Delta\omega\phi$ в выходной параметр преобразователя передается через импульсный элемент и квантуется во времени (рис.1, а), воспользуемся дискретным преобразованием формулы (1).

Спектральная плотность дискретного процесса обычно определяется как двустороннее Z – преобразование от корреляционной функции [2.6,2.7].

$$G^*(z) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} R(kT_m) z^{-k}; \quad z = e^{j\omega T_m}. \quad (2)$$

Для практического использования (2) удобнее его представить в виде:

$$G^*(z) = R^*(z) + R^*(z^{-1}) - R^*(0), \quad (3)$$

что позволит использовать таблицы Z-преобразования для нахождения дискретной спектральной плотности. Здесь $R^*(z)$ – Z-преобразование от корреляционной функции $R(\tau)$.

Для корреляционной функции $R(\tau)$, соответствующей спектральной плотности (1), используя (3) и таблицы Z-преобразований, находим:

$$G_{\omega}^*(z) = \frac{(1-d_{\omega}^2)D_{\omega}}{(z-d_{\omega})(z^{-1}-d_{\omega})},$$

или

$$G_{\omega}^*(e^{j\omega T_m}) = \frac{(1-d_{\omega}^2)D_{\omega}}{1+d_{\omega}^2-2d_{\omega}\cos\omega T_m},$$

где

$$d_{\omega} = \exp(-a_{\omega} T_m).$$

Дисперсия выпрямленного напряжения, обусловленная помехой, определяется по формуле

$$D_{U,\omega} = \frac{T_m}{2\pi} \int_{-\pi/T_m}^{\pi/T_m} G_{\omega}^*(z) |\Phi^*(z)|^2 \Big|_{z=e^{j\omega T_m}}, \quad (4)$$

где

$$\Phi^*(z) = \frac{K_B K_M}{1+z^{-1} K_K T_m F W_p^*(z,1)},$$

$$K_K = K_B K_M K_{CV} K_g K_p,$$

для регуляторов, в которых разность между полиномами знаменателя и числителя равна единице и

$$\Phi^*(z) = \frac{K_B K_M}{1+K_K T_m F W_p^*(z)},$$

если указанная разность больше единицы.

Подынтегральное выражение (4) является трансцендентной функцией переменной ω , что затрудняет интегрирование. Устранение указанных затруднений достигается заменой переменных [4]:

$$z = e^{j\omega T_m} = \frac{1+jv}{1-jv}; \quad \omega = \frac{2}{T_m} \operatorname{arctg} v; \quad d\omega = \frac{2}{T_m} \frac{dv}{1-v^2}, \quad (5)$$

в результате которой (4) преобразуется к следующему виду:

$$D_{U,\omega} = \frac{T_m}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} G_{\omega}^*(z) |\phi^*(z)|^2 \Big|_{z=\frac{1+jv}{1-jv}} \cdot \quad (6)$$

Здесь v – относительная псевдочастота.

Подынтегральное выражение (6) является дробно-рациональной функцией jv , поэтому вычисление $D_{U,\omega}$ с использованием этого выражения сводится к вычислению интеграла вида:

$$I = \frac{1}{2\pi j} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{g(jv)dv}{b(jv)b(-jv)}, \quad (7)$$

где $b(jv) = b_0(jv)^k + b_1(jv)^{k-1} + \dots + b_k$ – полином, корни которого лежат в верхней полуплоскости комплексной плоскости;

$g(jv) = g_0(jv)^{2k-2} + g_1(jv)^{2k-4} + \dots + b_{k-1}$ – полином, содержащий четные степени v .

Воспользовавшись выражениями (1)–(7), определим характер зависимости выпрямленного напряжения от типов и параметров регуляторов внутреннего контура. Рассмотрим замкнутую структуру с регулятором, передаточная функция которого имеет вид

$$W_p(p) = \frac{K_p}{T_p p(T_2 p + 1)}.$$

Z-преобразованная передаточная функция замкнутого контура:

$$\phi^*(z) = \frac{K_B K_M (z-1)(z-d_2)}{(z-1)(z-d_2) + K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2)}, \quad d_2 = e^{-\frac{T_m}{T_2}}. \quad (8)$$

Находим передаточную функцию замкнутой системы в области относительной псевдочастоты, используя преобразование (5):

$$\phi^*(z) = \frac{2K_B K_M jv[jv(1+d_2)+1-d_2]}{(jv)^2 \left[2(1+d_2) - K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2) \right] + 2(1-d_2)jv + K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2)}. \quad (9)$$

Дисперсия выпрямленного напряжения, обусловленная колебаниями частоты сети в соответствии с (5), (6) и с учетом (9) находится по формуле

$$D_{U,\omega} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{8(1-d_2^2)D_{\omega} K_B^2 K_M^2 [(jv)^4 (1+d_2)^2 - (jv)^2 (1-d_2)^2] dv}{[1-d_{\omega} + j\omega(1+d_{\omega})] \left\{ (jv)^2 \left[2(1+d_2) - K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2) \right] + 2(1-d_2)jv + K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2) \right\}}.$$

Приводя числитель и знаменатель к полиномам вида (9) и вводя обозначения

$$\begin{aligned}
b_0 &= (1+d_\omega) \left[2(1+d_2) - K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2) \right], \\
b_1 &= 4(1-d_\omega d_2) - K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2)(1-d_\omega), \\
b_2 &= 2(1-d_2)(1-d_\omega) + K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2)(1+d_\omega),
\end{aligned} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
b_3 &= K_K \frac{T_m}{T_p} F(1-d_2)(1-d_\omega), \\
g_0 &= (1+d_2)^2, \\
g_1 &= (1-d_2)^2, \\
g_2 &= 0,
\end{aligned}$$

находим:

$$D_{U,\omega} = 8(1-d_\omega^2) D_\omega K_B^2 K_M^2 I_3; \quad I_3 = \frac{b_0 g_1 - b_2 g_0 + b_0 b_1 g_2 b_3^{-1}}{2b_0(b_0 b_3 - b_1 b_2)} \tag{11}$$

где I_3 – значение табличного интеграла (7).

Общее выражение (11) с учетом коэффициентов (10) громоздко и не позволяет установить физическую взаимосвязь между дисперсией $D_{U,\omega}$, параметром энергетического спектра d_ω и параметрами регулятора.

Воспользовавшись тем, что период квантования значительно меньше постоянных времени регулятора и энергетического спектра, примем:

$$d_2 \approx 1 - \frac{T_m}{T_2}, \quad d_\omega \approx 1 - \alpha_\omega T_m. \tag{12}$$

После ряда преобразований выражения (11) с учетом (12), а также используя характеристическое уравнение выражения (8), по которому найдено условие устойчивости замкнутого контура, находим:

$$D_{U,\omega} = \frac{D_\omega K_B^2 K_M^2 \alpha_\omega T_m \left(\alpha_\omega T_m + 2 \left(2 \frac{T_2}{T_m} - 1 \right) + \frac{T_m}{T_2} \right)}{\frac{T_m}{T_2} \alpha_\omega T_p + \alpha_\omega^2 T_m^2 + 2 \frac{T_m}{T_2} \left(2 \frac{T_2}{T_m} - 1 \right)}. \tag{13}$$

Выражение (13) дает нам минимально возможное значение дисперсии выпрямленного напряжения, обусловленное колебаниями частоты сети. Коэффициент сглаживания замкнутой структуры определяется по формуле

$$K_C = \sqrt{\frac{\alpha_\omega T_p + \alpha_\omega^2 T_p T_2 + K_K F}{\alpha_\omega (\alpha_\omega T_p T_2 + T_p + T_2 K_K F)}}.$$

Полученное выражение (13) позволяют не только определять величину составляющей дисперсии выпрямленного напряжения $D_{U,\omega}$, но и дают возможность осуществлять коррекцию замкнутой системы с целью обеспечения минимума $D_{U,\omega}$. С учетом изложенного определим степень сглаживания составляющей $D_{U,\omega}$ выпрямленного напряжения при различных типах применяемых регуляторов.

Передаточная функция интегрального регулятора второго порядка имеет вид

$$W_p(p) = \frac{K_p}{T_p^2 p^2} (T_2 p + 1).$$

Передаточная функция замкнутого контура в области относительной псевдочастоты:

$$\phi^*(jv) = \frac{4K_B K_M (jv)^2}{2 \left[2 + K_K F \frac{T_m T_2}{T_p^2} \right] (jv)^2 + 2K_K F \frac{T_m T_2}{T_p^2} (jv) + K_K F \frac{T_m^2}{T_p^2}}.$$

На рис. 2 представлена модель управляемого выпрямителя для исследования коэффициента сглаживания возмущения.

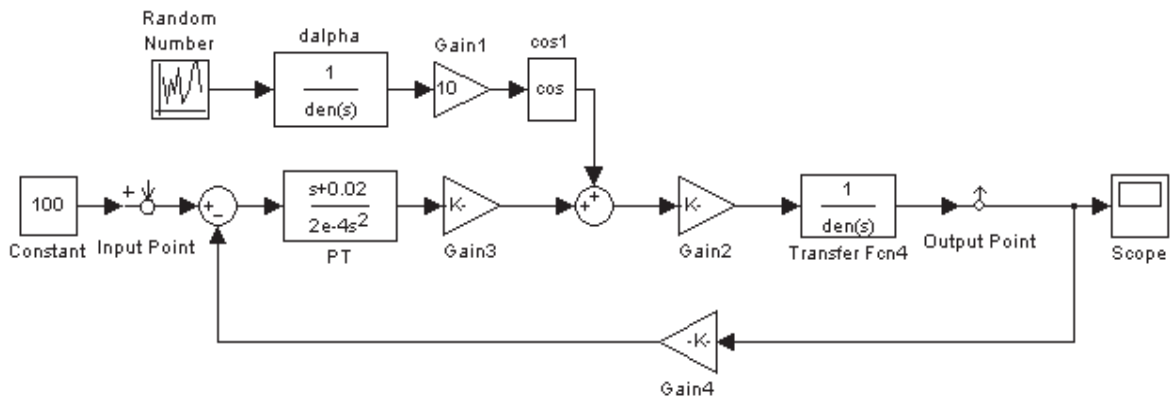


Рис. 2. Matlab-модель управляемого выпрямителя

Дисперсия выпрямленного напряжения с учетом (12) после ряда преобразований и несущественных упрощений может быть найдена по выражению:

$$D_{U,\omega} = \frac{D_\omega K_B^2 K_M^2 \alpha_\omega T_p^2}{4(K_K F T_2 - \alpha_\omega T_p^2)}.$$

Коэффициент сглаживания возмущения:

$$K_C = \frac{2}{T_p} \sqrt{\frac{K_K F T_2 - \alpha_\omega T_p^2}{K_B^2 K_M^2 \alpha_\omega}}.$$

ЛАЧХ замкнутого контура представляет собой полосовой фильтр с крутизной низкочастотного участка характеристики 40 дБ/дек, что позволяет даже при несовпадении полосы «прозрачности» $\phi^*(j\bar{\nu})$ с частотным диапазоном возмущений осуществлять эффективное их подавление (рис. 3).

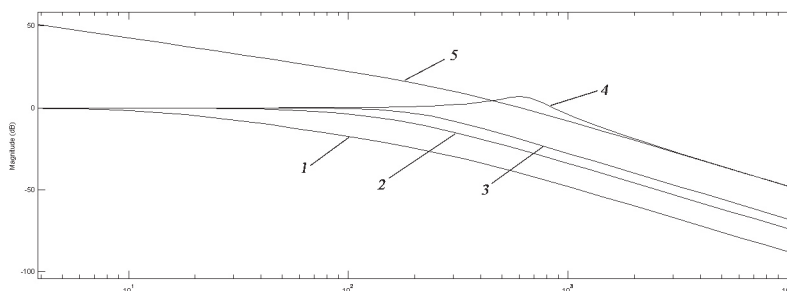


Рис. 3. ЛАЧХ замкнутого и разомкнутого контуров при использовании интегрального регулятора

На рис. 3 обозначены: 1 – ЛАЧХ замкнутого контура при $K_p=1$, $T_p=20 \cdot 10^{-3}$ с; 2 – при $K_p=5$, $T_p=20 \cdot 10^{-3}$ с; 3 – при $K_p=5$, $T_p=20 \cdot 10^{-4}$ с; 4 – $K_p=5$, $T_p=2 \cdot 10^{-4}$ с; 5 – ЛАЧХ разомкнутого контура.

Рассмотрим инерционный регулятор с передаточной функцией вида

$$W_p(p) = \frac{K_p}{T_p} \frac{1}{p + 1/T_p}.$$

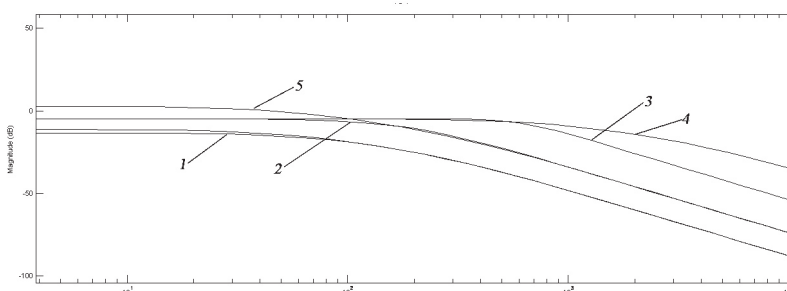


Рис. 4. ЛАЧХ замкнутого и разомкнутого контуров при использовании инерционного регулятора

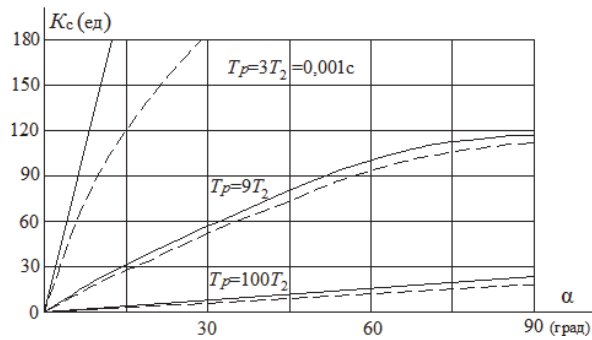
Для этого типа регулятора выражение для составляющей дисперсии выпрямленного напряжения имеет вид

$$D_{U,\omega} = \frac{D_\omega K_B K_M \left[(1+d_p)(1+d_\omega) \left(K_K F \frac{T_m}{T_p} - d_p + 1 \right) + (1-d_p)^2 (1+d_\omega) \left(K_K F \frac{T_m}{T_p} + d_p + 1 \right) \right]}{2 \left[\left(K_K F \frac{T_m}{T_p} + 1 \right)^2 - d_p^2 \right] \left(K_K F \frac{T_m}{T_p} + 1 - d_\omega d_p \right)}.$$

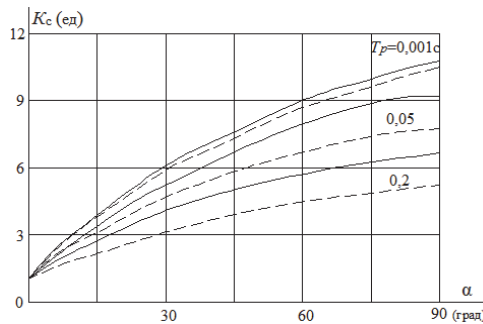
Учитывая, что для большинства практических случаев $T_p > T_m$, выражение для K_C представим в виде

$$K_C = \sqrt{\frac{\left[2 + \frac{T_m}{T_p} (K_K F - 1)\right] (1 + K_K F) (1 + K_K F + \alpha_\omega T_p)}{\alpha_\omega T_p \left(2 - \frac{T_m}{T_p}\right) (1 + K_K F) \left[2 + \frac{T_m}{T_p} (K_K F - 1)\right]}}$$

Рис. 5 иллюстрирует зависимость коэффициента сглаживания возмущения от параметров регулятора и угла α .



а



б

Рис. 5. Коэффициенты сглаживания замкнутых контуров при интегральном (а) и инерционном (б) регуляторах

Нелинейный характер $K_C = f(v)$ обусловлен нелинейностью преобразователя. Отметим, что нелинейный характер этой зависимости будет иметь место и при арккосинусной регулировочной характеристике преобразователя по причине нелинейного преобразования возмущения разомкнутым УВ.

Штриховые линии, изображенные на рис. 5, иллюстрируют эффективность подавления Λ_ω в преобразователе с равно интервальной СФУ. Более низкие значения коэффициента сглаживания обусловлены большим уровнем дисперсии помех рассматриваемого типа на входе замкнутого контура.

На рис. 6 представлена модель системы подчиненного управления. Система имеет два контура обратной связи – по току и по напряжению, а также параллельное корректирующее звено. Частота среза аperiodического звена TFN_О при разомкнутом контуре управления равна 10 Гц, коэффициент усиления 40 дБ. При охвате этого звена единичной обратной связью по напряжению, а также добавлении коэффициента пропорциональности (на рисунке обозначен Gain 2), равного $\pi/6$, частотный диапазон расширяется. ЛАЧХ замкнутого контура имеет частоту среза порядка 300 Гц. Помеха в виде колебаний частоты на-

пряжения в модели формируется генератором белого шума, пропущенного через фильтр. Поскольку регулировочная характеристика полупроводникового преобразователя электроэнергии имеет нелинейный характер, для учета этой нелинейности в модель введен блок $\cos I$. Амплитуда шума, которая характеризует степень отклонения частоты напряжения от номинального значения, определяется значением коэффициента Gain1.

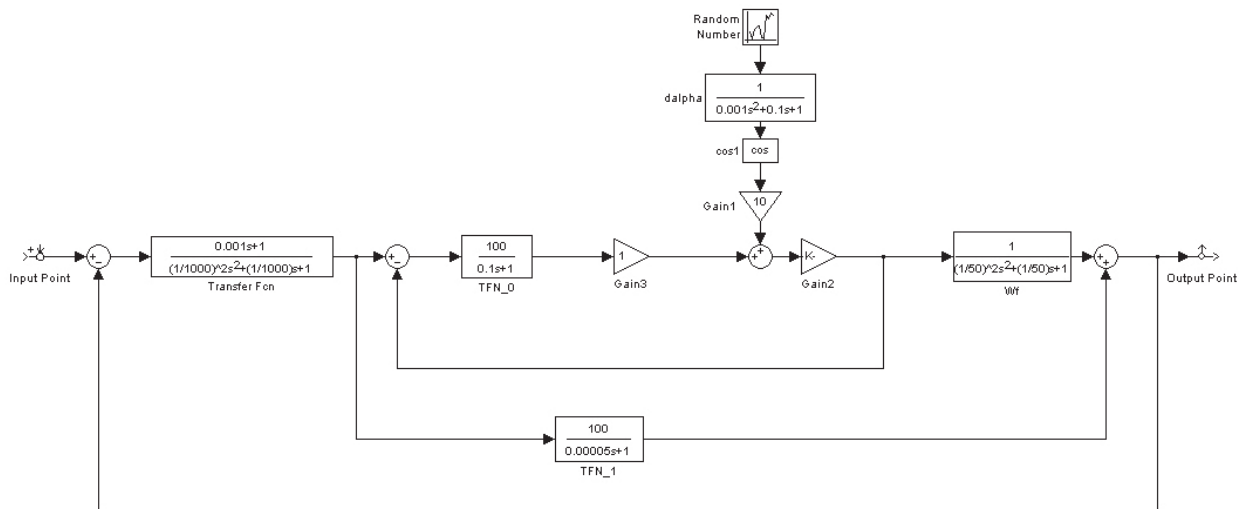
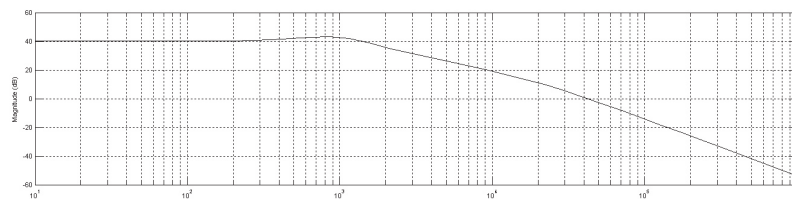
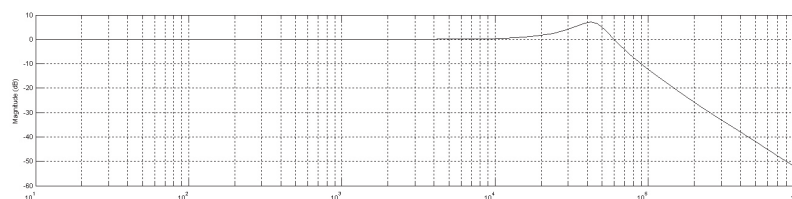


Рис. 6. Модель системы подчиненного управления

Добавление в модель системы управления фильтра Wf с частотой среза 50 Гц (LC-фильтр) и параллельного корректирующего усилителя TFN_1 с частотой среза 20 кГц привело к изменению характеристик системы. Далее в модель вводится внешний контур регулятора тока. Регулятор тока имеет передаточную функцию Transfer Fcn – звено 2 порядка с частотой среза 1 кГц. ЛАЧХ замкнутой системы представлена на рис. 7, а. После охвата системы главной обратной связью частота среза равна 40 кГц (рис. 7, б). Анализ частотных характеристик показал, что замкнутая система подчиненного управления устойчива. Введение быстродействующих обратных связей позволило значительно уменьшить влияние колебаний частоты входного напряжения на качество выпрямленного напряжения, что подтвердило моделирование замкнутой системы автоматического управления.



а



б

Рис. 7. ЛАЧХ системы управления с регулятором тока (а) и с главной обратной связью (б)

Вывод

Наибольший эффект подавления наблюдается, если применяется астатический регулятор второго порядка. Смещение частоты среза ЛАЧХ регулятора в область высоких частот в пределах диапазона устойчивой работы преобразователя приводит к возрастанию коэффициента сглаживания возмущений. Это свойство является характерным для всех типов регуляторов, поэтому применительно к прецизионным структурам параметры регуляторов и их тип должны выбираться исходя из комплекса требований, обусловленных как требуемыми статистическими, так и динамическими показателями. Из выполненного анализа следует, что даже применение регуляторов высоких порядков не позволяет обеспечить подавление возмущения в выпрямленном напряжении до требований прецизионных систем электропитания.

Библиографический список

1. Рябенкий В.М., Ушкаренко А.О., Ван Тхань Нгуен. Исследование провалов и всплесков напряжения в автономных электроэнергетических системах // Технічна електродинаміка. Тем. випуск. Київ, 2010. Ч.1. С. 182–186.
2. Пронин М.В., Воронцов А.Г. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи. М.: ОАО «Электросила», 2003. 172 с.
3. Слежановский О.В. Системы подчиненного регулирования электроприводов переменного тока с вентильными преобразователями. М.: Энергоатомиздат, 1983. 256 с.
4. Филлипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001. 616 с.
5. Ушкаренко О.О., Спекторенко Р.А., Світлинський К.В. Реалізація системи керування трифазним тиристорним випрямлячем з використанням автоматного програмування. // Електротехніка і електромеханіка: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів, молодих вчених з міжнародною участю. Миколаїв: НУК, 2007. С. 87–91.

I.V. Baluda, V.A. Dorovskoy
Kerch state marine technological university, Kerch, Russia

THE USE OF FAST FEEDBACK SYSTEMS CONTROL THE PHASE COMPENSATION OF THE OSCILLATION FREQUENCY OF THE VOLTAGE

Presents a review of studies of the effectiveness of the use of phase control of semiconductor converters of electricity with compensation of the oscillation frequency to minimize the influence of fast feedback.

В.А. Доровской, А.В. Вынгра, А.А. Рытов, А.В. Стороженко
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, Россия

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНА

Рассматривается проблема создания моделей судовых силовых агрегатов, решается задача имитации низкочастотных помех непрерывного характера. Представлена Matlab-модель электроэнергетической системы. Получены результаты моделирования в виде осциллограмм изменения частоты напряжения генератора и выходного напряжения полупроводникового преобразователя. Описана связь Matlab-модели с моделью микропроцессорной системы управления в среде схемного моделирования Proteus.

Ключевые слова: Matlab Simulink, математическая модель, случайный процесс, моделирование.

Введение

Моделирование как инструмент научных исследований в области силовой электроники и электроэнергетики применяется в последнее время все более широко. В литературных источниках [1–3] описываются различные инструменты моделирования и объекты моделирования. Для моделирования процессов в электроэнергетических системах широко используется Matlab Simulink. Он содержит большое количество моделей устройств электроэнергетики, которые легко адаптируются под конкретные параметры и позволяют решать самые разнообразные задачи. Возможность подключения дополнительных модулей существенно расширяет его возможности для исследования как традиционных, так и достаточно сложных процессов. Так, например, имеется возможность исследования случайных явлений и процессов, имеющих место в устройствах электроэнергетики. Но все же возможности его не безграничны, и для многих практических задач его использование сопровождается значительными трудностями. Одной из проблем моделирования процессов в электроэнергетике состоит в отсутствии возможности использования микропроцессорных систем со своими алгоритмами управления, что ограничивает круг решаемых задач.

В настоящее время все чаще применяются газодизельные агрегаты в качестве приводных двигателей синхронных генераторов. По сравнению с дизельной электростанцией, газодизельная обеспечивает меньшие затраты на топливо, возможность эффективного использования газа с различным химическим составом, в том числе попутного. Вместе с тем газодизельные двигатели имеют значительно большую нестабильность частоты оборотов и меньшую жесткость характеристики, особенно при уменьшенной нагрузке. В условиях высокой нестабильности частоты напряжения выходное напряжение полупроводниковых преобразователей электроэнергии также будет изменяться, что негативно отразится на режимах работы нагрузки [4].

Постановка проблемы

Проблемой создания моделей силовых агрегатов, таких как дизели и генераторы, занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Основным инструментом, который используется для решения таких задач, является Matlab. Вместе с тем остается нерешенной проблема совместного моделирования энергетических процессов в автономных электростанциях, которые определяются параметрами силовых агрегатов, и алгоритмов управления силовыми агрегатами, которые выполняют их микропроцессорные системы. Кроме того, стоит задача имитации процесса изменения частоты напряжения генератора для моделирования реальных условий, в которых работают полупроводниковые преобразователи электроэнергии.

Актуальность проблемы состоит в необходимости создания модели энергетической системы в Matlab, которая могла бы управляться микропроцессорной системой, созданной в другой системе моделирования. При этом система управления, собственно, как и энергетическая система, могут быть как виртуальными, так и реальными, а сопряжение с компьютером выполняться по интерфейсу RS232. Для моделирования микропроцессорной системы управления используется САПР Proteus, которая позволяет достаточно точно моделировать и отлаживать сложные устройства, в которых может содержаться несколько микроконтроллеров одновременно. Для исследования процессов, которые происходят в энергосистеме при изменении частоты приводных двигателей, необходимо моделировать изменение частоты двигателя. Поэтому актуальной также является задача имитации низкочастотных помех непрерывного характера [5], которая сводится к формированию случайного процесса, соответствующего реальному.

Решение задачи

Задача имитации низкочастотных помех непрерывного характера сводится к формированию случайного процесса, соответствующего реальному. Эта задача решается с помощью генератора белого шума и формирующих фильтров и описывается выражением

$$G_{\text{вых}}(\omega) = B_{\text{ш}}^2 |W_{\text{фф}}(j\omega)|^2,$$

где $G_{\text{вых}}(\omega)$ – спектральная плотность искомого случайного процесса; $B_{\text{ш}}^2$ – дисперсия белого шума; $W_{\text{фф}}(j\omega)$ – комплексный коэффициент передачи формирующего фильтра. Таким образом, вид и числовые характеристики спектра имитируемой помехи определяются видом и числовыми характеристиками передаточной функции формирующего фильтра. Для имитации случайных помех разработано микропроцессорное устройство, работа которого сводится к изменению частоты вращения приводного двигателя путем соответствующего управления электроприводом топливной рейки. Источник белого шума может быть создан с помощью алгоритмов формирования псевдослучайных последовательностей. В качестве фильтра может использоваться апериодическое звено первого порядка (в модели блок «Transfer Fcn»), передаточная характеристика которого имеет вид

$$W(s) = \frac{k_0}{T_0 s + 1},$$

где T_0 – постоянная времени интегрирования апериодического звена; k_0 – коэффициент пропорциональности (блок «Gain»).

Для реализации цифрового фильтра необходимо определить его дискретную передаточную функцию:

$$D(z) = \frac{x(z)}{\Theta(z)} = Z \left\{ \frac{1 - e^{-sT}}{s} \frac{k_0}{1 + T_0 s} \right\} = \frac{bz^{-1}}{1 - az^{-1}},$$

где $a = e^{-\frac{T}{T_0}}$, $b = k_0(1 - a)$; $x(z)$ – выходной сигнал фильтра; $\Theta(z)$ – входной сигнал фильтра; T – период дискретизации.

Исходными данными при практическом решении задачи является среднее значение выбросов частоты $f_{\text{в}}$ в течение определенного интервала времени за уровень $f_{\text{н}}$, среднее количество выбросов $N_{\text{в}}$ за время $T_{\text{в}}$, длительность периода $\tau_{\text{в}}$ отклонения частоты от номинальной, вероятность отклонения частоты в интервале времени Δt . Среднюю частоту отклонений можно определить из выражения

$$\bar{f}_B = \frac{a_x}{\sqrt{2\pi}} \varphi\left(\frac{f_0}{B_u}\right).$$

Увеличение значения средней частоты выбросов может быть достигнуто за счет формирования быстро осциллирующих процессов, что достигается благодаря уменьшению постоянной времени формирующего фильтра. Аддитивная случайная помеха формируется с помощью генератора белого шума пропусканием полученного значения через формирующий фильтр и добавления возмущающего воздействия в сигнал управления.

На рис. 1 представлена модель электроэнергетической системы (ЭЭС) с одним дизель-генератором, работающим на силовой управляемый выпрямитель. В такой системе используется по крайней мере три автономно работающих микроконтроллера, каждый из которых решает свои задачи – стабилизации оборотов дизеля, стабилизации напряжения генератора, формирование управляющих импульсов на тиристоры выпрямителя.

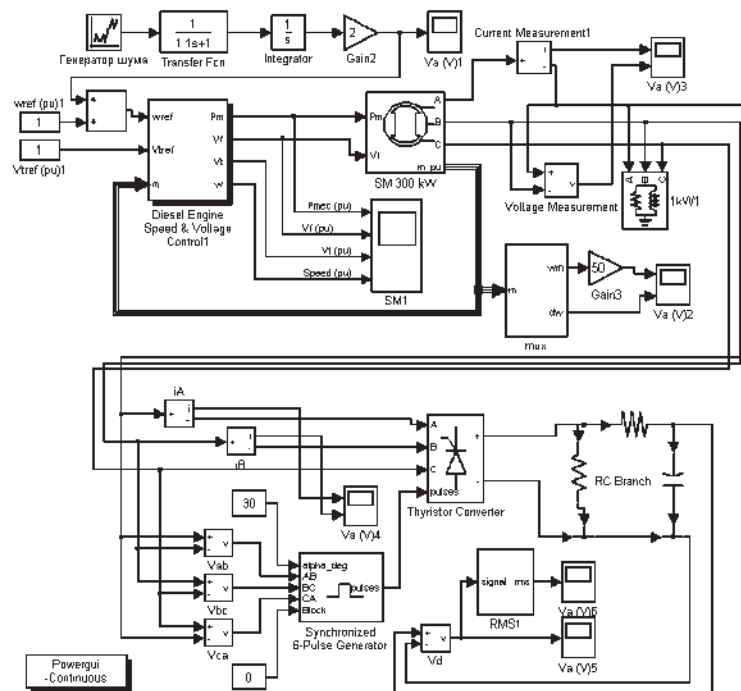


Рис. 1. Matlab-модель электроэнергетической системы

Входными сигналами в блок «Газодизель-возбуждение» являются требуемая частота оборотов (w_{ref}) (в относительных единицах) и фактическое значение частоты оборотов (w_m). На выходе формируется сигнал, соответствующий отдаваемой Газодизелем мощности (P_m). На систему возбуждения подаются опорное значение напряжения (V_{tref}) и фактическое значение напряжения на статоре (v_{s_dq}). На выходе формируется сигнал, который управляет возбуждением синхронного генератора (V_f). Генератор представлен моделью синхронной машины с демпферной обмоткой. Параметры машины задаются в системе относительных единиц. Мощность генератора 300 кВт, линейное напряжение на статоре 380 В. На рис. 2 представлены результаты моделирования работы трехфазного выпрямителя на активную нагрузку в условиях нестабильности частоты питающего напряжения. На верхнем графике показана осциллограмма изменения частоты напряжения, а на нижнем – значение выпрямленного напряжения. Моделирование проводилось при угле управления тиристорами 30° . Как видно из графиков, присутствует корреляционная связь между процессом колебаний частоты напряжения и выходным напряжением выпрямителя. Отсутствие обратных связей в системе управления выпрямителем делает преобразователь чувств-

вительным к качеству напряжения сети. Поэтому необходимо реализовать микропроцессорную систему управления, которая бы корректировала угол управления тиристорами в зависимости от параметров питающего напряжения.

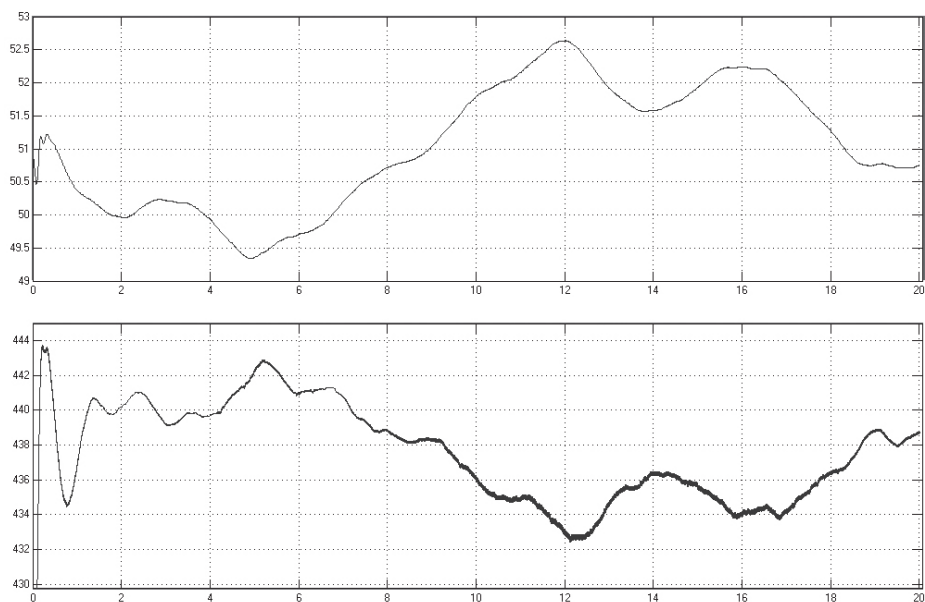


Рис. 2. Осциллограммы изменения частоты напряжения генератора и выходного напряжения полупроводникового преобразователя

Для моделирования процесса управления микропроцессорной системой использовались два компьютера, соединенные через последовательный порт с помощью нуль-модемного кабеля. При создании модели использовалась библиотека «RS232 Blockset». В системе моделирования Proteus имеется компонент COMPIM, который позволяет виртуальному устройству подключиться к реальному COM-порту компьютера.

На рис. 3 представлена модель микропроцессорной системы управления, которая выполняет управление электроэнергетической установкой. Первый микропроцессор реализует алгоритмы управления дизель-генератором (управление оборотами дизеля и возбуждением генератора). Второй микропроцессор выполняет управление полупроводниковым преобразователем электроэнергии.

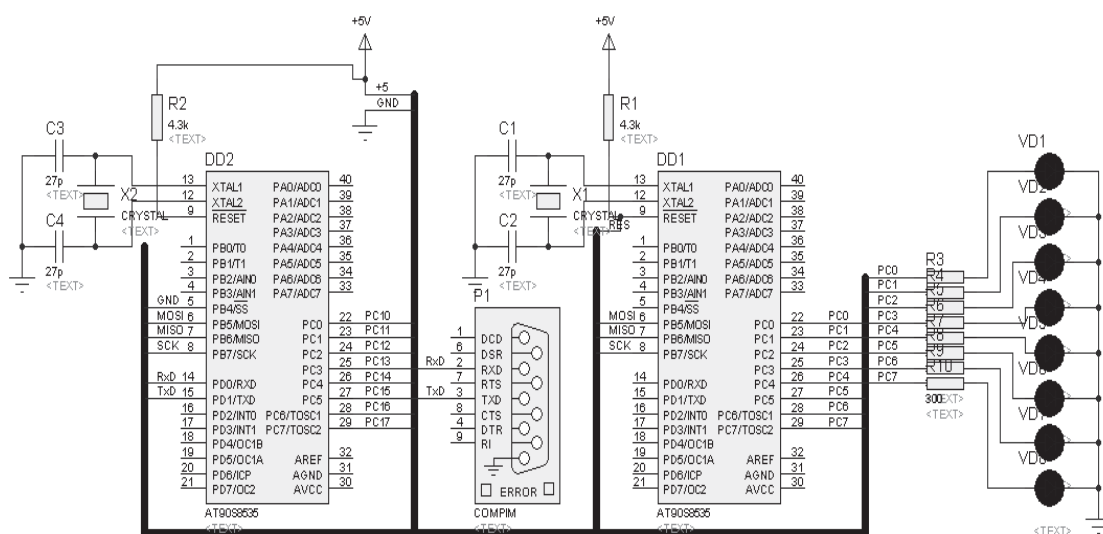


Рис. 3. Модель микропроцессорной системы управления

Из системы Matlab контролируемые параметры передаются в систему моделирования Proteus по последовательному порту. Микропроцессоры выполняют обработку полученных данных и формируют информационно-управляющий пакет для передачи в систему Matlab, который изменяет уставки контролируемых объектов (частоту оборотов приводного двигателя, возбуждение генератора, угол управления полупроводниковым преобразователем электроэнергии) [5–7]. Связь между микропроцессорами организована с использованием интерфейса SPI. Это позволяет промоделировать сложные обратные связи с учетом влияния на качество управления транспортных задержек, которые возникают при передаче данных по микропроцессорной сети. В процессе отладки программного обеспечения состояние системы управления может быть определено с использованием как простейших средств отображения информации (вывод кодов ошибок на светодиоды), так и с использованием графических жидкокристаллических индикаторов.

Моделирование объекта управления предполагает использование асинхронного обмена информацией между приложениями, работающими на разных компьютерах. В рассмотренном случае используется клиент-серверная архитектура. Модель объекта управления (электростанции) должна соответствовать некоторым требованиям. Модель не должна ограничиваться моделированием только одного объекта, например генератора, без учета влияния на него электроэнергетической системы, в которой он работает. Кроме того, модель должна обеспечивать возможность одновременного моделирования нескольких связанных между собой объектов, а также выполнять моделирование в режиме реального времени.

Выводы

Постоянно растущая сложность управляемых человеком машин и механизмов, объектов и процессов требуют новых методов и средств для проведения моделирования. Система Matlab-Simulink позволяет создавать различные схемы, позволяющие моделировать практически любые процессы, происходящие при работе оборудования, что позволяет отладить работу систем управления еще до внедрения их на практике. При рассмотрении сложных объектов управления, таких как электроэнергетические системы, моделирование выступает как один из важнейших этапов. Реализацию сложного комплекса автоматического управления электростанцией можно свести к разработке алгоритмов работы отдельных устройств (например, распределения мощности, синхронизации, возбуждения и др.) и настройке их параметров при совместной работе исходя из конкретных производственных условий. По принципу построения такая система будет близка к реальным комплексам автоматического управления и позволит исследовать взаимодействие различных устройств между собой. Созданная мультимедийная модель электроэнергетической системы позволяет объединить в себе как силовую электроэнергетику, так и микропроцессорные системы управления, что открывает широкие возможности моделирования не только энергетических задач, но и задач управления. Такая методология позволяет создавать не только системы мониторинга, но и удаленного управления оборудованием.

Библиографический список

1. Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB: специальный справ. СПб.: Питер, 2001. 480 с.
2. Черных И.В. Simulink: Среда создания инженерных приложений. М.: Изд-во «Диалог-МИФИ», 2004. 496 с.
3. Черный С.Г. Алгоритмическое обеспечение системы автоматического управления рисками с высоким уровнем автоматизации // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2017. № 1 (133). С. 71–76.

4. Никулин О.В., Жиленков А.А., Черный С.Г. Экспериментальные исследования качества электроэнергии на буровой установке с неавтономным питанием // Автоматизация в промышленности. 2017. № 3. С. 39–42.

5. Nyrkov A.P., Zhilenkov A.A., Korotkov V.V., Sokolov S.S., Chernyi S.G. Development of underwater robotics // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 803. № 1. С. 012108.

6. Sokolov S.S., Zhilenkov A.A., Nyrkov A.P., Chernyi S.G. The use robotics for underwater research complex objects // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 556. С. 421–427.

7. Nyrkov a., Zhilenkov A., Sokolov S., Chernyi S. Example of maritime fleet equipment // Vibroengineering Procedia 22, Dynamics of Strongly Nonlinear Systems. Сер. "22nd International Conference on Vibroengineering". 2016. С. 6–10.

V.A. Dorovskoy, A.V. Vyngra, A.A. Rutov, A.V. Storogenko
Kerch State Marine Technological University, Kerch, Russia

MODELS AND ALGORITHMS OF MICROPROCESSOR CONTROL OF THE SHIP

The problem of creation of models of ship power units is considered, the problem of imitation of low-frequency noise of continuous character is solved. The Matlab model of the electric power system is presented. The results of modeling in the form of oscillograms of the frequency variation of the generator voltage and the output voltage of the semiconductor converter are obtained. The relationship between the Matlab model and the model of the microprocessor control system in the Proteus circuit modeling environment is described.

А.В. Вынгра, В.А. Доровской, А.А. Масленников, А.Н. Литвинов
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, Россия

ВЛИЯНИЯ КОЛЕБАНИЙ ЧАСТОТЫ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАБОТУ ТРЕХФАЗНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ С СИНХРОННОЙ СИСТЕМОЙ ФАЗОВОГО УПРАВЛЕНИЯ СУДНА

Выполнено исследование влияния колебаний частоты напряжения на работу полупроводниковых преобразователей электроэнергии с синхронной системой фазового управления. Разработана математическая модель управляемого выпрямителя при влиянии на управляющий вход стационарного случайного процесса, которая может быть использована при синтезе систем автоматического управления при случайных управляющих воздействиях.

Ключевые слова: полупроводниковый выпрямитель, математическая модель, случайный процесс, моделирование.

Анализ результатов исследований и постановка проблемы

В настоящее время все чаще применяются газодизельные агрегаты в качестве приводных двигателей синхронных генераторов судна. По сравнению с дизельной электростанцией, газодизельная обеспечивает меньшие затраты на топливо, возможность эффективного использования газа с различным химическим составом, в том числе попутного. Вместе с тем газодизельные двигатели имеют значительно большую нестабильность частоты оборотов и меньшую жесткость характеристики, особенно при уменьшенной нагрузке.

Постановка проблемы

В условиях высокой нестабильности частоты напряжения выходное напряжение полупроводниковых преобразователей электроэнергии также будет изменяться, что негативно отразится на режимах работы нагрузки [1]. Для исследования влияния колебаний частоты напряжения на работу полупроводниковых преобразователей электроэнергии необходимо разработать стохастическую модель управляемого выпрямителя для синтеза системы автоматического управления, разработать модель автономной электроэнергетической установки, которая позволит выполнить моделирование работы преобразователя в условиях колебаний частоты напряжения сети.

Особенности моделирования газодизель-генераторных агрегатов рассмотрены в работе [2], однако не выполнено исследование влияния колебаний частоты на работу полупроводниковых преобразователей. Средства имитации низкочастотных помех для моделирования работы газодизелей, рассмотренные в работе [3], могут быть использованы для получения случайного процесса колебаний частоты напряжения. Известно ряд публикаций по методам статистической линеаризации [4, 5], но в них не рассматривается задача математической модели выпрямителя при воздействии на управляющий вход стационарного случайного процесса, а используемые в них методы не позволяют решить ее в требуемом объеме.

Целью исследования является разработка математической модели управляемого выпрямителя для частного случая его работы при воздействии на управляющий вход стационарного случайного процесса в виде колебаний частоты напряжения, которая может быть использована при синтезе системы автоматического управления, а также моделирование работы выпрямителя в составе автономной электроэнергетической установки для оценки влияния колебаний частоты напряжения и процессов коммутации нагрузки на качество выходного напряжения полупроводникового преобразователя электроэнергии судна.

Результаты исследований

Для решения задачи статистического анализа и синтеза систем автоматического регулирования с управляемым выпрямителем, оценки точности линеаризации регулировочных характеристик при случайных управляющих воздействиях выпрямитель можно представить соответствующей стохастической моделью. Решение этой задачи необходимо из-за нелинейного преобразования угла регулирования $\alpha(t)$ в выпрямленное напряжение. Случайный характер изменения $\alpha(t)$ в соответствии с корреляционной функцией $B_\alpha(\tau)$ управляющего сигнала приводит к случайному характеру изменения $U_{d\alpha}(t)$ со своим математическим ожиданием M_{ud} и корреляционной функцией $B_{ud}(\tau)$. Воспользуемся методом характеристических функций [4].

$$U_{d\alpha} = \frac{U_{d0}}{2} (e^{j\alpha} + e^{-j\alpha}). \quad (1)$$

Преобразование (1) позволяет ввести в рассмотрение два корреляционно-зависимых процесса. Поэтому корреляционная функция

$$B_{ud}(\tau) = B_{u1}(\tau) + B_{u2}(\tau) + B_{u2,1}(\tau)$$

может быть определена сопоставлением общего выражения

$$B(\tau) = M\{f(t) \cdot f(t + \tau)\}$$

с характеристической функцией входного процесса

$$\theta_\alpha(w1, w2) = M\{e^{jw1x1} \cdot e^{jw2x2}\},$$

$$\theta_\alpha(w) = M\{e^{jwx}\},$$

что дает возможность путем замены соответствующих коэффициентов выразить $B_{ud}(\tau)$ через параметры входного процесса.

Автокорреляционные функции $B_{u1}(\tau)$ и $B_{u2}(\tau)$ с учетом (1) могут быть определены по формулам

$$\left. \begin{aligned} B_{u1}(\tau) &= \frac{U_{d0}^2}{4} M\{e^{j\alpha_1} \cdot e^{j\alpha_2}\} \\ B_{u2}(\tau) &= \frac{U_{d0}^2}{4} M\{e^{-j\alpha_1} \cdot e^{-j\alpha_2}\} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha(t), \\ \alpha_2 &= \alpha(t + \tau). \end{aligned}$$

Характеристическая функция двумерного случайного процесса находится по формуле

$$\theta_\alpha(w1, w2) = M\{e^{jw1x1} \cdot e^{jw2x2}\}. \quad (3)$$

Сопоставление формул (2) и (3) дает:

$$B_{u1}(\tau) = B_{u2}(\tau) = \frac{U_{d0}^2}{4} \theta_{\alpha}(jw1, jw2). \quad (4)$$

Выражение двумерной характеристической функции нормального случайного процесса

$$\theta_{\alpha}(jw1, jw2) = \exp \left\{ j(M_x w_1 + M_x w_2) - \frac{B_{\alpha}^2}{2} (w_1^2 + 2R_x w_1 w_2 + w_2^2) \right\}$$

позволяет получить выражение:

$$B_{u1}(\tau) + B_{u2}(\tau) = \frac{U_{d0}^2}{2} \cos 2M_{\alpha} \exp(-B_{\alpha}^2(1 + p\alpha(\tau))), \quad (5)$$

где B_{α}^2 – дисперсия угла α ; $p\alpha(\tau)$ – нормированная корреляционная функция процесса $\alpha(t)$.

Для взаимно-корреляционных составляющих $B_{u1,2}(\tau), B_{u2,1}(\tau)$ имеем:

$$\left. \begin{aligned} B_{u1,2}(\tau) &= \frac{U_{d0}^2}{4} M \{ e^{-j\alpha_1} \cdot e^{-j\alpha_2} \} \\ B_{u2,1}(\tau) &= \frac{U_{d0}^2}{4} M \{ e^{j\alpha_1} \cdot e^{j\alpha_2} \} \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Формула (6) позволяет найти составляющие:

$$B_{u1,2}(\tau) + B_{u2,1}(\tau) = \frac{U_{d0}^2}{2} \exp(-B_{\alpha}^2(1 - p\alpha(\tau))). \quad (7)$$

Суммируя (6) и (7), после ряда преобразований находим:

$$\begin{aligned} B_u(\tau) &= U_{d0}^2 e^{B_{\alpha}^2} \cos^2 M_{\alpha} + B_{\alpha}^2 U_{d0}^2 e^{-B_{\alpha}^2} \sin^2 M_{\alpha} p\alpha(\tau) + \\ &+ U_{d0}^2 e^{-B_{\alpha}^2} \cos^2 M_{\alpha} \sum_k \frac{1}{k!} [-B_{\alpha}^2 \alpha(\tau)]^k. \end{aligned} \quad (8)$$

Из (8) следует, что корреляционная функция случайного процесса на выходе управляемого выпрямителя в общем виде содержит квадрат математического ожидания выпрямленного напряжения:

$$M_{ud} = U_{d0}^2 e^{-B_\alpha^2} \cos^2 M_\alpha ;$$

корреляционную функцию входного процесса

$$B_u(\tau) = K_{up}^2 p\alpha(\tau) ,$$

с учетом коэффициента статистической линеаризации

$$K_{up}^2 = B_\alpha^2 U_{d0}^2 e^{-B_\alpha^2} \sin^2 M_\alpha ,$$

и аддитивную составляющую помехи

$$B_b(\tau) = U_{d0}^2 e^{-B_\alpha^2} \cos^2 M_\alpha \sum_k \frac{1}{k!} [-B_\alpha^2 \alpha(\tau)]^k ,$$

обладающей корреляционной связью с входным процессом, и обусловленную нелинейным преобразованием входного процесса.

Анализ нормированной по отношению к $U_{d0}^2 e^{-B_\alpha^2} \cos^2 M_\alpha$ корреляционной функции помехи $B_n(\tau)$ показывает, что она может быть аппроксимирована функцией вида

$$B_{ПА} = B_A^2 e^{\alpha_A |\tau|} |\cos B_A \tau| ,$$

или экспоненциальной функцией:

$$B'_{ПА} = B_A^2 e^{-\alpha'_A |\tau|} .$$

Выполненный анализ показывает, что для входной корреляционной функции выполняется неравенство $\alpha'_A > \alpha_\alpha$, т.е. спектр возбуждаемой нелинейностью аддитивной помехи $B_n(\tau)$ смещается в область более высоких частот. Изменение дисперсии входного процесса оказывает нелинейное влияние на декремент затухания α'_A (рис. 1). При уменьшении B_α к нулю дисперсия помехи также стремится к нулю.

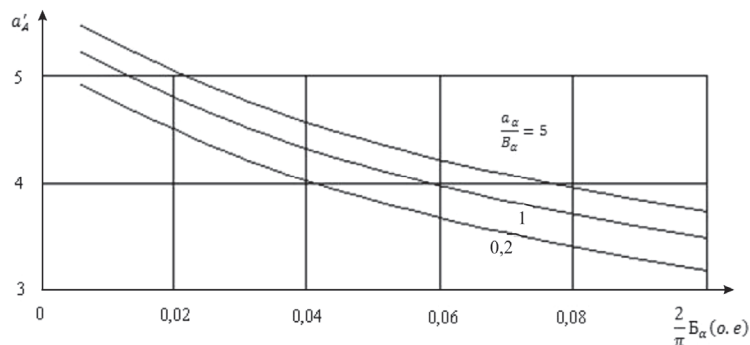


Рис. 1. Влияние дисперсии входного процесса на декремент затухания

Коэффициент, определяемый отношением дисперсий помехи выходного параметра преобразователя при отсутствии и наличии обратных связей, может играть роль коэффициента статистической линейаризации:

$$K_{сл} = \frac{B_A^2}{B_{A3}^2}.$$

Рассмотрим решение этой задача другим методом. Воздействие колебаний частоты на работу управляемых выпрямителей осуществляется через систему фазового управления выпрямителем, алгоритм работы которой представлены на рис. 2, а. На рис. 2, б представлен алгоритм подпрограммы формирования управляющих импульсов.

Схемотехнически устройство получает синхронизирующие импульсы для фазы АВ, поскольку синхронизацию других фаз следует проводить программно, анализируя временные интервалы. Как счетчики выступают переменные RAMP_AB, RAMP_BC, RAMP_CB, RAMP_BA, RAMP_AC, RAMP_CA. Формирование угла регулирования осуществляется инкрементированием кода таймера с постоянной тактовой частотой T_K , не зависящей от частоты сети. За интервал частоты сети T_0 в таймере будет установлен код, значение которого определяется выражением

$$N = \frac{T_0}{T_K}.$$

Если период сети изменится, например, возрастет до величины T_1 , то и значение кода таймера также изменится до значения

$$N_1 = \frac{T_1}{T_K},$$

причем для рассматриваемого случая $N_1 > N$. Поскольку для определения угла регулирования α от таймера сравнивается с кодом, пропорциональным напряжению управления, то

$$\alpha = \frac{N_\alpha}{N} = N_\alpha \frac{T_K}{T_0}.$$

При возросшем периоде получим:

$$\alpha_1 = \frac{N_\alpha}{N_1} = N_\alpha \frac{T_K}{T_1} = \alpha \frac{T_0}{T_1} = \alpha \frac{f_1}{f_0}.$$

Подставляя в (4) значение корреляционной функции колебаний частоты, получаем:

$$\beta_j(\varepsilon) = U_{d0}^2 e^{-\sigma_\alpha^2} \cos^2 \alpha_0 + \sigma_\alpha^2 U_{d0}^2 e^{\sigma_\alpha^2} \sin^2 \alpha_0 e^{-\beta|\varepsilon|}.$$

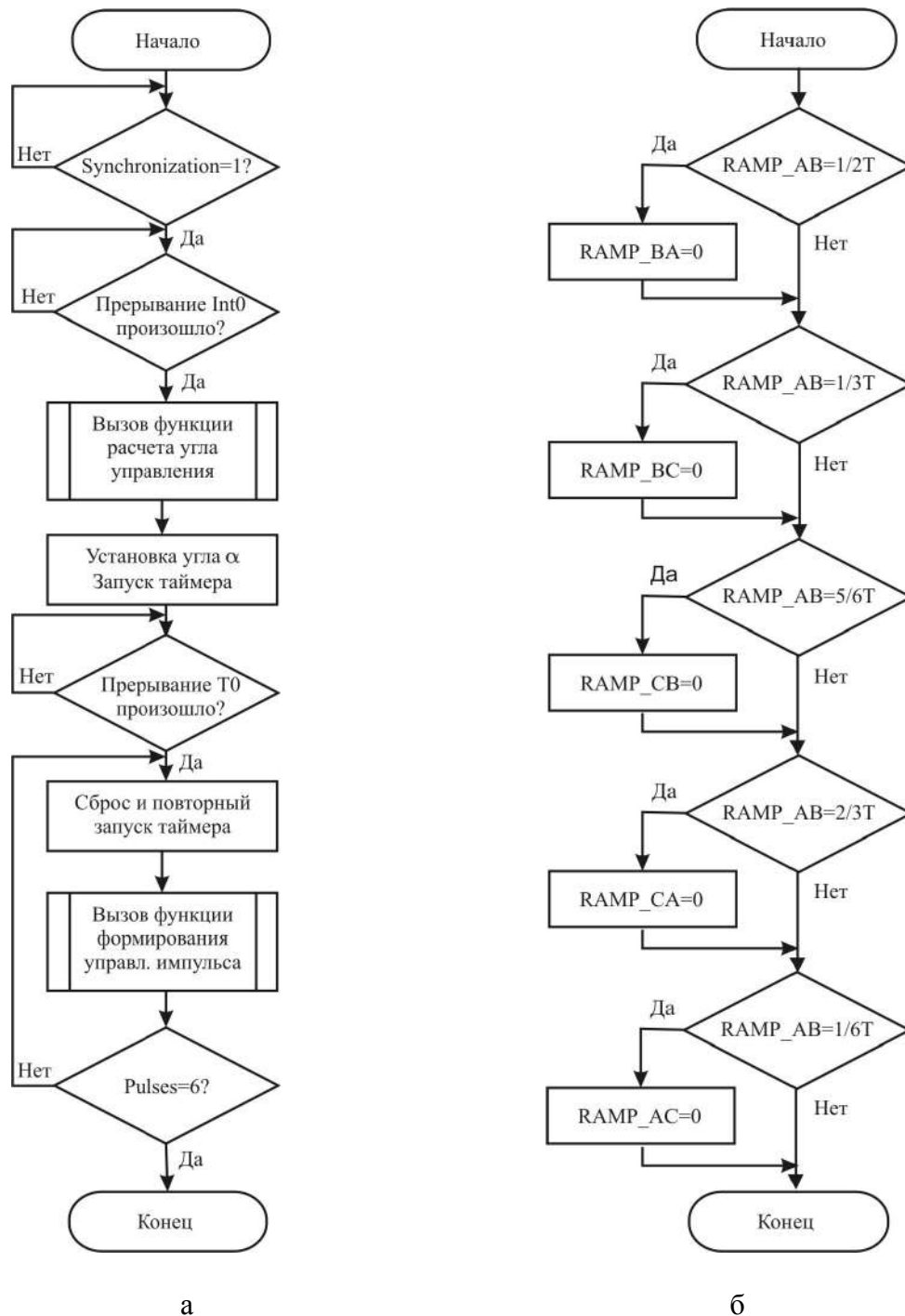


Рис. 2. Блок-схемы алгоритмов: а – формирование импульсов; б – функция формирования импульсов

Сравнивая полученное выражение с корреляционной характеристикой выпрямленного напряжения, видим, что с точностью до составляющих высшего порядка они совпадают. Таким образом, колебания частоты оказывают непосредственное влияние на величину выпрямленного напряжения, и характер их спектра не изменяется.

Для проверки полученных результатов воспользуемся моделированием с использованием пакета Simulink–9.0. На рис. 3 представлена имитационная Simulink-модель электроэнергетической установки судна, которая содержит элементы, позволяющие получить резкие изменения частоты напряжения и анализировать влияние этого процесса на работу выпрямителя. Имитационная модель позволяет синтезировать случайный процесс, позволяющий обеспечить генерацию выбросов с заданными временными параметрами.

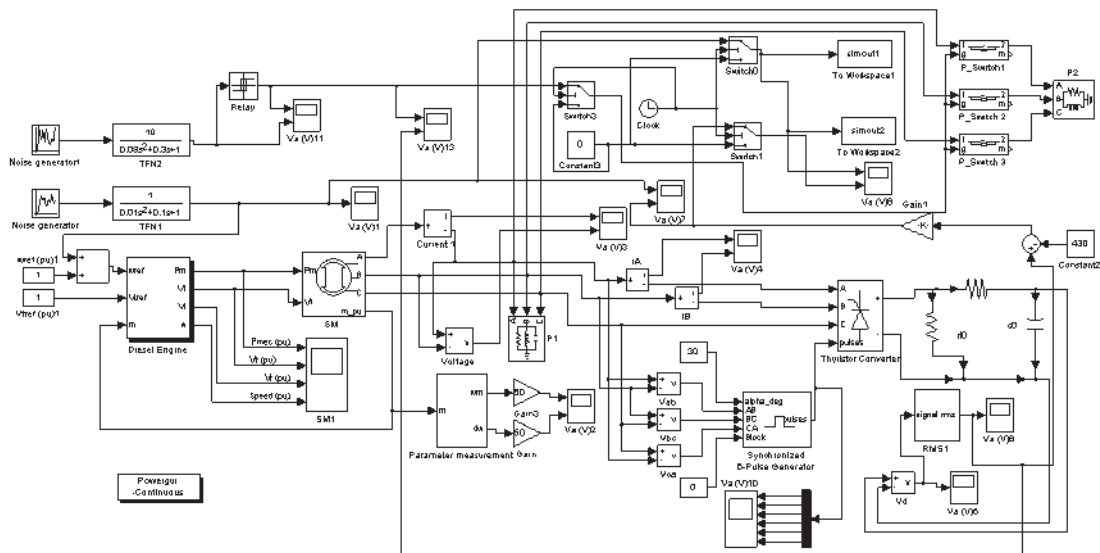


Рис. 3. Simulink-модель электроэнергетической установки судна

Представленная модель состоит из модели дизеля (Diesel engine) и модели синхронного генератора (SM). К выходу синхронного генератора подключен тиристорный выпрямитель (Thyristor Converter), который управляется синхронной системой импульсно-фазового управления (Synchronized 6-Pulse Generator). К выходу тиристорного выпрямителя подключена нагрузка (r_{l0}), действующее напряжение на которой является выходным параметром модели. При помощи блоков Noise Generator реализован генератор случайного сигнала, выход которого подключен к управляющему входу дизельного двигателя. В результате на выходе дизеля возникают колебания оборотов, которые носят случайный характер. Адекватность такого решения подтверждается результатами, полученными в [3–7]. Таким образом, с учетом колебаний частоты сети, система фазового управления может быть представлена звеном, структура которого приведена на рис. 4.

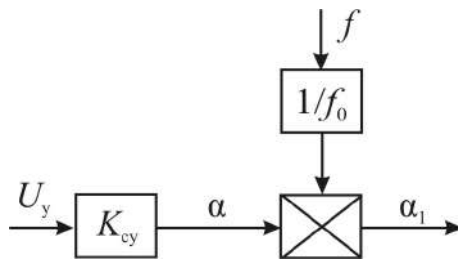


Рис. 4. Структура звена системы фазового управления

Результаты моделирования работы выпрямителя в условиях колебаний частоты входного напряжения представлены на рис. 5.

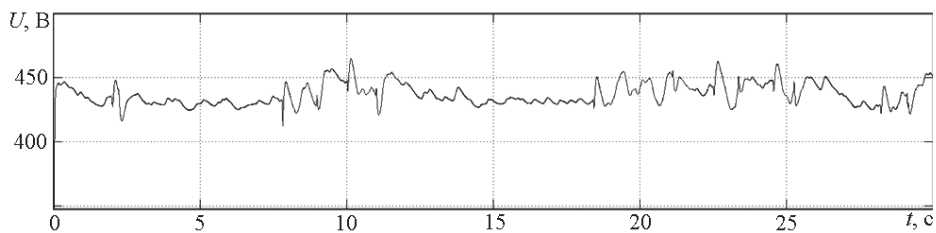


Рис. 5. Выходное напряжение выпрямителя при колебаниях частоты

Колебания частоты представляют собой мультипликативную помеху, оказывающую непосредственное влияние на угол регулирования выпрямителя. При колебаниях частоты напряжения газодизель-генераторных агрегатов угол управления выпрямителем может меняться до 10–15 % от установленного в сторону увеличения или уменьшения, что будет приводить к значительным колебаниям выходного напряжения выпрямителя. В первом приближении эти колебания можно оценить исходя из известной формулы

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \cos \alpha,$$

для которой примем, что $\alpha_1 = \alpha_0 + \Delta\alpha$. Тогда

$$U_{d\alpha} = U_{d0}(\cos \alpha_0 + \Delta\alpha \sin \alpha_0),$$

откуда следует, что колебания частоты можно рассматривать как аддитивную помеху.

Выводы по результатам исследований

В результате исследований:

1. Впервые разработана имитационная Simulink-модель управляемого выпрямителя при воздействии на управляющий вход стационарного случайного процесса в виде колебаний частоты напряжения.

2. Выполнено моделирование работы выпрямителя в условиях колебаний частоты напряжения и коммутации нагрузки. Установлено, что колебания частоты напряжения приводят к изменению угла управления полупроводниковым преобразователем и могут составлять до 15 % от заданного значения.

Полученные результаты подтверждают актуальность разработки новых алгоритмов управления полупроводниковыми преобразователями, которые позволят уменьшить влияние колебаний частоты на выходное напряжение.

Библиографический список

1. Карташев И.И., Тульский В.Н., Шамонов Р.Г. [и др.]. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев, М.: Издательский дом МЭИ, 2006. 160 с.
2. Рябенький В.М., Ушкаренко А.О., Воскобоев В.И. [и др.]. Моделирование газодизель-генераторных агрегатов и оптимизация параметров их ПИД-регуляторов в Matlab/Simulink // Вестн. ХНТУ. Херсон: ХНТУ. 2011. № 2 (41). С. 392–396.
3. Черный С.Г. Алгоритмическое обеспечение системы автоматического управления рисками с высоким уровнем автоматизации // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. 2017. № 1 (133). С. 71–76.
4. Никулин О.В., Жиленков А.А., Черный С.Г. Экспериментальные исследования качества электроэнергии на буровой установке с неавтономным питанием // Автоматизация в промышленности. 2017. № 3. С. 39–42.
5. Nyrkov A.P., Zhilenkov A.A., Korotkov V.V., Sokolov S.S., Chernyi S.G. Development of underwater robotics // Journal of Physics: Conference Series. 2017. Т. 803. № 1. С. 012108.
6. Sokolov S.S., Zhilenkov A.A., Nyrkov A.P., Chernyi S.G. The use robotics for underwater research complex objects // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2017. Т. 556. С. 421–427.
7. Nyrkov a., Zhilenkov A., Sokolov S., Chernyi S. Example of maritime fleet equipment // В сборнике: Vibroengineering Procedia 22, Dynamics of Strongly Nonlinear Systems. Сер. "22nd International Conference on Vibroengineering". 2016. С. 6–10.

A.V. Vyngra, V.A. Dorovskoy, A.A. Maslennikov, A.N. Litvinov
Kerch State Marine Technological University, Kerch, Russia

**INFLUENCE OF VOLTAGE FREQUENCY ON OPERATION OF THREE PHASE RECTIFIER WITH SYNCHRONOUS SYSTEM OF PHASE SHIP CONTROL
MODELS AND ALGORITHMS OF WORK OF THREE-PHASE RECTIFIER WITH
SYNCHRONOUS SHIP MANAGEMENT SYSTEM**

The investigation of the influence of voltage frequency deviation on the work of semiconductor converters in electric power system with synchronous phase control. A mathematical model of the rectifier under the influence in the control input of a stationary random process, which can be used in the synthesis of automatic control systems with random control actions have been developed.

Keywords: *semiconductor rectifier, mathematical model, stochastic process, modeling.*

И.С. Карпушин, Е.Е. Соловьева
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ПРИБРЕЖНОЕ РЫБОЛОВСТВО В ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Дальний Восток имеет множество особенностей, касающихся географии и климата, социальных устоев региона, без учета которых развитие прибрежного рыболовства до должного уровня невозможно. Для его успешного решения задачи необходимо разработать концепции логистических систем, целью работы которых будет являться успешное функционирование данной отрасли.

Прибрежный промысел в дальневосточном рыбохозяйственном бассейне ежегодно составляет примерно 400 тыс. т, или ~14 % от установленного общего допустимого улова (ОДУ) в бассейне. Кроме того, промысел дальневосточных лососей, осуществляемый в режимах как прибрежного, так и промышленного рыболовства, обеспечивает дополнительно ежегодный вылов от 250 до 500 тыс. т. Крупным резервом прибрежного рыболовства на Дальнем Востоке может стать тихоокеанский кальмар, запасы которого позволяют ежегодно добывать в Приморье и Татарском проливе Японского моря дополнительно примерно 80–120 тыс. т. Таким образом, суммарный ресурсный потенциал прибрежного рыболовства на Дальнем Востоке составляет 750–1000 тыс. т, при этом фактический прибрежный вылов в последние годы не превышает 620 тыс. т¹.

При наличии значительного потенциала для развития прибрежного рыболовства необходимы коренные перестройки в целях устранения целого комплекса проблем для их реализации. Все эти проблемы и ранее выделялись во многих научных работах, в различных проектах концепций развития прибрежного рыболовства. В настоящее время они также указаны и закреплены в концепции развития отрасли до 2020 г.

Необходимо сначала выявить все проблемы, а затем искать технологии и технические решения для их устранения. Среди всех проблем можно выделить в качестве основных:

- отсутствие всесезонного промысла;
- техническое несовершенство флота;
- отдаленность районов промысла от пунктов сдачи улова;
- несовершенная законодательная база.

Учитывая географические, климатические, этнографические особенности дальневосточного региона считаем целесообразным рассмотреть два основных направления развития прибрежного рыболовства:

1. Организация прибрежного рыболовства с целью освоения побережья.
2. Организация прибрежного рыболовства с автономным освоением биоресурсов шельфовой зоны.

Организация прибрежного рыболовства с целью освоения побережья дальневосточных морей сталкивается со всем перечнем вышеуказанных проблем, но еще требует огромных капиталовложений в создание береговой инфраструктуры для обслуживания флота, хранения и переработки улова, комфортного проживания людей. С учётом слабой изрезанности побережья дальневосточных морей, отсутствия удобных бухт строительство гидротехнических сооружений связано с большими трудностями, а климатические условия и льдообразование делают невозможной их эксплуатацию в зимний период. Строительство гидротехнических сооружений можно заменить внедрением новых транспортных средств в качестве судов прибрежного рыболовства, например мореходные вездеходы.

¹Данные из материалов «Концепция развития прибрежного рыболовства в приморских регионах Российской Федерации до 2020 года». Редакция от 2012 г.

Мореходные вездеходы способны работать без строительства портовых гидротехнических сооружений и выгружать улов на необорудованном берегу. В итоге появляется возможность базировать подобные суда почти в любой точке на всём протяжении береговой линии. Данные принципы были описаны в статье «Прибрежное рыболовство на Дальнем Востоке Российской Федерации»².

Относительно второго направления развития прибрежного рыболовства – организации прибрежного рыболовства с автономным освоением биоресурсов шельфовой зоны – имеет место применение концепции логистической системы, основанной на опыте стран Северной Европы. Он заключается в использовании специальных траулеров, оборудованных танками для приёма рыбы и дальнейшего хранения в охлаждающей жидкости³.

Подобные суда способны длительное время находиться на промысле без ущерба для качества гидробионтов. Кроме того, применение пелагических судов позволяет доставлять сырец к портам, значительно удалённым от районов промысла, где он будет рассортирован и отправлен на переработку или хранение. Применение таких схем логистики имеет некоторые преимущества:

- применение пелагических судов устраняет привязку флота к ближайшему промышленному району относительно порта базирования. Подобные суда способны работать автономно в течение длительного времени, это даёт им определённую мобильность в поиске промысловых скоплений и доставки улова на берег.

- вопрос потребительского спроса также имеет важное значение. В странах Северной Европы существует особая культура потребления свежей или охлажденной рыбопродукции. При этом объёмы добычи превышают общий национальный спрос, в результате чего появляется возможность экспортировать часть объёмов гидробионтов в другие страны;

- одним из важнейших преимуществ данной системы является возможность освоения значительных объёмов биоресурсной базы. Подобные суда имеют возможность работать как на значительном удалении от берега, так и в широких пределах вдоль него. Таким образом, имеется возможность организовывать добычу разного ассортимента гидробионтов, представленных в том или ином регионе.

В условиях Дальнего Востока Российской Федерации подобная концепция логистической системы может быть вполне успешно реализована. Предпосылками тому являются общие черты и схожесть в условиях социального быта и общего развития инфраструктуры между рассматриваемыми регионами. Для разработки логистической системы подобного типа, способной адаптироваться к условиям нашего региона, необходимо произвести научный поиск технических и технологических средств и методов, позволяющих справиться с данными проблемами. В частности, необходимо решить вопрос отдалённости промысловых районов от мест сдачи улова и рынков сбыта. Для этого необходимо осуществить подбор технических средств, подходящих для длительного хранения и транспортировки улова во время осуществления промысла. Это позволит осваивать отдалённые промысловые районы и доставлять гидробионты в нужные порты. К примеру, можно организовать добычу сайры или кальмара в районе о. Сахалина и сдавать улов в порту г. Владивостока.

В свою очередь подобная система промысла должна позволить оставить базы флота, которые уже развиты, или создавать новые, но в пределах существующей портовой и транспортной инфраструктуры. При этом радиус прибрежного промысла должен возрасти, а значит, мы сможем работать с больших разнообразием промысловых скоплений и более интенсивно осваивать биоресурсную базу Дальнего Востока.

Далее рассмотрим вопрос ограничений в прибрежном рыболовстве. Так как суда будут находиться длительное время на промысле, соответственно они должны обладать большей грузоподъемностью, а следовательно, обладать определёнными линейными раз-

² «Прибрежное рыболовство на Дальнем Востоке Российской Федерации» - статья, опубликованная в научном журнале «Рыбное хозяйство» (№3 от 2014г.)

³ Далее – пелагические суда.

мерами. Желательно вывести их из предела 24 м, т.е. маломерного флота, что позволит дать им ледовый класс. В то же время они не должны превышать длины 35 м, чтобы не попасть под класс среднепромысловых судов. В конечном итоге ограничения должны способствовать более умеренному режиму добычи, а также повышению численности флота и конкуренции между рыбопромышленниками.

После доставки улова на берег возникает вопрос о его транспортировке к потребителю и промежуточном хранении. Решением, как и в предыдущем варианте логистической системы, может стать применение льдосодержащих суспензий. При этом очевидным преимуществом является тот факт, что технологически гидробионты будут загружаться на ЛСС непосредственно после момента добычи и при необходимости находиться в ней на всем протяжении пути к потребителю.

Библиографический список

1. Курмазов А.А. Прибрежное рыболовство Приморья: особенности развития // Известия ТИНРО. 2000. Т. 127. № 1–1..
2. Прибрежное рыболовство на Дальнем Востоке Российской Федерации // Рыбное хозяйство. 2014. № 3.
3. Концепция развития прибрежного рыболовства в приморских регионах Российской Федерации до 2020 года. 2012.

I.S. Karpushin, E.E. Solov'eva
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

COASTAL FISHERIES IN FOOD SECURITY OF THE RUSSIAN FEDERATION

The Far East has many features relating to geography and climate, the social fabric of the region, without which to develop coastal fisheries, to the proper level – it is impossible. For its successful development, it is necessary to develop the concept of logistics systems, the aim of which will be to the successful functioning of the industry.

Н.А. Логунова, С.Г. Черный
ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ПОТРЕБНОСТЯМИ В ТРАНСПОРТНЫХ УСЛУГАХ И ВИДОВОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ МОРСКОГО ТРАНСПОРТА И ОТРАСЛЕЙ НА ПЛАТФОРМЕ ДИСКРЕТНЫХ АВТОМАТОВ

Представлен обзор исследования интеллектуальной информационной системы управления: определены задачи, цели и методы исследования, разработана модель представления знаний в МИСУ, предложены алгебраические принципы построения логической сети для формального описания локальной области деятельности СУ. Построена математическая модель локализации области исследования СУ. Приведены выводы по результатам проведенных исследований.

Введение. Деятельность интеллектуальной системы управления (ИСУ) – процессо-ориентированный поиск требуемых процедурных решений в системе распределенной информации и знаний. Корпоративные знания ИСУ (или интеллектуальные активы) – это та многообразная информация, которую необходимо иметь для поддержания на высоком уровне основных бизнес-процессов организации, а также для быстрого и адекватного реагирования на различные воздействия.

1. Анализ литературных данных и постановка проблемы. Под ИСУ понимаем интеллектуальную информационную систему управления, поддерживающую автоматизацию функций управления и выдающую информацию для углубления интеллектуальных знаний и принятия управленческих решений [3]. Эффективность работы ИСУ зависит от степени формализации процессов управления, обусловленной степенью участия судовладельца (СУ) при принятии решения на основе полученной информации, и степенью достоверности и релевантности информации, на которой основываются принимаемые решения.

Под информационными ресурсами ИСУ понимаются некоторые сведения, данные, оформленные таким образом, чтобы обеспечивать удобство принятия решений в области целевой деятельности, полученные из общего информационного пространства предприятия (ПП) [1]. Общее информационное пространство ПП представляет собой знания, распределенные по всей ИСУ, включающие и интеллектуальный потенциал компании.

Кумулятивный рост релевантной информации, динамизм внешней к бизнесу среды, неопределенность в процессе принятия решений ведут к необходимости использования функциональных систем управления, ядром которых станут интегрированные интеллектуальные информационные системы, включающие элементы искусственного интеллекта. Такие системы должны быть построены на знаниях экспертов, и обладать компетентностью (искусственно воспроизводить компетентность экспертов), кроме того, такие системы должны не только обрабатывать знания, но и извлекать новые. Наивысшей степенью интеллектуализации информационной составляющей обладают корпоративные интеллектуальные информационные системы (КИИСУ), использующие базы знаний.

2. Цель и задачи исследования. В связи с тем что функции интеллектуально-информационного обеспечения корпораций оформились в самостоятельную, но недостаточно структурированную и слабо интегрированную в ИСУ отрасль, без специальных технологий учета, регистрации, хранения и мобилизации информационных ресурсов накопленные опыт и знания СУ не могут быть использованы в полной мере для решения насущных задач управления ИСУ, что определило и цель исследований.

3. Материалы и методы исследований. Таким образом, для увеличения семантической силы существующих моделей представления знаний и расширения размеров моделируемой предметной области (ПрО) необходимо применять достижения в области компью-

терной лингвистики с созданием алгоритмов лингвистически и семантически безупречного «понимания» ЭВМ естественного человеческого языка, что, в свою очередь, приведет к созданию моделей представления знаний на основе символьных и логических сетей.

Разработанная модель представления знаний ИСУ, лингвистические ресурсы которой имеют открытую архитектуру, обладают возможностью расширяемости, позволяющую СУ дополнять и расширять модель конкретной ПрО, со всеми терминами, объектами и связями. Данная модель обладает возможностью персонификации работы, сохранения и обмена знаниями аналитиков и экспертов организации в виде персональных интеллектуальных ресурсов; создания персональных фильтров и лингвистических ресурсов.

При разработке модели использовались методы и модели, теории интеллекта [2]. Данная модель позволяет реализовать отношения между областью интеллектуальных знаний СУ и достоверными глубинными знаниями, представленными в поступающих на обработку документах.

4. Результаты исследований. Введем универсум элементов U , включающий все возможные текстовые документы, поступающие в данной корпоративной интеллектуальной информационной системе СУ на обработку (справки, выписки, отчеты, распоряжения, решения и т.д.), а также понятия и объекты анализа рассматриваемой ПрО, специализированные словари, тезаурусы, отображающие специфику данной ПрО.

Из элементов универсума образуются подмножества $M_{1i}, M_{2i}, \dots, M_{mi}$ в соответствие с конкретной задачей обработки информации МИСУ. На декартовых произведениях $M_{1i} \times M_{2i} \times \dots \times M_{mi}$ определяются предикаты P_j , характеризующие работу системы. Предикатом P , заданным на U , называется любая функция $\varepsilon = P(x_1, x_2, \dots, x_n)$, отображающая множество U , в множество $\Sigma = \{0, 1\}$. При $n = 1$ предикат P является унарным, при $n = 2$ – бинарным, при $n = 3$ – тернарным. Так как множество U при моделировании информационной системы корпорации конечно, то и предикат P конечен. Предикаты, обозначаемые 1 и 0 , называются тождественно истинными и тождественно ложными соответственно.

Множество всех n -арных предикатов, заданных на U^n , на котором определены операции дизъюнкции, конъюнкции и отрицания, называется алгеброй n -арных предикатов на U . При этом операции дизъюнкции, конъюнкции и отрицания являются базисными для алгебры предикатов. Алгебра предикатов при любом значении n является разновидностью булевой алгебры, в ней выполняются все основные тождества булевой алгебры [2]. Переменные x_1, x_2, \dots, x_n , называемые предметными, и их значения, называемые предметами, представлены предикатом узнавания предмета a , по переменной x_i , являющегося базисными для алгебры предикатов [2]:

$$x_i^a = \begin{cases} 1, & \text{если } x_i = a, \\ 0, & \text{если } x_i \neq a, \end{cases}$$

где $i = \{1, 2, \dots, n\}$, a – любой элемент универсума.

Будем использовать следующие предметные переменные, определяющие отношение документа, поступающего на обработку в МИСУ, к предметной области деятельности менеджера: l – ключевое слово или словосочетание документа; u – УДК документа и r – предметная рубрика документа, поступающего для обработки в МИСУ. Данные переменные отражают суть документа, назначение и взаимосвязь его составляющих, т.е. объективно определяют истинные и достоверные глубинные знания документа, предоставляя информацию, необходимую для принятия решений.

Значения соответствующие предметных переменных представлены множествами L, U и R . Множество ключевых слов и словосочетаний определяется статистико-позиционными методами на этапах предлингвистического анализа [2] $L = \{l^i\}$, $1 \leq i \leq 14$: l^i = депозитные

операции; l^2 = депонирование; l^3 = банк; l^4 = вексель; l^5 = акции; l^6 = куксы; l^7 = куртаж; l^8 = маклер; l^9 = пошлинные тарифы; l^{10} = транзитная торговля; l^{11} = таможенные тарифы; l^{12} = налогообложение; l^{13} = подоходные налоги; l^{14} = цензовая стоимость.

Иерархическая классификация UDK представлена множеством значений $U = \{u^i\}$, $1 \leq i \leq 5$. Рубрикатор представляет собой универсальную иерархическую классификацию областей знаний, принятую для систематизации всего потока научно-технической информации. Множество значений рубрикатора представлено $R = \{r^i\}$, $1 \leq i \leq 4$, где r^1 = банки и банковская деятельность; r^2 = рынок ценных бумаг; r^3 = экономика фирмы; r^4 = финансовая экономика.

Введем также основное для наших рассмотрений понятие области интеллектуальных знаний СУ q . Под областью интеллектуальных знаний конкретного СУ ИСУ мы будем понимать нечетко определенную часть корпоративных знаний, используемую для стандартных управленческих задач данного СУ.

Область интеллектуальных знаний СУ формируется в сфере мышления и имеет внеязыковую природу. Но поскольку мысль не может существовать вне слова, под областью интеллектуальных знаний СУ подразумевается лексическая единица, представляемая значением некоторого словосочетания и выражающая определенное множество управленческих ситуаций. Введем достаточно четко очерченное множество областей интеллектуальных знаний СУ, обусловленное множеством рассматриваемых управленческих ситуаций $Q = \{q^i\}$, $1 \leq i \leq 18$.

Построим парадигматическую таблицу, отображающую связь между областью локализации деятельности СУ q^i и предметными переменными l , u и r (таблица).

Отношения между предметными переменными q , l , u и r

| | | | |
|-------|-------|----------|----------|
| r^1 | u^1 | l^{12} | q^1 |
| r^4 | u^2 | l^{12} | q^2 |
| r^1 | u^1 | l^{13} | q^3 |
| r^1 | u^1 | l^{14} | q^4 |
| r^1 | u^3 | l^1 | q^5 |
| r^2 | u^4 | l^1 | q^6 |
| r^1 | u^3 | l^2 | q^7 |
| r^1 | u^3 | l^3 | q^8 |
| r^1 | u^3 | l^4 | q^9 |
| r^2 | u^4 | l^4 | q^{10} |
| r^2 | u^4 | l^5 | q^{11} |
| r^2 | u^4 | l^6 | q^{12} |
| r^2 | u^5 | l^7 | q^{13} |
| r^2 | u^5 | l^8 | q^{14} |
| r^1 | u^3 | l^8 | q^{15} |
| r^4 | u^2 | l^9 | q^{16} |
| r^4 | u^2 | l^{10} | q^{17} |
| r^4 | u^2 | l^{11} | q^{18} |

5. Обсуждение результатов. Используя созданную таблицу отношений между предметными переменными q , l , u и r , характеризующими документы, поступающие на обработку в КИС, и локальную область деятельности менеджера, выражаем область локализации интеллектуальной деятельности менеджера q через значения предметных переменных r , l , u :

$$\begin{aligned} r^1 u^1 l^{12} = q^1; r^4 u^2 l^{12} = q^2; r^1 u^1 l^{13} = q^3; r^1 u^1 l^{14} = q^4; r^1 u^3 l^1 = q^5; \\ r^2 u^4 l^1 = q^6; r^1 u^3 l^2 = q^7; r^1 u^3 l^3 = q^8; r^1 u^3 l^4 = q^9; r^2 u^4 l^4 = q^{10}; r^2 u^4 l^5 = q^{11}; r^2 u^4 l^6 = q^{12}; \\ r^2 u^5 l^7 = q^{13}; r^2 u^5 l^8 = q^{14}; r^1 u^3 l^8 = q^{15}; r^4 u^2 l^9 = q^{16}; r^4 u^2 l^{10} = q^{17}; r^4 u^2 l^{11} = q^{18}. \end{aligned} \quad (1)$$

Выполняем операцию почленной дизъюнкции возможно большего числа родственных равенств. Родственными равенствами назовем такие равенства, которые после выполнения над ними операции почленной дизъюнкции приводят к равенствам с левой частью в виде логического произведения, каждый сомножитель которого зависит от одной предметной переменной [2]. Введение почленной дизъюнкции с использованием родственных равенств обусловлено необходимостью получения локальных областей интеллектуальных знаний СУ, определяемые именем конкретного СУ. Такие области могут включать больше чем одно исчисляемое ограниченное количество рубрик и предметных областей исследований.

$$\begin{aligned} r^1 u^1 (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14}) = q^1 \vee q^3 \vee q^4; \\ r^4 u^2 (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}) = q^2 \vee q^{16} \vee q^{17} \vee q^{18}; r^2 u^5 (l^7 \vee l^8) = q^{13} \vee q^{14} \\ r^1 u^3 (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8) = q^5 \vee q^7 \vee q^8 \vee q^9 \vee q^{15}; r^2 u^4 (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6) = q^6 \vee q^{10} \vee q^{11} \vee q^{12}. \end{aligned} \quad (2)$$

Формируем функцию перехода от предметной области интеллектуальных знаний q к локальной области исследования СУ m , в профессиональную деятельность которого входит данная область исследования q :

$$\begin{aligned} q^1 \vee q^3 \vee q^4 \vee q^{13} \vee q^{14} = m^1; q^2 \vee q^{16} \vee q^{17} \vee q^{18} = m^2; \\ q^5 \vee q^7 \vee q^8 \vee q^9 \vee q^{15} = m^3, q^6 \vee q^{10} \vee q^{11} \vee q^{12} = m^4; \end{aligned} \quad (3)$$

Переопределим зависимость локальной области исследования СУ m от переменных r , l , u :

$$\begin{aligned} m^1 = r^1 u^1 l^{12} \vee r^1 u^1 l^{13} \vee r^1 u^1 l^{14} \vee r^2 u^5 l^7 \vee r^2 u^5 l^8 = \\ = r^1 u^1 (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14}) \vee r^2 u^5 (l^7 \vee l^8); \\ m^2 = r^4 u^2 l^{12} \vee r^4 u^2 l^9 \vee r^4 u^2 l^{10} \vee r^4 u^2 l^{11} = r^4 u^2 (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}); \\ m^3 = r^1 u^3 l^1 \vee r^1 u^3 l^2 \vee r^1 u^3 l^3 \vee r^1 u^3 l^4 \vee r^1 u^3 l^8 = r^1 u^3 (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8); \\ m^4 = r^2 u^4 l^1 \vee r^2 u^4 l^4 \vee r^2 u^4 l^5 \vee r^2 u^4 l^6 = r^2 u^4 (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6). \end{aligned} \quad (4)$$

Предикат $P(r, l, u, m)$, описывающий связь локальной области исследования менеджера и переменных, объективно определяющих, глубинные знания документа имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} P(r, l, u, m) = m^1 r^1 u^1 (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14}) \vee m^1 r^2 u^5 (l^7 \vee l^8) \vee \\ \vee m^2 r^4 u^2 (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}) \vee m^3 r^1 u^3 (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8) \vee \\ \vee m^4 r^2 u^4 (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6). \end{aligned} \quad (5)$$

Определим бинарные отношения P_i , где $i \in \{r, l, u\}$, связывающие переменную m с предметными переменными r, l, u . Для чего произведем бинаризацию отношений (5).

Бинарный предикат P_r определяет отношения переменной m и предметной переменной r :

$$P_r(r,m) = m^1 (r^1 \vee r^2) \vee m^2 r^4 \vee m^3 r^1 \vee m^4 r^2 \quad (6)$$

Рассмотрим графическую интерпретацию модели. Отношение $P_r(r,m)$ можно отобразить в виде двудольных графов (рис. 1).

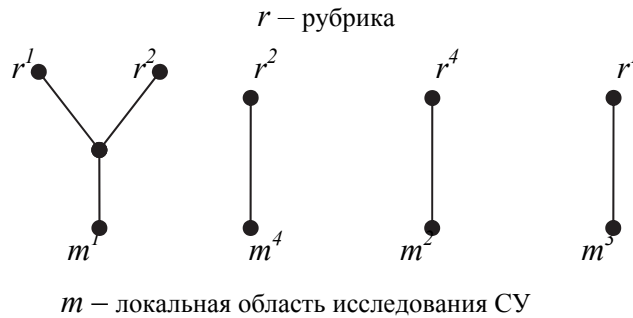


Рис. 1. Двудольный граф предиката $P_r(r,m)$

Бинарный предикат P_l определяет отношения переменной m и предметной переменной l :

$$P_l(l,m) = (l^{12} \vee l^{13} \vee l^{14} \vee l^7 \vee l^8) m^1 \vee (l^{12} \vee l^9 \vee l^{10} \vee l^{11}) m^2 \vee (l^1 \vee l^2 \vee l^3 \vee l^4 \vee l^8) m^3 \vee (l^1 \vee l^4 \vee l^5 \vee l^6) m^4. \quad (7)$$

Отношение $P_l(l,m)$ можно отобразить в виде двудольных графов (рис. 2).

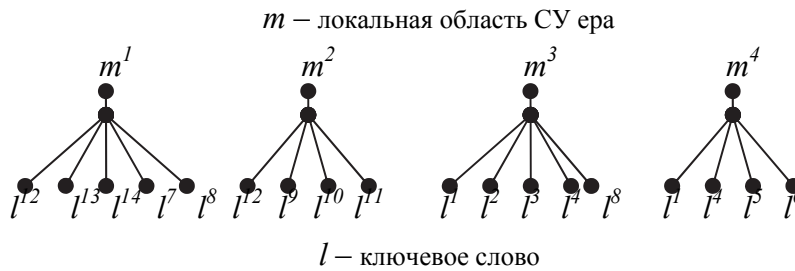


Рис. 2. Двудольный граф предиката $P_l(l,m)$

Бинарный предикат P_u определяет отношения переменной m и предметной переменной u :

$$P_u(u,m) = m^1 (u^1 \vee u^5) \vee m^2 u^2 \vee m^3 u^3 \vee m^4 u^4 \quad (8)$$

Отношение $P_u(u,m)$ можно отобразить в виде двудольных графов (рис. 3).

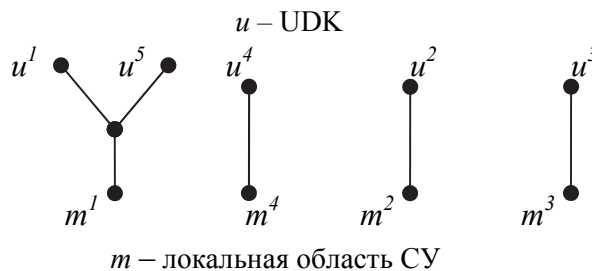


Рис. 3. Двудольный граф предиката $P_u(u,m)$

Таким образом, построена математическая модель локализации области исследования СУ, характеризующаяся системой бинарных отношения P_l, P_r, P_u , отображаемыми двудольными графами на рис. 1–3. Образуя конъюнкцию предикатов (6–8), получим предикат модели P , связывающий между собой предметные переменные r, l, u, m :

$$P(r, l, u, m) = P_r(r, m) \wedge P_l(l, m) \wedge P_u(u, m) \quad (9)$$

Предикат P можно наглядно изобразить в виде логической сети (рис. 4), которая является графическим представлением результата бинарной конъюнкции декомпозиции многоместного предиката. Логическая сеть состоит из полюсов и ветвей. Каждому полюсу логической сети ставится в соответствие своя предметная переменная модели, которая называется атрибутом этого полюса. В нашей сети четыре полюса обозначаются соответствующими предметными переменными r, l, u, m . С каждым полюсом связана область изменения атрибута полюса, т.е. его домен.

Любой полюс логической сети в каждый момент времени несет какое-то знание о значении своего атрибута. Оно представляет собой одно из подмножеств домена полюса. Указывая состояние всех полюсов в данный момент времени, определяем состояние сети в этот момент времени.

Таким образом, разработанная математическая модель отношений между областью интеллектуальных знаний СУ и достоверными глубинными знаниями, представленными в документе, позволяет извлекать новые понятия и отношения, связывающие данные понятия, т.е. позволяет извлекать пополнять новыми знаниями базы знаний МИСУ.

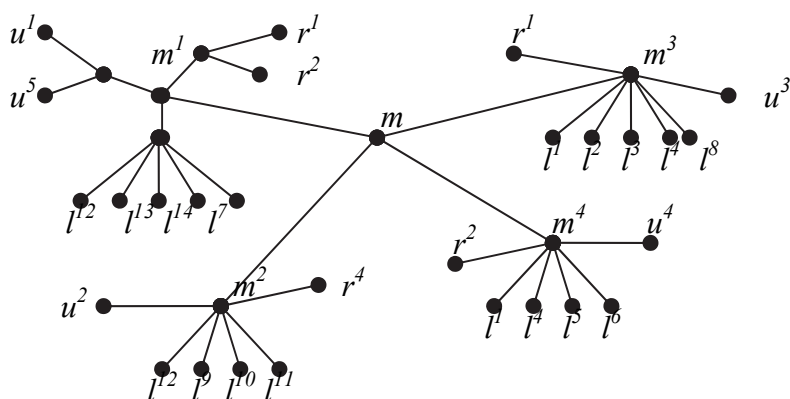


Рис. 4. Логическая сеть, связывающая предметные переменные

Графическая интерпретация модели позволяет в дальнейшем реализовать ее аппаратно, что полностью решит проблему сокращения времени обработки документов, поступающих в ИСУ.

Выводы

1. Показано использование методов теории интеллекта для моделирования процедуры извлечения информации для интеллектуальных активов компании. Разработана модель представления знаний в МИСУ, лингвистические ресурсы которой имеют открытую архитектуру. Модель позволяет реализовать отношения между областью знаний СУ и достоверными глубинными знаниями, представленными в поступающих на обработку документах.

2. Предложены алгебраические принципы построения логической сети для формального описания локальной области деятельности СУ. Построена математическая модель локализации области исследования СУ, характеризующаяся системой бинарных отношений P_l, P_r, P_u , отображаемых двудольными графами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-02-00057.

Библиографический список

1. Антамошин, А.Н. Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами / А.Н. Антамошин, О.В. Близнава, А.В. Бобов и др. М.: ГЛТ, 2016. 160 с.
2. Ботуз, С. Интеллектуальные интерактивные системы и технологии управления удаленным доступом: учеб. пособие / С. Ботуз. М.: Солон-пресс, 2014. 340 с.
3. Буреш, О.В. Интеллектуальные информационные системы управления социально-экономическими объектами / О.В. Буреш, М.А. Жук. М.: Красанд, 2012. 192 с.

N.A. Logunova, S.G. Cherny
Kerch state marine technological university
Kerch, Russia

MODELING OF DEPENDENCE BETWEEN NEEDS IN TRANSPORT SERVICES AND SPECIES CLASSIFICATION OF MARINE TRANSPORT AND INDUSTRIES ON THE DISTRIBUTED AUTOMATIC PLATFORM

The review of research of intellectual control information is presented: tasks, aims and research methods, are certain, the model of representation of knowledge is worked out in MICS, algebraic principles of construction of logical network are offered for the formal specification of local area of activity of CONTROL SYSTEMS. The mathematical model of localization of area of research of CONTROL SYSTEMS is built. Conclusions over are brought on results undertaken studies.

Д.А. Потапов, Г.П. Старкова, С.В. Старков
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ В МОРСКИХ ПОРТАХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Рассматриваются вопросы увеличения объема перевалки рыбопродукции через морские порты Дальнего Востока, связанные с организацией транзитного транспортного коридора для доставки отечественной и иностранной рыбопродукции по железной дороге в направлении европейского рынка.

Прирост грузооборота водных биологических ресурсов в морских портах Приморского края в перспективе до 2030 г. оценивается в 500–550 тыс. т к текущему уровню, составляющему 850–880 тыс. т. Увеличение объема будет обеспечено в основном за счет увеличения добычи (вылова) сардины и скумбрии (прирост 250 тыс. т), развития судовой и береговой переработки, а также поставки продукции глубокой переработки на внутренний рынок (прирост на 50 тыс. т), производства марикультуры (прирост на 50 тыс. т).

Потребность в холодильных мощностях для обработки прогнозируемых объемов грузооборота в морских портах Приморского края оценивается в 170 тыс. т единовременного хранения с учетом снижения интенсивности использования складских мощностей. При этом ввод новых мощностей необходим в объеме, который компенсирует выбытие изношенных холодильных складов и доведет суммарную мощность по хранению до указанного выше уровня. За счет модернизации и строительства в период до 2030 г. должны быть введены в эксплуатацию склады мощностью не менее 100 тыс. т единовременного хранения.

В морских портах Петропавловска-Камчатского прогнозируется увеличение грузооборота рыбы на 150 тыс. т, до 320 тыс. т в год. Прирост будет обеспечен в основном за счет выгрузки рыбы прибывающими из районов промысла судами с последующей упаковкой грузов в контейнеры и поставкой на внутренний рынок или экспорт.

В морских портах Сахалинской области в период до 2030 г. прогнозируется умеренный рост грузооборота – со 120 тыс. т в год до 220 тыс. т год за счет транзитных рыбных грузов. В морском порту Корсаков планируется строительство холодильника на 20 тыс. т, что увеличит суммарную мощность с 13 до 33 тыс. т в год. В Хабаровском крае морской порт Ванино, имеющий прямой выход на Транссиб, имеет потенциал для увеличения перевалки рыбы с 30 тыс. т до 135 тыс. т к 2030 г. С этой целью необходимо увеличение мощностей портового холодильника на 10 тыс. т единовременного хранения – с 9 тыс. т до 19 тыс. т.

Поддержка реализации планируемых проектов будет обеспечиваться за счет применения льгот в рамках режимов Свободного порта Владивосток и территорий опережающего социально-экономического развития.

При поставках рыбопродукции по железной дороге через морские порты Дальневосточного бассейна увеличение грузооборота обусловлено пропускной способностью железнодорожной инфраструктуры. Потенциал пропускной способности железной дороги по перевозкам рыбопродукции в западные регионы России оценивается в размере не менее 2 млн т в год (около 3 млн т в сырце). Фактический объем перевозок рыбной продукции со станций Дальнего Востока в 2016 г. составил 668,7 тыс. т, т.е. может быть увеличен в 3 раза, и железная дорога позволяет перевезти всю рыбу, выловленную на Дальнем Востоке.

Отгрузка рыбы для транспортировки по железной дороге возможна только из нескольких крупных дальневосточных портов – Владивостока, Находки, Восточного, Ванино, Зарубино, а также ряда малых портов. Во всех крупных портах имеются портовые холодильники, но только Владивосток имеет возможности для увеличения отгрузки рыбы. В

рамках модернизации портовой инфраструктуры для перевалки рыбы необходимо учитывать изменение технологий транспортировки рыбопродукции и увеличение степени контейнеризации, прежде всего, при отгрузках на внутренний рынок по железной дороге.

В условиях расширения международного сотрудничества и углубления интеграционных процессов ведущая роль в решении транспортных проблем принадлежит формированию международных транспортных коридоров (МТК). Это связано с обеспечением межгосударственных экономических, культурных и иных связей, с целесообразностью создания международной транспортной инфраструктуры, имеющей согласованные технические параметры и обеспечивающие применение совместимых технологий перевозок. Отношения России с зарубежными странами в последние годы интенсивно развиваются, особое географическое положение России определяет ее ведущую роль в международных связях между государствами Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона, в связи с чем Россия недавно официально объявлена транзитной страной.

Развивающиеся рыночные отношения заставляют грузовладельцев и перевозчиков применять современные методы проектирования систем транспортировки и реализации транспортного процесса для повышения качества транспортировки грузов с гарантией безопасности.

Согласно определению КВТ ЕЭК ООН: «Транспортный коридор – это часть национальной или международной транспортной системы, которая обеспечивает значительные международные грузовые и пассажирские перевозки между отдельными географическими районами, включает в себя подвижной состав и стационарные устройства всех видов транспорта, работающих на данном направлении, а также совокупность технологических, организационно-правовых условий осуществления этих перевозок».

Факторы, обеспечивающие России конкурентные преимущества в глобальной системе МТК:

- наличие развитой транспортной инфраструктуры, обеспечивающей кратчайшее наземное сообщение на направлении Европа–Азиатско-Тихоокеанский регион;
- позиционирование на рынке транзитных перевозок в качестве равноправного партнера, предлагающего транспортному сообществу транзитные ресурсы, отвечающие требованиям нового века;
- исключительно благоприятное географическое положение в центре геостратегического треугольника: Страны ЕС–Страны Восточной Азии–Страны НАФТА.

Основные грузопотоки внешнеторговых и транзитных перевозок концентрируются по осям Запад–Восток и Север–Юг и совпадают с главными направлениями перевозок в межрегиональном сообщении внутри России, в районе тяготения которых сосредоточено свыше 80 % населения и промышленного потенциала Российской Федерации. По сути, транзит является экспортом транспортных услуг при следовании груза и транспортного средства по территории России и позволяет эффективно использовать отечественные транспортные системы, стимулируя их совершенствование. В ряде европейских стран – Польше, Германии, Венгрии, Австрии, Нидерландах и др. – транзит превращен в доходные статьи бюджетов. Так, в Нидерландах доля доходов от транзита составляет более 40 % от общего объема доходов от экспорта услуг.

Наша страна, занимающая более 30 % территории Евразийского континента и располагающая высокоразвитой транспортной системой, объективно является естественным мостом, обеспечивающим транзитные связи на этом направлении. Однако мощный транзитный потенциал России пока используется слабо – транзитные перевозки контейнеров составляют в настоящее время лишь около 1,0 % от их общей величины. У России имеются значительные возможности кардинально изменить расстановку сил. Для этого необходимо обеспечить, прежде всего, ускоренную модернизацию транспортных коридоров, в том числе МТК на Японию, Корею и Китай с целью привлечения международных транзитных грузопотоков. Международный транзит в широтном направлении по Транссибу как составной части евроазиатского МТК «Запад–Восток», не только обеспечит дополнитель-

ные финансовые поступления, но также будет способствовать развитию богатейших территорий Сибири и Дальнего Востока. Это стимулирует развитие транспортной инфраструктуры в зоне сосредоточения биоресурсов Мирового океана и явится условием обеспечения экономической безопасности страны.

Кроме того, с развитием транспортных путей повысится промышленное производство на обширных слабо освоенных территориях, активизируется социально-экономическая сфера Сибири и Дальнего Востока, будут созданы условия для демографического оздоровления региона. Рост населения и укрепление экономического потенциала малозаселенных приграничных областей снизит угрозу территориальной целостности государства на его восточных рубежах.

Второй глобальный международный евроазиатский транспортный коридор меридионального направления «Север–Юг» обеспечит транзитную связь через Россию Северной и Центральной Европы с государствами Персидского залива и Индией. На усиление транзитной независимости России в зоне Балтики было направлено создание паромной переправы «Санкт-Петербург–Калининград–порты Германии (Мукран и Киль)», которая позволяет также разрешить проблему транспортно-экономических связей с обособленной российской территорией – Калининградской областью.

Международные транспортные коридоры сыграют значительную роль и в повышении эффективности внешней торговли России. В настоящее время перевозки экспортно-импортных российских грузов, тяготеющие к МТК, составляют порядка 400 млн т в год. Привлечение на транспортные коммуникации России порядка 5–7 % от общего объема транзитных перевозок в евроазиатском сообщении обеспечит по оценке Минтранса России рост ежегодных доходов отечественных транспортных и операторских компаний на 2–3 млрд долл. США. В мировой практике прослеживается неуклонная тенденция совершенствования технологии грузовых перевозок, связанная с концентрацией транспортных потоков и ростом контейнерных перевозок по интермодальным транспортным коридорам, которые должны стать основой единой глобальной транспортной сети XXI в., создание и функционирование которой является одной из главных задач евроазиатской транспортной политики.

В Западной и Центральной Европе, где коммуникации более развиты по сравнению со странами Восточной Азии, формирование базовой системы транспортных коридоров уже в основном завершилось. Для принятия и переработки грузов, следующих в интермодальном сообщении по российской части международных транспортных коридоров, и обеспечения соответствующего уровня сервисного обслуживания первостепенное значение, наряду с развитием транспортных коммуникаций с соответствующим обустройством, имеет создание в крупных транспортных узлах вдоль трассы МТК мультимодальных терминальных комплексов и транспортно-логистических центров, функционирующих на основе передовых логистических технологий и обеспечивающих интеграцию материальных, информационных, сервисных и финансовых потоков, функционирующих на коммерческой корпоративной основе, обеспечивающих скоординированное взаимодействие всех видов транспорта и других участников транспортно-логистического процесса, рассматриваемых как стратегические точки роста экономики России.

Положение России в XXI в. и становление ее как одного из ведущих центров многополярного мира должны опираться на устойчивое экономическое развитие, основанное на дальнейшей структурной перестройке экономики и повышении конкурентоспособности отечественных товаров и услуг на мировых рынках, а также на интеграцию страны в динамично изменяющуюся систему международных отношений, что позволило бы ей занять достойное место в постиндустриальной структуре мира.

Проводя внешнеэкономическую политику, направленную на расширение взаимовыгодного сотрудничества с государствами всех континентов Земного шара, обладая огромным ресурсным потенциалом, Россия является одним из крупнейших участников мирового товарообмена.

Глобализация экономики и сопровождающие ее процессы развития внешнеторгового обмена требуют новых подходов к развитию транспорта, поиску новых технологий и рациональных путей освоения перевозок пассажиров и грузов.

Располагая системой морских портов на Балтийском, Азово-Черноморском, Каспийском, Северном и Дальневосточном бассейнах, развитыми сетями железных дорог и внутренних судоходных путей, протяженной сетью автомобильных дорог, комплексом международных аэропортов, воздушными трассами, проходящими над территорией страны в широтном и меридиональном направлениях и обеспечивающими эффективное использование нашего воздушного пространства для международных и, прежде всего, транзитных перевозок, Россия обладает огромным транспортным потенциалом, который способен реализовать национальный транзитный ресурс для обеспечения евроазиатских связей и потребности страны в перевозках грузов во всех видах сообщений.

Потенциал увеличения объема перевалки рыбопродукции через морские порты Приморского края связан с организацией транзитного коридора для доставки отечественной и иностранной рыбопродукции по железной дороге в направлении европейского рынка. Эффективность такого канала доставки обусловлена сокращением сроков транспортировки, по сравнению с морскими контейнерными линиями, на 20–25 дней. Дополнительный объем годового грузооборота за счет развития данного транзитного канала оценивается в 200–300 тыс. т.

Для улучшения сложившейся ситуации в транспортной сфере Приморского края предлагаются следующие меры:

- разработать состав реальных полномочий по координации российских объектов МТК, проходящих через территорию Приморского края. Создать в крае координационные органы по каждому МТК с участием зарубежной стороны и представителей федеральных министерств. Наделить эти координирующие органы реальными полномочиями и прежде всего по регулированию транспортных тарифов. Следует определить, что можно сделать в рамках действующего законодательства и в рамках тех полномочий, которые есть у краевых органов власти, а также какие полномочия необходимо получить от федерального центра. Разработать положение об организационной структуре межведомственной комиссии или иных координационных органов МТК;

- заключить с КНР и другими странами международные двухсторонние соглашения о функционировании МТК на территории РФ;

- обеспечить на законодательной основе безусловное соблюдение сроков доставки транзитных грузов на всем протяжении маршрута до конечного пункта следования. Минимальный срок доставки – это главный ресурс конкурентоспособности российских МТК. Логистический принцип «точно в срок» должен быть главенствующим при организации международных транспортных коридоров;

- создать условия для либерализации перевозки грузов международного транзита через государственную границу РФ. И, прежде всего, ликвидировать барьеры, препятствующие выполнению таможенных формальностей в нормативные сроки. Таможня также должна нести ответственность за сроки прохождения грузов без учета форс-мажорных обстоятельств;

- освободить от таможенных пошлин и НДС ввоз транспортной техники до тех пор, пока отечественные производители не станут выпускать аналогичную продукцию;

- содействовать концентрации грузопотоков на российских пограничных транспортных переходах (ПГНП) с учетом их специализации;

- существенно улучшить координацию и взаимодействие объектов различных видов транспорта, государственных служб и хозяйственных структур, входящих в ПГНИ.

- установить мораторий на социальную нагрузку при реализации крупных проектов ПГНИ. Это вызвано тем, что для решения земельных и прочих вопросов при реализации этих проектов выдвигается множество социальных требований, которые делают сам проект неосуществимым для инвесторов.

Для более полного использования преимуществ географического положения страны, обеспечения возрастающих объемов внешнеторговой деятельности, укрепления роли России в мировой хозяйственной системе необходимо формирование и планомерное развитие российских международных транспортных коридоров как важных элементов создаваемой международной евроазиатской транспортной инфраструктуры.

Основные грузопотоки внешнеторговых и транзитных перевозок концентрируются по осям Запад–Восток и Север–Юг и совпадают с главными направлениями перевозок в межрегиональном сообщении внутри России, в районе прохождения которых сосредоточено свыше 80 % населения и промышленного потенциала Российской Федерации.

Библиографический список

1. Стратегия развития морских терминалов для комплексного обслуживания судов рыбопромыслового флота с учетом береговой логистической инфраструктуры, предназначенной для транспортировки, хранения и дистрибуции рыбной продукции. Утверждена приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 20 апреля 2017 г. N 189.

2. Международные транспортные коридоры: трансформация региональной инфраструктуры: научное издание. М.: ВИНТИ РАН, 2013. 380 с.

3. Широкопад О.А., Старков С.В. Международные транспортные коридоры как основа развития Азиатско-Тихоокеанского региона: Всестороннее экономическое сотрудничество между СРВ и РФ в новых условиях: тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Ханой, Вьетнам, 2014.

D.A. Potapov, G.P. Starkova, S.V. Starkov
Dalrybtuz, Vladivostok, Russia

THE FORMATION OF TRANSPORT CORRIDORS TO SEA PORTS OF THE FAR EAST

Discusses the issues of increasing the volume of transshipment of fish products through the ports of the Far East, associated with the transit transport corridor for the delivery of domestic and foreign fish by rail in the direction of the European market.

Ч.Х. Хоанг, С.В. Виноградов
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЁТ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Представлена конструкция термоэлектрического генератора (ТЭГ) для утилизации тепловой энергии отработавших газов судовых дизелей. Была выбрана базовая конструкция ТЭГ и метод повышения его эффективности. Геометрические, тепловые и электрические параметры основного ТЭГ рассчитываются на примере судов проекта RSD 49. Произведен расчет тепловых и электрических показателей ТЭГ с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла при применении наклонных пластин.

Ключевые слова: термоэлектрический генератор, судно проекта RSD 49, дизель Wartsila 6L20, утилизация теплоты, выхлопные газы, интенсификация теплообмена.

Введение

Проблема эффективного использования топлива имеет актуальное значение для флота. Известно, что в главных двигателях судовой энергетической установки (СЭУ) в механическую энергию превращается до 50 % теплоты сгорания топлива. Остальная часть энергии теряется. Также одним из решений данной задачи является использование термоэлектрического эффекта для преобразования энергии теплоты ОГ судовых дизелей в электрическую.

Благодаря последним достижениям в области разработки термоэлектрических материалов и систем возобновился интерес к применению термоэлектрического генератора ТЭГ в СЭУ. Преимущества ТЭГ – значительный ресурс, отсутствие подвижных частей, бесшумная работа, экологическая чистота, универсальность в отношении способов подвода и отвода теплоты и возможности рекуперации отработанной тепловой энергии. Недостатком ТЭГ является низкий КПД от 1–10 %. Несмотря на это, термоэлектрические генераторы нашли широкое применение.

Данная работа посвящена вопросам повышения эффективности ТЭГ за счет интенсификации теплообмена. Предложена конструкция ТЭГ с измененными поверхностями теплообменника со стороны отработавших газов ДВС и внесены изменения в методику расчета тепловых и электрических показателей ТЭГ, учитывающие особенности процессов теплообмена при интенсифицированных поверхностях ТЭГ.

Энергетическая установка суда проекта RSD 49

Суда проекта RSD 49 в соответствии с принятой в Морском инженерном бюро классификацией относятся к классу «Волго-Дон макс», т.е. имеют максимально возможные для Волго-Донского судоходного канала водоизмещение и габариты. Суда серии могут использоваться для транспортировки генеральных, навалочных, лесных, зерновых, крупногабаритных и опасных грузов в международном сообщении. Техничко-эксплуатационные характеристики судна и двигателей представлены в табл. 1.

Таблица 1

Техничко-эксплуатационные характеристики судна проекта RSD 49

| № п/п | Характеристики | Единица измерения | Значение или ответ |
|-------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Длина судна расчетная | м | 139,95 |
| 2 | Ширина | м | 16,5 |

| | | | |
|----|--|-----|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3 | Высота борта | м | 6,0 |
| 4 | Осадка | м | 4,70 |
| 5 | Дедвейт | т | 7143 |
| 6 | Скорость хода в полном грузу | уз | 11,5 |
| 7 | Мощность главной силовой установки СЭУ | кВт | 2*1200 |
| 8 | Вспомогательные ДГ | кВт | 2 *292 |
| 9 | Тип энергетической установки | | ДВС |
| 10 | Тип передачи мощности на гребной вал | | Механическая |

Пропульсивный комплекс «Судна проекта RSD 49» состоит из 2 двигателей Wartsila 6L20, выходной фланец которых жестко соединен с валопроводом и винтом фиксированного шага. В состав газовыхлопной системы главного двигателя (ГД) входят: трубопровод с внутренним диаметром 420 мм и внешним диаметром 600 мм, тепловые компенсаторы, утилизационный паровой котел (УПК) AALBORG UNEX P-2.

Так как ТЭГ рекомендовано устанавливать вертикально, было выбрано два места для его установки, после двигателя и после утилизационного котла. В качестве базового варианта ТЭГ выбрана конструкция, предложенная авторами в работах [1].

Таблица 2

Технические характеристики системы выхлопных газов двигателя Wartsila 6L20

| Система выхлопных газов | | |
|--|------|------|
| Расход при 100 % нагрузке | кг/с | 2,57 |
| Расход при 85 % нагрузке | кг/с | 2,25 |
| Расход при 75 % нагрузке | кг/с | 1,95 |
| Температура после турбокомпрессора, 100 % нагрузка (TE517) | °С | 305 |
| Температура после турбокомпрессора, 85 % нагрузка (TE517) | °С | 295 |
| Температура после турбокомпрессора, 75 % нагрузка (TE517) | °С | 305 |

Выбор термогенераторных модулей

В данной установке применяются термогенераторные модули типа ТГМ-287-1,0-1,5 компании ОАО «КРИОТЕРМ», конструктивные и электрические характеристики которых представлены в табл. 3 и 4 [3]. Конструкция термогенераторного модуля представлена на рис. 1.

Таблица 3

Конструктивные характеристики термогенераторного модуля ТГМ-287-1,0-1,5

| Тип модуля | Размеры | | | Электрическое сопротивление R_m | Тепловое сопротивление |
|-----------------|-----------|------------|------------|-----------------------------------|------------------------|
| | Длина, мм | Ширина, мм | Высота, мм | | |
| ТГМ-287-1,0-1,5 | 40 | 40 | 3,8 | 4,72 | 1,16 |

Электрические характеристики термогенераторного модуля ТГМ-287-1,0-1,5

| Характеристики | $t_x = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ | $t_x = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ |
|----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | $t_r = 150 \text{ }^\circ\text{C}$ | $t_r = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| Напряжение, В | 4,77 | 4,52 |
| Ток, А | 0,47 | 0,43 |
| Мощность, Вт | 2,23 | 1,93 |
| КПД, % | 2,7 | 2,3 |

t_x – температура холодной стороны; t_r – температура горячей стороны. Параметры указаны для сопротивления нагрузки, равного электрическому сопротивлению модуля.

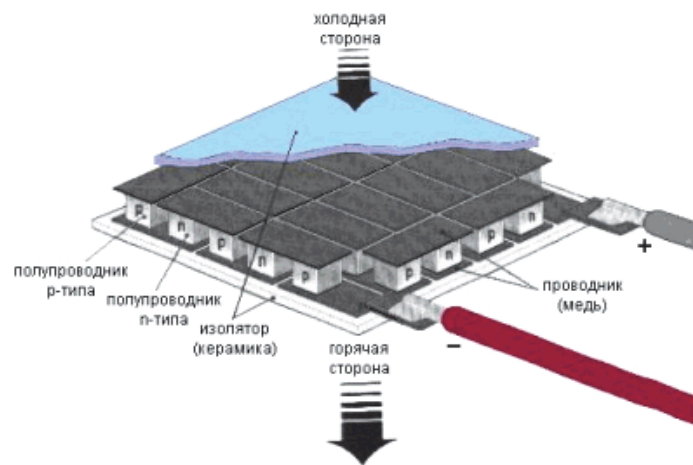


Рис. 1. Термоэлектрический модуль

Разработка конструкции и расчет ТЭГ с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла для установки до УК

Методика расчета аналогична указанной в [5] $F_r = \frac{a^2 3\sqrt{3}}{2}$, с поправками, учитывающими применение наклонных пластин на поверхности горячего узла. В частности, был изменен расчет коэффициента теплоотдачи газа.

Площадь сечения газохода

$$F_r = \frac{a^2 3\sqrt{3}}{2} - F_H, \text{ (м}^2\text{)}, \quad (1)$$

где a – размер грани стенки горячего узла, м; F_H – площадь поперечного сечения наклонных пластин, (м²). Площадь поперечного сечения наклонных плоскостей

$$F_H = 12h\delta \sin \theta, \text{ (м}^2\text{)}, \quad (2)$$

где h – высота наклонной плоскости, м; δ – толщина вставки, м; θ – угол наклона плоскости.

Зазор между наклонными плоскостями

$$\delta_B = \frac{L - \delta \cdot N_r}{N_r - 1}, \text{ (м}^2\text{)}, \quad (3)$$

где L – длина теплообменника, м; N_r – число наклонных плоскостей в ТЭГ.

Скорость газа

$$\omega_r = \frac{G_r}{\delta_B \cdot h \cdot (N_r - 1)}, \text{ (м/с)}, \quad (4)$$

где G_r – расход газа, кг/с.

Площадь поверхности теплообмена

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} + F_{пл}, \text{ (м}^2\text{)}, \quad (5)$$

где $F_{пл}$ – площадь поверхности пластин.

Число Рейнольдса для газа

$$Re_r = \frac{\omega_r \cdot d_{эКВГ}}{\nu_r}, \quad (6)$$

где ν_r – кинематическая вязкость газа, м²/с;

$d_{эКВГ}$ – эквивалентный диаметр газотока, $d_{эКВГ} = \frac{4F_r}{6a}$, (м)

ОГ дизеля движется в трубопроводе в турбулентном режиме, поэтому число Нуссельта для газа определяется по формуле [7, 8, 9]

$$Nu_r = 0,008 Re_r^{0,9} \cdot Pr_r^{0,43}, \quad (7)$$

где Pr_r – Число Прандтля для газа

Коэффициент конвективной теплоотдачи для газа с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла

$$\alpha_{зк} = \frac{Nu_r \cdot \lambda_r}{d_{эКВГ}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}, \quad (8)$$

где λ_r – коэффициент теплопроводности газа, Вт/(м·К).

Из результатов расчета следует, что конвективный коэффициент теплопередачи для газа с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла в 7,3 раза больше, чем конвективный коэффициент теплоотдачи на гладкой поверхности горячей части.

Согласно рекомендациям автора работы [2, 6] были приняты размеры, угол наклона, количество и материал пластин. В соответствии с конструкцией системы выхлопных газов ГД была спроектирована конструкция ТЭГ с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла, установленного до УК (рис. 2).

Расчет произведен для ТЭГ при 75, 85 и 100 % нагрузках ГД. Результаты расчетов совместной работы ГД и ТЭГ приведены в табл. 5.

Результаты проведенных расчетов для одного ТЭГ с интенсификацией теплообмена на поверхности горячего узла, установленного до УК

| $N_e, \%$ | $P, \text{ кВт}$ | $I, \text{ А}$ | $U, \text{ В}$ | $G_{\text{ВЫХ Г}}, \text{ кг/с}$ | $t_r^{\text{ВЫХ}}, \text{ }^\circ\text{C}$ | $t_B^{\text{ВЫХ}}, \text{ }^\circ\text{C}$ |
|-----------|------------------|----------------|----------------|----------------------------------|--|--|
| 75 | 5,8 | 16,72 | 352 | 1,95 | 240,9 | 38 |
| 85 | 5,75 | 16,62 | 346,43 | 2,25 | 240,5 | 38 |
| 100 | 6,09 | 16,92 | 360,12 | 2,57 | 255,3 | 38 |

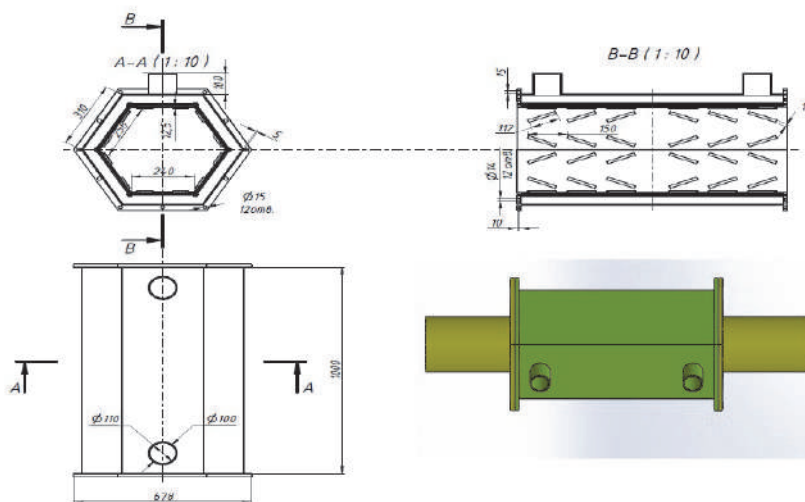


Рис. 2 . Конструкция ТЭГ с интенсификацией теплообмена, установленного до УК

Анализ результатов расчетов

На основании полученных результатов расчетов можно сделать вывод о том, что использование поверхности теплообмена при применении наклонных поверхностей позволяет повысить эффективность работы ТЭГ.

При работе ТЭГ, установленного до УК, увеличились расчетные показатели по сравнению с базовой конструкцией в соответствии с рис. 3, 4: КПД на 4 %, мощность на 6 %, а температура выхлопных газов на выходе из ТЭГ снизилась на 1 %. Скорость газов увеличилась на 12 %, но ее значение находится в допустимых пределах, что позволяет сделать вывод о том, что установка наклонных поверхностей не приводит к значительному аэродинамическому сопротивлению системы газовыхлопа.

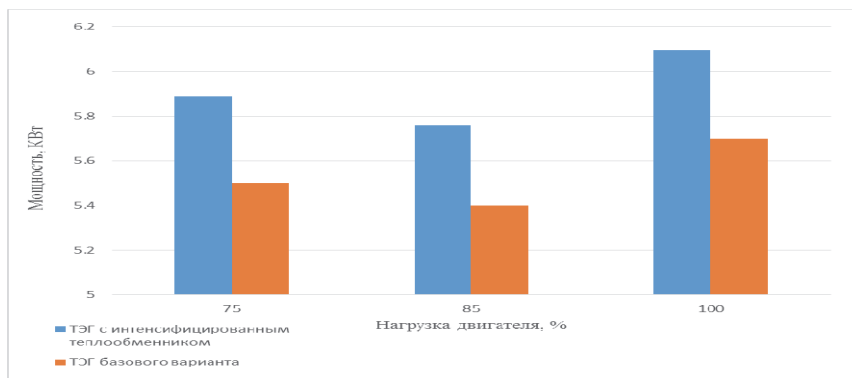


Рис. 3. Сравнение мощностей ТЭГ базового варианта и ТЭГ с измененной поверхностью теплообмена

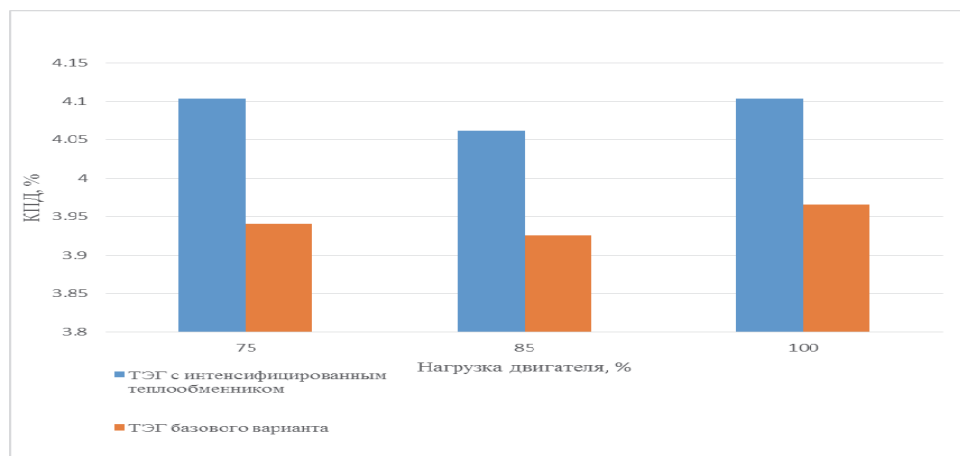


Рис. 4. Сравнение КПД ТЭГ базового варианта и ТЭГ с измененной поверхностью

При работе ТЭГ, установленного после УК, при 100 % нагрузке ГД увеличились расчетные показатели по сравнению с базовой конструкцией в соответствии с рис. 3, 4: КПД на 4,1 %, мощность на 6,1 %, а температура выхлопных газов на выходе из ТЭГ снизилась на 1 %.

Заключение

На основании полученных результатов расчетов можно сделать следующие выводы:

- использование поверхности теплообмена при применении наклонных пластин позволяет повысить эффективность работы ТЭГ;
- при работе ТЭГ, установленного до УК, при 100 % нагрузке ГД увеличились расчетные показатели по сравнению с базовой конструкцией в соответствии с рис. 3, 4: КПД на 4,1 %, мощность на 6,1 %, а температура выхлопных газов на выходе из ТЭГ снизилась на 1 %;
- для преобразования постоянного электрического тока в переменный необходимо предусмотреть установку инвертора с аккумуляторами-накопителями для подключения ТЭГ в электрическую систему судна.

Библиографический список

1. Официальный сайт РМРС, раздел «Регистровая книга судов». Режим доступа: <http://www.rs-head.spb.ru/ru/regbook/>.
2. Simulation and experimental study on thermal optimization of the heat exchanger for automotive exhaust-based thermoelectric generators- C.Q. Su et al. / Case Studies in Thermal Engineering 4 (2014). 85–91.
3. <http://kryotherm.ru>.
4. Термоэлектрические модули и устройства на их основе: справ. пособие. СПб: ИПФ «Криотерм», 2004. 53 с.
5. Виноградов С.В., К.Р. Халыков, Нгуен К.Д. Методика расчета и оценки параметров экспериментального термоэлектрического генератора // Вестн. АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2011. № 1. С. 84–91.
6. Патент №108214 РФ, МПК H01L 35/02. Устройство для утилизации теплоты отработавших газов в судовых энергетических установках /С.В. Виноградов, К.Р. Халыков, К.Д. Нгуен, Е.Г. Корниенко, С.А. Слепухин. Опубл. 10.09.2011 Бюл. № 25.
7. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. М.: Высш. шк., 1975. 496 с.
8. Исаченко В.П. и др. Теплопередача. М.: Энергия, 1975. 488 с.

9. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Атомиздат, 1979. 416 с.

Hoang Trung Huan, S.V. Vinogradov
Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University

DESIGN AND CALCULATION OF A THERMOELECTRIC GENERATOR FOR SHIP POWER PLANTS

The article presents the design of a thermoelectric generator (TEG) for utilizing heat energy of exhaust gases of ship diesel engines. There have been chosen a TEG basic design and a technique for its efficiency raising. Geometric, heat and electric parameters of TEG have been calculated using RSD 49 ship project. . Calculation of heat and electric parameters of TEG with intensive heat exchange on the surface of a hot node was made using sloping plates.

К.Н. Сахно
доктор технических наук, профессор кафедры
«Судостроение и энергетические комплексы морской техники»,
Ч.К. Во
аспирант кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники»,
Т.М. До
аспирант кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники»,
Ж.В. Нго
аспирант кафедры «Судостроение и энергетические комплексы морской техники»,
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ТРАССИРОВКИ СУДОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассмотрено современное состояние вопроса проектирования, изготовления и монтажа судовых трубопроводов. В рамках гипотезы о взаимосвязи конфигурации и компенсационных возможностей проектной трассировки трубопроводов изложена идея использования взаимно параллельных участков с соединениями труб для перемещений трассы трубопровода с целью компенсации погрешностей изготовления труб и монтажа жёстко фиксированных соединений оборудования, изделий насыщения и т.п., обеспечивая собираемость трассы без изменения конфигурации готовых труб. Приведён анализ нескольких вариантов трассировки судовых трубопроводов. Применение результатов исследования на стадии проектирования связано с необходимостью автоматизации процесса проведения анализа трасс на технологичность.

Ключевые слова: трубопроводы, проектирование, изготовление, монтаж.

В настоящее время при трассировке судовых трубопроводов обеспечивается возможность изготовления и монтажа с использованием пригонки забойных труб, требующих для начала их изготовления уточнения размеров по месту. По действующей технологии забойные трубы должны компенсировать погрешности изготовления и монтажа труб, установленных в линии, а также конструкций корпуса, изделий насыщения, механизмов, оборудования. Забойные трубы, в зависимости от класса и назначения судна, составляют 20–40 % общего количества труб. В насыщенных помещениях эта величина составляет более 50 %. В связи с этими обстоятельствами увеличивается трудоёмкость изготовления трубопроводов и сроки монтажных процессов, затягивается процесс постройки судна в целом [1–4].

Предлагаемое решение проблемы связано с необходимостью проведения на стадии проектирования анализа трассировки судовых трубопроводных систем на технологичность и обеспечения возможности изготовления трубопроводов без уточнения размеров отдельных труб по месту. Анализ направлен на определение условий и возможностей компенсации отклонений координатных размеров во взаиморасположении элементов, соединяемых трассами трубопроводов, с учётом погрешностей изготовления труб.

В качестве примера рассмотрим два варианта трассировки трассы трубопровода между жёстко фиксированными объектами (условно: приварыш в точке 1 и патрубков насоса в точке 7) (рис. 1, 2).

Предположим, что в районе участка (3–4) находится препятствие, которое можно обойти сбоку – первый вариант трассировки (рис. 1) или сверху – второй вариант (рис. 2). Оба варианта трассировки имеют одинаковую протяжённость и количество погибов, что делает их идентичными с точки зрения расходов материалов и трудоёмкости. Таким образом, у проектанта в настоящее время нет критериев, дающих преимущества одной из трассировок, и он выберет ее произвольно. Рассмотрим каждую трассу на предмет использова-

ния технологии, не требующей уточнения размеров по месту для осуществления гибки труб и предполагающей возможности исключения пригонки. Для этого в рамках концепции компенсации отклонений [1, 2] определим наличие в трассах параллельных участков. Обе трассы имеют четыре пары параллельных участков. Это пары: (1–2)/(3–4); (1–2)/(6–7); (3–4)/(6–7); (2–3)/(4–5) (см. рис. 1) и пары: (1–2)/(3–4); (1–2)/(6–7); (3–4)/(6–7); (2–3)/(5–6) (см. рис. 2).

Проанализируем трассу на рис. 1. Пары (1–2)/(3–4) и (2–3)/(4–5), путём соответствующих разворотов, позволяют осуществить компенсацию выявившихся в процессе монтажа отклонений в направлении одной и той же оси Z.

Пары (1–2)/(6–7) и (3–4)/(6–7) не позволяют перемещать трассу в направлении одной оси, а перемещают ее одновременно в направлении осей Y и Z. Если использовать любую из этих пар, например (1–2)/(6–7), для компенсации отклонений в направлении оси Y (AY), то примерно на такую же величину увеличатся отклонения в направлении оси Z (AZ). Это искусственно созданное дополнительное отклонение невозможно будет компенсировать с помощью пары (1–2)/(3–4) из-за малого радиуса дуги. Чтобы получить возможность компенсации в направлении оси Y, необходимо участок (3–4) приблизить к участку (6–7) (рис. 3). Такое изменение не увеличит длину трассы и количество погибов. Чем короче останется участок (4–5), тем меньше будут дополнительные отклонения в направлении оси Z при использовании пары (3–4)/(6–7) для компенсации отклонений в направлении оси Y. Кроме этого, увеличится радиус дуги при использовании пары (1–2)/(3–4), а это расширит возможность компенсации в направлении оси Z и позволит компенсировать дополнительно созданное отклонение.

Трасса, изображённая на рис. 2, не требует корректировки и имеет возможность компенсации отклонений во всех трёх направлениях осей координат. Пара участков (1–2)/(3–4) позволяет компенсировать отклонения в направлении оси Y, пара (2–3)/(5–6) – по оси X, незначительно увеличивая отклонения в направлении оси Z, а пара (3–4)/(6–7) – по оси Z, незначительно увеличивая отклонения в направлении оси Y. Пара (1–2)/(6–7), так же, как и на рис. 1, перемещает трассу сразу в двух направлениях – Y и Z и не используется по тем же причинам.

С учётом вышеизложенного можно констатировать, что различные варианты прокладки трассы между одними и теми же объектами при одинаковом количестве погибов и одинаковом количестве пар параллельных участков дают разные возможности компенсации отклонений.

Рассмотрим возможные варианты расстановки соединений на этих трассах.

Первоначальные варианты расстановки соединений в обеих трассах не позволяют использовать выбранные для компенсации отклонений пары параллельных участков (рис. 4). Чтобы обеспечить возможность компенсации, соединения должны находиться на участках, используемых для компенсации.

Так, в трассе 1 (рис. 4, а) отсутствует соединение на участке (3–4). Участок (3–4) является параллельным участкам (1–2) и (6–7). Пара участков (1–2)/(3–4) может быть использована для компенсации отклонений в направлении оси Z, а пара (3–4)/(6–7) – в направлении оси Y (см. рис. 3). Для этого необходимо соединение с участка (2–3) перенести на участок (3–4) (рис. 5). Наличие соединения позволит, путём соответствующих разворотов, компенсировать отклонения в направлении осей Y и Z, а припуск на участке (6–7) – отклонения в направлении оси X. Припуск назначен на участке (6–7), так как предполагается монтаж трассы с соединения в точке 1. Если монтировать трассу с противоположного соединения в точке 7, то припуск должен назначаться на участке (1–2).

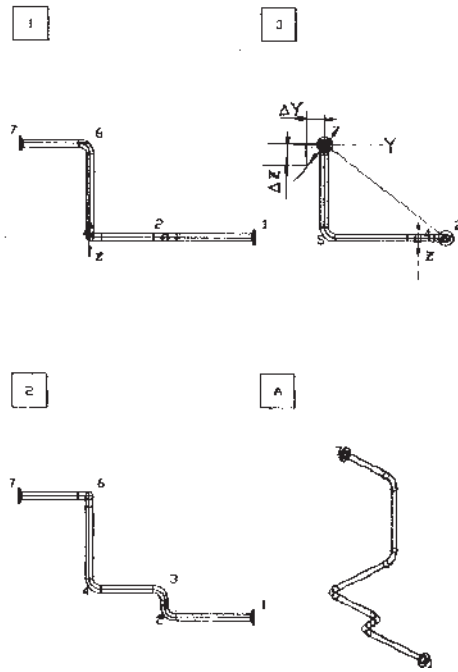
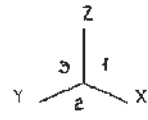


Рис. 1. Первый вариант трассировки

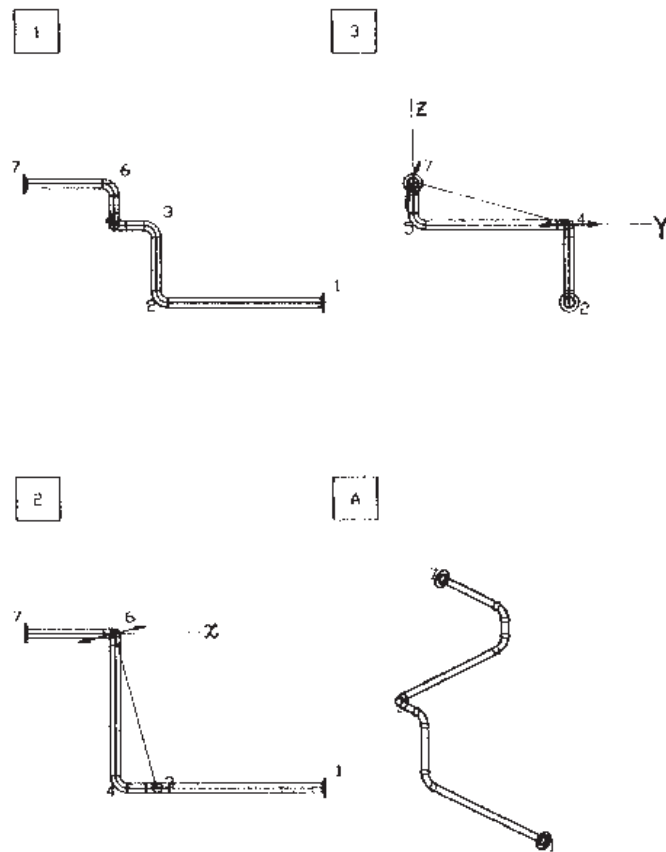


Рис. 2. Второй вариант трассировки

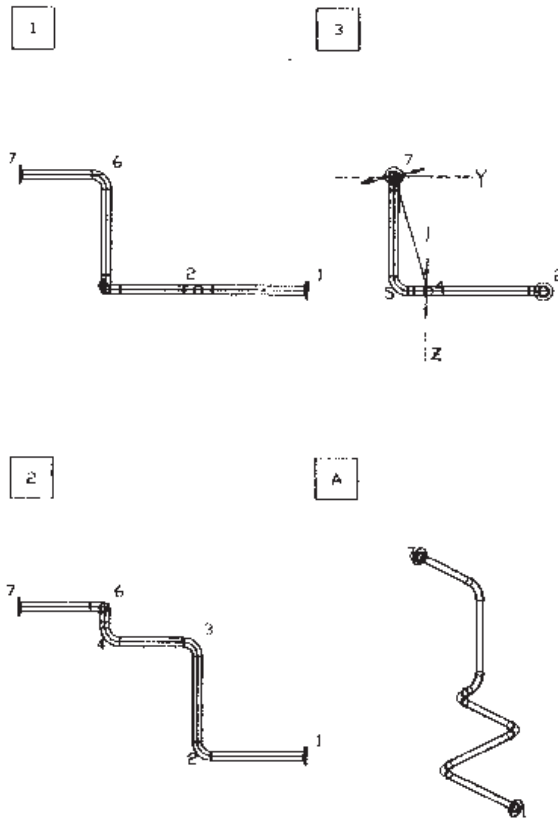


Рис. 3. Первый вариант трассировки, скорректированный



Рис. 4. Первоначальные варианты расстановки соединений: а – в трассе 1; б – в трассе 2

В трассе 2 (см. рис. 4, б), так же, как и в трассе 1 (см. рис. 4, а), отсутствует соединение на участке (3–4). Участок (3–4) является параллельным участкам (1–2) и (6–7). Пара участков (1–2)/(3–4) может быть использована для компенсации отклонений в направлении оси Y , а пара (3–4)/(6–7) – в направлении оси Z (см. рис. 2). Для этого необходимо добавить соединение на участок (3–4); а также, для полной компенсации отклонений без использования припусков, необходимо соединение с участка (4–5) перенести на участок (5–6) (рис. 5). Это позволит компенсировать отклонения в направлении оси X , используя пару участков (2–3)/(5–6), и изготовить все трубы заранее без уточнения размеров по месту и пригонки труб.



Рис. 5. Рекомендуемые варианты расстановки соединений: а – в трассе 1; б – в трассе 2

Таким образом, правильная расстановка соединений позволяет использовать все возможности компенсации отклонений, заложенные в конфигурации трассы.

Результаты исследований доказывают необходимость проведения на стадии проектирования анализа трасс на технологичность. Изменить трассировку, показанную на рис. 1, на трассировку, показанную на рис. 2, или на трассировку, показанную на рис. 3, имеет право только проектант. Корректировка конфигурации трассы влечёт за собой внесение изменений в электронную модель судна, проведение всего комплекса оптимального проектирования, проверку возможных наложений и ограничений. То же и с расстановкой соединений.

Необходимо отметить, что анализ двух вариантов трассировки был осуществлён визуально, вручную. Визуально были определены параллельные участки трасс, вручную наносились направления и величины радиусов окружностей, по дугам которых осуществлялась компенсация отклонений, и визуально определялись направления компенсаций. Направления компенсаций сравнивались с направлениями осей координат и на основании этого выбирались пары параллельных участков, используемых для компенсации отклонений в направлении координатных осей. Если даже автоматизировать выполнение указанных ручных операций, остаётся сложная интерактивная работа на компьютере опытных, специально обученных для выполнения этой работы специалистов. На современном судне трасс, ограниченных жёстко фиксированными соединениями, тысячи, поэтому проведение такого анализа потребует значительного увеличения объёма конструкторских работ. В связи с этим задачей дальнейшего исследования является формирование теоретических основ компенсации и разработка математического аппарата для обеспечения возможности автоматизации процесса проведения анализа трасс на технологичность.

Выводы

1. Различные варианты прокладки трассы между одними и теми же объектами при одинаковом количестве погибов и одинаковом количестве пар параллельных участков дают разные возможности компенсации отклонений.
2. Правильная расстановка соединений позволяет использовать все возможности компенсации отклонений, заложенные в конфигурации трассы.
3. Применение результатов исследования на стадии проектирования связано с необходимостью автоматизации процесса проведения анализа трасс на технологичность.

Библиографический список

1. Сахно К.Н. Научные основы проектирования трасс судовых трубопроводных систем // Судостроение. 2009. № 6. С. 60–63.

2. Сахно К.Н., Сергеев П.Ю., Во Ч.К. Исследование компенсационных возможностей трубопроводных трасс параллельными участками. Построение области компенсации возможных отклонений // Вестн. Астраханского гос. техн. ун-та. Сер. Морская техника и технология. Астрахань, 2014. № 4. С. 21–28.

3. ОСТ 5.95057-90. Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Типовой технологический процесс изготовления и монтажа трубопроводов.

4. РД 5Р.0005-93. Системы судовые и системы судовых энергетических установок. Требования к проектированию, изготовлению и монтажу труб по эскизам и чертежам с координатами трасс трубопроводов.

K.N. Sakhno, T.Q. Vo, T.M. Do, G.V. Ngo
Astrakhan State Technical University

ANALYSIS OF TECHNOLOGY OF TRACING OF SHIP PIPELINES AT THE STAGE OF DESIGN

The current state of the design, manufacture and installation of marine pipelines provide an overview of research in the field of pipeline compensate deviations. According to the hypothesis on the relationship configuration project compensation and opportunities tracing of pipeline set out to using the idea of parallel sections with pipe: to move the pipeline to compensate for errors in the manufacture of pipes and installation of hard-wired, equipment, products and saturation, etc., without providing a collection of tracks reconfiguration finished pipes. Analysis of several options for tracing the ship's pipelines. Application of the research results at the design stage is associated with the need to automate the process of analyzing the routes for manufacturability.

Keywords: pipelines, designing, compensation of deviations.

Г.В. Тараканов, А.Р. Рамазанова, И.В. Савенкова
ФГБОУ ВО «АГТУ», Астрахань, Россия

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРОИЗВОДСТВА СУДОВЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОГО ФЛОТА ИЗ ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Разработка низкзатратной технологии промышленного производства газоконденсатных судовых топлив и их компонентов значительно расширит ресурсы этого вида топлив и соответствует в целом потребностям рыбопромыслового флота России. Исследованы процессы окисления, деасфальтизации обводненными низкомолекулярными спиртами и селективной очистки N-метилпирролидоном высокосернистого газоконденсатного мазута и разработаны рациональные технологические схемы его переработки с целью получения судовых топлив, используемых на рыбопромысловом флоте.

Проблема рационального использования разведанных запасов углеводородного сырья в последние десятилетия стоит достаточно остро. Одним из решений проблемы является углубление переработки тяжелых остатков этого сырья, в частности, нефтяных и газоконденсатных мазутов. В настоящее время объем производства этих мазутов в России почти в два раза превышает производство автомобильных бензинов, при этом значительную часть в общем объеме производства мазутов занимают сернистые и высокосернистые марки, в том числе и полученные из газоконденсатного сырья [1, 2]. Их использование в качестве котельного топлива приводит к увеличению выбросов в атмосферу продуктов сгорания сернистых соединений, что приводит к серьезным экологическим проблемам в регионах.

Более рациональным путём применения мазутов является производство судовых топлив, но при этом возникает проблема наличия в них значительного количества сернистых, металлоорганических и других нежелательных соединений, приводящих к ухудшению эксплуатационных характеристик этих топлив и являющихся основными причинами загрязнения окружающей среды [3].

Астраханская область является регионом с наличием значительного рыбопромыслового флота с достаточно высоким уровнем потребления топлива. В то же время в области имеется мощное промышленное предприятие по переработке природного газа и газового конденсата – ООО «Газпром добыча Астрахань». Одним из нефтепродуктов, получаемых на этом предприятии, является прямогонный высокосернистый газоконденсатный мазут, который в настоящее время производится в объёме до 380–400 тыс. т в год и реализуется только лишь как низкоквалифицированный продукт в виде котельного топлива марки М100. Набором соответствующих технологических процессов возможно производство из этого мазута более квалифицированных нефтепродуктов, в частности, судовых топлив и их компонентов, отвечающих требованиям, в частности, ГОСТ 32510-2013, и имеющих из-за приведенной выше причины достаточно высокий спрос в Астраханской области, особенно, если их цена оказывается ниже цены обычных дизельных топлив для быстроходных дизелей.

Таким образом, разработка технологии промышленного производства газоконденсатных судовых топлив и (или) их компонентов значительно расширит ресурсы этого вида топлив и соответствует в целом потребностям рыбопромыслового флота России.

Как показали проведенные исследования показателей качества прямогонного высокосернистого мазута астраханского газового конденсата (с содержанием общей серы до 3,0 % масс.) и его узких фракций, результаты которых приведены в табл. 1–3, по ряду показателей к судовым топливам (содержание общей серы, плотность, температура застывания) эти нефтепродукты не соответствуют стандарту на судовые топлива по ГОСТ 32510-2013. Поэтому для обеспечения требуемых показателей качества судовых топлив необходимо облагораживание этого мазута и (или) его узких фракций.

В настоящее время для этой цели широко используются традиционные дорогостоящие и сложные каталитические технологии переработки тяжелых остатков в среде водорода, однако возникает ряд проблем, вызванных высоким содержанием трудноудаляемых соединений серы, повышенным содержанием асфальто-смолистых веществ и наличием других нежелательных примесей в этом сырье, а именно: увеличение коксообразования на катализаторах, их отравление и снижение активности, а также относительно небольшой выход целевого продукта (40–55 % масс. на исходное сырье).

Таблица 1

Характеристики астраханского газоконденсатного мазута

| Наименование показателей | Показатели |
|---|------------|
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ | 929 |
| Кинематическая вязкость при 50 °С, мм ² /с | 16,31 |
| Массовая доля общей серы, % | 2,2 |
| Температура текучести, °С | 36 |
| Температура вспышки в закрытом тигле, °С | 122 |
| Содержание воды, % об. | отс. |
| Зольность, % | 0,014 |
| Коксуемость (по Конрадсону), % | 0,88 |

Таблица 2

Характеристики фракции 350–420 °С

| Наименование показателей | Показатели |
|--|------------|
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ | 920,6 |
| Массовая доля общей серы, % | 1,74 |
| Температура застывания, °С | 19 |
| Коксуемость (по Конрадсону), % | 0,32 |

Таблица 3

Характеристики фракции 420 °С-к.к.

| Наименование показателей | Показатели |
|--|------------|
| Плотность при 20 °С, кг/м ³ | 955,9 |
| Температура застывания, °С | 42 |
| Массовая доля общей серы, % | 3,4 |
| Коксуемость (по Конрадсону), % | 3,1 |

Поэтому задача по поиску альтернативных технологий переработки и облагораживания высокосернистых газоконденсатных остатков является весьма актуальной. В настоящее время одним из таких наиболее востребованных процессов является процесс экстракционного облагораживания, повышению эффективности которого способствует интенсификация основной стадии этого процесса – экстракции целевых компонентов из сырья и внедрение других низкочастотных технологических решений.

Нами предложено предварительно окисленный астраханский газоконденсатный мазут (предварительно перед окислением из него выделяют дизельные фракции, выкипающие

ниже 350 °С и являющиеся ценными компонентами дизельных топлив для быстроходных дизелей) подвергать деасфальтизации селективным растворителем – обводненным изобутиловым спиртом с содержанием воды 5–8 % об. Наличие воды в изобутиловом спирте обусловлено необходимостью снижения его растворяющей способности и повышения тем самым качества деасфальтизата.

Для окисления мазута использовалась перекись водорода в присутствии в качестве катализатора муравьиной кислоты концентрацией 80 % масс. Процесс окисления проводился при постоянной температуре (80 °С) и при постоянном перемешивании в течение 60 мин. Соотношение сырье : окислитель варьировалось от 5 : 1 до 20 : 1. По окончании перемешивания углеводородный слой (оксидант) отделялся от водной фазы и направлялся на стадию деасфальтизации.

Как показали результаты исследования (табл. 4), использование только процесса деасфальтизации без предварительного окисления мазута нецелесообразно с точки зрения снижения содержания общей серы, так как происходит перераспределение сероорганических соединений между деасфальтизатом и асфальтом. В результате получаемый деасфальтизат не удовлетворяет требованиям технического регламента и стандарта на судовые топлива по содержанию общей серы. Процесс деасфальтизации мазута без его предварительного окисления позволяет только снизить коксуемость (косвенный показатель содержания асфальто-смолистых соединений) деасфальтизата. Применение каталитического окисления позволяет снизить содержание общей серы на 47 % при соотношении сырье : окислитель – 5 : 1.

Дополнительно был исследован процесс экстракции (селективной очистки) деасфальтизата мазута N-метилпирролидоном при соотношениях сырья и растворителя, равных 1,0 : 1,4 и 1,0 : 1,7. При проведении этих исследований мазут первоначально подвергался процессу деасфальтизации обводненным изобутиловым спиртом с целью удаления из него асфальто-смолистых соединений. Далее после регенерации растворителя полученный деасфальтизат с целью дополнительного извлечения сернистых соединений подвергался селективной очистке N-метилпирролидоном (с добавлением в него 5 % об. воды для снижения растворяющей способности) при параметрах, приведенных в [4].

По результатам проведенных исследований установлено, что содержание общей серы снижается в рафинате селективной очистки (целевом продукте – компоненте товарных судовых топлив) на 57 %.

Аналогичным образом были исследованы в лабораторных условиях процессы окисления, деасфальтизации и селективной очистки фракции 350-420 °С, выделенной из мазута астраханского газового конденсата.

На основании проведенных исследований разработаны варианты переработки прямогонного мазута, полученного из астраханского газового конденсата, которые представлены на рис. 1–3.

Первый вариант (рис. 1) предусматривает вакуумную перегонку газоконденсатного мазута с целью получения остатка, кипящего выше 350 °С, и легкой фракции нк-350 °С – компонента дизельного топлива для быстроходных дизелей. Затем остаток, выкипающий выше 350 °С, подвергают каталитическому окислению пероксидом водорода в присутствии муравьиной кислоты, и после окисления проводят его деасфальтизацию изобутиловым спиртом. В итоге получают деасфальтизат, используемый в качестве компонента судового топлива, и асфальт – компонент для производства дорожных битумов.

Второй вариант (рис. 2) предусматривает также вакуумную перегонку газоконденсатного мазута с получением остатка, кипящего выше 350 °С, и легкой фракции нк-350 °С и деасфальтизацию остатка. Затем деасфальтизат подвергают селективной очистке N-метилпирролидоном от полициклических ароматических углеводородов и гетероогранических соединений. В результате этих операций получается целевой продукт – рафинат, который также по своим показателям качества можно использовать в качестве компонента судового топлива.

**Экспериментальные показатели качества сырья и продуктов процессов
облагораживания ***

| Наименование | Массовое содержание общей серы, % | Коксуемость, % масс. | Выход целевого продукта (деасфальтизата), % масс. |
|--|-----------------------------------|----------------------|---|
| Астраханский газоконденсатный мазут | 3,4 | 1,3 | – |
| Экстракция без предварительного окисления (5 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 4) | 2,34/2,46 | 0,8/1,2 | 61,2 |
| Экстракция без предварительного окисления (5 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель» – 1 : 6) | – | 1,0 / – | 85,0 |
| Экстракция без предварительного окисления (8 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 4) | – | 1,0 / – | 62,7 |
| Экстракция без предварительного окисления (8 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 6) | 2,34/3,00 | 0,7/1,3 | 71,3 |
| Экстракция с предварительным окислением (соотношение окислитель : сырье – 1 : 5, 5 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 6) | 0,90/2,24 | 0,9/1,1 | 84,7 |
| Экстракция с предварительным окислением (соотношение окислитель : сырье – 1 : 5, 8 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 6) | 0,42/1,80 | 0,8/1,4 | 69,8 |
| Экстракция с предварительным окислением (соотношение окислитель : сырье – 1 : 20, 5 % об. воды в растворителе, соотношение сырье : растворитель – 1 : 4) | 2,40/2,50 | – | – |

* В числителе приведены значения показателей содержания общей серы и коксуемости для целевого продукта (деасфальтизата), в знаменателе – для асфальта.



Рис. 1. Вариант № 1 переработки астраханского газоконденсатного мазута



Рис. 2. Вариант № 2 переработки астраханского газоконденсатного мазута

По третьему варианту (рис. 3) предусматривается вакуумная перегонка мазута с получением фракций нк-350 °С, 350–420 °С и остатка, кипящего выше 350 °С. Высококипящий остаток направляют на деасфальтизацию изобутиловым спиртом с целью получения деасфальтизата – компонента судового топлива, а фракция 350–420 °С используется в качестве сырья процесса селективной очистки с целью получения очищенного продукта – рафината, который также можно использовать как компонент судового топлива.



Рис. 3. Вариант № 3 переработки астраханского газоконденсатного мазута

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны основные принципы низкочастотной технологии получения судовых топлив и их компонентов из сернистого газоконденсатного мазута комбинированными методами окисления и экстракции (деасфальтизации и селективной очистки). По показателям качества полученные целевые продукты соответствует дистиллятным судовым топливам по ГОСТ 32510-2013, которые могут применяться на рыбопромысловом флоте.

Библиографический список

1. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Энергетические бюллетени. «Долгосрочные прогнозы в условиях неустойчивости» [Электронные ресурсы] <http://ac.gov.ru/pudlicftions/bulletin/>
2. Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. Энергетические бюллетени. «Метаморфозы на рынках нефтепродуктов» [Электронные ресурсы] <http://ac.gov.ru/pudlicftions/bulletin/>
3. Тараканов Г.В. Современные моторные топлива. Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. 164 с.

4. Кварцова К.Б., Кривцов Е.Б., Головка А.К. Удаление сернистых соединений из дизельной фракции комбинацией окисления и экстракции // Изв. Томского политехн. ун-та. 2011. Т. 319, № 3.

G.V. Tarakanov, A.R. Ramazanova, I.V. Savenkova
Astrakhan state technical University, Astrakhan, Russia

THE BASIC TECHNOLOGIC PRINCIPLES FOR PRODUCTION OF MARINE FUEL FROM GAS CONDENSATE FOR FISHING FLEET

The development of low-cost technologies of industrial production of gas condensate marine fuels and their components will significantly expand the resources of this kind of fuels, and meets the overall needs of the fishing fleet. The investigated oxidation processes, deasphalting flooded low molecular weight alcohols and selective purification of N-methylpyrrolidone of sour gas condensate oil and developed of rational technological schemes of processing with the aim of obtaining marine fuel used on the fishing fleet.

С.В. Чехранов
ФГБОУ ВО «Дальрыбвтуз», Владивосток, Россия

ТЕНДЕНЦИИ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ ОТ ПАРЦИАЛЬНОСТИ В МАЛОРАСХОДНЫХ ТУРБИНАХ

Описаны конструкции и представлены результаты экспериментальных исследований малорасходных турбин. Определено влияние режимных и геометрических параметров на КПД турбин при различных величинах степени парциальности. Показано направление дальнейшего совершенствования малорасходных турбин.

Введение

Одной из особенностей малорасходных турбин (МРТ) являются повышенные относительные зазоры в проточной части, что увеличивает относительную потерю от утечек рабочего тела. Такие турбины желательно выполнять активными для уменьшения потерь давления в зазорах. Кроме того, полный выпуск в МРТ определяет малую высоту рабочих лопаток, поэтому чаще всего такие турбины выполняются парциальными. Следует отметить, что из-за парциальности МРТ приходится выполнять активными, где практически весь теплоперепад срабатывается в соплах. А это в свою очередь определяет повышенные скорости истечения рабочего тела, и при проектировании турбины на работу при $(u/C_0)_{opt}$ приходится увеличивать частоту вращения ротора. Для большинства механизмов, приводимых турбиной, требуется более низкая частота вращения, поэтому широкое применение находят турбины со ступенями скорости. Другим способом уменьшения окружных скоростей является использование биротативных турбин. Однако все вышеперечисленные типы МРТ могут решить задачу повышения эффективности турбопривода в целом только при условии оптимизации основных геометрических и режимных параметров этих турбин.

Как известно, основной трудностью при расчете парциальных турбин является отсутствие достаточно точных аналитических зависимостей, описывающих влияние различных геометрических и режимных факторов на КПД ступени. Это объясняется сложностью газодинамических процессов, обусловленных наличием парциальности. Поэтому основным источником информации по таким турбинам является эксперимент, где главное внимание уделяется оценке влияния на эффективность ступеней потерь, связанных с малоразмерностью и парциальностью. В этой связи следует отметить, что одной из важных задач в области совершенствования МРТ является предвидение тенденции развития турбин, что позволит более точно определять области применения различных конструкций.

Анализ конструкций МРТ и результатов их исследований

В настоящее время существует немало работ, посвященных исследованию малорасходных турбин. Из анализа исследований одноступенчатых МРТ [2, 4, 7, 8] можно отметить, что при парциальности $\varepsilon \leq 0,2$ резко возрастают потери от неполноты выпуска, а ограниченность расхода не позволяет увеличить размеры проточной части. Сложность физических процессов в парциальной ступени приводит к расхождению не только расчетных и экспериментальных зависимостей, но и экспериментальных данных различных авторов. Совершенно четко просматривается тенденция к стремлению снизить потери от парциальности как методами аэродинамического совершенствования проточных частей, так и конструктивными мероприятиями.

Эффективным способом повышения КПД активных ступеней за счет использования выходной скорости является применение двухвенечной ступени скорости [6]. Преимуществом такой ступени также является то, что оптимум КПД достигается при меньших значениях u/C_0 .

Современные малорасходные турбины имеют мощность 15...750, реже 1500...3000 кВт и обычно работают при высоких начальных параметрах рабочего тела. Необходимость обеспечения минимальных массогабаритных показателей при достаточно большой мощности приводит к применению одноступенчатой конструкции, большим перепадам энтальпий на ступень и рабочим значениям u/C_0 ниже оптимальных.

Специфические требования, предъявляемые к малорасходным турбинам, и параметры этих турбин обуславливают ряд факторов, приводящих к их пониженной эффективности:

1. Малые объемные расходы рабочего тела через турбину, приводящие к необходимости введения парциального подвода, малым высотам проточной части.

2. Малые значения u/C_0 . Рост окружной скорости ограничивается прочностью РК, уменьшением высот лопаток при увеличении диаметра ступени, а также ограничением показателей надежности по частоте вращения ротора.

3. Высокие (в основном сверхзвуковые) скорости в проточной части как соплового аппарата (СА), так и рабочего колеса (РК) при больших степенях расширения.

4. Вследствие малых размеров лопаточных аппаратов повышенное влияние на эффективность турбины оказывают технологические отклонения и погрешности изготовления ступени. У турбин малых размеров снижению КПД способствуют пониженные числа Re , повышенные относительные толщины входной и выходной кромок, большая относительная шероховатость. Возникают технологические трудности в профилировании и изготовлении лопаток СА и РК малых размеров, увеличивается технологическая погрешность в изготовлении. Значительное неблагоприятное влияние на потери в ступени оказывают конструктивно-производственные отклонения (уступы, щели и т.д.).

5. Относительно большие величины радиальных зазоров.

6. Относительно большие величины потерь на трение диска и на вентиляцию при применении парциального подвода.

7. Малый диаметр СА и РК, который приводит к значительной кривизне кольцевых ограничивающих поверхностей лопаточных аппаратов, что приводит к дополнительным потерям.

Из анализа причин, вызывающих пониженный КПД малорасходных турбин, и из обзора материалов, посвященных исследованию МРТ этого типа, можно выделить ряд основных направлений по совершенствованию малорасходных турбин:

- совершенствование и разработка принципиально новых конструкций, МРТ их элементов и методов их рациональной компоновки;
- совершенствование аэродинамики элементов проточной части турбин на основе глубокого изучения аэродинамических процессов;
- оптимизация основных конструктивных и режимных параметров малорасходных турбин;
- сравнительное исследование различных типов МРТ, определение целесообразных областей их использования.

Многорежимность приводных механизмов, их разнотипность и многообразие конструктивного исполнения (рис. 1), разнообразие источников рабочего тела для МРТ представляют многообразие конструктивных типов турбинных ступеней и их режимных параметров.

Наибольшую экономичность имеет одновенечная ступень, спроектированная на оптимальные параметры. Однако при больших перепадах энтальпий, применении рабочих тел с высоким энергосодержанием достижение окружной скорости, соответствующей $(u/C_0)_{opt}$, ограничено прочностью РК.

Широкое распространение получили МРТ конструкции ЛПИ [5, 9, 10] (рис. 2). В этих турбинах необходимый объемный расход через ступень обеспечивается в соответствии с уравнением $F_1 = G_1/\rho_1 C_1 = \pi D_{1cp} l_1 \sin \alpha_1$ за счет полного подвода рабочего тела к РК ($\varepsilon \approx 1$). Такое решение исключает потери от парциальности, которые могут достигать высоких значений в рассматриваемом интервале режимов, и требует применения рабочих колес с

большим относительным шагом рабочих лопаток ($t/b = 1,2 \dots 15$). Суммарная площадь межлопаточных каналов выбирается из условия неразрывности течения и, как правило, требует малых углов выхода потока из СА для обеспечения минимально допустимой высоты проточной части.

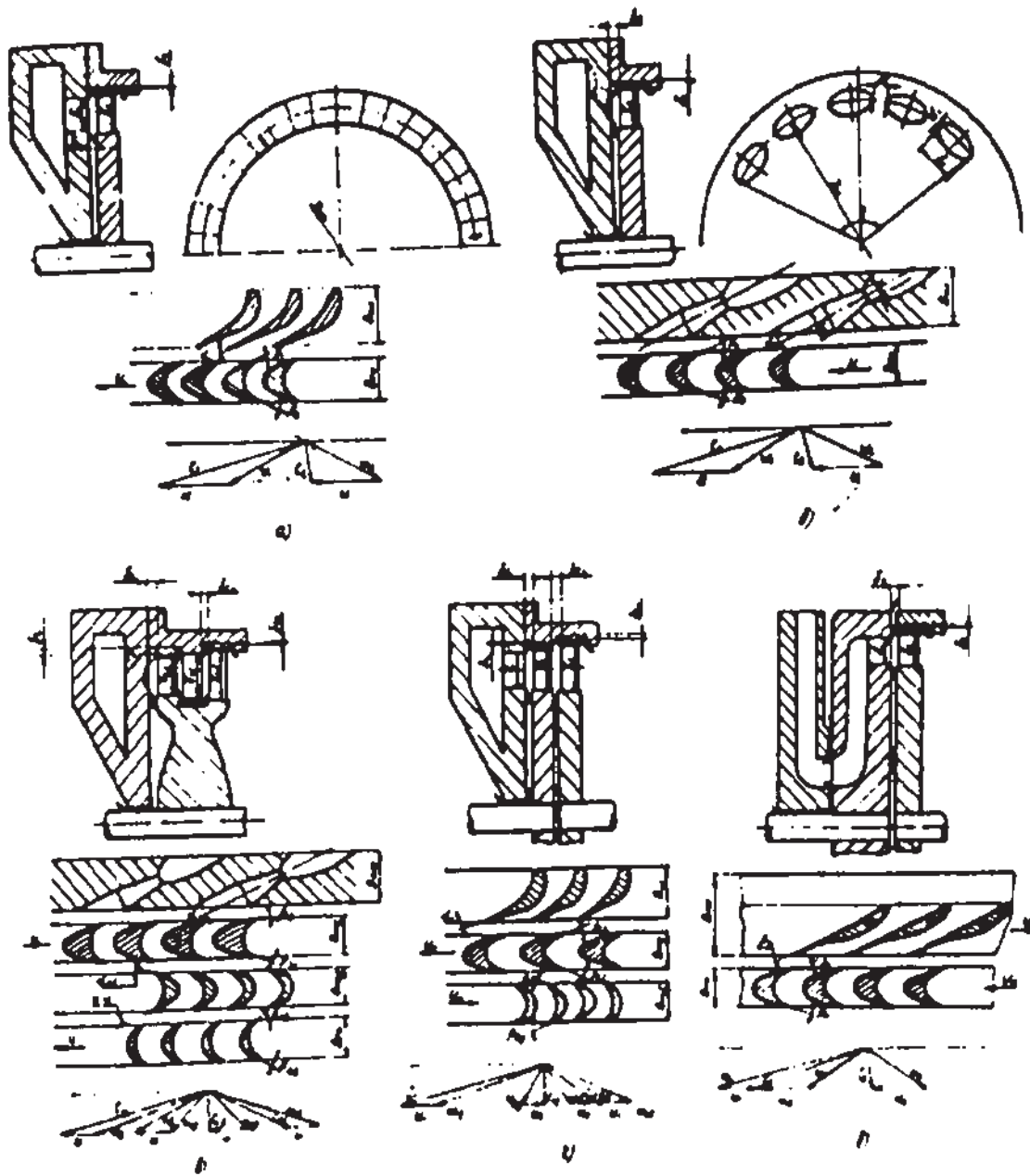


Рис. 1. Конструктивные схемы МРТ: а – одновенечная МРТ с плоскими соплами; б – одновенечная МРТ с круглыми осесимметричными соплами; в – двухвенечная МРТ с круглыми осесимметричными соплами; г – биротативная МРТ с неподвижным ВСА; д – биротативная МРТ с вращающимся сопловым аппаратом (ВСА)

Рассматриваемые РК с большим относительным шагом имеют большие углы поворота ($\Theta = 150 \dots 170^\circ$) и имеют несколько повышенные профильные потери. Однако исследования, проведенные в ЛПИ, показывают, что снижение КПД от некоторого увеличения профильных потерь происходит в меньшей степени, чем от парциальности (при $\varepsilon < 0,3$). Этот принцип может быть реализован как в осевых, так и в радиальных турбинных ступенях.

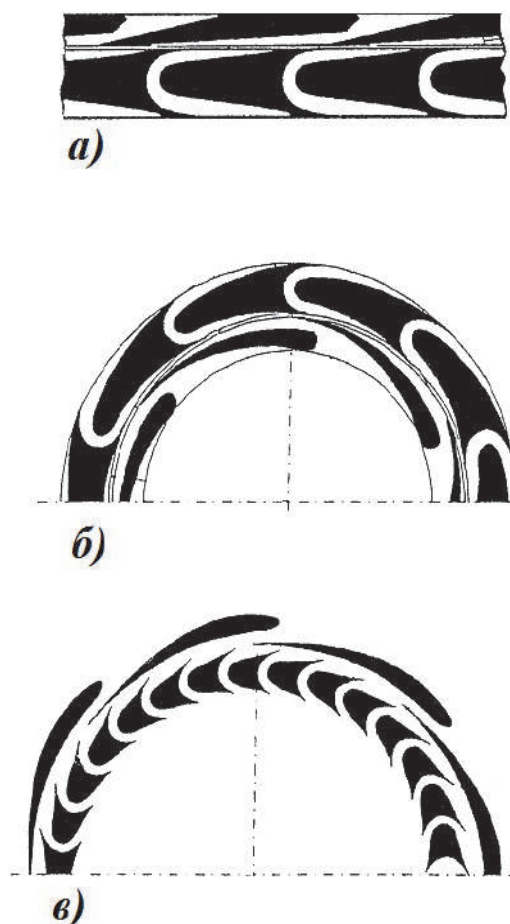


Рис. 2. Схемы турбин ЛПИ с большим относительным шагом: а – осевые; б – центробежные; в – центростремительные

Промежуточное положение по величине $(u/C_0)_{opt}$ занимает одновенечная ступень с повторным подводом рабочего тела. Конструктивно такая ступень может быть выполнена со ступенями скорости или ступенями давления [7].

Одновенечный легкий диск позволяет повысить окружную скорость и $(u/C_0)_{раб}$ и уменьшить выходную потерю. Однако возрастают краевые потери, потери от утечки и появляются потери в поворотной (перепускной) камере. Опытные данные свидетельствуют о возможности получения высокого КПД такой конструкции.

Многokратным подводом рабочего тела к одному и тому же рабочему колесу можно увеличить количество ступеней до трех. Дальнейшее увеличение количества подводов затруднено не только конструктивными соображениями, но и невозможностью выдержать необходимые углы входа потока на рабочие лопатки. Тем не менее такие турбины представляют определенный интерес в свете уменьшения потерь от парциальности и выяснения границ применимости различных классов МРТ.

Оценкой их эффективности занимались исследователи США, Германии, России. Из отечественных работ можно отметить работы МЭИ, МАИ, ЛКИ, ЛПИ и НКИ. Как показывает анализ этих работ, в осевых МРТ используются три основные схемы повторного подвода, показанные на рис. 3.

Есть еще один способ повышения КПД парциальных турбин, разработанный в Дальрыбвтузе [1]. На рис. 4 показана схема проточной части реактивной парциальной турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса.

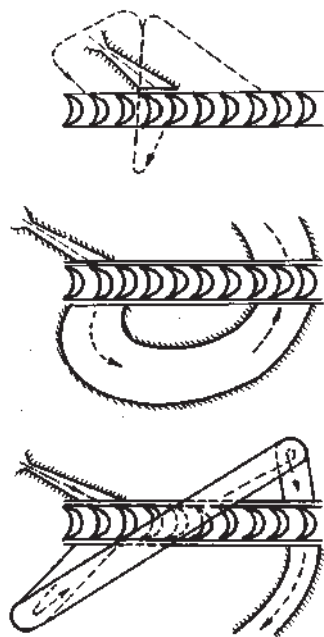


Рис. 3. Схемы ступеней с повторным подводом рабочего тела

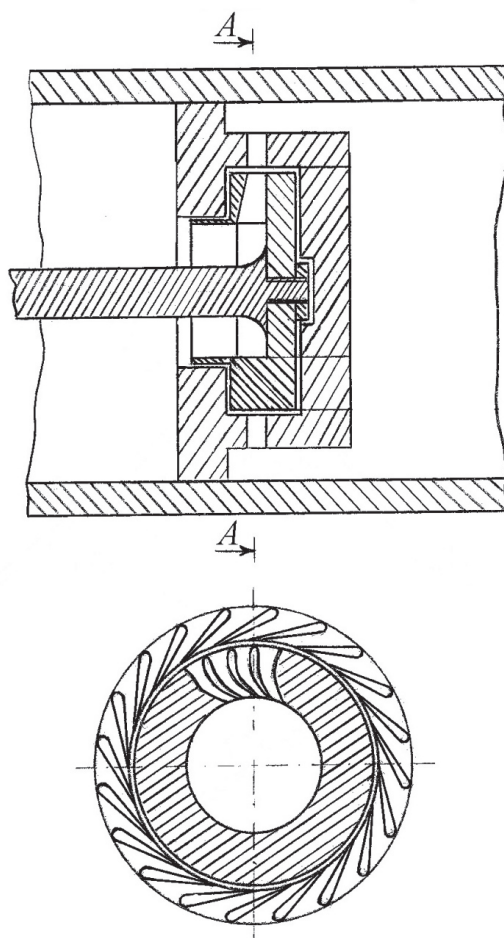


Рис. 4. Схема радиальной турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса

Как видно из рис. 4, СА работает в условиях, отличающихся от условий работы СА обычной парциальной ступени. Это отличие заключается в том, что крайние сопла частично перекрываются вплоть до полного закрытия и постепенного открытия необлопаченной частью РК. Сопла, которые полностью открыты и располагаются против активной дуги РК, работают в обычном режиме радиальной ступени. Очевидно, что потери в СА в значительной степени будут определяться потерями в крайних соплах. Однако здесь необходимо обратить внимание на характерную особенность, которая присуща МРТ с гораздо большими, чем у больших турбин относительными зазорами. В МРТ межвенцевые зазоры соизмеримы с размерами горла сопла, а это значит, что рассматривать крайние сопла как каналы с условной клинкетной задвижкой, роль которой выполняет необлопаченная часть диска РК, неправомерно во избежание получения ошибочных выводов при определении потерь в СА и всей ступени.

В настоящее время выведены критериальные комплексы, позволяющие по заданным условиям проектирования выбирать наилучшие сочетания геометрических параметров парциальных турбин. Кроме того, поскольку в такие комплексы входят только относительные геометрические параметры, то считается, что комплексы позволяют объективно сравнивать эффективность различных турбин. Удобство пользования критериальными комплексами хорошо оценено, и они успешно применяются при проектировании МРТ [3, 11].

Таких комплексов три: параметр производительности A ; комплексная мощность $\bar{N}_{\text{компл}}$ и комплексный расход $\bar{G}_{\text{компл}}$.

Параметр комплексной мощности записывается в виде

$$\bar{N}_{\text{компл}} = \frac{N_T}{P_0^* \sqrt{T_0^*}} \cdot \left(\frac{n}{\sqrt{T_0^*}} \right)^2,$$

где N_T – внутренняя мощность турбины, кВт; n – частота вращения, мин⁻¹; P_0^* – начальное давление, Па.

Параметры $\bar{N}_{\text{компл}}$ и $\bar{G}_{\text{компл}}$ удобны тем, что в них входят только те величины, которые обычно задаются при проектировании.

С помощью этих параметров можно достаточно надежно определить сравнительную эффективность турбин различных конструкций. С этой целью автором была построена зависимость эффективности различных МРТ по критерию комплексной мощности (рис. 5).

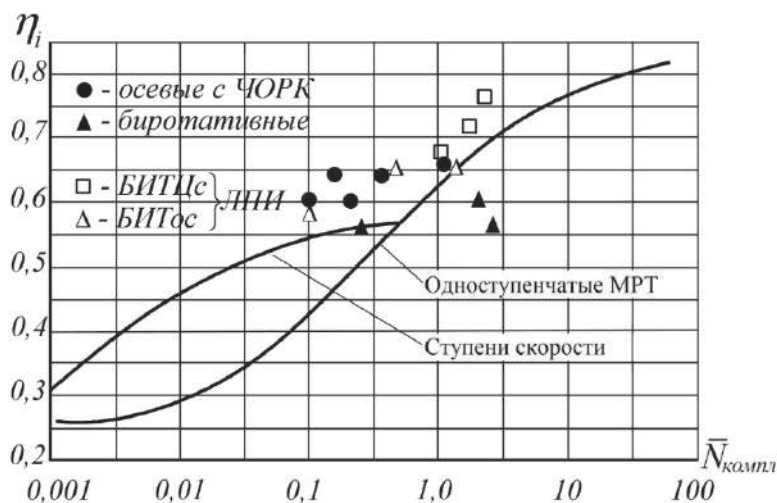


Рис. 5. Оценка эффективности различных МРТ по критерию комплексной мощности: БИТЦс – биротативные турбины центростремительные; БИТОс – биротативные турбины осевые; ЧОРК – турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса

Из графика видно, что в зоне $\bar{N}_{компл} = 1$ турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса (ЧОРК) могут быть сравнимы по эффективности с биротативными турбинами ЛПИ, но по массогабаритным показателям им уступают. При $\bar{N}_{компл} > 1$ турбины ЛПИ в любом случае более эффективны. Но в зоне $\bar{N}_{компл} < 1$ турбины с частичным облопачиванием РК эффективнее всех других конструкций. При этом выигрыш в КПД составляет $4 \div 6 \%$ по сравнению с турбинами ЛПИ и $6 \div 8 \%$ – по сравнению со ступенями скорости.

Выводы

С учетом приведенного анализа можно утверждать, что турбины с частичным облопачиванием рабочего колеса эффективны и конкурентоспособны в зоне $\bar{N}_{компл} < 1$. При этом следует отметить, что и ЧОРК, и турбины ЛПИ относятся к так называемым турбинам безвентиляционного типа, что обеспечивает им высокую конкурентоспособность по сравнению с турбинами традиционных конструкций. Можно предположить, что по мере совершенствования уплотнительных технологий будет возрастать востребованность МРТ с ЧОРК.

Библиографический список

1. А.с. 1257243 СССР. Центростремительная турбина /Дальрыбвтуз; Авт. изобрет. С.В. Чехранов. Оpubл. в Б.И., 1986. № 34.
2. Быков Н.Н. Емин О.Н. Выбор параметров и расчет маломощных турбин для привода агрегатов. М.: Машиностроение, 1972. 228 с.
3. Григорьев В.А., Калабухов Д.С., Радько В.М., Мусаткин Н.Ф. Анализ состояния проблемы повышения эффективности турбоприводов сверхмалой мощности и пути ее решения // Авиационно-космическая техника и технология. 2010. № 7 (74). С.168–172.
4. Емин О.Н., Зарицкий С.П., Емин О.Н. Воздушные и газовые турбины с одиночными соплами. М.: Машиностроение, 1975. 216 с.
5. История создания и совершенствования малорасходных турбин / Н.А. Забелин, Г.Л. Раков, А.А. Себелев, М.В. Смирнов, Н.И. Куклина // Междунар. науч.-исслед. журн. 2014. № 5 (24) Ч. I. С. 106–113.
6. Кириллов И.И. Теория турбомашин. Л.: Машиностроение, 1972. 536 с.
7. Левенберг В.Д. Судовые турбоприводы: справ. Л.: Судостроение, 1983. 328 с.
8. Наталевич А.С. Воздушные микротурбины. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1979. 192 с.
9. Рассохин В.А. Турбины конструкции ЛПИ: Преимущества, характеристики, опыт разработки и применение // Тр. СПбГПУ. 2004. № 491. С. 152–161.
10. Рассохин В.А. Выбор параметров малорасходных турбин. СПб: СПбГТУ, 1997. 95 с.
11. Чехранов С.В. Особенности применения критериальных комплексов для выбора параметров малорасходных турбин // Изв. вузов. Авиационная техника. Казань: КГТУ (КАИ), 2002. № 1. С. 73–75.

S.V. Chekhranov
Dalrybvtuz, Vladivostok, Russia

TENDENCIES OF DECREASE IN LOSSES OF ENERGY FROM PARTIAL DEGREE IN LOW-ACCOUNT TURBINES

The setting design and the results of experimental studies of low account turbines. The effect of operating and geometric parameters on efficiency of turbines at various degrees of admission has been calculated. The direction of further improvement of low account turbines.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|-----|
| Секция 1. РАЦИОНАЛЬНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ БИОРЕСУРСОВ МИРОВОГО ОКЕАНА | 3 |
| <i>Бойко А.А., Дубровин С.Ю.</i> Некоторые возможности применения биологических активных веществ пептидной природы из ската звездчатого (<i>Raja radiata</i>) | 3 |
| <i>Галяутдинова Е.Р., Гальперина А.Р.</i> Микробиологическая оценка сома европейского (<i>Silurus glanis</i> L., 1758) как одного из объектов промысла Астраханской области | 7 |
| <i>Геворгян Т.А., Масленников С.И.</i> Исследования влияния состава корма на выживание личинок камчатского краба <i>Paralithodes camtschaticus</i> при выращивании в контролируемых условиях | 12 |
| <i>Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А.</i> Использование аттрактивных веществ в кормлении осетровых рыб | 16 |
| <i>Еловская О.А., Федорец Ю.В., Васильева Л.Е.</i> Состояние пелагической и донной фауны Сахалинского залива | 23 |
| <i>Жилин А.Ю., Плотыцина Н.Ф., Зимовейскова Т.А.</i> Содержание стойких органических загрязнителей (СОЗ) в промысловых рыбах Баренцева моря в 2017 г. | 27 |
| <i>Ивановская А.В., Богатырева Е.В.</i> Обеспечение требуемых критериев риска флота рыбной промышленности за счет повышения надежности работы рыбопромыслового оборудования | 35 |
| <i>Казаченко В.Н., Шахова Я.А.</i> Паразитические копеподы (Crustacea: Copepoda) рыб семейства Molidae (Tetraodontiformes) | 42 |
| <i>Лебедев Е.Б.</i> Мониторинговые исследования сообществ макробентоса на западном участке Дальневосточного морского заповедника | 48 |
| <i>Лисиенко С.В., Осипов Е.В., Бойцов А.Н., Габрюк В.И.</i> Повышение эффективности организации тралового промысла судами БМРТ типа «Сотрудничество» | 56 |
| <i>Малых К.М., Демченко Д.В., Кондрашенков Е.Л., Коваленко М.Н.</i> Опыт использования гидроакустических комплексов в качестве средств учета производителей тихоокеанских лососей во внутренних водоемах Камчатского края | 61 |
| <i>Недоступ А.А., Ражев А.О.</i> Численное моделирование подъемного тралового щитка | 68 |
| <i>Недоступ А.А., Ражев А.О.</i> Численное моделирование динамики траловых систем | 75 |
| <i>Соколова Е.В.</i> Постановка задачи экспериментального исследования моделей закидного невода в гидроканале ОАО «МариНПО» | 81 |
| <i>Tkachenko Halyna, Grudniewska Joanna.</i> Tissue-dependent aminotransferases activity in grayling (<i>Thymallus thymallus</i> Linck) after chloramine-t disinfection | 86 |
| <i>Tkachenko Halyna, Grudniewska Joanna, Pękala-Safińska Agnieszka.</i> Total antioxidant capacity in the cardiac tissue of rainbow trout <i>Oncorhynchus mykiss</i> immunized against <i>Yersinia ruckeri</i> | 93 |
| <i>Tkachenko Halyna, Buyun Lyudmyla, Terech-Majewska Elżbieta, Kasiyan Olha, Osadowski Zbigniew.</i> The antimicrobial efficacy of the ethanolic leaf extract of <i>Ficus benghalensis</i> L. (Moraceae) against <i>Aeromonas hydrophila</i> isolated locally from rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum) | 99 |
| <i>Федорова Н.Н., Беляков А.А., Грушко М.П.</i> Формирование жизненно важных органов шемаи в конце предличиночного периода | 106 |

| | |
|---|-----|
| <i>Шевченко О.Г., Пономарева А.А.</i> Видовое разнообразие и динамика плотности потенциально токсичных видов микроводорослей в районе содержания морских млекопитающих..... | 110 |
| <i>Шелехов В.А., Енур И.В.</i> Особенности вертикального распределения пелагических икры и личинок различных видов рыб по анализу уловов вертикальных и горизонтальных тралений ИКС-80..... | 117 |
| <i>Шелехов В.А., Енур И.В.</i> Смена доминирующих видов рыб в летнем ихтиопланктоне Татарского пролива Японского моря в 2017 году..... | 124 |
| <i>Яблонский Ф.М., Охоткина В.Э.</i> Содержание и кормление морских млекопитающих в Приморском океанариуме..... | 131 |
| <i>Яковенко М.Л.</i> Мотивация выбора профессии в морской и рыбохозяйственной отраслях на этапе поступления в вуз (социологический аспект)..... | 136 |
| Секция 2. ПРОИЗВОДСТВО РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ: ПРОБЛЕМЫ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ | 141 |
| <i>Артюхов И.Л.</i> Применение мембранных технологий в процессе утилизации рыбных отходов..... | 141 |
| <i>Богданов В.Д., Сахарова О.В., Симдянкин А.А.</i> Исследование показателей качества сухого концентрата трепанга в хранении и обоснование сроков его годности..... | 145 |
| <i>Бойцова Т.М.</i> Способ сохранения качества рыбы при глубокой разделке сырья..... | 151 |
| <i>Буракова Е.В., Слуцкая Т.Н.</i> Применение экстрактов из голотурий дальневосточных морей в технологии кулинарной продукции..... | 155 |
| <i>Васильевский А.Б., Дорошенко Е.В., Дорошенко Ю.А.</i> Средства повышения доступности рыбной продукции в экономике регионов, удаленных от морей..... | 160 |
| <i>Гришин А.С.</i> Современные технологии производства икры и икорных продуктов..... | 165 |
| <i>Гроховский В.А., Куранова Л.К., Шульга М.О.</i> Новый вид консервов из минтая с добавлением обжаренных овощей и фукуса..... | 169 |
| <i>Есипенко Р.В., Позднякова Ю.М., Ковалев Н.Н.</i> К вопросу об обогащении ферментализатов спизулы молочной сывороткой..... | 175 |
| <i>Карпенко Ю.В., Кращенко В.В.</i> Анализ современных технологий переработки глубоководных рыб на примере макруруса малоглазого..... | 181 |
| <i>Ключко Н.Ю., Лютова Е.В., Липовская В.В.</i> Исследования по применению гонад рыб в технологии функциональных пищевых продуктов..... | 185 |
| <i>Ковалев Н.Н., Касьянов С.П.</i> | 193 |
| Обоснование экспериментальных подходов к технологическим процессам выделения жира анчоуса <i>engraulis japonicus</i> | 193 |
| <i>Ковалев О.П., Ибрагимова И.Е., Мамонтова С.Н.</i> Импортзамещение и рыба как социально значимый товар..... | 199 |
| <i>Костенко А.А., Ким И.Н.</i> Влияние НПК из молок лососевых на жирнокислотный состав продукта..... | 205 |
| <i>Кривонос О.Н., Долганова Н.В., Есина Л.М., Горбенко Л.А.</i> Размерно-массовый и химический состав бычка азовского..... | 211 |
| <i>Максименко Ю.А., Алексанян И.Ю., Муцаев Р.В.</i> Сушилка для жидких биополимерных материалов в распыленном состоянии..... | 215 |
| <i>Максимова С.Н., Шадрин Е.В.</i> Разработка рекомендаций по использованию кормовой добавки из морских звезд в птицеводстве..... | 222 |

| | |
|---|------------|
| Мамонтова С.Н., Ибрагимова И.Е., Ковалев О.П. Ассортимент и оценка качества салатов из морской капусты, реализуемых в торговых сетях Дмитровского района Московской области | 228 |
| Мезенова О.Я., Агафонова С.В., Мезенова Н.Ю. | 233 |
| Анализ ресурсоиспользования вторичного белоксодержащего сырья пищевых производств в Калининградской области и некоторых регионах России | 233 |
| Насенков П.В. Постановка задачи экспериментальных исследований канатно-веревочных изделий | 239 |
| Паначина В.С., Тимчук Е.Г., Ким Э.Н. Оценка качества копченой рыбной продукции на основе определения цветовых характеристик | 244 |
| Попов Г.А., Белов С.В. Сравнительные оценки значимости продовольственной безопасности в системе национальной безопасности | 250 |
| Слуцкая Т.Н., Полещук Д.В., Полещук В.И., Пономаренко С.Ю. Перспективы использования сардины тихоокеанской нового подхода для получения высококачественной пищевой продукции | 255 |
| Суконнов А.В., Скуратов Н.А. К вопросу сохранения качества выливаемых уловов из траловых мешков | 261 |
| Углова Н.Ю., Мукатова М.Д. Установление сроков хранения новых белковых продуктов на основе некондиционных ястыков щуки | 266 |
| Утепешева А.А., Степаненко Е.А., Кисаханова Н.Р. Аракельян Р.С., Алёхина Н.А., Соколова Я.О. Санитарное состояние некоторых видов рыб в Астраханской области | 272 |
| Секция 3. СУДОВОЖДЕНИЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СУДОВ | 278 |
| Балуда И.В., Абдурахманов Р.Ф., Доровской В.А. Использование быстродействующих обратных связей в системах фазового управления компенсацией колебаний частоты напряжения | 278 |
| Доровской В.А., Вынгра А.В., Рытов А.А., Стороженко А.В. Модели и алгоритмы микропроцессорного управления судна | 288 |
| Вынгра А.В., Доровской В.А., Масленников А.А., Литвинов А.Н. Влияния колебаний частоты напряжения на работу трехфазного выпрямителя с синхронной системой фазового управления судна | 294 |
| Карпушин И.С., Соловьева Е.Е. Прибрежное рыболовство в продовольственной безопасности Российской Федерации | 303 |
| Логунова Н.А., Черный С.Г. Моделирование зависимости между потребностями в транспортных услугах и видовой классификацией морского транспорта и отраслей на платформе дискретных автоматов | 306 |
| Потапов Д.А., Старкова Г.П., Старков С.В. Формирование транспортных коридоров в морских портах Дальнего Востока | 313 |
| Хоанг Ч.Х., Виноградов С.В. Конструкция и расчёт термоэлектрического генератора для судовых энергетических установок | 318 |
| Сахно К.Н., Во Ч.К., До Т.М., Нго Ж.В. Анализ технологичности трассировки судовых трубопроводов на стадии проектирования | 325 |
| Тараканов Г.В., Рамазанова А.Р., Савенкова И.В. Основные технологические принципы производства судовых топлив для рыбопромыслового флота из газового конденсата | 331 |
| Чехранов С.В. Тенденции снижения потерь энергии от парциальности в малорасходных турбинах | 337 |

Научное издание

**ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЫБНОЙ ОТРАСЛИ
В КОНТЕКСТЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Материалы I Национальной заочной
научно-технической конференции

(Владивосток, 22 декабря 2017 года)

Художественный редактор С.П. Конищев
Макет О.В. Нечипорук

ISBN 978-5-88871-706-6



Подписано в печать 27.12.2017. Формат 60x84/8.
Усл. печ. л. 40,45. Уч.-изд. л. 36,50. Заказ 0670. Тираж 35 экз.

Отпечатано: Издательско-полиграфический комплекс
Дальневосточного государственного технического
рыбохозяйственного университета
690091, г. Владивосток, ул. Светланская, 27