



2017
ГОД ЭКОЛОГИИ
В РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ» (ФГБНУ «ВНИРО»)



**V Научно-практическая конференция молодых ученых
с международным участием**

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

17–18 апреля 2017 года, г. Москва

Москва, 2017

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА И ОКЕАНОГРАФИИ»
(ФГБНУ «ВНИРО»)

**V НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

17-18 апреля 2017 года, г. Москва

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО ВНИРО
2017 г.

УДК 639.2/3(063)

C56

Рецензенты:

Орлов А.М., д.б.н., заведующий Сектором Арктики Лаборатории морских и полупроходных рыб европейских морей России ФГБНУ «ВНИРО»;

Торканов А.М., д.б.н., директор Камчатского филиала тихоокеанского института географии ДВО РАН;

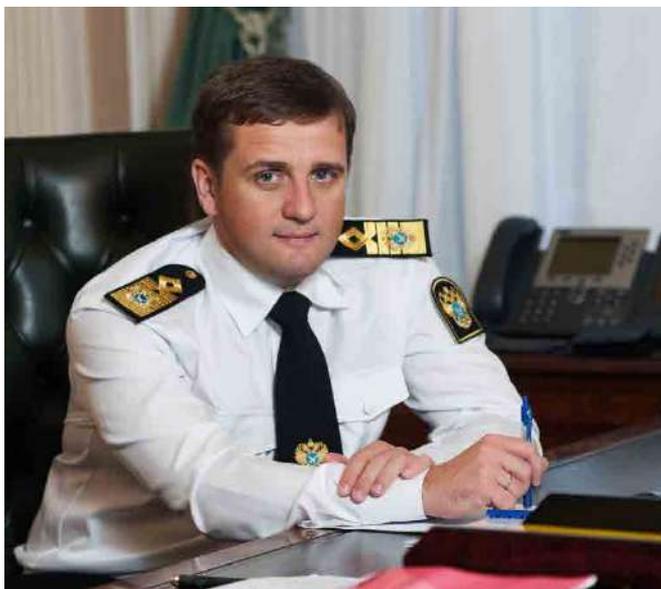
Сытова М.В., к.т.н., доцент, ученый секретарь ФГБНУ «ВНИРО»

C56

Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса: материалы V научно-практической конференции молодых ученых с международным участием / Под ред.: М.В. Сытовой, И.И. Гордеева, К.А. Жуковой. — М.: Изд-во ВНИРО, 2017. — 298 с.

ISBN 978-85382-448-5

© Издательство ВНИРО, 2017



Уважаемые участники V научно-практической конференции молодых ученых «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса»!

Вы, молодое поколение — продолжатели лучших отечественных научных практик, авторы сегодняшних и будущих открытий. В ваших силах внести значимый вклад в новые достижения рыбохозяйственной отрасли России и престиж нашей страны, богатой не только природными ресурсами, но и имеющей большой научный потенциал.

Конференция молодых учёных — прекрасная возможность для обсуждения важных вопросов различных направлений отраслевой науки, как теоретического, так и прикладного характера, обмена мнениями молодых исследователей, работающих в области изучения и рационального использования биологических ресурсов Мирового океана.

Уверен, что встреча даст нужный импульс развитию рыбохозяйственной науки, аккумулирует научную мысль на поиск решения актуальных проблем рыбной отрасли!

Желаю участникам конференции плодотворной работы, творческой результативной дискуссии, приобретения партнёрских и дружеских контактов.

Заместитель Министра сельского хозяйства Российской Федерации,
руководитель Федерального агентства по рыболовству,
кандидат экономических наук

Илья Васильевич Шестаков



Уважаемые коллеги и друзья!

Приветствую Вас на V научно-практической конференции молодых учёных с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса», которая проводится ФГБНУ «ВНИРО» в рамках мероприятий, посвящённых Году экологии в России.

Привлечение молодежи в науку и инновационную деятельность — важнейшее условие нашей конкурентоспособности не только на национальном, но и глобальном уровнях. Каждый из Вас уже сегодня делает вклад в инновационное развитие рыбохозяйственного комплекса России.

Научные конференции — это замечательный праздник науки, на котором молодые учёные и специалисты получают возможность предъявить научному сообществу результаты своих исследований.

Надеюсь, что конференция пройдет с успехом, будет содействовать укреплению научного сотрудничества, а её результаты найдут воплощение на практике.

Искренне желаю Совету молодых ученых ФГБНУ «ВНИРО», выступившему организатором данной конференции, и всем участникам успехов, новых впечатлений и деловых контактов, уверенности в своих силах и удачи во всех начинаниях!

Директор ФГБНУ «ВНИРО»,
кандидат экономических наук

Кирилл Викторович Колончин



Уважаемые коллеги!

От имени Оргкомитета V научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса», приветствуем Вас во Всероссийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства и океанографии!

В современном мире неуклонно возрастают требования и ожидания в обеспечении высокого качества научных исследований. Новые подходы и решения становятся научными и экономическими прорывами в различных направлениях рыбохозяйственной деятельности.

Конференции молодых ученых и специалистов играют важную роль в становлении молодых исследователей, способных получать новые сведения, ставить новые эксперименты и генерировать научные достижения в перспективных областях рыбного хозяйства и связанных с ним областях.

Особенно приятно, что в нашей конференции принимают участие не только молодые ученые из различных регионов России, но и представители Республики Казахстан и Украины. Это нашло качественное отражение в разнообразии данных, представленных участниками для публикации в Сборнике материалов конференции, и наилучшим образом способствует обмену опытом и расширению наших представлений о рыбохозяйственных исследованиях в самых разных регионах.

Тематика конференции насыщена и включает самые перспективные направления, для каждого из которых уже сегодня необходимы прорывные разработки и решения.

Мы искренне рады видеть молодых, амбициозных и талантливых исследователей в стенах нашего института. Желаем Вам интересной работы, конструктивного общения, полезных встреч и дальнейшей плодотворной работы!

Совет молодых ученых ФГБНУ «ВНИРО»,
члены Оргкомитета

Сиговые Coregonidae водоемов Верхне-Ертисского бассейна

С.М. Ануарбеков, А.А. Евсеева, Г.К. Куанышбекова

Алтайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (г. Усть-Каменогорск)
e-mail: fishedu@mail.ru

Ключевые слова: сиговые рыбы, акклиматизация, нельма, пелядь, ряпушка, рипус.

Аннотация. Дана характеристика трем видам семейства Сиговых (Coregonidae), обитающих в водоемах Верхне-Ертисского бассейна, приведены данные об этапах акклиматизации, описаны биологические свойства рыб семейства сиговых (пелядь, рипус) как объекта акклиматизации и зарыбления.

Сиговые (Coregonidae) — семейство рыб с удлинённым и сжатым с боков телом, покрытым мелкой серебристой чешуей. За спинным плавником имеется небольшой «жировой плавник». Сиговые населяют как моря, так и пресные водоемы Евразии и Северной Америки. Представители Сиговых искусственно расселены далеко за пределы естественного ареала, где могут образовывать гибриды. Большинство видов имеет важное промысловое значение. Систематика сиговых рыб очень сложна и запутана, многие из них формируют различные подвиды и экоформы, статус которых является дискуссионным (Богущая, Насека, 2004). Для водоемов Верхне-Ертисского бассейна указывается три формы — пелядь, рипус и нельма. Причем, только нельма является аборигенным видом. Начиная с 60-х гг. XX в. предпринимались попытки интродукции различных видов Сиговых, среди которых не все были натурализованы.

Нельма *Stenodus leucichthys* (Güldenstädt, 1772) — ценная промысловая рыба. По качественным показателям она была одной из лучших и наиболее ценных промысловых рыб Верхнего Иртыша. Сейчас, вследствие гидростроительства, ухудшения условий воспроизводства и браконьерского вылова, численность нельмы значительно сократилась (Кириченко, Куликов, 2011). Бухтармино-зайсанская популяция нельмы внесена в Красную Книгу Республики Казахстан как исчезающая или уже исчезнувшая (Красная Книга РК, 2010).

Акклиматизация Сиговых в Зайсан-Иртышский бассейн. В период 1959–1985 гг. с целью вселения нового вида и получения дополнительной рыбной продукции вселялись рипус, байкальский омуль, пелядь, сиг, чир (табл. 1).

Мероприятия этого периода имели положительный эффект: сформировано самовоспроизводящееся стадо рипуса, имеющее промысловую ценность. Отрицательной стороной проведения работ является неудача с акклиматизацией байкальского омуля, невысокая эффективность от зарыбления пелядью (Асылбекова, Куликов, 2016).

В период 1982–1991 гг. предпринята дополнительная попытка вселения рипуса и пеляди с целью увеличения численности. Вселение осуществлялось личинками (177 млн шт. рипуса и 23,1 млн шт. — пеляди). Положительный эффект получен от зарыбления рипусом, практически не было эффекта от вселения пеляди. В настоящее время пелядь единично встречается в уловах, добыча рипуса составляет 50–150 т ежегодно. Как выяснилось впоследствии, при одновременном вселении рипуса и пеляди, они быстро гибридизуются между собой, причем признаки рипуса постепенно вытесняют из генофонда признаки пеляди. Так случилось, например, в оз. Шалкар из группы Сибинских. После зарыбления пелядью в середине 1980-х гг., уже к концу десятилетия там сформировалось устойчивое стадо пеляди со средней массой особей около 1 кг. После вселения рипуса в 1991 г., уже к 1996–1998 гг. рипус в озере полностью заменил пелядь. В настоящее время численность рипуса в озере довольно высокая, темп роста особей выше, чем в Бухтарминском

водохранилище, что позволяет использовать оз. Шалкар наряду с оз. Ак-Школа (Жарминский р-он) в качестве маточных сиговых водоемов.

Таблица 1. Вселение видов рыб семейства Сиговых в водоемы Восточно-Казахстанской области

Вид рыбы	Водоем	Годы вселения	Посадочный материал	Объем вселения, шт.
	<i>ВОДОХРАНИЛИЩЕ</i>			
Рипус	Усть-Каменогорское	1959	Икра	5 000 000
Омуль байкальский	Бухтарминское	1961–1964	Икра	21 000 000
Омуль байкальский	Бухтарминское	1961–1964	Личинки	13 900 000
Пелядь	Бухтарминское	1963–1974	Личинки	13 100 000
Рипус	Бухтарминское	1982–1991	Личинки	177 000 000
	<i>ОЗЕРА</i>			
Пелядь	Сибинские	1982, 1984	Личинки	23 100 000
Рипус	Сибинские	1991	Личинки	2 000 000

Биологические свойства рыб сем. Сиговых (пелядь, рипус) как объекта акклиматизации и зарыбления. Пелядь, или сырок *Coregonus peled* (Gmelin, 1789). В Бухтарминском водохранилище пелядь вытесняется рипусом, и в настоящее время очень редко встречается в уловах (Куликов, 2007). Причем, в промысловых уловах учет сиговых (пелядь, рипус) ведется совместно и их анализ показывает, что стадо сиговых сосредоточено в глубоководной части водохранилища (Прокопов и др., 2016).

Пелядь обладает высокой экологической пластичностью — наименее требовательна к кислороду и способна выносить высокую температуру. Кроме того, она обладает высоким темпом роста и хорошими вкусовыми качествами. В связи с этим, пелядь чаще всего используют в качестве объекта товарного рыбоводства (Новоселов, Решетников, 1988).

Пелядь — ценный промысловый вид. Еще некоторое время назад ее численность была не велика, но благодаря подходящим биотопам в горной и горно-долиной части Бухтарминского водохранилища она все чаще и чаще попадает в сети. Показатели пеляди в 2015 г. представлены особями 2–7 лет при максимальной длине 42 см и массе 930 г.

В Усть-Каменогорском водохранилище в последнее время в уловах редко встречается. Возрастной ряд в уловах представлен рыбами до 5 лет, средняя длина и масса тела составляет 30,2 см и 393 г. Наступление массовой половозрелости в популяции пеляди, по данным 2006 г., приходится на рыб в возрасте 3 года. Показатели упитанности по Фультону варьировали от 1,2 до 1,6, в среднем составляя 1,35 в 2006 г.

Европейская ряпушка *Coregonus albula* — широко распространенный холодолюбивый вид, представленный в водоемах европейского севера озерно-речными и озерными формами. Систематическое положение европейской ряпушки и отделение ее от другого близкородственного вида сибирской ряпушки *Coregonus sardinella* с позиций генетического подхода на сегодняшний день обсуждается (Корляков, 2014). Крупную форму ряпушки из Ладожского озера называют «рипус» *Coregonus albula ladogae* Pravdin, Golubev et Belyaev.

Исходным водоемом обитания рипуса является Ладожское озеро, но в водоемы Верхнего Ертиса он попал из Петропавловского рыбопитомника. В настоящее время рипус широко распространен в водохранилищах Верхнего Ертиса, но промысловой численности достигает только в глубоководной части Бухтарминского водохранилища. Уловы его составляют 100–150 т ежегодно. Темп роста в последние годы резко упал, при этом средние метрические показатели рыб в уловах снизились с 23,1 до 20,4 см по длине и с 169 до 112 г по массе (по данным исследований 2002–2016 гг.). Отмечаются изменения и в возрасте наступления половой зрелости рипуса. По данным 2002 г. половая зрелость у рипуса

наступала при длине 21–23 см, по данным 2005 г. рипус становится половозрелым уже при длине 18 см, в возрасте 2 лет, в 2016 г. при длине 20 см возраст составил 3–4 года.

Рипус — единственный вид, для которого условия обитания (хорошие температурные условия для нагула, отсутствие конкуренции в питании в связи с общей низкой численностью планктофагов) благополучны в Усть-Каменогорском водохранилище. Средние размерно-весовые показатели рипуса по результатам исследований 2016 г. в уловах снизились с 20,4 см до 16,9 см и с 105 г до 51 г. Половой состав в популяции рипуса в уловах на протяжении ряда лет характеризуется с преобладанием самок, что обеспечивает высокий воспроизводительный потенциал данного вида. Возрастной состав в сетных уловах был представлен 5-летними особями. В данном водоеме рипус половозрелым становится с 2 лет.

Средние размеры рипуса в сетных уловах (по данным 2002–2016 гг.) — 23 см и масса — 0,21 кг. Рост сильно зависит от кормовой базы водоема. Темп роста рипуса Усть-Каменогорского водохранилища выше, чем в Бухтарминском водохранилище. В возрасте 3-х лет он достигает длины тела 23,5–26,0 см и массы 200–260 г, в 4 года — 28–29 см и 400–430 г соответственно (Прокопов и др., 2006). Нерест рипуса происходит поздней осенью. Плодовитость колеблется в широких пределах — от 4,5 до 56 тыс. икринок. Оплодотворенная икра развивается всю зиму — 4–5 мес.

Рипус — типичный планктофаг (Дукравец и др., 2010). Пищевой рацион представлен зимой исключительно зоопланктоном, весной в пищевом комке присутствуют мизиды. Обеспеченность пищей рипуса связана с массовым развитием молодых и взрослых форм кормового планктона. Обеспеченность пищей повышается с преобладанием в планктоне более крупных форм копепод и кладоцер из числа доступных для рипуса, а также мизид.

На формирование локальных группировок рипуса в период активного питания влияют условия использования рыбой кормовых организмов. Летом большая часть популяции рипуса находится в горной части (в частности, п. Алтайка, зал. Черемшанский), где на показателях биомассы зоопланктона сказывается выедаемость пищевых объектов рипусом. К осени производители рипуса перемещаются в горно-долинную часть (Большенарымский залив) ближе к местам нереста и начинают выедать запасы зоопланктона уже в этой части водоема. Таким образом, планктон является одним из важнейших факторов распределения и продуктивности рипуса (Евсеева, 2011).

Рипус — ценный промысловый вид и важный объект озерно-товарного рыбоводства. Вселение этого вида в Бухтарминское водохранилище продолжалось с конца 1970-х и до начала 1990-х гг., в результате чего в глубоководной части водохранилища было создано самовоспроизводящееся стадо. Отсюда рипус проник в вдхр. Усть-Каменогорское, где стал обычным видом. Далее проник в вдхр. Шульбинское, куда также вселялся на стадии личинки в период 1990–1994 гг., а в 2001 г. достиг промысловой численности. В результате плановой, либо стихийной акклиматизации, рипус расселился во многих озерах Восточного Казахстана (Шалкар, Шыбындыкуль, Ак-школа и др.) (Прокопов и др., 2016).

Высокие пищевые качества сиговых (рипуса и пеляди) делают их необходимым объектом аквакультуры. Питаясь зоопланктоном и большую часть года находясь в глубоководной зоне водоемов, рипус и пелядь не конкурируют в питании с молодь других видов рыб и могут выращиваться в глубоких озерах как в моно-, так и в поликультуре с другими видами рыб. Требовательны к кислородному режиму водоемов. Перестают питаться при температуре воды выше 20 °С. Наиболее подходящими водоемами для зарыбления рипусом являются Усть-Каменогорское водохранилище и горные озера Уланского, Жарминского, Курчумского районов Восточного Казахстана.

Адаптация и изменчивость новых популяций акклиматизированных видов рыб могут привести к повышению интенсивности физиологических процессов, что способствует ускорению темпов роста и созревания, увеличению упитанности особей. Популяция может процветать не только в зоологическом, но и в промысловом отношении. Поэтому необходимо провести изучение промысловых качеств акклиматизированных сиговых в водоемы Верхне-Ертисского бассейна, а также исследование особенностей экологии и морфологических характеристик рипуса и пеляди, натурализовавшихся в основных

рыбохозяйственных водоемах Верхнего Ертиса (Бухтарминское, Усть-Каменогорское, Шульбинское водохранилища).

Литература

Асылбекова С.Ж., Куликов Е.В. 2016. Интродукция рыб и водных беспозвоночных в водоемы Казахстана: результаты и перспективы // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. № 3. — С. 16–29.

Богуцкая Н.Г., Насека А.М. 2004. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. — М.: Товарищество науч. изд. КМК. — 389 с.

Дукравец Г.М., Мамитов Н.Ш., Митрофанов И.В. 2010. Аннотированный список рыбообразных и рыб Республики Казахстан // Известия НАН РК. Сер. биологическая и медицинская. № 3 (279). — Алматы: Ғылым. — С. 36–48.

Евсеева А.А. 2011. Особенности использования кормовой базы рипусом в Бухтарминском водохранилище // Вестник КазНУ. Сер. биологическая. № 5 (51). — Алматы, КазНУ. — С. 56–61.

Кириченко О.И., Куликов Е.В. 2011. Предложения по включению ряда редких видов рыб Иртышского бассейна в Красную Книгу Республики Казахстан // Вестник КазНУ. Серия биологическая. № 4 (50). — Алматы: Қазақ университеті. — С. 94–93.

Корляков К.А. 2014. Натурализация европейской ряпушки *Coregonus albula* в водоемах Южного Урала // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. № 2. — С. 7–18.

Красная книга Республики Казахстан. 2010. Изд. 4-е. Т. 1: Животные. Ч. 1: Позвоночные. — Алматы. — 324 с.

Куликов Е.В. 2007. Закономерности формирования ихтиофауны Бухтарминского водохранилища и пути оптимизации использования рыбных ресурсов. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Тюмень. — 23 с.

Прокопов К.П. 2016. Рыбы Восточного Казахстана: монография / К.П. Прокопов, Д.А. Тагаев. — Усть-Каменогорск: изд-во «Берел» ВКГУ им. С. Аманжолова — 87 с.

УДК 57.017 (574.42)

Динамика биологических показателей судака в Шульбинском водохранилище в 2012–2016 гг.

С.М. Ануарбеков, Е.Н. Набиолданов

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (ТОО «КазНИИРХ») Алтайский филиал, Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск
e-mail: yerassy1666@gmail.com

Ключевые слова: судак, динамика возрастного состава, биологические показатели, соотношение полов, вдхр. Шульбинское

Аннотация. В статье дана оценка состояния биологических показателей судака Шульбинского водохранилища в 2012–2016 гг. Отмечены роль и значение судака в ихтиоценозе и перспективы его промыслового освоения.

Шульбинское водохранилище образовано в 1989 г., является третьим, и последним в Верхне-Иртышском каскаде водохранилищ. Протяженность водохранилища при горизонте отметки уровня 240 мБС составляет 72 км, площадь 255 км², объем 2,39 км³, средняя глубина 9 м, максимальная по ложу Иртыша около 30 м. Ложе водохранилища занимает обширную долину Иртыша, средней шириной 3,5 км. Оно гравийно-галечниковое, песчано-илистое в устьях рек, затонах, старицах, по левому берегу часто встречаются участки с затопленными лесами и кустарниками. Высшая водная растительность присутствует только в устьях и приустьевых пространствах рек. В настоящее время в составе ихтиофауны Шульбинского водохранилища представлена 25 видами рыб, 20 из которых являются аборигенными,

остальные интродуценты. Ихтиофаунистический комплекс водоема составляют хозяйственно-ценные промысловые и непромысловые виды рыб, среди которых особое место занимает судак (Отчет Алт. Ф. КазНИИРХ, 1986).

По образу жизни судак — типичный хищник. Питается рыбой, а мелкие особи также поедают водных беспозвоночных. Он весьма чувствителен к концентрации кислорода в воде и наличию взвесей, поэтому не встречается в заболоченных водоёмах. В тёплое время года держится на глубинах 2–5 м. Активен как днём, так и ночью. Благодаря наличию за сетчаткой светоотражающего слоя, этот вид способен эффективно охотиться при слабом освещении. Ночью выходит на мелководье или же охотится у поверхности воды, устраивая так называемый «бой» с характерными судачьими всплесками, днем откочёвывает в более глубокие места. Обычно предпочитает песчаное или галечниковое дно, особенно если там есть крупные объекты (коряги, камни и т. д.), которые можно использовать как укрытие, т.к. судак в основном засадный хищник (Правдин, 1966).

В наших исследованиях количество особей с наполненными кишечниками в весенний период составило 92 % , в летний период несколько ниже — 64 %. В питании судака, во все сезоны года, доминирующую роль играет рыба, составляя до 95–100 % как по числу жертв, так и по массе. Приоритет в потреблении судака весной и летом отдает наиболее массовым видам рыб — плотве и окуню (55,6–70,0 % по числу жертв и 61–75 % по массе). Размерная категория потребляемых плотвы и окуня представляет собой молодь и неполовозрелых рыб с длиной тела 3–12 см. Следует отметить высокую степень потребления судаком уклей (38,4 %) в весенний период, что закономерно, т. к. связано с увеличением численности вида на водохранилище. В летний период потребление уклей снижается за счет увеличения потребления прочих видов рыб. Потребляемая судаком уклей и ерши в большинстве своем составляют категорию половозрелых рыб, в тоже время длина тела жертв не превышает 7–13 см. К второстепенным компонентам питания можно отнести леща (3 % по числу, и 11,4 % по массе). Камни и песок составляют категорию случайных компонентов в пище судака, захваченных в момент погони.

По результатам исследовательских уловов 2014 г. его удельное значение несколько снизилось. В сетных уловах по водохранилищу оно по численности составило чуть менее 6,8 %, против 7,0 % по данным 2013 г. В научно-исследовательских неводных уловах его доля практически в 2 раза выше и составляет — 12,5 %, против 12,0 % по данным 2012 г. При этом наибольшая концентрация судака в 2014 г. отмечается в верхней части водохранилища, где она достигает 9,05 %. В 2015–2016 гг. его удельное значение в научных уловах составляло до 10 %, а в промысловых уловах до 15–25 %, что объясняется селективной направленностью промысла. Предельный возраст судака в уловах текущего года несколько вырос и составил 6 лет, при длине тела 55 см и массе 2100 г (табл. 1).

Таблица 1. Основные биологические показатели судака

Возраст, лет	Длина (мин–макс) , см	Средняя длина, см	Масса (мин–макс) , г	Средняя масса, г	Кол-во, экз.	%
1	12,5–17	14,3	15–100	53	4	7,4
2	17–28	22,8	50–275	145	16	29,6
3	22–38,5	28	115–725	302	17	31,1
4	33,5–44	38,1	455–1045	740	8	14,8
5	31–50	45,2	970–1855	1491	8	14,8
6	55	55	2100	2100	1	2,3
Итого	12,5–55	30	15–2100	511	54	100

Численность рыб определяли методом прямого учета по результатам неводных съемок по методике ВНИИПРХ. Для сбора материала использовали исследовательский невод длиной 50 м и ячеей 30 мм, а также привлекались данные по уловам промысловыми

неводами длиной 100–200 м. Работы по определению численности проводились в августе в период наиболее равномерного распределения рыб по акватории водоема.

Динамика биологических показателей судака за исследуемый период демонстрирует следующую тенденцию: стабилизация средних размерно-весовых показателей популяции при минимальных значениях в 2012 г.; показатели упитанности судака остались практически на одном уровне с минимумом в 2013 г.; значения среднего возраста в 2014 году выросли по сравнению с прошлым годом и стали близки к максимуму в 2015 г. (табл. 2).

Таблица 2. Динамика биологических показателей судака

Год	Средняя длина, см	Средняя масса, г	Упитанность по Ф.	Средний возраст	Кол-во, экз.
2012	27,9	321	1,25	2,97	138
2013	30,4	401	1,22	2,87	120
2014	31,7	477	1,23	3,33	119
2015	32,9	644	1,24	3,0	78
2016	30	511	1,37	3,05	54

Данные показатели свидетельствуют о тенденции роста численности стада судака. Популяция характеризуется хорошим темпом роста в линейном отношении (прирост от 5,5 до 10 см в год по отдельным возрастным группам), и в весовом (1165–1425 г прироста у особей старших возрастов). Динамика судака варьируется из года в год, что свойственно интенсивно облавливаемым популяциям (рисунок).

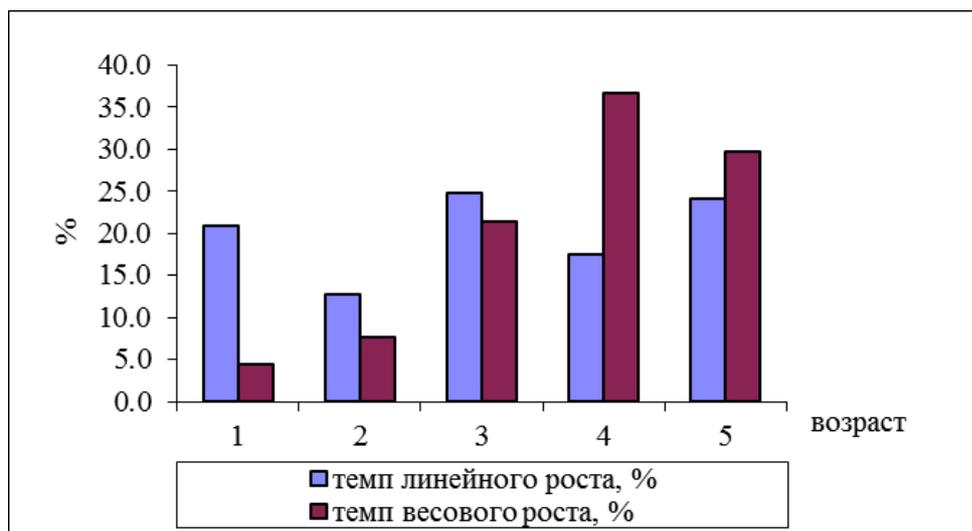


Рисунок. Темп линейного и весового роста судака по возрастным группам

Размерный состав судака в уловах существенно изменился за последние годы, что выражается в изменениях соотношения размерных групп и отсутствии в уловах крупных рыб с длиной тела более 50 см (табл. 3).

Стадо судака подвергается интенсивному селективному вылову, существенно омолаживающему его состав; более 80 % уловов 2012–2014 гг. представлено молодыми рыбами в возрасте до 4 лет включительно, с длиной тела до 44 см. Особи старше 5 лет составляют в уловах последних лет не более 3–5 %, а в 2014 г. 1,8 % (табл. 4).

Массовая половозрелость судака наблюдается в возрасте 3–4 лет, что является стабильным результатом (табл. 5).

Динамика половой структуры судака весьма не стабильна и преобладание самок в 2011–2012 гг. сменяется в 2013 г. доминированием самцов (табл. 6). По данным 2013 г.

доминирование самок наблюдается у рыб в возрасте до 2 лет, начиная с 3 лет и старше, преобладают самцы. По данным текущего года так же доминируют самцы, но уже значительно меньше. Доминирование самцов в промысловой части популяции может негативно отразиться на её воспроизводительном потенциале.

Таблица 3. Динамика размерного состава судака, %

Размерный класс, см	Год				
	2012	2013	2014	2015	2016
4,5–10,0	2,9	0,6	–	–	–
10,1–16	–	–	2,5	4,4	5,5
16,1–20	37,6	5,2	2,5	17,4	11,1
20,1–24	10,7	14,3	5,2	11,4	17
24,1–28	12,3	30,0	18,2	12,5	25,9
28,1–32	9,6	31,2	33,7	12,5	5,5
32,1–36	7,3	12,3	18,9	13,2	9,2
36,1–40	4,6	3,3	5,2	17,3	7,4
40,1–44	9,2	1,9	9,4	7,1	5,5
44,1–48	2,3	0,6	2,5	2,6	3,7
48,1–52	2,1	–	–	–	7,4
52,1–60	–	0,6	0,8	0,8	1,8
60,1–68	–	–	0,8	0,8	–
Свыше 68	–	–	–	–	–

Таблица 4. Динамика возрастного состава судака, %

Возраст, лет	Год				
	2012	2013	2014	2015	2016
0+	2,9	0,8	2,5	0,2	–
1	13,1	5,0	5	13,3	7,4
2	21,7	28,3	9,2	18,6	29,6
3	50,0	43,3	36,1	20	31,6
4	10,1	19,2	38,7	24	14,8
5	2,2	1,7	6,7	20	14,8
6	–	1,7	0,9	2,6	1,8
7	–	–	0,9	1,3	–

Таблица 5. Возраст наступления половой зрелости судака, %

Показатели	Возрастные группы				
	2	3	4	5	6
Половозрелые	–	–	39	100	100
Неполовозрелые	100	100	61	–	–
Кол-во, экз.	4	16	17	8	8

Таблица 6. Динамика соотношения полов в стаде судака, %

Показатели	Годы				
	2012	2013	2014	2015	2016
Самки	43,0	45,0	44,5	45,0	51,8
Самцы	37,0	52,5	47,1	35,0	42,5
Ювенальные	20,0	2,5	6,1	20,0	5,7
Итого, экз.	138	120	119	65	54

В водохранилище отмечается тенденция изъятия преимущественно впервые созревающих рыб, в оценке состояния запасов судака зафиксированны положительные сдвиги: увеличилась средняя масса рыб, отмечен рост среднего возраста особей в популяции, при этом пополнение остается относительно стабильным. Половая структура популяции в последние годы характеризуется доминированием самцов, показатели плодовитости выросли до уровня среднемноголетних. В этой ситуации целевым ориентиром при оценке допустимого объема изъятия является, с учетом стратегии предосторожного подхода, установка на повышение пополнения (Определение рыбо-продуктивности рыбохозяйственных ..., 2016).

Литература

Рыбохозяйственное освоение водохранилища второй очереди Шульбинской ГЭС на Иртыше // Отчет о НИР (заключительный). Алт. Ф. КазНИИРХ. — Усть-Каменогорск, 1986. — 42 с.

Определение рыбопродуктивности рыбохозяйственных водоемов и/или их участков, разработка биологических обоснований предельно допустимых объемов изъятия рыбных ресурсов и других водных животных и выдача рекомендаций по режиму и регулированию рыболовства на водоемах международного, республиканского и местного значений Ертисского бассейна 2012–2016 гг. / Алтайский филиал КазНИИ рыбного хозяйства. — Усть-Каменогорск, 2012–2016 гг.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность, — 376 с.

УДК 639.2.06/.081:639.2.055

К возможности применения биоэкономического подхода в оценке промысла северо-восточной арктической трески *Gadus morhua*

Д.В. Артеменков

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва
e-mail: artemenkov@vniro.ru

Ключевые слова: биоэкономика, биостатистика, треска, *Gadus morhua*.

Аннотация. Для разработки рационального использования рыб применено биоэкономическое моделирование и его реализация через подход переменных затрат при расчете прибыли. Использованный подход позволил рассчитать по входным данным ориентиры промысла трески: маргинальная (переменная) прибыль (TM_{MEY}) 3381 млн долл., промысловое усилие (f_{MEY}) 50924 судо-суток и максимальный экономический вылов (Y_{MEY}) 886 тыс. т.

Введение

Применение биоэкономического моделирования в нашей стране для оценки величины улова, дающего максимальную прибыль от промысла, имеет достаточно продолжительную историю. С конца 1980-х и в 1990-х гг. в рамках лаборатории системного анализа ВНИРО существовал сектор биоэкономического моделирования, основной задачей которого было

определение уровня промысла, при котором выгода от него в денежном выражении будет максимальной. Эта задача была весьма актуальной в 90-е гг., когда большая часть добывающих мощностей перешла в частные руки. К сожалению, к концу 1990-х гг. финансирование этого направления исследований было прекращено и все работы — свернуты. Тем не менее, исследования в этом направлении являются достаточно актуальными и в наши дни.

Увеличение вылова или выручки не всегда характеризует увеличение прибыли для рыбо-промышленников. Рост выручки увеличивает и затраты компаний: амортизация оборудования, банковские кредиты и рост переменных затрат. Гордон (1953) и Кларк (1986) отмечали в своих исследованиях, что создание ориентира на максимальную прибыль от промысла позволит осуществлять устойчивую рыбопромысловую деятельность без экономической угрозы для отрасли и подрыва запасов рыбы. Для применения классических биоэкономических подходов необходимо рассмотрение трех групп важнейших экономических показателей: издержки (или затраты), объем производства продукции (реализация) и прибыль. Данный подход наиболее трудоемок, а также носит ряд погрешностей из-за неполного и различного описания затрат частными компаниями. Основой оценки биоэкономической оценки являются промыслово-биологические и экономические данные. Если биологические данные запаса для анализа можно взять из литературы и отчетов Рабочих групп, то отмеченные выше экономические данные и информация о расходах и прибыли частных предприятий являются конфиденциальными. В этой связи использование классических биоэкономических моделей, разработанных Гордоном и другими учеными (Gordon, 1953; Schaefer, 1954; Gulland, 1971; Clark, 1986), на данном этапе представляется весьма затруднительным.

Целью данной работы является рассмотрение подхода реализации биоэкономических исследований с использованием определения маргинальных (или переменных) затрат и прибыли.

Материалы и методы

Подход Шефера (1954), получивший развитие в большом количестве дальнейших исследований, показал что система «запас-промысел» может быть подведена к состоянию, необходимому для получения максимального улова в его денежном выражении — максимального экономического улова (МЕУ). Для оценки экономической эффективности промысла с учетом предложенного маргинального подхода можно применить следующие показатели: общая выручка от промысла TR (total revenue), которая является функцией вылова Y от промыслового усилия f и цены на продукцию p (1). Переменные затраты C (cost) равняются произведению цены (p) на промысловое усилие (2). Тогда маргинальная прибыль (TM) будет равна разности между общей выручкой от промысла и переменными затратами, в т.ч. на промысловое усилие:

$$TR = pY(f), \quad (1)$$

$$C = pf, \quad (2)$$

$$TR - C = pY(f) - pf. \quad (3)$$

Кроме уравнений (1–3) автор ввел логистическую модель численности, получая систему двух уравнений (4, 5):

$$dN/dt = rN(1-N/k) - qfN \quad (4)$$

$$TR - C = pfN - pf \quad (5)$$

При решении уравнения в условиях равновесия определяют уровень ориентира стабильного вылова, соответствующий максимальной маргинальной прибыли.

Подход оценки маргинальной прибыли часто применяется на уровне управления предприятиями для оперативного принятия решений, поэтому является непривычным, хотя выполним на практике и менее трудоёмок относительно классического подхода с

определением общих затрат и чистой прибыли, получение которых в настоящее время является весьма проблематичным.

Результаты и обсуждение

Для расчета маргинальных затрат были взяты затраты на топливо, на промысле трески из Центра системы мониторинга рыболовства и связи, которые, как правило, составляют 60 % и больше общих затрат. Для определения расчетных показателей по судам были выбраны генеральные совокупности судов по каждому году и из них произведена случайная выборка. Данная выборка судов исследована по составу уловов за судо-сутки и по количеству топлива затрачиваемого за один день промысла. При расчете затрат топлива найден процент трески в улове и далее рассчитана доля топливных затрат судна на вылов трески. Учитывая трансграничность промысла и его добычу несколькими странами, рассчитаны пропорционально общие затраты топлива за год с помощью полученных топливных затрат выборки российских судов (табл. 1).

Таблица 1. Входные данные для расчета MEY

Год	Y (общий), тыс. т	F (общее), судо-сутки	F	Y (Россия), тыс. т	F (Россия), судо-сутки	Маргинальная прибыль (общая), млн долл. США
2008	449171	52129	0,3235	189590	22003	1491,7
2009	523431	47351	0,2578	228061	20631	1542,1
2010	609983	46357	0,2467	270078	20525	1724,7
2011	719829	46987	0,2743	306321	19995	2588,2
2012	727663	44214	0,2387	332081	20178	2464,4
2013	966209	49463	0,3429	433364	22185	3193,8

Данные цен на дизельное топливо были взяты из «Мониторинга динамики цен на материально-технические ресурсы» Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. Таким образом, маргинальные (переменные) затраты найдены как произведения общих затрат топлива за год на средние цены дизельного топлива. После этого рассчитана общая выручка стран, осуществляющая промысел трески. Сначала российская выручка была определена как произведение средней цены на треску данного региона, взятой из открытых рыночных источников, и российского промысла за год. В свою очередь общая выручка была рассчитана пропорционально уловам общего и российского и российской выручки по годам. Для расчета стоимости в долларах, был взят средний курс рубля к доллару за исследуемые годы на основе данных Центрального банка России. Таким образом, были рассчитаны общая выручка и маргинальные затраты в долларах, а далее найдена величина маргинальной прибыли по годам (табл. 1).

Исходные данные для биоэкономической модели Грэхема взяты из отчета Рабочей группы ИКЕС, занимающейся вопросами регулирования запаса трески (Report of the Arctic Fisheries..., 2014). Используются данные вылова трески по странам, общий вылов и величину промысловой смертности по годам (табл. 1). Таким образом, зная российское промысловое усилие, определено общее промысловое усилие по годам. В соответствии с уравнением Грэхема (6) по входным данным произведена оценка параметров и зависимость между уравновешенным выловом и уравновешенной биомассой:

$$Y_E = F_E V_E = a f_E - b f_E^2 \quad (6)$$

С учетом двух уравнений (рис. 1а, б) построены параболические зависимости возможно-го улова и маргинальной прибыли от величины промыслового усилия. Затем рассчитаны Y_{MSY} и F_{MSY} для зависимости общего улова от промыслового усилия: $Y_{MSY} = 1,009$ млн т, а $f_{MSY} = 57984$ судо-суток. Емкость среды вполне может обеспечить такое количество

рыбы, так в истории промысла трески общий вылов уже достигал более 1 млн т, а рекорд был поставлен в 1956 г. с величиной 1,3 млн т. Зависимость маргинальной прибыли от промыслового усилия получена следующая $TM_{MEY} = 2415$ млн долл., а $f_{MEY} = 36374$ судо-суток. Учитывая условие, что топливные затраты составляют 60 % общих затрат, скорректированные ориентиры получены следующие $TM_{MEY} = 3381$ млн долл., а $f_{MEY} = 50924$ судо-суток при $Y_{MEY} = 886$ тыс. т. Рассчитанные ориентиры характеризуют промысел трески в период 2008–2013 гг. как находящийся на эффективном экономическом уровне в ситуации, когда затраты на промысел минимальны и прибыль максимальна (Graham, 1935).

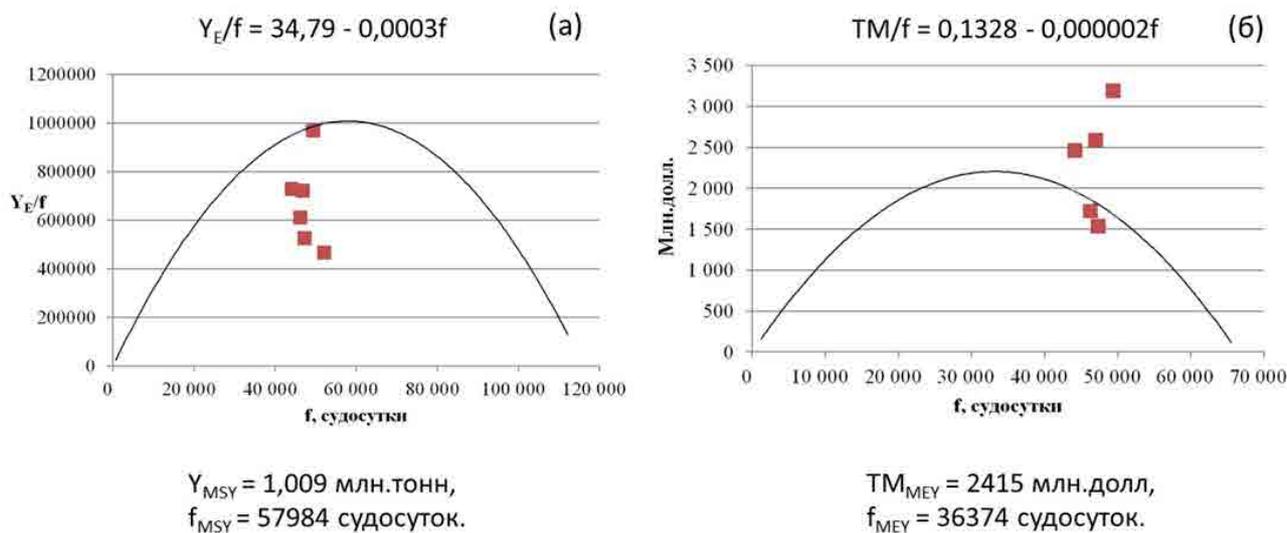


Рис. 1. Кривые общего вылова от промыслового усилия (а), маргинальной прибыли от промыслового усилия (б), соответственно рассчитанные ориентиры MSY и MEY. Красными квадратами обозначены годы по входным данным

Данные показатели схожи с результатом, рассчитанным на примере китов авторами Бородиным, Ефимовым и Васильевым (2014), где максимальный экономический вылов MEY получился меньше на 12 % максимального устойчивого улова MSY. В данной работе на примере трески также максимальная маргинальная прибыль находится на уровне промыслового усилия меньшем на 13 % уровня промыслового усилия максимального устойчивого улова.

Результаты данного исследования были представлены в октябре 2016 г. на отраслевом методологическом семинаре по изучению современных методов оценки запасов и рационального использования водных биологических ресурсов, где специалисты подведомственных институтов Росрыболовства проявили интерес к маргинальному подходу и отметили актуальность развития экономических исследований в отрасли. Также было замечено, что в ряде случаев только биологическое обоснование ОДУ в соответствии с Приказом Росрыболовства от 6 февраля 2015 г. № 104 не в полной мере отражает социальные и экономические реалии, а применение биоэкономического подхода дополнит их.

Литература

- Бородин Р.Г., Ефимов Ю.Н., Васильев Д.А. 2014. Биоэкономическая оптимизация промыслового использования морских биоресурсов / Р.Г. Бородин, Ю.Н. Ефимов, Д.А. Васильев // Труды ВНИРО, Т. 149 — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 25–32.
- Clark C.W. 1986. Bioeconomic modelling and fisheries management / C.W. Clark // J. Wiley and Sons, London and New York. — 389 p.
- Gordon H. S. 1953. An economic approach to the optimum utilization of fishery resources / H. S. Gordon // J.Fish.Res.Bd.Soc. 10. N 7. — P. 442–457.
- Graham M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery and application to North Sea trawling / M. Graham // J. Cons. Int. Explor. Mer. 10. — P. 264–274.
- Gulland J. A. 1971. Science and fishery management / J. A. Gulland // Exp.du Journal du Conseil International Pour L'Exploration de La Mer. 33. N 3. — P. 1–11.

Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 2014. Lisbon, Portugal. ICES CM 2014/ACOM:05. — 656 p.

Schaefer M.B. 1957. Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries / M. B. Schaefer // J.Fish.Res.Bd.Canada. 14. N 5. — P. 15–25.

УДК 639.22/.23

Сопряжение параметров окружающей среды с оценкой запаса скумбрии восточной в Центрально-Восточной Атлантике

Д.В. Артеменков, А.И. Никитенко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва
e-mail: artemenkov@vniro.ru

Ключевые слова: биостатистика, параметры окружающей среды, скумбрия, *Scomber colias*.

Аннотация. Учитывая дефицит промысловых данных стран-участников, произведена реализация сопряжения параметров окружающей среды с произведенной Рабочей группой ФАО (SPWG) оценкой запаса скумбрии восточной в Центрально-Восточной Атлантике и полученной по имеющейся промысловой статистике. Выявлено, что годы плавного прогрева атлантических вод у западноафриканского побережья совпадают с ростом запаса.

Введение

Ежегодно Рабочей группой ФАО по оценке запасов мелких пелагических рыб Северо-Западной Африки (SPWG) выполняется научная оценка состояния запасов пелагических рыб региона Центрально-Восточной Атлантики (ЦВА). На основании индексов обилия и аналитических оценок математических методов, в основном применяя продукционную модель Шефера и когортные модели XSA, ICA и LCA, Рабочая группа подготавливает рекомендации по ведению рационального промысла запасов пелагических рыб, в частности, скумбрии, ставриды, сардинеллы и сардины.

В соответствии с информацией Рабочей группы, состоявшейся в 2016 г., в настоящее время отмечается тенденция увеличения вылова скумбрии в течение последних десяти лет, который в 2015 г. достиг 350 тыс. т. По результатам работы SPWG определила установить уровень полной, а не чрезмерной, эксплуатации для скумбрии восточной *Scomber colias* (SPWG переименовала латинское название вида с 2016 г.) и одобрить рекомендацию по вылову на 2016 г. в объеме 340 тыс. т. При этом необходимо отметить, что рекомендация Рабочей группы по вылову скумбрии на 2015 г. составляла 280 тыс. т, а в 2014 г. — 257 тыс. т при последующем вылове 343 тыс. т.

Поскольку в распоряжении Рабочей группы отсутствуют серии промысловых данных всех стран, за исключением данных российского флота, отмечена необходимость поиска новых математических методов и подходов для оценки состояния запаса. Также рекомендовано искать способы сопряжения данных о запасах с параметрами окружающей среды. Поэтому целью настоящей работы является выяснение возможности сопряжения параметров окружающей среды с оценкой запаса скумбрии восточной в Центрально-Восточной Атлантике.

Материалы и методы

При выполнении научно-исследовательских работ по поиску новых математических методов и подходов, в том числе по сопряжению параметров окружающей среды с оценкой запаса, были использованы материалы отчетов Рабочей группы ФАО по оценке запасов мелких пелагических рыб Северо-Западной Африки (2016, 2015, 2014), а также данные промысловой статистики Центра системы мониторинга рыболовства и связи Росрыболовства по российскому флоту в Центрально-Восточной Атлантике. Для применения дополнитель-

ных модельных подходов по сопряжению данных о запасах с параметрами окружающей среды были использованы данные спутниковых измерений температуры поверхности океана.

Отсутствие в распоряжении SPWG данных о производительности промысла скумбрии всех стран-участников заставило использовать только данные российского флота для оценки состояния запаса, но для уменьшения ошибки результата решено стандартизировать промысловое усилие по методу обобщенных линейных моделей GLM (McCullagh, Nelder, 1989). Для стандартизации написан программный код, включивший параметры года, сезона промысла, количество вылова в сутки, широта вылова, долгота вылова и мощность судна в соответствии с формулой (1):

$$\ln(\text{CPUE}) \sim \text{Year} + \text{Month} + \text{SWT} + \text{Latitude} + \text{Longitude} \quad (1)$$

Исходя из рекомендации поиска способов сопряжения данных о запасе скумбрии с параметрами окружающей среды, на основании индексного подхода произведен расчет показателя обилия запаса — Catch Per Aquatory Effort (CPAE), который учитывал данные о вылове скумбрии по зонам, представленные в отчетах Рабочей группы, и данные по температуре поверхности океана (рис. 1), представленные в системе онлайн данных Джованни, разработанной и поддерживаемой NASA GES DISC. Для расчетов использованы данные об уловах промысловых флотов Марокко, Мавритании, России, ЕС, Сенегала и Гамбии по принятым на SPWG зонам за период 2003–2013 гг. Положение статистических квадратов в облавливаемых зонах представлено на рис. 1. Для возможности проведения расчетов температурные значения зоны Сенегала 1 и 2 были объединены.

По указанным квадратам были определены колебания температуры поверхности океана (ТПО) за период 2003–2014 гг., рассчитаны средняя годовая и медиана месячных дельт (разница месяцев прошедшего и предшествующего ему) ТПО. Для метода обобщенных линейных моделей (GLM) написан программный код, включивший параметры года, промысловый флот страны, площадь квадрата, средняя годовая и медианная месячных дельт ТПО в соответствии с формулой (2):

$$\ln(\text{CPAE}) \sim \text{Year} + \text{FleetPower} + \text{ZoneAquatory} + \text{MeanSST} + \text{MedianMonthsDeltaSST} \quad (2)$$

Результаты и обсуждение

На основе источника промысловой статистики Центра системы мониторинга рыболовства и связи Росрыболовства по российскому флоту были составлены входные данные за период с 2003 по 2015 гг. для их программной обработки методом GLM. В стандартизированных индексах CPUE отмечаются резкие скачкообразные колебания состояния запаса скумбрии (рис. 2), а в 2006 и 2010 гг. наблюдаются наименьшие значения индекса запаса. Но в целом за весь период расчетов видна тенденция увеличения индекса CPUE, что соответствует и подтверждает отклик увеличения общего вылова в течение последних десяти лет, отмеченный на Рабочей группе.

По результатам расчетов стандартизированный индекс обилия CPAE за период 2003–2013 гг. варьировал от 0,46 до 0,58 т/миль² (рис. 3). CPAE положительно коррелирует с общим уловом скумбрии (коэффициент корреляции 0,46) и аналогично с индексом CPUE (коэффициент корреляции 0,85), что отмечается в общие периоды снижения (2006, 2010, 2012 гг.) и увеличения (2007, 2011, 2013 гг.) уловов. За указанный период индекс обилия CPAE характеризует состояние популяции как стабильное, что подтверждается выводами о состоянии запаса, сделанными на Рабочей группе. Прослеживается взаимосвязь между колебаниями уловов, индексом обилия CPAE и ТПО. Так, в 2005, 2009, и 2012 г. снижение уловов скумбрии и индекса обилия были связаны с резким прогревом поверхностных вод. Данная океанологическая ситуация характеризуется скачками медианы месячных дельт ТПО от +0,2 до +0,3 °С (рис. 3). При плавном прогревании атлантических вод у западноафриканского побережья в 2007, 2011 и 2013 гг. медианы месячных дельт ТПО от 0,0 до –0,1 °С совпадают с увеличением уловов и ростом индекса обилия CPAE.

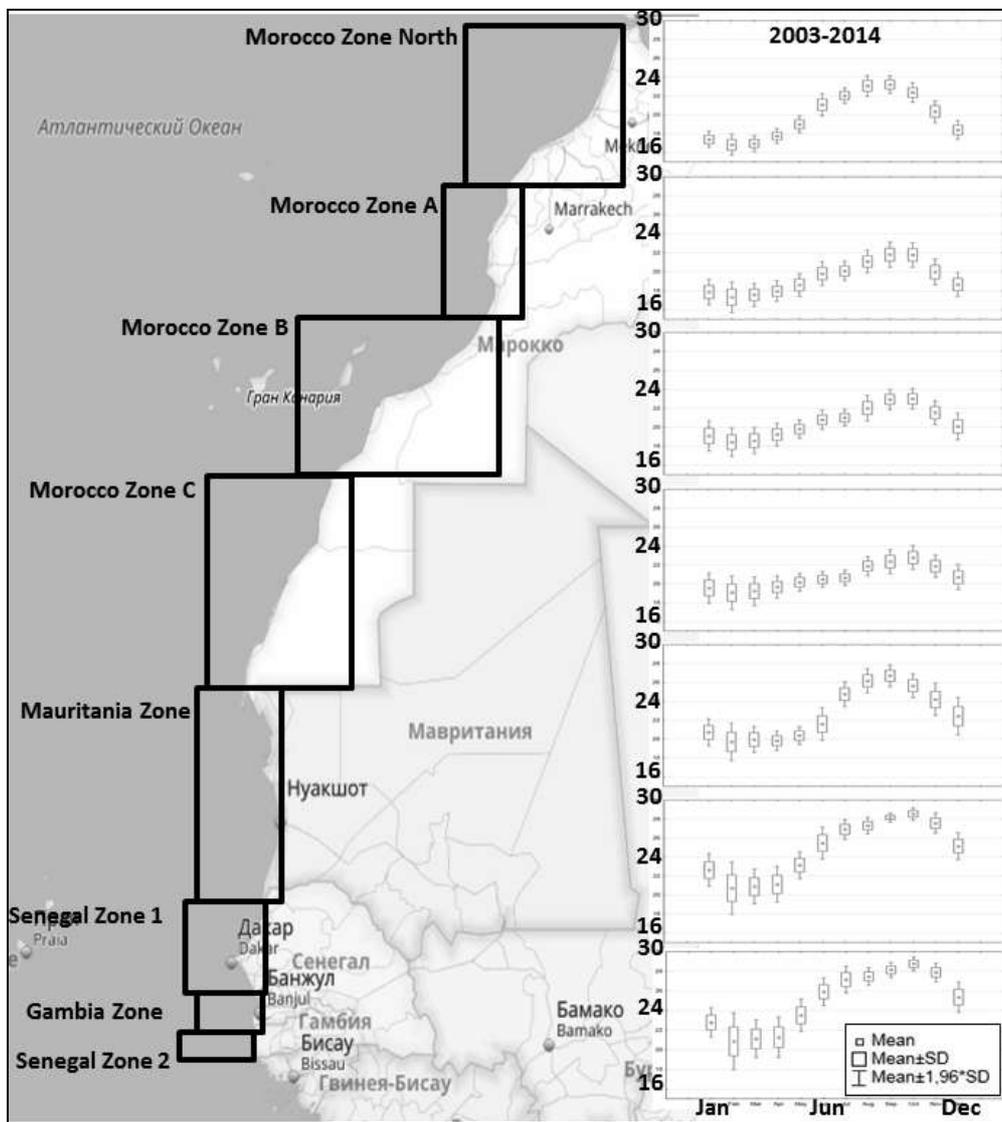


Рис. 1. Карта со сформированными квадратами в зонах промысла скумбрии ЦВА (слева) и соответствующая им динамика ТПО (справа)

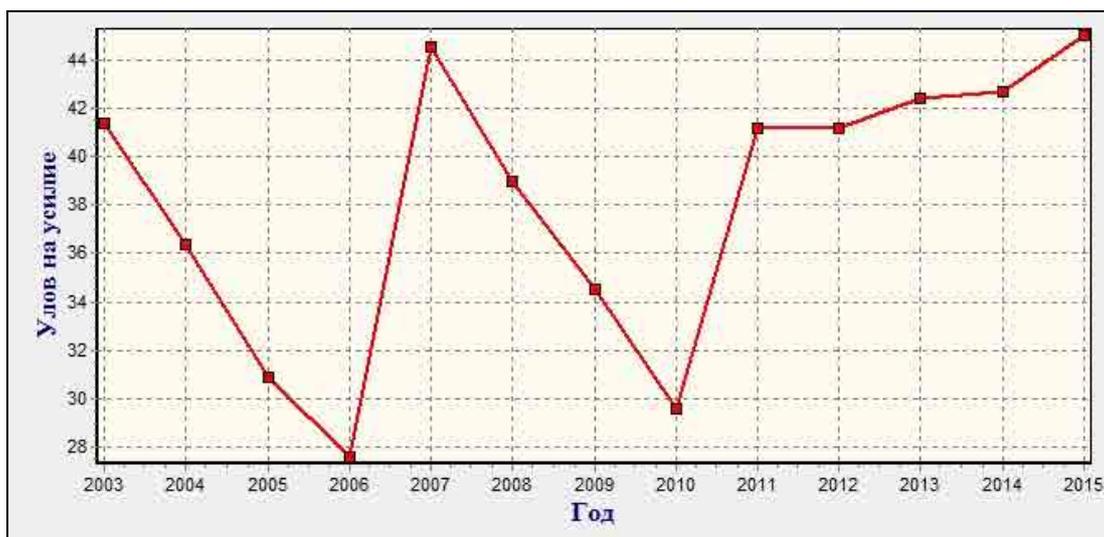


Рис. 2. Динамика стандартизированного промыслового усилия (CPUE) российского флота за период 2003–2015 гг.

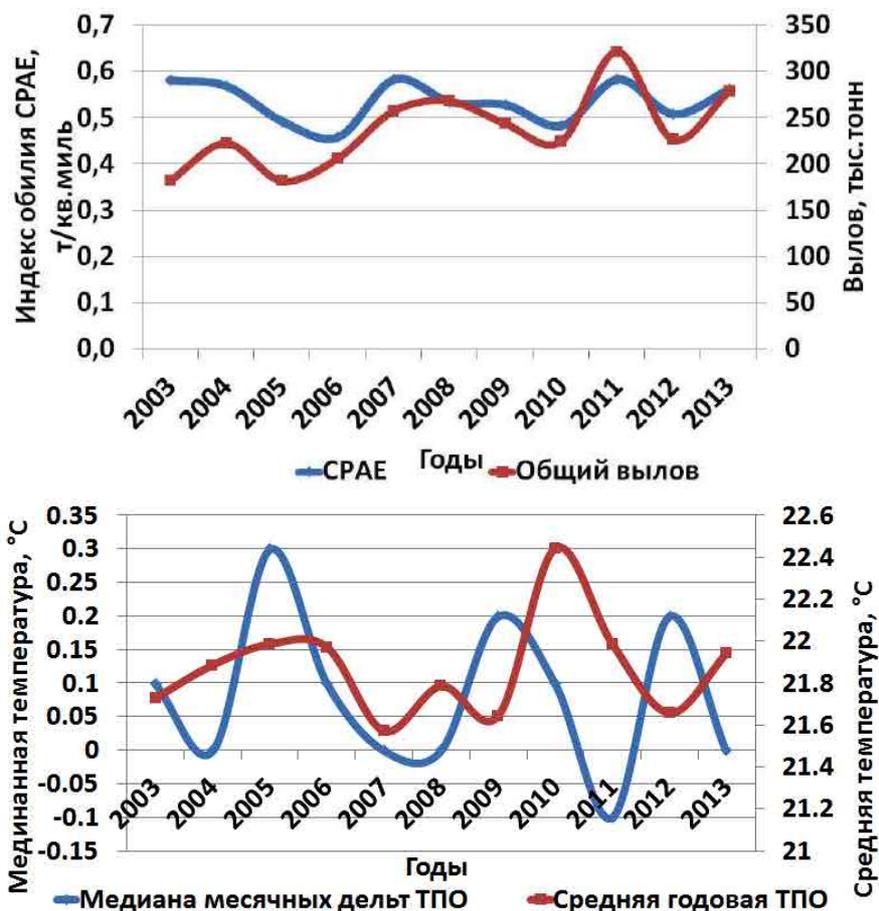


Рис. 3. Результаты расчетов индекса обилия CPUE по данным всех стран-участников промысла в сравнении общего вылова скумбрии (сверху) и медианы месячных дельт ТПО в сравнении со средней ТПО (внизу) за период 2003–2013 гг.

Выводы

1. Отмечен рост индексов запаса CPUE, CPUE и, следовательно, его биомассы при наблюдении средней годовой ТПО в пределах 21,6–22,1 °C и при медиане месячных дельт ТПО от 0,0 до –0,1 °C.
2. Поскольку в настоящее время Рабочая группа не располагает статистическими данными по вылову скумбрии всех стран-участников по установленным зонам за период после 2013 г., применение разработанного подхода с использованием средних годовых и медианны месячных дельт ТПО позволяет косвенно судить о состоянии запаса и возможном вылове скумбрии в 2014–2016 гг.

Литература

- McCullagh P., Nelder J. 1989. Generalized Linear Models / P. McCullagh, J. Nelder // Monographs on Statistics and Applied Probability. Chapman and Hall, London, 2 edition. Vol. 37. — 526 p.
- Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. 2016.
- Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. 2015.
- Report of the FAO Working Group on the Assessment of Small Pelagic Fish off Northwest Africa. 2014.

Влияние гидрологического режима р. Ертыс на естественное воспроизводство рыб ниже Шульбинской ГЭС

Б.С. Аубакиров, К.Б. Кабланов, Е.Е. Куматаев

Алтайский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства», г. Усть-Каменогорск
e-mail: baur4320@mail.ru

Ключевые слова: гидрология, урожайность молоди рыб, воспроизводство.

Аннотация. В статье изложены основные морфологические и гидрологические особенности р. Ертыс, приведены актуальные сведения по естественному воспроизводству и размерному составу молоди основных видов рыб на р. Ертыс.

Река Ертыс является основной водной артерией на востоке Республики Казахстан, постановлением Правительства РК от 3 ноября 2004 г. № 1137 («Об утверждении перечня рыбохозяйственных водоемов...») она отнесена к водоемам международного значения. Река Ертыс является трансграничным водотоком, берущим начало на территории КНР, протекающим по территории Казахстана и впадающим в р. Обь на территории Российской Федерации.

Протяженность р. Ертыс от Шульбинской ГЭС до границы с Павлодарской областью составляет 280 км. Река Ертыс ниже каскада водохранилищ является наименее морфологически измененным водоемом бассейна. Из-за проведения весенних попусков из Шульбинского водохранилища значительно изменен ее водный режим. Река Ертыс на участке от плотины Шульбинской ГЭС до г. Семей имеет выраженный горно-долинный характер. Русло извилистое, часто разветвлено протоками. Сравнительно спокойное течение в меженный период (0,6–1,0 м/с) чередуется со стремительным, на отдельных перекатах до 2,8–3,0 м/с. В период попусков скорость течения на равнинных участках увеличивается до 1,4–1,5 м/с. На данном участке р. Ертыс принимает с левого берега последний крупный приток — р. Шар, ниже по течению значительные притоки отсутствуют. По характеру питания р. Ертыс относится к Алтайскому типу водного режима со снежно-дождевым питанием. Оно снеговое на 50 % и более, на 25–30 % дождевое, остальное приходится на грунтовый сток.

Водный режим участка р. Ертыс от Шульбинской ГЭС до границы с Павлодарской областью во многом зависит от расходов Шульбинской ГЭС, в частности, от режима весенних попусков и транзитного пропуска вод весеннего половодья. В условиях не зарегулированного стока реки естественный паводок нарастает медленно. В настоящее время естественный паводок заменен на искусственный. В результате сократилась его продолжительность, рост уровня воды в реке, равно как и спад его в период попусков, происходит стремительно в течение 10–15 дней, летний паводок слабый.

Состояние и сроки нереста на р. Ертыс полностью зависят от искусственного паводка. По мере поступления паводковой волны в затоках и протоках, которые наполняются раньше и следовательно быстрее наступает прогрев воды и раньше нерестится рыба. В водоемах, расположенных ниже по течению, паводок наступает несколько позднее, сроки прогрева воды также сдвигаются, вследствие этого нерест рыб происходит в более поздние сроки.

В 2016 г., весенний паводок на р. Ертыс в районе Семиярки (рис. 1), также как и в 2015 г., начался значительно позже, чем в предыдущие годы. Паводковая волна, вызванная таянием снежных запасов и попусками из Шульбинского водохранилища, имела, ярко выражены характер. Высота паводковой волны в 2016 г. составила 3,06 мБС. Максимальное поднятие уровня р. Ертыс пришлось на апрель, когда гидрологический уровень реки повысился на 0,95 м. Максимальная отметка достигла 146,08 мБС. В начале второй декады мая Ертыс вернулся к своему бытовому уровню. Небольшие по мощности попуски Шульбинского водохранилища в конце июня вызвали небольшое повышение гидрологического уровня р. Ертыс (Отчет о научно-исследовательской работе ..., 2016).

О поста = 141,17 мБС

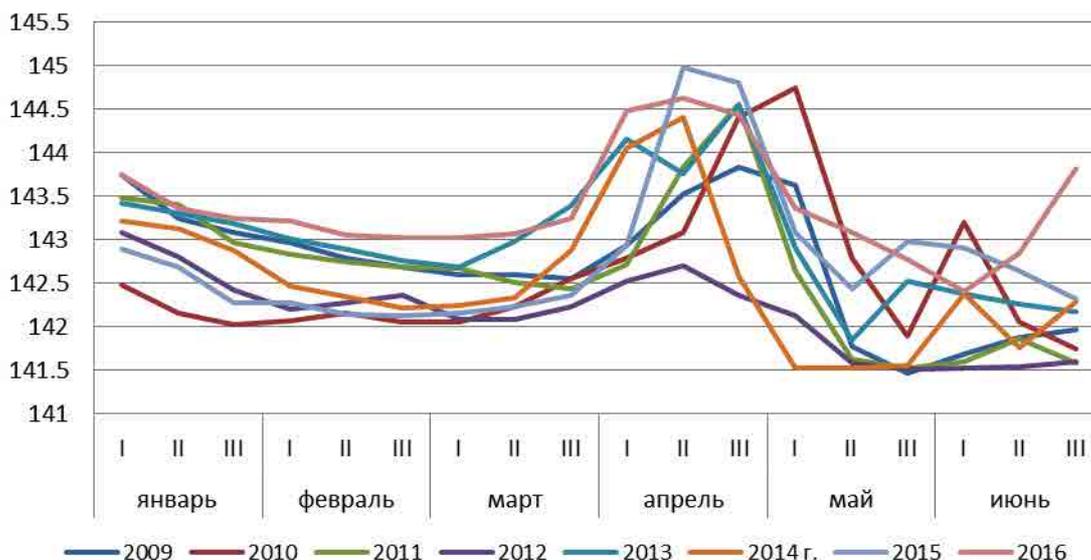


Рис. 1. Динамика уровня воды р. Ертис в створе гидропоста у с. Семиярка за ряд лет (по среднедекадным данным в мБС)

Среднегодовое значение гидрологического уровня р. Ертис в 2016 г. был самым высоким за последние 10 лет (табл. 1).

Таблица 1. Изменение отметки уровня воды в отдельные периоды 2007–2016 гг. на р. Ертис (в створе гидропоста у с. Семиярка)

Год исследований	Отметка уровня на 1 апреля, мБС	Максимальная отметка уровня, мБС	Средний уровень воды за год, мБС
2007	143,08	144,74	142,51
2008	144,23	144,66	142,20
2009	142,71	146,40	142,27
2010	142,73	145,76	142,24
2011	142,49	144,74	142,21
2012	142,35	143,05	141,94
2013	144,16	144,88	142,37
2014	143,96	144,73	142,23
2015	142,68	147,37	142,49
2016	145,13	146,08	143,24

В 2016 г. вследствие мощной и продолжительной по времени паводковой волны произошло затопление поймы р. Ертис, что возможно благоприятно отразится на прохождении нереста и нагуле молоди рыб. В результате искусственных пусков воды через плотину Шульбинской ГЭС, в заливах р. Ертис создаются хорошие условия для нереста рыб, особенно ранненерестующего комплекса — щуки, язя, плотвы, окуня. Прекрасные условия нереста создаются для рыб-фитофилов, т.к. при подъеме воды заливается не только прошлогодняя растительность, но и молодая свежая поросль, служащая хорошим субстратом для нереста плотвы, окуня, леща, сазана. Однако, следует отметить, что искусственный паводок не совпадает по срокам с естественным, а отсюда, и со сроками нереста отдельных видов рыб (лещ, карась, сазан), что снижает эффективность их естественного воспроизводства. Кроме того, слишком раннее начало паводка и поступление холодных масс

воды из нижних слоев Шульбинского водохранилища также ухудшают условия воспроизводства.

К середине июня искусственный паводок на р. Ертис заканчивается. После спада воды, отнерестившаяся рыба частично спускается в речную систему, определенная часть остается в глубоких затомах с подходящими условиями существования. В них остаются, как правило, только щука, карась, линь и неполовозрелая молодь и сеголетки прочих рыб. Часть водоемов сильно мелеет и пересыхает, оставшаяся в них молодь гибнет.

В 2016 г. высокие показатели урожайности молоди наблюдались у малоценных видов рыб таких как уклея — 6,3 экз/м³, елец — 6,4 экз/м³ и пескарь — 10,1 экз/м³. Численность промысловых видов рыб на данном участке р. Ертис сравнительно небольшая из этого следует, что и урожайность данных видов небольшая, например сазан — 0,1 экз/м³, окунь — 0,5 экз/м³, плотва — 0,08 экз/м³, щука — 0,01 экз/м³. Ценные и редкие виды рыб занесённых в Красную книгу Республики Казахстан в ходе исследований не отмечены, зафиксирован один представитель чужеродной ихтиофауны — уклея (Правдин, 1966; Коблицкая, 1966; Коблицкая, 1966).

Самая высокая урожайность молоди окуня — 0,25 экз/м³ зафиксирована на ст. Семиярка. На участке р. Ертис, ст. Зевакино, по частоте встречаемости доминируют сеголетки окуня — 88 % и плотвы — 15 % (табл. 2).

Таблица 2. Урожайность молоди рыб р. Ертис ВКО в 2016 г.

Станция	Показатели	Виды рыб						
		сазан	карась	плотва	окунь	шиповка	линь	щука
Зевакино	Урожайность, экз/м ³	0,01	0,01	0,03	0,15	–	–	–
	Частота встречаемости,	7,4	7,4	14,9	70,3	–	–	–
Семиярка	Урожайность, экз/м ³	–	–	0,05	0,25	0,03	0,01	0,01
	Частота встречаемости,	–	–	15	65	10	5	5
Орленок	Урожайность, экз/м ³	–	–	–	0,14	0,018	–	–
	Частота встречаемости, %	–	–	–	88	12	–	–

В табл. 3 представлена размерно-весовая характеристика молоди на р. Ертис в верхней части реки до Шульбинского водохранилища и последней по течению реки станции наблюдения. На ст. Семиярка молодь крупнее по размерным и весовым показателям, т.к. здесь рыба нерестится и подрастает раньше и соответственно выходит на нагул. Одной из причин может быть, что скорость течения воды ниже, чем на остальных станциях, а температура воды выше. На основе проведенных исследований было отмечено, что молодь рыбы выросла, т.к. результаты уловов в среднем показали, что молодь плотвы выросла до 39 мм, молодь окуня до 51 мм (Коблицкая, 1966).

Таким образом, влияние гидрологического режима на естественное воспроизводство рыб в р. Ертис ниже Шульбинской ГЭС заключается в следующем:

- при благоприятных гидрологических условиях существенно улучшаются условия нереста рыб за счет заливания луговой растительности и увеличения нерестовых площадей, что способствует повышению урожайности молоди;
- обводняются затоны р. Ертис, периодически улучшаются условия обитания рыб;
- искусственный паводок не совпадает по срокам с естественным, поэтому благоприятные условия нереста создаются не для всех видов рыб;
- раннее начало паводка и приток холодных масс воды из нижних слоев Шульбинского водохранилища негативно влияет на условия воспроизводства рыб.

Таблица 3. Размерно-весовая характеристика активной молодежи рыб р. Ертис ВКО, 2016 г.

Станция	Вид рыбы	Средняя длина, мм	Средний вес, г
Зевакино	Сазан	59	4
	Плотва	39	1
	Окунь	51	2
	Карась	58	5
Орленок	Шиповка	60	1
	Окунь	47	2
Семиярка	Плотва	39	1
	Окунь	48	2
	Шиповка	74	2
	Щука	81	3
	Линь	47	1

Литература

Коблицкая А.Ф. 1966. Изучение нереста пресноводных рыб.— М.: Пищепром. — С. 40–43.

Коблицкая А.Ф. 1966. Определитель молодежи рыб дельты Волги. — М.: Наука. — 165 с.

Об утверждении перечня рыбохозяйственных водоемов (участков) международного и республиканского значения: Пост. Прав. РК 03.11.2004 г. № 1137. — Астана, 2004. — 1 с.

Отчет о научно-исследовательской работе «Определение рыбопродуктивности рыбохозяйственных водоемов и/или их участков, разработка биологических обоснований общих допустимых уловов рыбы и других водных животных, режиму и регулированию рыболовства на рыбохозяйственных водоемах международного, республиканского значений и водоемах ООПТ Ертисского бассейна, а также оценка состояния рыбных ресурсов на резервных водоемах местного значения» — Астана.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищепром. — 376 с.

УДК 504.4.054

Современное состояние некоторых рыбохозяйственных участков широтного отрезка Средней Оби

З.М. Ашурова, А.И. Гильмутдинова, И.Т. Хайруллова

БУ ВО «Сургутский государственный университет», г. Сургут
e-mail: zuhra00164@gmail.com

Ключевые слова: качество воды, рыбное хозяйство, водные объекты, водотоки, антропогенное воздействие на гидросферу.

Аннотация. Выполнена оценка экологического состояния некоторых левобережных участков русла Средней Оби в начале и пике половодья, намеченных для рыборазведения. Осуществлялся отбор проб воды в контрольных створах для гидробиологического и гидрохимического анализа.

Бассейн Средней Оби является одним из крупнейших рыбохозяйственных бассейнов России. Здесь обитает более 20 видов рыб, в т.ч. 14 промысловых, таких как нельма *Stenodus leucichthys*, муксун *Coregonus muksun*, пелядь *Coregonus peled*, сибирский осётр *Acipenser*

baerii, стерлядь *Acipenser ruthenus*, таймень *Hucho taimen* и др. (Обзор состояния окружающей среды города Сургута, 2006). Бассейн Средней Оби является единственным рыбохозяйственным участком, где обитает муксун *Coregonus muksun*.

Однако, с началом освоения Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции в 50-е гг. XX в. резко возросла интенсивность антропогенной нагрузки. В последние десятилетия наблюдается изменение режима стока рек, нарушение кислородного режима, загрязнение водных объектов нефтепродуктами, хлоридами и другими соединениями, сопутствующими нефтегазодобыче. В результате возрастающей антропогенной нагрузки происходит сокращение рыбопродуктивности водоемов, некоторые ценные промысловые виды рыб стали редкими, в Красную книгу ХМАО в 1997 г. был занесен сибирский осётр *Acipenser baerii*. В настоящее время актуальным является вопрос выбора участков водных объектов для искусственного рыборазведения.

В данной работе выполнена оценка экологического состояния некоторых левобережных участков русла Средней Оби, намеченных для рыборазведения.

Исследования выполнялись на различных участках русла Средней Оби и протоках в период начала и пика половодья с мая по июль 2016 г. Пробы отбирались в 9 контрольных створах. Пробы анализировались по 9 показателям химического состава с использованием стандартных методов, принятых в гидрохимических исследованиях («Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных...», 2007). В пробах исследовали: рН потенциометрическим методом, удельную электропроводность электрометрическим методом, общую жесткость, растворенный кислород, БПК₅, перманганатную окисляемость и хлориды титриметрическим методом. Кроме того, осуществлялся отбор проб воды для гидробиологического анализа кормовой базы рыб. Результаты гидрохимического анализа проб воды представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты гидрохимического анализа проб воды

Наименование водотока	Дата	Т, °С	рН	УЭП, мкСм	Общая жесткость, ммоль/л	О ₂ , мг/л	О ₂ , % нас.	БПК ₅ , мг/л	Перманганатная окисляемость, мг/л	Хлорид-ионы, мг/л
ПРОТОКА ПОКОМАС:										
исток	22.05.2016	9	7,28	53	0,9	8,9	96	1,89	3,84	Менее 10
главное русло		19	7,63	89	0,7	Нет данных		2,24	Менее 10	
устье		19	7,62	85	0,85	8,8	95	3,57	1,54	Менее 10
ПРОТОКА 1:										
исток	04.06.2016	16	6,62	53	0,6	4,9	50,3	<0,5	1,52	Менее 10
главное русло		16	7,10	79	0,95	6,35	65,2	<0,5	12,1	Менее 10
устье		16	7,09	83	1,05	4,64	47,6	<0,5	10,97	Менее 10
ПРОТОКА 2:										
исток	04.06.2016	19	7,15	98	0,9	4,9	50,3	2,36	12,16	Менее 10
главное русло		16	7,26	97	1,05	5,7	58,5	<0,5	10,56	Менее 10
устье		16	7,28	93	1,15	5,96	61,2	<0,5	10,88	Менее 10
ПРОТОКА 1:										
исток	30.06.2016	19	7,48	89	0,85	3,2	35,4	2,18	12,54	23,4
главное русло		19	7,30	89	1,4	3,47	38,4	2,45	14,9	Менее 10
устье		19	7,27	89	1,25	2,13	23,6	1,96	16,07	Менее 10

Наименование водотока	Дата	T, °C	pH	УЭП, мкСм	Общая жесткость, ммоль/л	O ₂ , мг/л	O ₂ , % нас.	БПК ₅ , мг/л	Перманганатная окисляемость, мг/л	Хлорид-ионы, мг/л
<i>ПРОТОКА 2:</i>										
главное русло	30.06.2016	19	7,17	92	1,5	4,46	49,3	2,97	12,54	Менее 10
устье		19	7,33	91	1,35	3,84	42,5	2,66	10,19	Менее 10
<i>ПРОТОКА ПОКОМАС:</i>										
исток	11.07.2016	20	7,11	Нет данных	1,6	8,82	102,54	4,41	19,99	10,64
главное русло		20	6,86		1,75	8,14	94,63	5,49	21,56	11,34
устье		20	7,28		1,45	6,64	77,19	1,31	16,464	14,889

Температура воды за период исследования изменялась в диапазоне от 16 до 20 градусов. Максимальные значения отмечены в июле в прот. Покомас.

pH. На рис. 1 представлены значения pH проб воды. Значения водородного показателя pH в прот. Покомас соответствуют нормативу качества воды для рыбного хозяйства, кроме пробы, отобранной в июле месяце из главного русла протоки. Это значение составляет 6,86. Однако, это значение не выходит за пределы диапазона нормативных значений pH для водных объектов рыбохозяйственного назначения. В прот. 1 р. Обь значения pH соответствуют нормативу качества воды для рыбного хозяйства, кроме истока реки в начале июня. В прот. 2 р. Обь значения pH во всех точках отбора проб за все время соответствуют нормативу качества воды для рыбного хозяйства.

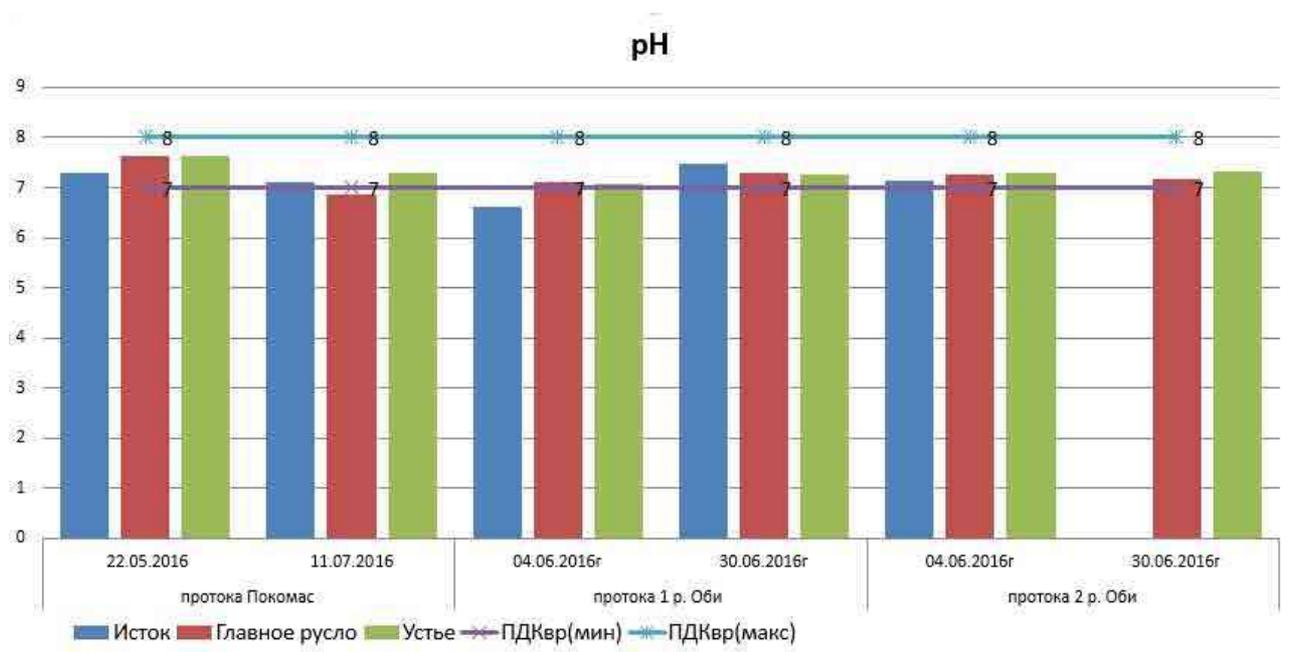


Рис. 1. Значение водородного показателя pH

Общая жесткость. На рис. 2 представлены значения общей жесткости и удельной электро-проводности. Вода в прот. Покомас по показателю общей жесткости соответствует категориям «очень мягкая» (до 1,5 ммоль/л) в трех точках отбора в мае и в устье прот.

Покомас, отобранной в июле. Категории «мягкая» (от 1,5 до 4,0 ммоль/л) соответствует вода в истоке и главном русле прот. Покомас, отобранные в пик половодья.

Вода в прот. 1 и в прот. 2 р. Обь соответствует категориям «очень мягкая» (до 1,5 ммоль/л) во всех точках отбора проб за весь период исследования.

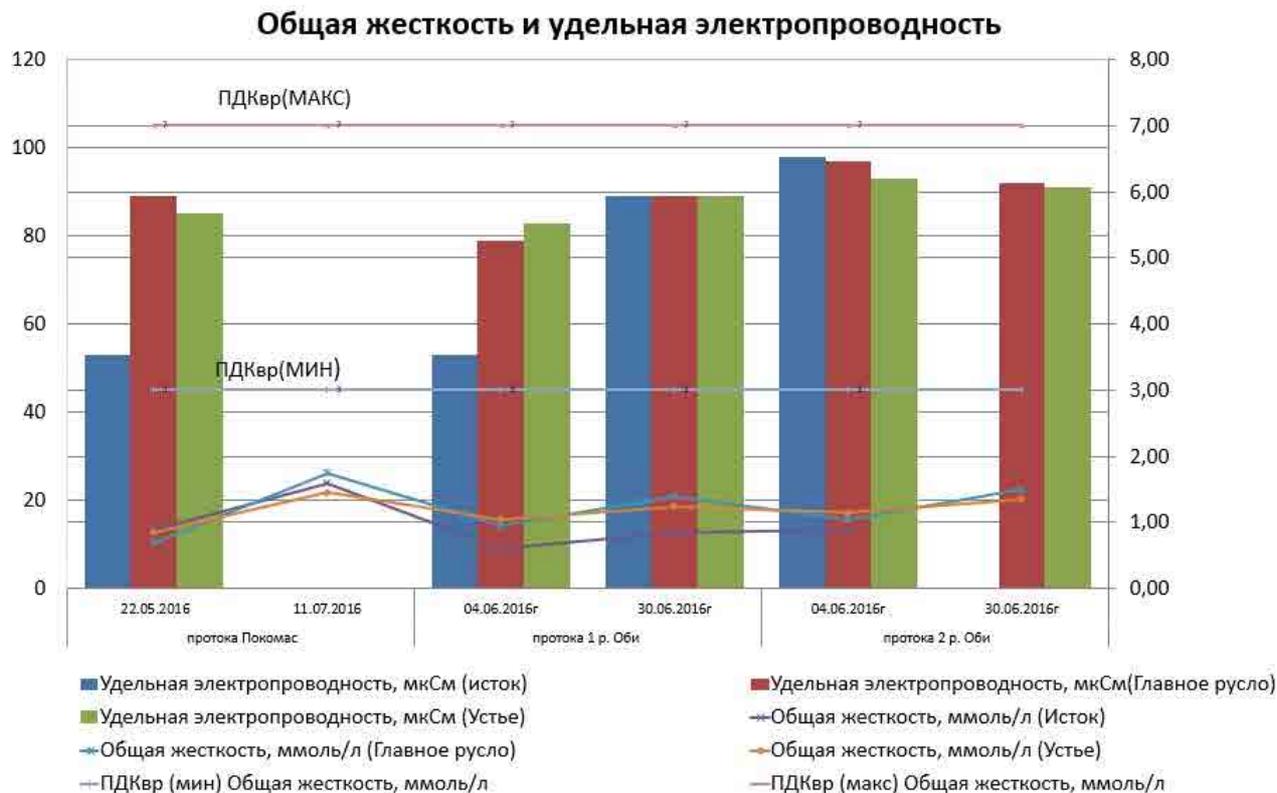


Рис. 2. Значения общей жесткости и удельной электропроводности

Кислород. На рис. 3 представлены значения концентрации O_2 в $мг/дм^3$ и в % нас. проб воды. В прот. Покомас концентрация кислорода опустилась ниже нормативного значения в устье протоки в июле. Остальные значения удовлетворяют нормативным значениям качества воды для рыбного хозяйства. Во всех точках отбора проб в протоках 1 и 2 р. Обь за все время наблюдается дефицит кислорода.

БПК₅. На рис. 4 представлены значения БПК₅ и перманганатной окисляемости. Пробы воды с истока прот. Покомас, отобранной в мае, и проба воды с устья прот. Покомас, отобранной в июле, соответствуют категории вод «очень чистые». Значения БПК₅ в прот. Покомас превышают норматив вод для рыбохозяйственного назначения (до 2,0 мг/л) и соответствуют категории вод «удовлетворительно чистые» (устье в мае и главное русло в июле) и категории «слабо загрязненные» в главном русле протоки в июле. Вода в прот. 1 р. Обь в трех точках отбора в начале июня не превышают норматив и относятся к категории вод «предельно чистые». Проба из устья реки, отобранная 30 июня, не превышает норматив и соответствует категории воды «очень чистое». Пробы истока и главного русла превышают норматив и относятся к категории вод «чистое». Вода в прот. 2 р. Обь в главном русле и устье реки в начале июня не превышают нормативное значение (до 2,0 мг/л) и относятся к категории вод «предельно чистое». Исток реки в начале июня превышает норматив, относится к категории «очень чистое». Значения проб главного русла и устья, отобранные в конце июня также превышают норматив и относятся к категории водоема «очень чистое».

ПО. По показателю содержания органических веществ, окисляемых кислородом перманганата калия, вода прот. Покомас не превышала нормативное значение (до 10 мг/л) в мае, но превысил значение в трех точках отбора в июле. В протоке 1 р. Обь показатель перманганатной окисляемости, превышает нормативное значение (до 10 мг/л) во всех точках

отбора проб за все время и относятся к категориям водоема «грязное», «очень грязное» и «предельно грязное», кроме пробы истока реки в начале июня месяца, значение которой составляет 1,52 мг/л и относится к категории водоема «очень чистое». В прот. 2 р. Обь показатель перманганатной окисляемости превышает нормативное значение (до 10 мг/л) во всех точках отбора проб за все время и относится к категориям водоема «грязное».



Рис. 3. Значения O_2 и O_2 нас. проб воды

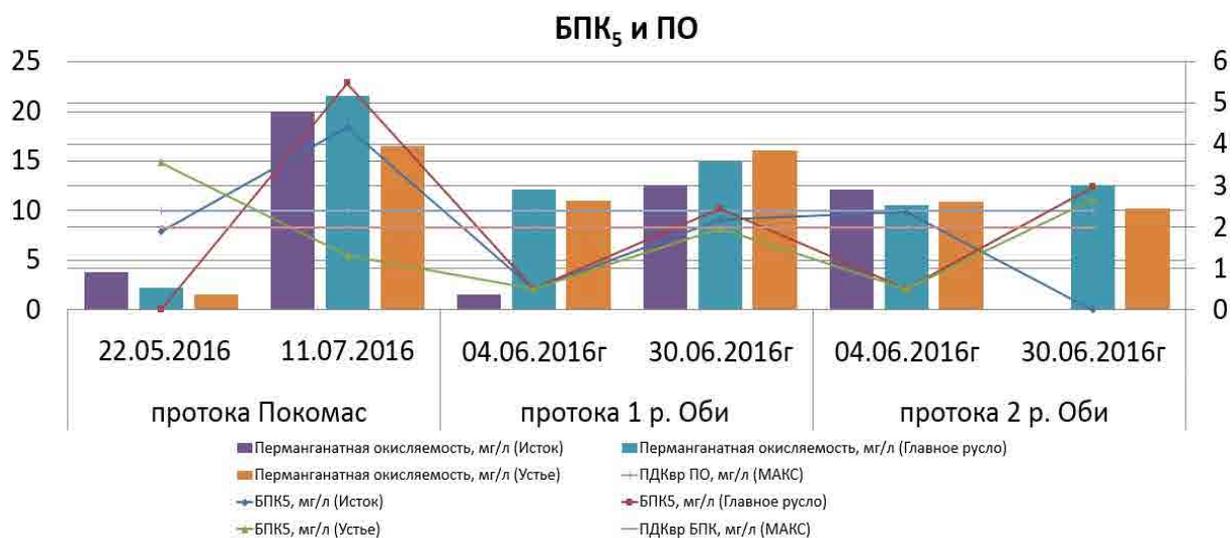


Рис. 4. Значения БПК₅ и перманганатной окисляемости

Хлориды. На пике половодья в пробах прот. Покомас в 4 пробах обнаружена концентрация хлорид-ионов в диапазоне 10,64–23,4 мг/л, что значительно ниже норматива ПДК_{вр} и не превышает фоновых значений для водных объектов Среднего Приобья (Шорникова, 2007). На пике половодья концентрация хлорид-ионов во всех пробах была ниже предела обнаружения аналитической методики и составляла менее 10 мг/л.

Таким образом, выявлены участки на левобережных протоках Средней Оби, вполне пригодные для рыборазведения по комплексу показателей химического состава. Кормовая база рыб представлена преимущественно ракообразными. Результаты исследования проб

воды на наличие гидробионтов представлены в табл. 2. Главными лимитирующими факторами для развития кормовой базы рыб является температура воды и концентрация растворенного кислорода.

Таблица 2. Результаты исследования проб воды на наличие гидробионтов

Водоем	Дата	Таксоны	Численность, экз/м ³	
Протока Покомас, исток	22.05.2016	Copepoda	15100	
		Daphniiformes	1700	
Протока Покомас, главное русло		Copepoda	123225	
		Daphniiformes	6750	
Протока Покомас, устье		Copepoda	88300	
		Daphniiformes	3400	
		Rotatoria	18400	
Протока 1, исток		04.06.2016	Daphniiformes	128300
			Copepoda	55000
Rotatoria			11700	
Протока 1, главное русло	Daphniiformes		15000	
	Copepoda		5100	
Протока 1, устье	Daphniiformes		96600	
	Copepoda		50000	
	Rotatoria		16600	
Протока 2, исток	04.06.2016		Daphniiformes	55000
			Copepoda	10000
Rotatoria			1700	
Протока 2, главное русло			Daphniiformes	68300
		Copepoda	56000	
Протока 2, устье		Rotatoria	11700	
		Daphniiformes	16700	
Copepoda		8306		
Протока 1, исток		30.06.2016	Daphniiformes	6700
			Copepoda	6700
Протока 1, главное русло	Daphniiformes		19400	
	Copepoda		5500	
Протока 1, устье	Daphniiformes		15000	
	Copepoda		13300	
Протока 2, исток	30.06.2016		Daphniiformes	Нет данных
			Copepoda	
Протока 2, главное русло		Daphniiformes	10000	
		Copepoda	3900	
Протока 2, устье		Daphniiformes	18900	
		Copepoda	3900	

Водоем	Дата	Таксоны	Численность, экз/м ³
Протока Покомас, исток	11.07.2016	<i>Daphniiformes</i>	11600
		<i>Copepoda</i>	41600
Протока Покомас, главное русло		<i>Daphniiformes</i>	21700
		<i>Copepoda</i>	3400
Протока Покомас, устье		<i>Daphniiformes</i>	8400

Научный руководитель: доцент кафедры экологии СурГУ, к.б.н. Шорникова Елена Александровна.

Литература

Методические рекомендации по планированию, организации и ведению мониторинга поверхностных водотоков: гидрохимические и микробиологические методы / Шорникова Е.А. — Сургут: Дефис, 2007. — 88 с.

Обзор состояния окружающей среды города Сургута 2006–2010 гг. — Сургут: Дефис, 2011. — 98 с.

Шорникова Е.А. 2007. Характеристика гидрохимического режима водотоков широтного отрезка Средней Оби // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. № 2. — С. 57–73.

УДК: 639.2.081.19:556.55 (470.46)

Любительское рыболовство как фактор лимитирующий запасы водных биоресурсов Волго-Каспийского бассейна (Астраханская область)

В.В. Барабанов

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: barabanov2411@yandex.ru

Ключевые слова: любительское рыболовство, водные биоресурсы, вылов, общий допустимый улов, запасы.

Аннотация. Дан анализ современного развития любительского рыболовства в Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне (Астраханская область) и его влияния на водные биологические ресурсы. Показано, что рыболовами-любителями наносится ущерб рыбным запасам региона за счёт изъятия зрелых производителей и младшевозрастных групп. Отмечено, что увеличение вылова водных биоресурсов любительским рыболовством связано с либерализацией правового регулирования этого вида деятельности.

В последние годы на водных объектах Астраханской области широкое развитие получило любительское рыболовство, что связано с высокой транспортной доступностью внутренних водных объектов региона и некоторой иллюзией изобилия рыбных запасов.

С целью любительского лова рыбы ежегодно регион посещает более 2–2,5 млн рыболовов-любителей. Объектами любительской рыбалки являются ценные промысловые рыбы — судак, сазан, сом, щука, жерех, вобла, а также ряд менее ценных видов рыб, относящихся к группе — прочие.

Актуальной является задача оценки влияния любительского рыболовства на водные биологические ресурсы, необходимая для разработки оптимального регламента этого вида деятельности с целью сохранения и рационального использования рыбных запасов региона.

Работа выполнена в Каспийском научно-исследовательском институте рыбного хозяйства. Исследования проводились на водных объектах Волго-Ахтубинской поймы, западных подстепных ильменях и в дельте р. Волга.

В работе использовалась разработанная методика оценки общей численности рыболовов-любителей, посетивших водные объекты Астраханской области, и подсчета объема выловленных ими водных биологических ресурсов, утвержденная на Ученом совете ФГБНУ «КаспНИРХ».

Любительское рыболовство в Астраханской области осуществляется по направлениям — организованное, неорганизованное и спортивное. Основная масса рыболовов-любителей относится к иногородним, в большей мере неорганизованным рыболовам-любителям.

Организованное любительское или рекреационное рыболовство осуществляется на рыболовно-туристических базах на платной основе. Для организации рыболовной деятельности в Астраханской области выделено 49 рыбопромысловых участков и распределены квоты на вылов рыбы. Минимальная оценка количества рыболовно-туристических баз действующих в регионе составляет более 500 и более 200 объектов находятся в стадии строительства.

Наибольшее количество туристических баз сосредоточено в системах Кировского, Гандуринского и Главного банков, т.е. основной прессинг организованного любительского рыболовства приходится на центральную и западную части дельты р. Волги.

Видовой состав любительских уловов был представлен 21 видом рыб из 5 семейств ихтиофауны Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна: карповых (лещ, густера, сазан, вобла, карась, краснопёрка, чехонь, синец, толстолобик, линь, плотва, жерех, язь, белоглазка), окунёвых (окунь, судак, берш и ёрш), щуковых (щука), сомовых (сом) и сельдевых (сельдь-черноспинка).

Запасы рыб, для которых устанавливается общий допустимый улов, являющихся основными объектами и промысла, и любительского рыболовства (вобла, лещ, сазан, судак, сом и щука), в последние годы не растут, оставаясь на одном уровне (около 160 тыс. т).

Современный вылов **воблы** уменьшился по сравнению с периодом 1990-х гг. в 7 раз, что подтверждает сокращение запасов этого ценного промыслового вида. В связи с селективностью промышленных орудий лова, чрезмерного изъятия младших возрастных групп воблы из водоема от этого вида рыболовства не наблюдается, доля воблы в неводах непромысловых размеров составляет 2,9 %. Запасы этого вида традиционно эксплуатируются любительским рыболовством. При этом по оценкам доля вылова рыболовами-любителями от общего допустимого улова (ОДУ) воблы составляет 27,9 %. Это изъятие, как и по другим видам рыб, в основном осуществляется сверх установленных объемов ОДУ. По данным исследований доля рыб в уловах рыболовов-любителей, размеры которых не соответствовали правилам рыболовства, составила 72,0 %.

Судак — ценный промысловый вид Волго-Каспийского бассейна. В 1990-е гг. его уловы достигали 3,5 тыс. т. Современные — не превышают 500 т. Современная популяция находится в депрессивном состоянии. Доля судака непромысловых размеров (ниже 37 см), добываемого промышленностью составляет 30,5 %. Судак активно вылавливается рыболовами-любителями, доля его вылова оценивается от ОДУ не менее 81,5 %. Основная масса судака в уловах рыболовов-любителей представлена особями, чья длина ниже разрешенного лимита. По оценкам их доля составляет порядка 64,4 %.

Последние 5 лет вылов **сазана** составляет около 1,0 тыс. т ежегодно, в то время как в 1990-е гг. уловы достигали 4,1 тыс. т. В современный период численность сазана невелика, промысловые запасы находятся на стабильно низком уровне. Доля сазана непромысловых размеров (менее 40 см), добываемого промышленностью, — 17 %. Доля сазана ниже разрешенных размеров в уловах рыболовов-любителей составляет более 85 %. Вместе с тем, при подводной охоте преимущественно выбиваются трофейные экземпляры элитных размеров, чем наносится ущерб эффективному воспроизводству.

Промысловые уловы **сома** в последние 10 лет изменялись в пределах от 4,4 до 8,5 тыс. т. Доля сома ниже разрешенных 60 см в промысловых уловах составляет 27,5 %. Доля рыб ниже разрешенных размеров в уловах рыболовов-любителей составляет 63,8 %.

Щука — ранненерестующий вид, образует после распаления льда преднерестовые скопления, которые легко облавливаются. Запасы щуки пока находятся в удовлетворительном состоянии. В связи с повышенным спросом на щучью икру, интерес к этому виду в последние годы значительно возрос. Доля щуки ниже разрешенных размеров 37 см в промысловых уловах составляет 4,9 %. В ближайшей перспективе численность и запасы щуки будут уменьшаться. Доля вылова щуки рыболовами-любителями от ОДУ оценивается до 20 %. Доля рыб ниже разрешенных размеров (32 см) в уловах рыболовов-любителей составляет 32,5 %.

В Волжско-Каспийском рыбохозяйственном бассейне в 1990-е гг. уловы **леща** составляли до 18 тыс. т или более 30 % от общей добычи пресноводных рыб. В 2014 г. уловы уменьшились до 8,1 тыс. т. Доля леща ниже разрешенных размеров (24 см) в промысловых уловах составила 12,8 %. Доля рыб, с размерами ниже разрешенных, в уловах рыболовов-любителей составила 70,0 %.

Анализ биологических характеристик рыб — объектов любительского рыболовства показал, что большое количество рыб в отличие от рыбы в уловах промышленного рыболовства, представлено в уловах младшими возрастными группами и рыбами с длинами ниже предусмотренных правилами рыболовства. Ежегодно любительским рыболовством вылавливается 7–9 тыс. т рыбы, составляющей 20–30% от промышленного вылова всего региона, при этом вылов воблы достигает 28 % от ОДУ промышленного рыболовства, судака — 82 %, сазана — 47 %, щуки — 20 %. Таким образом, любительское рыболовство стало одним из факторов воздействия на водные биоресурсы региона, лимитирующих их численность.

Промысловизация любительского рыболовства связана с современным развитием правового регулирования данного вида промысла, которое идёт по пути либерализации в направлении увеличения возможностей эксплуатации популяций водных биоресурсов путем ввода послаблений в отношении сроков, районов и орудий лова рыбы рыболовами-любителями при полном исключении нормы вылова на одного рыболова-любителя в сутки.

Необходимо скорейшее введение ограничений для любительского рыболовства, включающих суммарную норму вылова водных биоресурсов на одного рыболова-любителя в сутки, лимит на вывоз и транспортировку добытой рыбы с водоёма, запрет на заготовку (посол, вяление, копчение и др.) в местах лова, с тем, чтобы любительское рыболовство действительно осуществлялось в целях удовлетворения личных потребностей и в рекреационных целях.

УДК 665.213.014:577.112.38

Новые технологии производства рыбного жира и продуктов на его основе

Ю.А. Баскакова, А.Г. Артёмова, Н.П. Боева

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: bav@vniro.ru

Ключевые слова: рыбный жир, пищевой жир, полиненасыщенные жирные кислоты, антиокислитель.
Аннотация. В тезисах представлены данные по сравнительному исследованию ферментативного и теплового способа получения рыбного жира из голов лососевых рыб; данные по исследованию технологических параметров получения концентрата ПНЖК омега-3 из рыбного жира; данные исследования влияния антиокислителей на концентрат ПНЖК омега-3.

Рыбный жир и продукты его переработки являются ценным источником биологически активных веществ, в первую очередь, незаменимых полиненасыщенных эйкозапентаеновой и докозагексаеновой жирных кислот и жирорастворимых витаминов А и Д (Ржавская, 1976).

Рыбная промышленность обладает большим сырьевым потенциалом для производства рыбных жиров, включая печень рыб массовых видов промысла (трески и минтая), подпрессовых бульонов, образующихся при производстве кормовой муки из рыбы, а также отходы разделки рыбы на пищевую продукцию (внутренние органы и головы рыб). Из жиросодержащего рыбного сырья можно получать медицинские, пищевые, ветеринарные жиры, а также техническую продукцию, в частности биодизельное топливо (Мукатова, 2012; Боева, 2017).

По данным статистики годовое производство рыбного жира в России находится на уровне менее 1,5 тыс. т, тогда как имеющие аналогичную сырьевую базу Норвегия, Япония, США являются лидерами и производят до 142 тыс. т в год (Мировое производство рыбной продукции, 2016), поэтому поиск и изучение возможных источников рыбного жира, разработка новых технологий выделения и продуктов на его основе имеют важное значение для рыбной отрасли.

В последние годы с развитием биотехнологической промышленности появилось большое количество ферментных препаратов протеолитического действия. С их помощью можно эффективно извлекать жиры из печени рыб и отходов рыбопереработки (Патент 2478695; Байдалинова). Так, новым сырьевым источником для получения пищевого рыбного жира могут быть отходы от разделки лососевых рыб, например, головы рыб рода *Oncorhynchus*. Были изучены два способа: ферментативный и тепловой. В результате сравнительного исследования было установлено, что выход пищевого жира, полученного ферментативным способом, на 8–9 % выше, чем выход жира, полученного тепловым способом. По органолептическим и качественным показателям жир, полученный ферментативным способом, характеризуется лучшими показателями: прозрачный, светло-жёлтого цвета, без постороннего запаха; кислотное, перекисное и альдегидное числа значительно ниже в сравнении с показателями качества жира, полученного тепловым способом. Изучение жирнокислотного состава показало, что в жире, полученном ферментативным способом, сумма ЭПК и ДГК на 5 % выше, чем в жире, полученном тепловым способом, что позволяет использовать его как самостоятельный продукт, так и в качестве сырья для получения лечебно-профилактических продуктов или БАД к пище гипохолестеринемического, общеукрепляющего и иммуномодулирующего действия (Артёмова, 2013; Боева, 2015).

Большое значение имеют рыбные жиры, получаемые при производстве кормовой муки из рыбы из подпрессовых бульонов (Боева, 2008).

Пищевые рыбные жиры, которые характеризуется высоким суммарным содержанием ПНЖК омега-3 (до 35 %) и преобладающей фракцией которых являются триглицериды (не менее 88 %), могут быть использованы для получения концентрата ПНЖК омега-3. Основными технологическими стадиями получения являются: переэтерификация рыбного жира с целью получения этиловых эфиров жирных кислот, их концентрирование с помощью комплексообразования с мочевиной и очистка полученного концентрата.

Было изучено влияние температуры, количества вводимого этанола и концентрации катализатора, в качестве которого был использован гидроксид калия, на выход этиловых эфиров жирных кислот в процессе переэтерификации рыбного жира. Были построены математические модели, обработка которых позволила установить оптимальные параметры проведения реакции переэтерификации: температура 30 °С, время 3 ч, количество щелочи 0,74 % к массе жира и количество этанола 46 % к массе жира. При повышении температуры выше 40 °С не происходит существенного увеличения выхода этиловых эфиров, но естественным образом интенсифицируется процесс гидролиза с другими побочными реакциями, приводящими к получению темно окрашенного продукта и дополнительным потерям целевого продукта (Баскакова, 2015).

Фракционирование этиловых эфиров жирных кислот осуществляли методом комплексообразования жирных кислот с мочевиной и отделением аддуктов насыщенных и мононенасыщенных жирных кислот кристаллизацией. Мочевина способна создавать комплексные соединения со спиртами, кислотами при условии, что в их молекулах содержатся длинные неразветвленные цепи, образуя гексагональную кристаллическую ячейку из шести молекул мочевины. Молекулы прямолинейного строения располагаются в каналах ячеек мочевины. Полиненасыщенные жирные кислоты омега-3 имеют спиралеобразную форму за счёт

наличия большого количества двойных связей от 2 до 6, поэтому не образуют комплексы с мочевиной. Так как жирнокислотный состав жиров зависит от вида рыб и сезонности вылова, а именно характеризуется различным соотношением насыщенных и полиненасыщенных жирных кислот, необходимо было установить минимальное количество мочевины для полного извлечения насыщенных жирных кислот из жиров с различным содержанием НЖК. На основе данных молярных соотношений для жирных кислот было рассчитано теоретическое количество мочевины, требуемое для комплексообразования насыщенных жирных кислот и мочевины. На основе лабораторных экспериментов было установлено рациональное количество вносимой мочевины к массе этиловых эфиров жирных кислот, которое составляет 133 % от расчетного. Так, при содержании насыщенных жирных кислот 38 % необходимо внести 150 % мочевины и 600 % этанола. Было также установлено, что процесс необходимо проводить при постепенном охлаждении до температуры 4–5 °С, что позволит получить целевой продукт с содержанием ПНЖК не менее 90 % с потерями не более 1 %.

Полученный концентрат ПНЖК омега-3 представляет собой прозрачную темную маслянистую жидкость, поэтому требует дополнительной очистки. Известен высокоэффективный метод очистки полученного концентрата на двухступенчатой установке молекулярной дистилляции в тонкой гравитационно стекающей пленке жидкости (Сидоров, 2004). Но так как процесс дистилляции требует специального дорогостоящего оборудования, была рассмотрена очистка методом адсорбционной хроматографии.

В процессе работы подбиралось минимальное эффективное количество сорбента необходимое для снижения концентрации побочных продуктов, придающих концентрату ПНЖК омега-3 темную окраску и посторонний запах, до необходимого уровня. Очистка полуфабриката этиловых эфиров полиненасыщенных жирных кислот осуществлялась за счет поглощения примесей абсорбентами, которые добавляли в количестве 2 % к массе концентрата этиловых эфиров полиненасыщенных жирных кислот, процесс проводили в течение 2 ч при температуре 40 °С. При более высокой температуре происходит разложение полиненасыщенных жирных кислот. Наилучшей смесью оказалась смесь, включающая отбелную глину, активированный уголь и алюмосиликаты в соотношении 3:3:4 (Баскакова, 2015). Полученный продукт был светло-желтого цвета с запахом, свойственным этиловым эфирам ПНЖК, без прогорклости, содержал ПНЖК омега-3 92 %, имел кислотное число 0,7 мг КОН/г, перекисное число — 1,5 ммоль акт. кислорода/кг. На разработанную технологию получен патент (Патент 2614587).

Также в процессе получения концентрата ПНЖК омега-3 образуются ценные побочные продукты, которые могут быть переработаны: сырой глицерин с содержанием глицерина 70 %, кормовой жир (концентрат насыщенных жирных кислот) и технический жир (концентрат ПНЖК).

Важным вопросом разработки технологии продуктов на основе жиров является их стабилизация от окислительной порчи в процесс хранения. Для установления срока годности концентрата ПНЖК омега-3 было проведено исследование влияния антиоксидантов: токоферолов, инола, трет-бутилгидрохинона и эфирных масел: лимона, апельсина, пихты и укропа. Было установлено, что в контрольном образце без антиоксиданта показатели качества в процессе 15-месячного хранения превышают уровень ПДК, а анализ изменения жирнокислотного состава показал, что накопление продуктов окислительной порчи сопровождается увеличением содержания насыщенных и уменьшением содержания биологически активных полиненасыщенных жирных кислот омега-3, а также происходит ухудшение органолептических показателей. Исследование влияния эфирных масел лимона и укропа в сочетании с трет-бутилгидрохиноном на показатели качества и органолептические характеристики концентрата ПНЖК омега-3 показало, что они могут быть использованы в качестве антиоксидантов и для улучшения и маскировки его вкусовых характеристик: введение эфирного масла укропа позволяет повысить эффективность стабилизации концентрата ПНЖК омега-3 и, соответственно, снизить токсичность и сохранить биологическую ценность продукта. Хранение концентрата ПНЖК омега-3 с введением трет-бутилгидрохинона и эфирного масла лимона или укропа следует осуществлять при температуре 5–8 °С не более 12 мес.

Полученный продукт может быть предназначен для пищевых целей, для получения биологически активных добавок к пище и для производства лечебно-профилактических продуктов на основе рыбных жиров с содержанием ПНЖК омега-3 не менее 55 %, качество которых соответствует санитарно-эпидемиологическим требованиям к рыбным жирам, и действие их направлено на повышение терапевтического эффекта при лечении и профилактике заболеваний сердечно-сосудистой системы и нарушений иммунитета.

Таким образом, поиск новых сырьевых источников получения рыбного жира и возможные пути решения их промышленной переработки с целью производства рыбного жира и лечебно-профилактических продуктов на их основе, изучение влияния антиоксидантов на стабильность рыбных жиров и продуктов на их основе и установлении срока их годности позволит увеличить рентабельность рыбоперерабатывающей промышленности России, расширить ассортимент продуктов отечественного производства и создать конкуренцию импортным товарам. Также вовлечение отходов рыбопереработки может позволить снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Литература

Агафонова С.В. 2016. Оптимизация биотехнологического процесса выделения из рыбного сырья жира с повышенным содержанием ПНЖК / С.В. Агафонова, Л.С. Байдалинова // IV Международный балтийский морской форум. V Международная научно-практической конференция «Пищевая и морская биотехнология»: тезисы докладов. Ч. 8. — Калининград: Изд-во БГАРФ. — С. 6–7.

Артемова А.Г. 2013. Технология получения жира пищевого из голов лососевых рыб ферментативным способом // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова. Т. 9. № 2. — С. 8–16.

Баскакова Ю.А. 2015. Разработка технологии биологически активной добавки к пище «Концентрат омега-3» / Ю.А. Баскакова, Н.П. Боева // Рыбное хозяйство. №. 5. — С. 96–101.

Боева Н.П. 2008. Технология рыбы и рыбных продуктов. Кормовые и технические продукты из водных биологических ресурсов / Боева Н.П., Бредихина О.В. Бочкарев А.И. — М.: Изд-во ВНИРО. — 118 с.

Боева Н.П. 2016. Технология жиров из водных биологических ресурсов: Монография / Н.П. Боева, О.В. Бредихина, М.С. Петрова, Ю.А. Баскакова. — М.: Изд-во ВНИРО. — 108 с.

Мировое производство рыбной продукции 2009–2013 гг. (по материалам ФАО). — М.: Изд-во ВНИРО, 2016. — 68 с.

Мукатова М.Д. 2012. Обоснование и разработка технологии производства биодизеля из жиросодержащих рыбных отходов / М.Д. Мукатова, Н.Т. Чан // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. № 2. — С. 158–163.

Патент 2478695. Замылина Д.В., Боева Н.П., Сергиенко Е.В., Макарова А.М. Способ получения жира из печени рыб. Опубл. 10.04.2013. Бюл. № 10. Дата подачи заявки 22.04.2011.

Патент 2614587. Боева Н.П., Баскакова Ю.А. Способ получения витаминизированного концентрата этиловых эфиров полиненасыщенных высших жирных кислот из рыбного жира. Дата подачи заявки 10.12.2015. Решение о выдаче 27.02.2017.

Ржавская Ф.М. 1976. Жиры рыб и морских млекопитающих. — М.: Пищевая промышленность. — 472 с.

Сидоров Н.Н. 2004. Разработка технологии биологически активной добавки к пище «Концентрат-ω3». Изучение её биологической активности / Н.Н. Сидоров, Н.П. Боева, В.М. Белоцерковец, А.М. Макарова, Ю.А. Шатилова (Ю.А. Баскакова), А.Г. Конопляников // Прикладная биохимия и технология гидробионтов: Труды ВНИРО. — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 143–148.

Применение инструмента управления качеством при разработке стандартов на продукцию из водных биоресурсов

Е.С. Беломытцева, И.Н. Игонина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: standards@vniro.ru

Ключевые слова: управление качеством, стандарты, продукция, филе тресковых рыб.

Аннотация. Главным критерием оценки качества продукции и её конкурентоспособности является выбор потребителя. Стандарты являются неотъемлемой частью качества, но также стандарты на продукцию удовлетворяют технологические возможности производителя и запросов потребителя. Ярким примером такого взаимодействия служит ГОСТ Р 56417-2015 «Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». Технические условия».

В последнее время в Российской Федерации все большее внимание уделяется качеству продуктов питания. Потребители стали более изобретательно подходить к выбору продуктов из-за высокой стоимости и большого ассортимента.

Правительство страны также озаботилось сохранением качества, что было изложено в разработанной и утвержденной в 2016 г. «Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года».

Выбор потребителя является главным критерием оценки качества продукции и её конкурентоспособности. Однако при производстве продуктов питания недостаточно ориентироваться только на желания потребителя, промышленность должна иметь технологическую возможность обеспечения нормативно-технической документацией для осуществления этих потребностей.

Стандарты являются неотъемлемой частью качества, но также стандарты на продукцию удовлетворяют технологические возможности производителя и запросов потребителя.

Ярким примером такого взаимодействия служит ГОСТ Р 56417-2015 «Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». Технические условия».

Филе рыбы мороженое представляет собой отдельный вид мороженой рыбопродукции с высокой добавленной стоимостью, обладающей широким спросом у населения и используемой также для получения различной пищевой рыбной продукции. Прекрасным в гастрономическом и технологическом отношении сырьем для изготовления филе служат треска, пикша, сайда. Наиболее высокого качества филе из этих рыб получается при изготовлении его из свежей рыбы в районе промысла (первичная заморозка).

Треска, пикша и сайда принадлежат к особому типу диетических рыб — с белым нежирным мясом. Продукты из таких рыб, особенно филе, очень популярны как у нас в стране, так и в развитых странах Запада, они считаются важнейшим элементом здорового питания. Производством продуктов из филе первичной заморозки этих рыб занята огромная индустрия в Европе и Северной Америке. В России тоже поняли разницу между первично и вторично замороженным филе рыбы. Мороженое филе, изготовленное из свежих трески, пикши, сайды, без применения пищевых добавок, с использованием шоковой заморозки — это высококачественный и полезный продукт.

Учитывая всплеск интереса к проблемам качества и необходимость создания условий для внедрения Системы подтверждения качества российской продукции в целях добровольного подтверждения соответствия продукции с присвоением товарного знака «Высокое качество», актуальна разработка национальных стандартов, устанавливающих более высокие требования к качеству продукции. В связи с этим разработана национальная стандарт ГОСТ Р 56417-2015 «Филе тресковых рыб мороженое «Экстра». Технические условия» своевре-

менна, отвечает целям и задачам Концепции Системы подтверждения качества российской продукции и направлена на обеспечение выпуска конкурентоспособной рыбной продукции.

Стандарт способствует повышению конкурентоспособности отечественной рыбопродукции, предоставлению имущества российским изготовителям на внешнем и внутреннем рынках продовольственных товаров.

Литература

Дунченко Н.И. и др. 2010. Квалиметрия и управление качеством в пищевой промышленности: Учебник / Н.И. Дунченко, В.С. Кочетов, В.С. Янковская, А.А. Коренкова. — М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. — 287 с.

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. Утверждено распоряжением Правительства Российской Федерации от 29 июня 2016 г. № 1364-р.

УДК 574.583

Трофологическая характеристика гребневика мнemiопсиса и кильки обыкновенной в Каспийском море

М.Г. Бирюкова¹, А.М. Камакин²

¹Астраханский государственный технический университет (ФГБОУ ВО АГТУ), г. Астрахань

²Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: mizuiro@yahoо.com

Ключевые слова: гребневик, зоопланктон, килька обыкновенная, питание, трофология, *Mnemiopsis leidyi*.

Аннотация. Целью работы являлось определение основных планктонных организмов, входящих в спектр питания гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz и одного из его основных пищевых конкурентов — кильки обыкновенной *Clupeonella delicatula* Borodin, а также изучение особенностей трофологии гребневика в новых для вселенца экологических условиях Каспийского моря.

В весенне-осенний период 2016 г. был выполнен отбор проб желетельных организмов и отлов кильки обыкновенной для проведения трофологических исследований. Произведен анализ пищевого комка из гастро-васкулярной полости (ГВП) гребневика и желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) кильки обыкновенной, согласно методике обработки проб в лабораторных условиях (Методическое пособие по изучению питания..., 1974), для определения качественного и количественного состава кормового зоопланктона.

В ходе исследования было выявлено, что основным компонентом в питании изучаемых объектов являются веслоногие ракообразные отр. Copepoda. И у мнemiопсиса, и у кильки обыкновенной доля представителей отряда Copepoda составляет 40–76 % от общего состава кормового зоопланктона. Вторыми по доступности компонентами являются личинки усоногих рачков отр. Cirripedia — 12,2 % у гребневика мнemiопсиса, и 14,5% у кильки обыкновенной. Также в рацион питания обоих организмов входят личинки двустворчатых моллюсков кл. Bivalvia — Lamellibranchia и яйца беспозвоночных.

В вегетационный период 2016 г., в рассматриваемых районах доминирующим кормовым компонентом гребневика и кильки обыкновенной служили веслоногие ракообразные, что подтверждает перестройку экосистемы Каспийского моря в результате массового развития желетелого организма.

Введение

Одним из перспективных направлений исследований является изучение адаптационных возможностей гребневика *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, чужеродного для Каспия организма с агрессивной «г-стратегией» развития вида. Его проникновение и массовое развитие приводит к глобальному изменению уникальной экосистемы Каспийского моря, поэтому необходимо прогнозирование дальнейшего развития инвазии. Для всех Прикаспийских госу-

дарств экологические исследования формирований устойчивых связей популяции гребневика с аборигенной флорой и фауной, по-прежнему, остаются актуальными, т.к. его дальнейшее развитие представляет угрозу экосистеме и подрывает кормовые ресурсы. Это в итоге не позволяет в полной мере восстановиться запасам рыб-планктофагов, в частности — кильки обыкновенной *Clupeonella delicatula* и анчоусовидной кильке *Clupeonella engrauliformis*. До сегодняшнего момента основной акцент делался на изучение таких популяционных характеристиках гребневика, как общая численность и биомасса, среднестатистические экстерьерные показатели, площадь ареала, а также сезонное и многолетнее распространение вселенца (Камакин, 2005, 2010; Kamakin, 2013). Однако должного внимания питанию гребневика не уделялось. Изучаются теоретические вопросы морских экосистем Каспия — определение структуры, т.е. основных звеньев в трофических цепях и основных этапов биологического круговорота (вещества и энергии) (Грин, 1990; Камакин, 2005).

На основе вышеизложенного целью работы являлось определение основных планктонных организмов, входящих в спектр питания гребневика, а также изучение особенностей трофологии мнемипсиса в новых для вселенца экологических условиях Каспийского моря и одного из его основных пищевых конкурентов — кильки обыкновенной. Данная информация является базовой и позволит определить уровень трофического пресса мнемипсиса на зоопланктонное сообщество и на все уровни трофической пирамиды экосистемы Каспия в целом.

Материалы и методы

В течение всего вегетационного периода осуществлялся сбор гидробиологических и ихтиологических проб на акватории российского сектора Северного и Среднего Каспия. Это районы с широким спектром глубин, от 5 до 800 м. Пробы отбирались из верхнего фотического, наиболее прогретого продуктивного слой моря 0–50 м.

Летом и осенью 2016 г. был собран и проведен анализ пищевого комка из гастровакулярной полости мнемипсиса для определения качественного и количественного состава кормового зоопланктона. Для трофологических проб гребневиков отлавливали зоопланктонными сетями (Джеди) или её разновидностями («ИКС-50», «Апштейна»). Далее у всех выловленных особей определялись длина и объем тела, затем особи фиксировались 95%-ным раствором спирта и транспортировались в лабораторию для обработки в стационарных условиях. С помощью бинокулярного микроскопа и камеры Богорова велся подсчет кормовых зоопланктонных организмов находящихся в гастровакулярной полости гребневика мнемипсиса. С помощью определителя был установлен видовой состав зоопланктона из пищевого комка гастровакулярной полости гребневика и из желудочно-кишечного тракта кильки обыкновенной (Бирштейн, Виноградов, 1968).

Результаты и их обсуждение

Сведения трофологического характера о спектре питания гребневика в Каспийском море необходимо рассматривать в совокупности с корреляционной связи между такими факторами как: температура воды, средними экстерьерными показателями гребневика (длина и вес тела), количество особей с пустой гастровакулярной полостью (ГВП), а так же концентрацией организмов мнемипсиса и интенсивностью его питания (табл. 1).

Таблица 1. Средние значения экстерьерных характеристик мнемипсиса, собранного на протяжении всего вегетационного периода 2016 г. в основных районах Каспия

Районы исследования	Средний вес, г	Средняя длина, мм	Количество особей с пустой ГВП, экз.
Северный Каспий	1,2	13	3
Средний Каспий	2	20	8

В августе–октябре сбор трофологического материала по оценке таксономического состава гастровакулярной полости гребневика проводился в местах максимальных скоплений гребневика на акватории Северного и Среднего Каспия. Здесь было отобрано для анализа

38 гастроваскулярных полостей у гребневиков с длиной тела от 6 до 20 мм. В сентябре основная масса интенсивно питающегося мнемииопсиса встречалась на юго-западе Среднего Каспия в открытом районе моря над глубинами до 100 м, что также подтверждается данными из литературных источников (Камакин, 2005, 2010; Kamakin, 2013).

В гастроваскулярной полости (ГВП) мнемииопсиса были идентифицированы следующие объекты питания, которые значительно колебались в зависимости от сезона года. Установлено, что в августе у особей мнемииопсиса длиной 6–20 мм встречаемость с пустой гастроваскулярной полостью в Среднем Каспии достигает до 27 %.

В летний период в пищевом комке ГВП мнемииопсиса, обитающего в Среднем Каспии, было обнаружено 5 пищевых компонентов, отражающих соотношение основных эколого-таксономических групп зоопланктонного сообщества: копепоидиты и науплии веслоногих раков отр. Copepoda, р. *Acartia* — 50–64 % соответственно; науплиусы *Balanus improvisus* отр. Cirripedia — 25 %. Отмечались в пробах и особи с пустой ГВП, доля которых от общего числа просмотренных особей составила 23 % соответственно (рисунок).

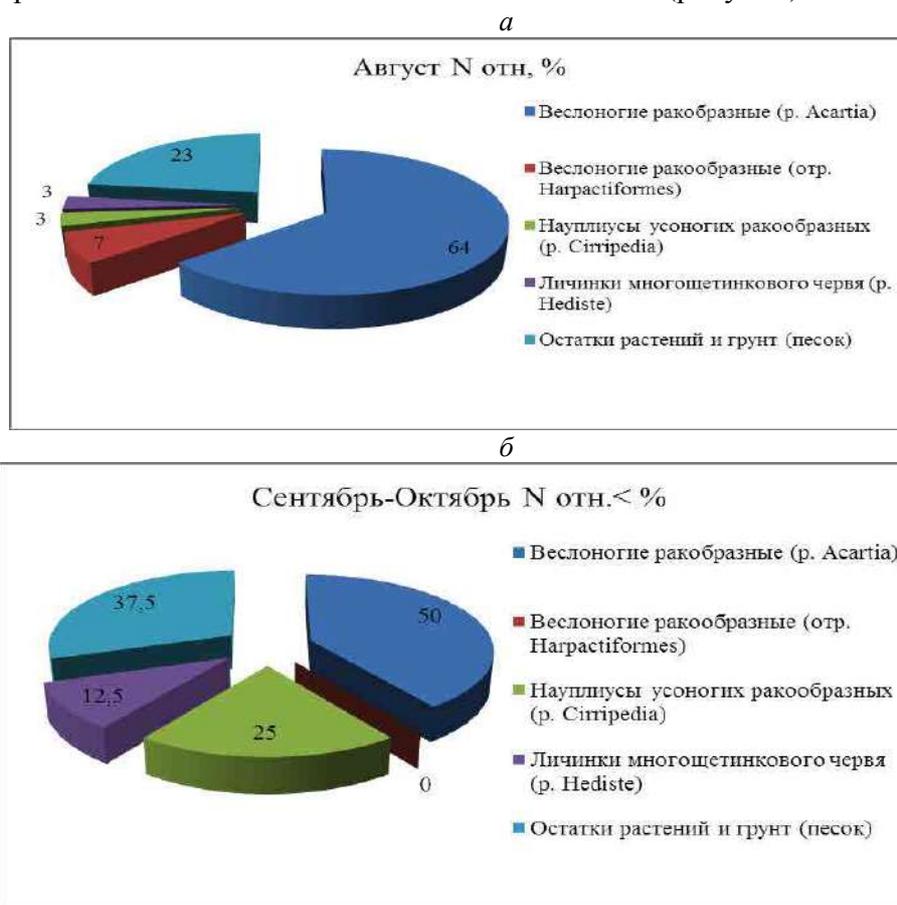


Рисунок. Спектр объектов питания (%), в гастроваскулярной полости (ГВП) гребневика *Mnemiopsis leidyi*, в зависимости от сезона 2016 г.: а — лето (август); б — осень (сентябрь–октябрь)

Условия питания мнемииопсиса в осенний период в Северном и Среднем Каспии были несколько хуже, чем в августе. Это доказывает гораздо большее присутствие в пробах гребневиков с пустой гастроваскулярной полостью — 37,5 %. В то время как в летний период этот показатель составляет 23 %.

Следует отметить, что в этот период ловчий аппарат особей с пустой ГВП или с незначительным содержанием пищи, почти всегда был забит твердыми частичками неорганического происхождения (взвесь, песок), либо остатками детрита. Вероятно, это связано с сезонными гидрометеорологическими особенностями условий мест обитания гребневика в Каспийском море. В осенний период отмечалось большое количество штормовых дней с повышенной мутностью воды. Поднятая волнением моря взвесь

прилипала к поверхности лопастей и в свою очередь значительно снижала эффективность работы ловчего аппарата желетелых.

Спектр питания исследуемого вида рыб отличался большим разнообразием. В рационе обыкновенной кильки в летний период отмечено 14 таксонов. В состав пищевого комка входили представители веслоногих ракообразных: *Acartia tonsa*, *Calanipeda aquadultis*, р. *Euritemora*, р. *Halysuclops*, сем. Harpacticidae и их науплиальные и личиночные особи. Ветвистоусые ракообразные были представлены родами: *Podon*, *Podonevadne*, *Evadne*, *Bosmina* и *Cornigerius*. Последний из перечисленных являлся редким и даже случайным компонентом. Среди коловраток были обнаружены представители родов *Keratella* и *Branchionus*. Планктические формы личиночных стадий развития донных беспозвоночных отмечаются представителями родов *Bivalvia* и *Cirripedia*. Редким компонентом в желудочно-кишечном тракте являлись: имаго насекомых, паразиты, остатки растений и песка.

Доминирующим кормовым объектом являлись веслоногие рачки отр. Copepoda, среди которых преобладали представители рода *Acartia*. Второстепенной пищей служили науплии баянуса р. *Balanus* из отряда усонюгих раков *Cirripedia*, а на некоторых участках личинки Lamellibranchia двустворчатых моллюсков кл. *Bivalvia*. Из ветвистоусых раков отр. Copepoda, обыкновенная килька отдавала предпочтение представителям родов *Bosmina* и *Podon* sp. (табл. 2).

Таблица 2. Встречаемость объектов питания в желудочно-кишечном тракте обыкновенной кильки, по сезонам 2016 г., %

Таксоны	Апрель	Июль
	№ отн.	№ отн.<
Веслоногие раки (отр. Copepoda)	76	60,8
Ветвистоусые раки (отр. Cladocera)	14	5,2
Циприсы баянуса (отр. Cirripedia)	0,3	5,7
Науплиусы баянуса (отр. Cirripedia)	5,7	14,5
Науплиусы веслоногих рачков (отр. Copepoda)	1,3	0,6
Коловратки (отр. Rotatoria)	0,3	0,1
Личинки (Lamellibranchia) двустворчатых моллюсков (кл. Bivalvia)	1,3	10,9
Яйца беспозвоночных	0	0,8
Имаго насекомых (отр. Insecta)	0,2	0,1
Паразиты	0,7	1,2
Остатки растений и грунт (песок)	0,2	0,1
Всего:	100,0	100,0

В Северном Каспии таксономический состав пищевого комка у обыкновенной кильки был представлен в основном ветвистоусыми раками отр. Copepoda, р. *Acartia*) — 60,8–76,0 %. Доминирующим в питании оказался вид *Acartia tonsa*. В гораздо меньших, не значительных количествах встречались представители отр. Cladocera — 5,2–14,0 %; из меропланктона встречались личинки Lamellibranchia двустворчатых моллюсков кл. Bivalvia — 1,3–10,9 %, а также усонюгих раков отр. Cirripedia — 5,7–14,5% (в соответствии с рисунком).

Условия питания в Северном Каспии в июле были гораздо лучше. Это доказывает гораздо меньшее отсутствие особей с пустым желудочно-кишечным трактом (менее 1 % от общего числа исследованных рыб).

Соотношение зоопланктона в кишечном тракте обыкновенной кильки и в планктоне Каспийского моря совпадают. Обыкновенная килька питается теми организмами, которые ей наиболее часто попадают в данное время.

Заключение

Достаточно продолжительное время остро стоял вопрос о выявлении схожих компонентов зоопланктона, входящих в спектр питания, как гребневика, так и кильки. В ходе исследования было выявлено, что основным компонентом в питании являются веслоногие ракообразные отр. Copepoda. И у гребневика и кильки обыкновенной он составляет 40–76 % от общего состава в независимости от сезона года. Вторым компонентом по доступности являются личинки (циприсы) усоногих рачков отр. Cirripedia от 12,2 % у мнемнопсиса до 14,5 % у кильки. Следует отметить, что в весенний период данные представители сменяются на ветвистоусых ракообразных отр. Cladocera, так как в это время они имеют более высокий темп развития. Помимо этого обыкновенная килька на нагул поднимается в более распресненные участки моря, чего себе не может позволить гребневик из-за своих биологических особенностей. В рацион питания данных конкурирующих в питании видов входят личинки двустворчатых моллюсков кл. Bivalvia, яйца беспозвоночных. Единственное отличие, отмеченное на протяжении всего вегетационного сезона 2016 г., это — отсутствие в пищевом комке гребневика остатков растительности, что соответствует эволюционным особенностям и экологическим условиям его питания. Он, в отличие от обыкновенной кильки, является большим обитателем зоны пелагиали.

Литература

- Бирштейн Я.А., Виноградов Л.Г. (ред.). Атлас беспозвоночных Каспийского моря. — М.: Пищевая промышленность, 1968. — 416 с.
- Грин, Н. Биология: В 3-х томах. Т. 2.; пер. с англ. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. — М.: Мир, 1990. — 325 с.
- Камакин А.М. Основные условия формирования каспийской популяции *Mnemiopsis leidyi* // Актуальные проблемы современной науки: тр. 1-го Международного форума (6-й Международной конференции). Естественные науки. Ч. 13: Экология. — Самара: Изд-во СамГТУ, 2005. — С. 57–65.
- Камакин А.М. Влияние популяции *Mnemiopsis leidyi* на различные трофические уровни экосистемы Каспийского моря / А.М. Камакин, С.Н. Егоров // Актуальные проблемы современной науки: тр. 1-го Международного форума (6-й Международной конференции). Естественные науки. Ч. 13: Экология. — Самара: Изд-во СамГТУ, 2005. — С. 65–72.
- Камакин А.М. Многолетние (2001–2009 гг.) колебания численности *Mnemiopsis leidyi* в Каспийском море // Современные проблемы гидроэкологии. Тезисы докладов 4-й Международной научной конференции, посвященной памяти профессора Г.Г. Винберга. 11–15 октября 2010 г. Россия. — СПб., 2010. — С. 77.
- Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. — М.: Наука. 1974. — 253 с.
- Kamakin A.M., Paritskiy U.A., Nikulina L.V. The impact of invader *Mnemiopsis leidyi* on aboriginal fauna of the Caspian Sea // IV International Symposium «Invasion of alien species in Holarctic» (Borok-4), 2013, Russia: Programme & Book of abstracts. — Yaroslavl: Publisher's bureau «Filigran», 2013. — P. 69.

УДК 597.2;.5(262.5)

Индекс сердца некоторых прибрежных видов черноморских рыб

Д.В. Болгарев, Н.С. Кузьмина

Центр эколого-натуралистического творчества учащейся молодежи, г. Севастополь
e-mail: kunast@rambler.ru

Ключевые слова: ставрида, морской ёрш, тёмный горбыль, султанка, индекс сердца, Черное море.
Аннотация. В представленной работе исследован индекс сердца четырех черноморских видов — представителей прибрежной ихтиофауны. Установлена зависимость величины индекса сердца (ИС) от экологической группы рыб. Отличий величины ИС по полу не обнаружено; установлена тенденция к снижению индекса с возрастом. В бух. Севастопольская и Балаклавская изученный

параметр у донного вида — морского ёрша — был выше, чем в бух. Карантинная, что может быть вызвано влиянием как отдельных токсикантов в данных бухтах, так и несущественными экологическими отличиями внутри акваторий Севастополя.

Исследование кровеносной системы животных представляет особый интерес, т.к. даёт информацию о состоянии организма в норме и при различных заболеваниях. С учётом того, что кровеносная система очень мобильна, то работы по обнаружению изменений ее функционирования важны на начальных этапах установления диагноза.

Сердце рыб относительно мало, гораздо меньше и слабее, чем у наземных позвоночных. Масса его обычно не превышает 0,33–2,5 %, в среднем 1 % массы тела, тогда как у млекопитающих оно достигает 4,6 %, а у птиц даже 10–16 %. Известно, что сердце — орган, размеры которого тесно связаны с условиями энергетических затрат организма (Справочник..., 1986; Шварц, 1968).

Морфологическая и биохимическая характеристика крови различна у разных видов в связи с систематическим положением, особенностями среды обитания и образа жизни. Внутри одного вида эти показатели колеблются в зависимости от сезона года, условий содержания, возраста, пола, состояния особей.

В связи с важностью анализа состояния сердца у рыб, одним из самых простых, но информативных показателей кровеносной системы является вычисление индекса сердца. Этот морфофизиологический критерий позволяет быстро получить информацию о реакции холоднокровного организма на влияния внешних и внутренних факторов. В то время как такие работы уже были проведены на пресноводных представителях ихтиофауны (Добринская, 1964; Романова, Спирина, 2010), на морских объектах этот вопрос изучен меньше.

Изучение черноморских рыб значимо, т.к. они представляют собой ключевое звено трофической цепи в биоценозе прибрежных акваторий, а также важный объект промысла. Многие из них — удобные объекты исследований, т.к. являются либо массовыми, либо высоко чувствительными и/или устойчивыми объектами, а также могут быть распространены в течении всего годового цикла в прибрежных акваториях.

Цель работы: проанализировать зависимость величины индекса сердца (ИС) некоторых видов черноморских рыб, относящихся к разным экологическим группам, от биологических особенностей рыб (возраст, пол), а также уровня загрязнения акваторий.

Материалы и методы

Объектами исследования служили: ставрида черноморская *Trachurus mediterraneus ponticus* Aleev, 1956; тёмный горбыль *Sciaena umbra* Linnaeus, 1758; султанка (барабулька) *Mullus barbatus ponticus* Essipov, 1927; черноморская скорпена (морской ёрш) *Scorpaena porcus* Linnaeus, 1758, относящиеся к разным экологическим группам. Рыб отлавливали сотрудники малого флота Института морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского в прибрежной зоне г. Севастополя в течение всего 2016 г. с использованием донных ловушек.

Проводили биологический анализ рыб, включающий в себя промеры особей, определение пола и возраста (Правдин, 1966). Возраст рыб был определён с помощью отолитов (ставрида, морской ёрш) и чешуи (горбыль).

С помощью электронных весов определялся общий вес тела особей, затем проводилось вскрытие животных, изъятие внутренних органов (в т.ч. сердца) и взвешивание их на электронных весах.

Индекс сердца рассчитывали после взвешивания органа согласно (Шварц и др., 1968).

Результаты исследований были обработаны статистически, согласно известным методам и выражены в форме $M \pm m$ (Лакин, 1990). При оценке влияния условий обитания на величину ИС руководствовались данными о загрязнении бухт Севастополя (Экотоксикологические..., 2016). Достоверность отличий проведена с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Некоторая информация о видовых отличиях относительной массы сердца у разных представителей ихтиофауны уже имеется (Справочник..., 1986).

Для изучения зависимости величины индекса сердца (ИС) от вида черноморских рыб, были специально отобраны виды, относящиеся к разным экологическим группам: ставрида — пелагический вид, тёмный горбыль — придонно-пелагический вид, султанка — придонный, черноморская скорпена — донный.

Установлено, что у пелагического вида величина ИС максимальна, а у черноморской скорпены, типичного донного обитателя, — наоборот (таблица).

Полученные результаты объясняются тем, что размеры сердца снижаются с уменьшением мышечной нагрузки (Добринская, 1964).

Уже известно, что в большинстве случаев относительный вес сердца самцов рыб выше, чем у самок. Половые различия в относительном весе сердца наиболее изменчивы в сезонном аспекте, особенно в период нереста и подготовки к нему (Смирнов и др., 1972). Показано, что половых отличий у исследованных черноморских видов не установлено (рис. 1). Аналогичные результаты по представителям пресноводной ихтиофауны получены и другими исследователями (Добринская, 1964).

Таблица. Индекс сердца некоторых видов рыб в прибрежной зоне г. Севастополя в 2016 г., %

Вид	Lim	M	СКО	N	m
Ставрида	0,037–1,12	0,31	0,15	90	0,015
Тёмный горбыль	0,06–1,46	0,19	0,25	30	0,045
Султанка	0,04–0,38	0,16	0,097	14	0,025
Черноморская скорпена	0,02–0,43	0,17	0,09	128	0,007

У черноморской ставриды у рассмотренных возрастных групп величины ИС были близки, в то время как у темного горбыля наблюдали тенденцию уменьшения ИС с возрастом. У скорпены ИС колебался у представителей разного возраста. Во всех случаях достоверных отличий не установлено (рис. 2).

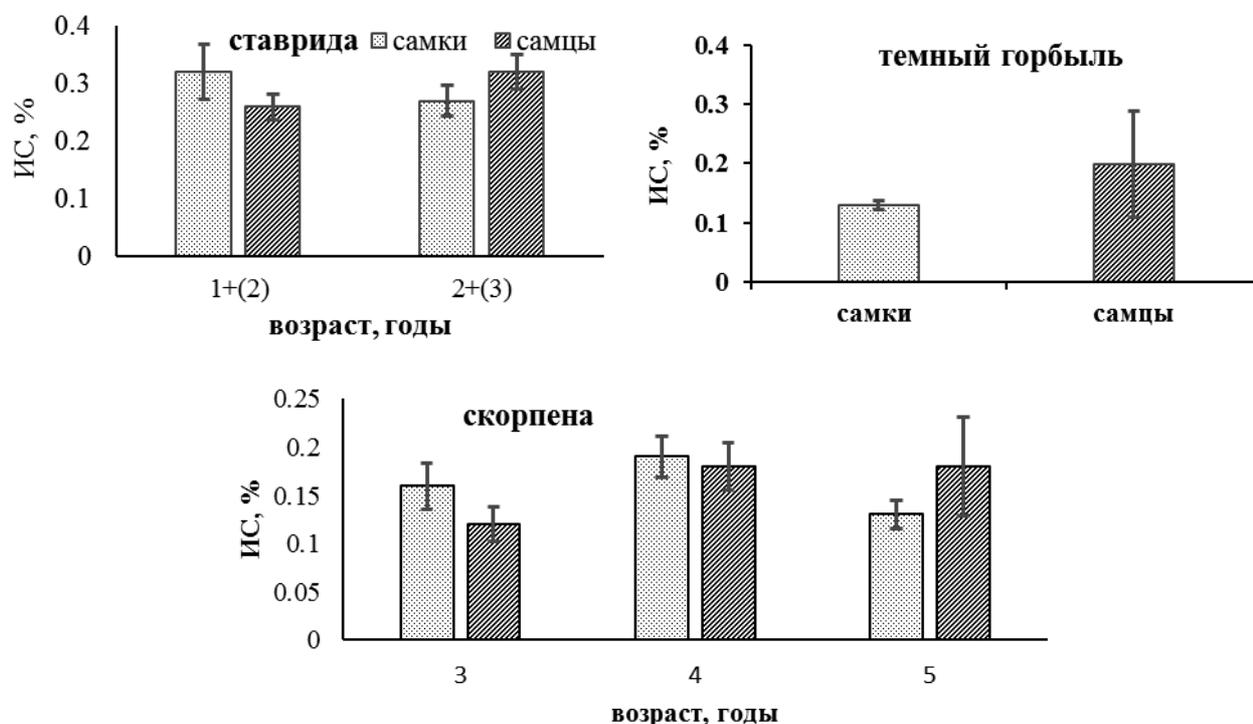


Рис. 1. Половые отличия индекса сердца некоторых видов рыб в прибрежье Севастополя

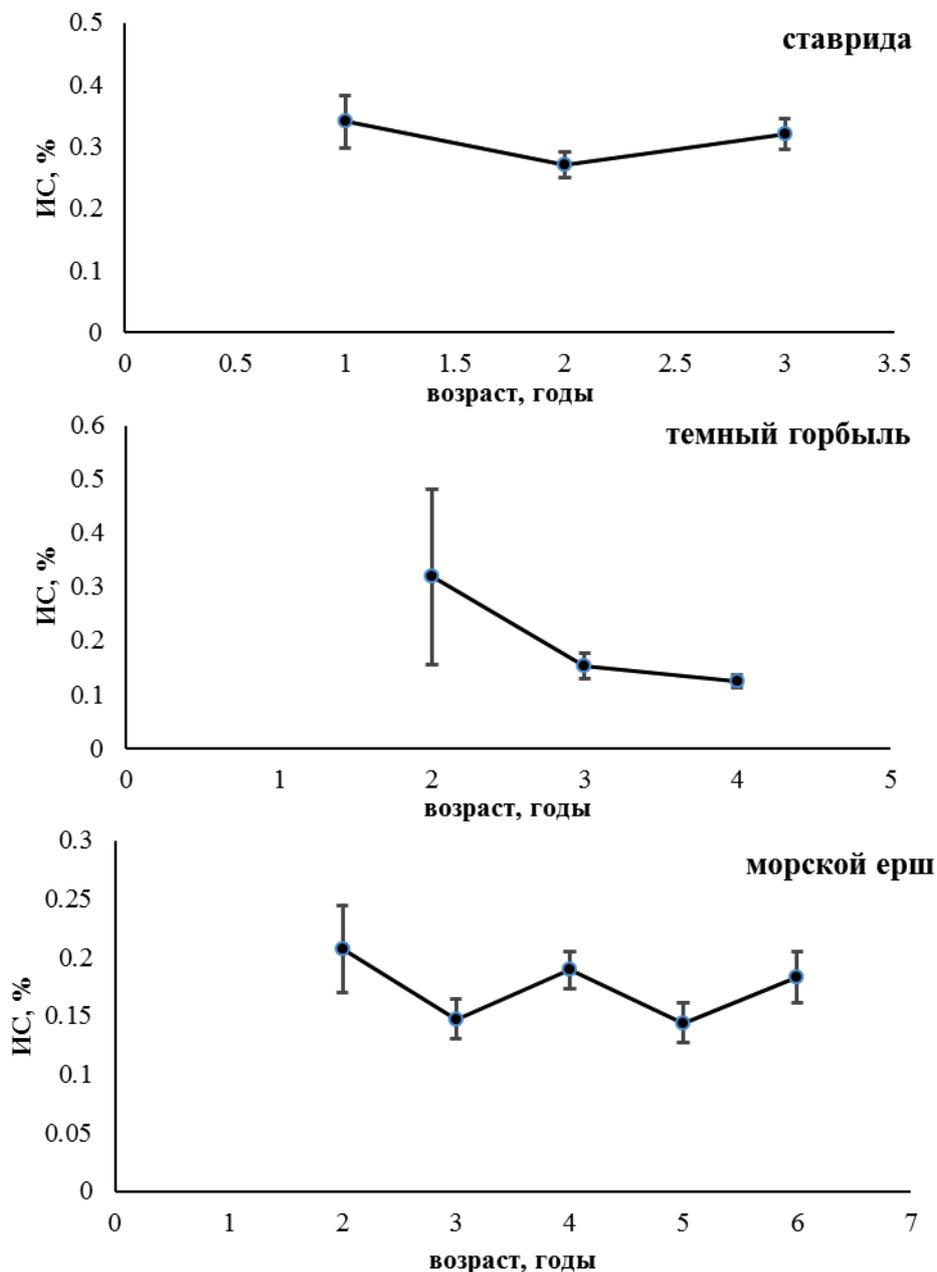


Рис. 2. Возрастные отличия индекса сердца некоторых видов рыб в прибрежье Севастополя

Как и в нашем случае, величина массы сердца не зависела от возраста рыб (Добринская, 1964). Однако, исходя из того, что исследованный показатель колебался у представителей разных возрастных групп (рис. 2; Добринская, 1964), можно сделать вывод, что ИС зависит от размера особей, и в то же время видна четкая тенденция снижения ИС с возрастом у темного горбыля, что ранее было показано для других представителей ихтиофауны в Карельских озерах (Те Тхань Лыу, 1995). Автор показал, что у стерляди, индекс сердца зависит главным образом от массы тела (и возраста).

Отмечено, что в бухте Карантинной показатель ИС минимален (рис. 3).

Как известно, величина сердечного индекса четко коррелирует как с размерами тела, так и со степенью энергетических затрат. Поэтому любые изменения условий среды, требующие повышения уровня метаболизма животных, приводят к интенсификации функций этого органа, и, соответственно, к увеличению его размеров (Романова, Спирина, 2010). На примере серебряного карася было установлено, что воздействие загрязнения привело к большей интенсивности метаболизма рыб (Романова, Спирина, 2010). Увеличение индексов сердца, селезенки, печени отмечено и другими авторами при влиянии как комплексного загрязнения, так и действия отдельных токсикантов (Кузьминова, Питерова, 2008; Лапинова, 2011). В ус-

ловиях эксперимента вес исследуемого органа может колебаться, что зависит как от специфичности действия токсиканта, так и от фазности реагирования самого органа, а также продолжительности негативного воздействия (Лапирова, 2011). Имеются сведения, что при влиянии как общего загрязнения акваторий, так и пестицидов происходит активация важных ферментов в ткани сердца (Gill et al., 1990; Venkataramana et al., 2006).

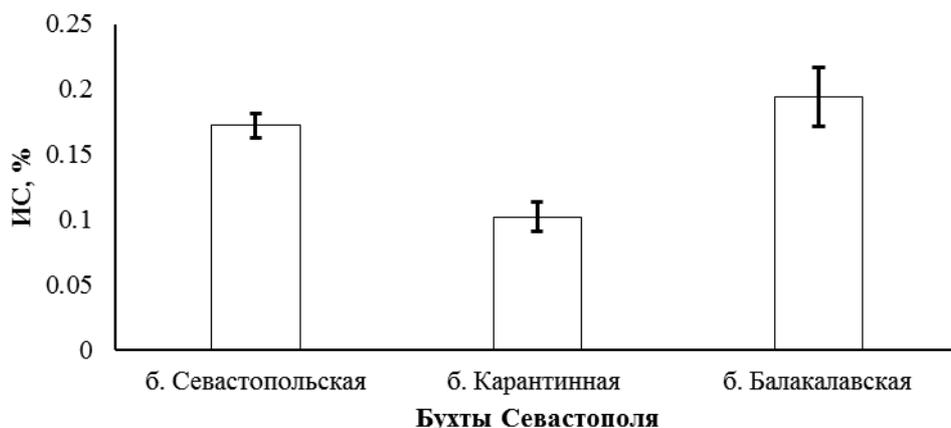


Рис. 3. Индекса сердца черноморской скорпены, обитающей в бухтах Севастополя с разным уровнем загрязнения

В работе показано, что у разных представителей черноморской ихтиофауны ИС зависит от их принадлежности к разным экологическим группам. Различий величины ИС по полу не обнаружено. Установлена тенденция к снижению индекса с возрастом. При рассмотрении влияния условий обитания показана неоднозначная реакция органа на комплексное загрязнение бухт, что может быть вызвано влиянием как отдельных токсикантов, так и несущественными экологическими отличиями внутри акваторий Севастополя.

Литература

- Добринская Л. А. Органометрия некоторых видов рыб Обского бассейна: автореф. дис. канд. биол. наук. — Свердловск, 1964 г. — 20 с.
- Кузьмина Н.С., Питерова Т.С. Свертываемость крови и индексы иммунокомпетентных органов черноморских рыб в норме и при закислении среды // Рибне господарство України. — 2008. 5(58). — С. 5759.
- Лапирова Т.Б. Реакция иммунофизиологических показателей молоди сибирского осетра на действие перметрина // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2011, 4 (16). — С. 124–135.
- Лакин Г.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. спец. вузов. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1990. — 352 с.
- Ле Тхань Лыу О. Морфологический анализ внутривидовой изменчивости волжской стерляди в различных экологических условиях: Автореф. дис. канд. биол. наук. Ихтиология. — Ярославль. 1995. — 20 с.
- Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность, 1966. — 376 с.
- Романова Е.М., Спирина Е.В. Морфофизиологические адаптации *Carassius auratus gibelio* Bloch. в биондикации состояния пресноводных экосистем // Вестник УГСХА. 2010, №2(12). — С. 31–36.
- Смирнов В.С., Божков А.М., Рыжков Л.П., Добринская Л.А. Применение метода морфофизиологических индикаторов в экологии рыб. Т. 7. — Петрозаводск: Карелия, 1972. — 168 с.
- Световидов А.Н. Рыбы Чёрного моря. — М.-Л.: Изд-во Наука, 1964. — 553 с.
- Справочник по физиологии рыб / под ред. А.А. Яржомбек и др. — М.: Агропромиздат, 1986. — 192 с.
- Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных // Тр. Ин-та экологии растений и животных. 1968. Вып. 58. — 386 с.
- Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. — М.: ГЕОС, 2016. — 360 с.
- Gill T.S., Tewari H., Pande J. Use of the fish enzyme system in monitoring water quality: effects of mercury on tissue enzymes // Comp. Biochem. Physiol. 1990. Vol. 97C. No. 2. — P. 287–292.

Цестоды промысловых рыб в бассейне Нижнего Дона

Е.С. Бортников

Южный федеральный университет (ФГАОУВО «ЮФУ», г. Ростов-на-Дону); Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ», г. Ростов-на-Дону)
E-mail: Bortnikov_1991@bk.ru

Ключевые слова: цестоды, р. Дон, паразиты рыб.

Аннотация. Проведены анализ литературных и накопленных лабораторией болезней рыб ФГБНУ «АзНИИРХ» данных по зараженности цестодами промысловых рыб из р. Дон за период с 1954 по 2006 гг., а также сравнение с современными материалами, полученными в результате наших исследований.

Цестоды — это представители класса ленточных червей Cestoda, включающего в себя 12 отрядов. В костистых пресноводных рыбах на взрослой фазе встречаются представители четырех отрядов: гвоздичников Caryophyllidea, лентецов Pseudophyllidea, протеоцефалид Proteocephalidea и ниппотениид Nippotaeniidea. Кроме того, в различных внутренних органах пресноводных рыб могут встречаться личиночные формы отдельных видов из отряда цепней Cyclophyllidea.

У всех представителей класса Цестод белое лентовидное тело, у одних (гвоздичники и протеоцефалиды) — нерасчлененное, у других (лентецы) — состоящее из головки (сколекса) и множества члеников (стробилы). На сколексе расположены различные органы прикрепления: ботрии, ботридии, присоски, хоботки и хитиновые крючья.

Пищеварительная система у ленточных червей отсутствует. Питание происходит путем всасывания питательных веществ всей поверхностью через тегумент, покрытый микроворсинками, имеющими сложное строение.

Цестоды, паразитирующие у рыб, развиваются с участием одного или двух промежуточных хозяев. Первым промежуточным хозяином чаще всего являются низшие планктонные ракообразные (веслоногие рачки) или некоторые обитатели бентоса (трубочники, бокоплавы); вторым — мелкие рыбы; окончательным хозяином — хищные рыбы или птицы.

Почти все цестоды, паразитирующие у прудовых рыб, могут быть патогенны при высокой интенсивности инвазии, приводить к возникновению болезни, а иногда — и к гибели рыб.

Цестоды, согласно публикациям и отчетным материалам лаборатории болезней рыб ФГБНУ «АзНИИРХ», являются постоянным компонентом паразитофауны карповых (реже других) рыб р. Дон и водохранилищ в его бассейне. Суммарный список гельминтов этой группы включает 6 видов: *Caryophylleus laticeps*, *C. fimbriceps*, *Khawia sinensis*, *Ligula intestinalis*, *Digramma interrupta*, *Proteocephalus torulosus* (Смирнова, 1954а, б; Шестаковская и др., 1998; Низова, Сыроватка, 2000).

В разные годы доминирующее значение приобретали различные цестодозные инвазии. С 1951 по 1969 гг. ведущей была инвазия леща ремнецами (Смирнова, 1959; Решетникова, 1965, 1970). В 1970-е гг. наметилась тенденция к сокращению данной инвазии в р. Дон, которая, судя по имеющимся материалам и публикациям (Низова, Сыроватка, 2000), сохранилась вплоть до 2006 г.

В числе часто встречающихся видов в 1970-е, 1990-е и 2000-е гг. регистрировались гвоздичники. По данным лаборатории болезней рыб ФГБНУ «АзНИИРХ» в 1976 г. *C. laticeps* встречался у леща, густеры, сазана с экстенсивностью инвазии 46,9 %, 26,8 % и 13,4 % соответственно. Причем, среди производителей леща интенсивность заражения у отдельных

особей доходила до 250 экз. В 1980 г. в Веселовском водохранилище лещ был поражен гвоздичниками на 66,6 % с интенсивностью 2–13 экз. В обобщенных данных за 1998–1999 гг. указывается, что половозрелый лещ в р. Дон был заражен *C. fimbriceps* и *C. laticeps* на 60 %, годовики — на 40 %, сеголетки — на 6,7 % (Низова, Сыроватка, 2000).

В качестве традиционного компонента паразитофауны чехони на протяжении ряда лет регистрировался ленточный червь *P. torulosus*: в р. Дон у 41,3 % рыб (1976), в Веселовском водохранилище — у 33,3 % (1980).

Среди цестод имеются патогенные виды, способные влиять на численность популяций рыб в водоемах разного типа. О влиянии *D. interrupta* на рост и численность леща в Цимлянском водохранилище сообщает А.В. Решетникова (1965, 1967). Об энзоотиях диграммоза среди карасей в озерах Западной Сибири приводят данные Н.Я. Попов с соавторами (1983). По подсчетам Д.А. Размашкина и В.Я. Ширшова (1983) среднегодовая потеря продукции карася из-за диграммоза по 10 озерам Тюменской области составляла 41,2 % от его добычи.

Сотрудниками лаборатории болезней рыб ФГБНУ «АзНИИРХ» проведен мониторинг паразитологического состояния промысловых видов рыб в р. Дон (р-он с. Кагальник) в 2005–2006 гг. Обследованы 129 экз. рыб промысловой ихтиофауны.

Вскрытие рыб, сбор, фиксацию и дальнейшую обработку паразитов проводили по общепринятым методикам (Быховская-Павловская, 1969; Лабораторный практикум по болезням рыб, 1983). Идентификацию цестод проводили по «Определителю пресноводных рыб фауны СССР» (Т. 3, 1987). Для определения уровня зараженности рыб цестодами подсчитывали экстенсивность (ЭИ), пределы (ИИ) и среднюю интенсивность инвазии (СИ) в каждой обследованной выборке.

В 2009 г. *C. laticeps* и *C. fimbriceps* были обнаружены у леща в р. Дон (тоня Оселедняя с экстенсивностью инвазии 100 % и 20 % соответственно, при средней интенсивности 11,5 и 3,0 экз.).

В 2014 г. у тарани в Таганрогском заливе (в р-не с. Весело-Вознесенка) выявлена *Digamma interrupta*, с показателем экстенсивности 20 %, со средней интенсивностью 1,5 экз. (таблица).

Таблица. Зараженность промысловых рыб цестодами в системе р. Дон в различные годы исследования

Вид цестоды	Хозяин	Год	ЭИ, %	ИИ, экз.	СИ, экз.
<i>Caryophylleus fimbriceps</i>	Лещ	2005	60	1–17	4,92
		2006	0	0	0
		2009	20	2–4	3,0
<i>Caryophyllaeus laticeps</i>	Лещ	2009	100	6–21	11,5
<i>Scolex pleuronectis</i>	Сельдь азовско-черноморская проходная	2006	6,7	1	1,0
<i>Proteocephalus torulosus</i>	Чехонь	2005	50	1–5	2,5
<i>Digamma interrupta</i>	Тарань (Таганрогский залив)	2014	20	1–2	1,5

Цестода *C. fimbriceps* в последние годы (2012–2014 гг.) не регистрировалась у леща, тогда как в 2005 г. инвазия была отмечена у 60 % рыб данного вида, при относительно низкой интенсивности, в среднем не превышавшей 5 экз.

S. pleuronectis — это сборный вид, объединяющий личиночные формы тетрафилид разных родов и видов. Для них характерен сколекс с четырьмя овальными ботридиями и апикальной присоской или воронковидным хоботком. Местом локализации является кишечник, желчный пузырь, полость тела. У донских рыб обнаружение *S. pleuronectis* носило случайный характер.

P. torulosus, обнаруженный в р. Дон у чехони в 2006 г., является широко распространенным в естественных водоемах паразитом и встречается у язя, леща, плотвы и других ви-

дов рыб, на уровне паразитонасительства (Ванятинский и др., 1979). Однако в настоящее время в р. Дон чехонь встречается единично, и ее паразитологический анализ не проводился.

По многолетним данным, в списке паразитических цестод у рыб-обитателей р. Дон и водохранилищ его бассейна значится 6 видов: *C. fimbriceps*, *C. laticeps*, *K. sinensis*, *L. intestinalis*, *D. interrupta*, *P. torulosus*.

В 2005–2006 гг. из 8 видов промысловых рыб, обследованных в дельте р. Дон, цестоды обнаружены у 3-х: леща, чехони, сельди. Фауна цестод названных промысловых рыб включала три вида: *P. torulosus*, *C. fimbriceps*, *S. pleuronectis*.

Два ведущих в прошлые годы вида из состава паразитофауны леща стали редкими ее компонентами и обнаруживаются не во всех биотопах. В частности, в 2005–2006 г. лещ из протоки Свиное гирло в дельте Дона был свободен от этих паразитов. Спад данной инвазии может быть обусловлен снижением численности леща.

В 2009 г. у леща из р. Дон были обнаружены 2 вида цестод: *C. fimbriceps*, *C. laticeps*.

Ранее *C. fimbriceps* причислялся к наиболее распространенным паразитам леща, однако в обследованных в последние годы выборках паразит не был обнаружен.

Литература

Смирнова К.В. 1959. Динамика паразитофауны рыб Цимлянского водохранилища за 5 лет существования // Тр. совещ. ихтиол. комиссии АН СССР. Т. 9. — С. 123–128.

Шестаковская Е.В. и др. 1998. Анализ эпизоотической ситуации в прудовых хозяйствах Азовского бассейна в условиях антропогенного воздействия // Сб. науч. тр. АзНИИРХ. Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. — Ростов-на-Дону. — С. 454.

Низова Г.А., Сыроватка Н.И. 2000. Гельминты промысловых рыб Азовского бассейна, их эпизоотическое и эпидемиологическое значение // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна. Сб. науч. тр. АзНИИРХ (1998–1999 гг.). — Ростов-на-Дону: БКИ — С. 176–183.

Решетникова А.В. 1965. Влияние плероцеркоида *Digamma interrupta* Rud. на рост леща // Зоол. журн. Т. 44. № 5. — С. 734–739.

Решетникова А.В. 1965. О заболеваниях рыб Цимлянского водохранилища // Симпозиум по паразитам и болезням рыб в водохранилищах. Тезисы докладов. — М.-Л. — С. 22–24.

Решетникова А.В., Мозгина А.А., Чичкина Н.И. 1970. Зараженность рыб Цимлянского водохранилища личинками гельминтов рыбацких птиц // Тр. Волгоградского отделения ГосНИОРХ. № 5 — С. 140–156.

Попов Н.Я., Размашкин Д.А., Шишов В.Я. 1983. Изменения эпизоотической ситуации по диграммузу в озере Фоминцево при его использовании под сиговый питомник // Сб. трудов ГосНИОРХ. — Т. 197. — С. 107–112.

Быховская-Павловская И.Е. 1969. Паразитологическое исследование рыб. — Л.: Наука. — 123 с.

Мусселиус В.А., Ванятинский В.Ф., Вихман А.А. 1983. Лабораторный практикум по болезням рыб: Учебное пособие. — М.: Легкая и пищевая промышленность.

Веселов Е.А. 1977. Определитель пресноводных рыб фауны СССР. — М.: Просвещение. — 238 с.

Ванятинский В.Ф., Мирзоева Л.М., Поддубная А.В. 1979. Болезни рыб. — М.: Пищевая промышленность. — С. 118–121.

УДК 639.3.03:639.371.5

Волжский сазан — перспективный объект для воспроизводства в Центральной зоне Российской Федерации

В.В. Вараксина

Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства (ФГБНУ «ВНИИПРХ»), Московская обл., Дмитровский р-он, п. Рыбное
e-mail: v.koshkarova17@mail.ru

Ключевые слова: волжский сазан, воспроизводство, рыбоводное хозяйство, зарыбление.

Аннотация. Представлена информация о воспроизводстве волжского сазана на Опытно-селекционном племенном рыбоводном хозяйстве «Якоть» (подразделение ФГБНУ «ВНИИПРХ»). Волжский сазан воспроизводится для реконструкции ихтиофауны.

Волжский сазан — ценная промысловая рыба и объект выращивания в прудовых рыбоводных хозяйствах. Этот ценный вид используется в настоящее время при компенсационных мероприятиях с целью пополнения и для реконструкции ихтиофауны.

Численность его в естественных водоемах кроме естественного нереста поддерживается выпуском молоди из рыбоводных хозяйств, участвующих в государственной программе по осуществлению искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов.

В центральной зоне Российской Федерации воспроизводство волжского сазана осуществляет только одно предприятие — Опытно-селекционное племенное рыбоводное хозяйство «Якоть», которое является подразделением ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства» (ВНИИПРХ).

Хозяйство находится в Дмитровском р-не, Московской обл., было основано в 1954 г. и с 2009 г. получило статус Опытно-селекционного племенного хозяйства (ОСПХ).

ОСПХ «Якоть» является полносистемным рыбоводным хозяйством, расположенным в I рыбоводной зоне, с трехлетним оборотом.

Водоисточником для хозяйства является река Якоть, в пойме которой расположены пруды (рис. 1).

Личинки волжского сазана (рис. 2) для формирования маточного стада были завезены на «Якоть» в 2010 г. из ООО «Рыбопитомник Чаганский» Астраханской обл.



Рис. 1. Пруды ОСПХ «Якоть»



Рис. 2. Лоток с личинками волжского сазана *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

Формирование маточного стада является решением для дальнейшего получения посадочного материала волжского сазана.

Положительной стороной этого вида является его природная чистота, поэтому он может быть использован в качестве объекта воспроизводства для пополнения популяций сазана в естественных водоемах Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна, т.е. в пределах его ареала.

На данный момент цель выращивания волжского сазана на Якоти заключается в формировании искусственных маточных стад и минимизации в них степени засорения с помощью селекционно-генетических методов.

Волжского сазана получают заводским способом в инкубационном цехе хозяйства «Якоть». Последовательность процессов выращивания сазана приведена на рис. 3.

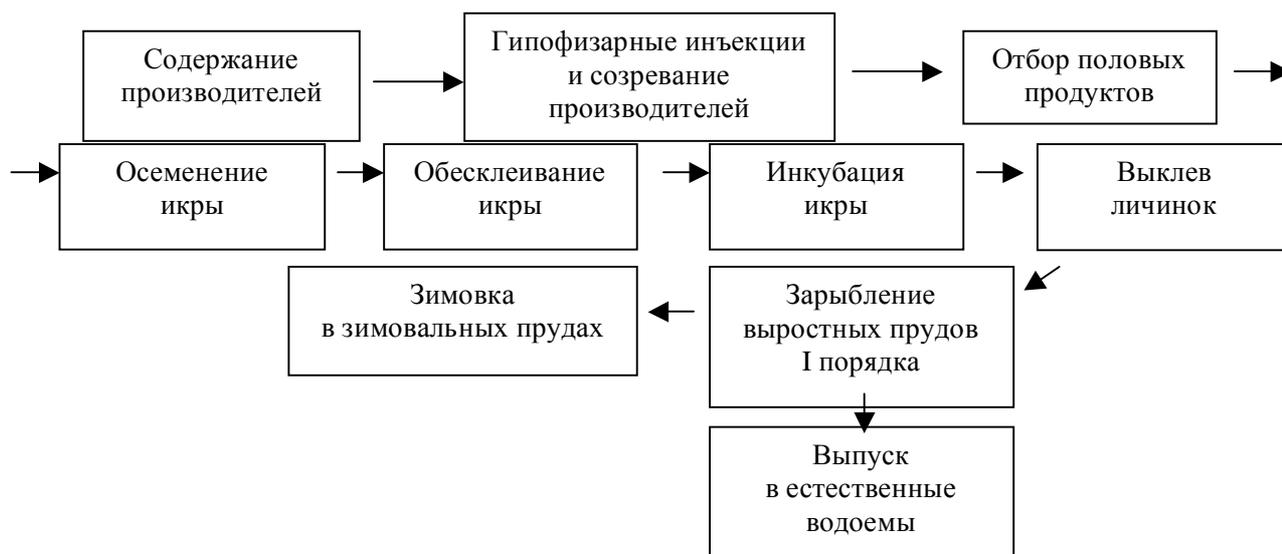


Рис. 3. Технологический процесс выращивания волжского сазана на ОСПХ «Якоть»

В преднерестовую кампанию 2016 г. (конец мая) производителям волжского сазана при температуре 20 °С была проведена гипофизарная инъекция. В течение 24–26 ч рыба созрела, и от нее получали половые продукты отцеживанием в инкубационном цехе хозяйства (рис. 4).

Оплодотворение проводили полусухим способом. Обесклеивали икру молоком и инкубировали в аппаратах Вейса при нормативном заложении икры. Инкубация продолжалась 7 дней при температуре 20 °С. Выход личинок составил 45 %.



Рис. 4. Инкубационный цех

Полученных личинок высадили 7 июня 2016 г., без подращивания в выростной пруд I порядка площадью 16 га в количестве 2 млн шт.

Для сеголеток использовали рыбный комбикорм рецепта 111-3, выпускаемый комбикормовой промышленностью, с количеством протеина — 25,2 %; жир — 4,9 %.

В период выращивания волжского сазана на ОСПХ «Якоть» проводились контрольные обловы (1 раз в месяц), во время которых определяли прирост ихтиомассы, проводили паразитологический и бактериологический анализ рыбы, бактериологический и гидрохимический анализ воды из пруда для оценки эпизоотической ситуации.

Результаты обследования рыбы и воды, проведенного в летний период выращивания в 2016 г., показали, что у сеголеток волжского сазана выявлены на жабрах и в слизи простейшие (триходинеллы), в кишечнике — паразитов не обнаружено. Интенсивность инвазии по простейшим составляла от 1 до 2 паразитов в поле зрения микроскопа.

Бактериологический анализ рыбы: в течение 5-дневного культивирования в термостате (при температуре 36 °С) рост бактериальной флоры не выявлен.

Микробиологический анализ воды показал, что общее микробное число находилось в пределах допустимых значений для рыбохозяйственных водоемов (3000 КОЕ/мл) и в микробиоценозе в основном присутствовали аэромонады и бактерии группы кишечной палочки (БГКП) (рис. 5), которые являются основными представителями микроорганизмов водной среды.



Рис. 5. Рост микрофлоры воды на селективной среде Эндо

Показатели химического состава воды находились в пределах допустимых концентраций для рыбохозяйственных водоемов (таблица).

Таблица. Результаты количественного химического анализа (КХА) воды из выростного пруда I порядка

Показатели качества воды	Единицы измерения	Результаты анализов			ПДК р/х*
		20.06.2016 г.	25.07.2016 г.	22.08.2016 г.	
Водородный показатель рН	ед.	7,9±0,2	8,1±0,2	7,4±0,2	6,5–8,5
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,42±0,12	0,46±0,13	0,32±0,09	0,40
Нитрит-ион	мг/дм ³	0,02±0,004	<0,02	0,06±0,01	0,08

Показатели качества воды	Единицы измерения	Результаты анализов			ПДК р/х*
		20.06.2016 г.	25.07.2016 г.	22.08.2016 г.	
Нитрат-ион	мг/дм ³	0,40±0,06	0,52±0,08	0,25±0,04	40,0
Фосфат-ион	мг/дм ³	0,10±0,01	0,10±0,01	0,12±0,02	до 0,15
* Перечень рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды и водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.					

Облов выростного пруда I порядка был проведен 23 сентября. Количество сеголеток волжского сазана от неподрощенных личинок составило 183 908 шт. (рис. 6).



Рис. 6. Отлов волжского сазана на ОСПХ «Якоть»

Основное количество рыбы использовано на зарыбление (пополнение) естественных водоёмов в связи с государственной программой (<http://www.vniiprh.ru>), остальные сеголетки были посажены в зимовальные пруды на зимнее содержание, за их состоянием ведется строгий контроль.

Литература

Электронный ресурс <http://www.vniiprh.ru/news.html?id=141>

Перечень рыбохозяйственных нормативов: ПДК и ОБУВ вредных веществ для воды и водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. — М.: Изд-во ВНИРО, 1999. — 304 с.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. — М.: Изд-во ВНИРО, 2011. — 257 с.

УДК 59.081

Рыбохозяйственное значение и пути увеличения уловов рыбы в верховьях Оби

Л.В. Веснина, Г.А. Романенко

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алтайский филиал (Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»); г. Барнаул
e-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

Ключевые слова: верховья Оби, уловы, водные биологические ресурсы, промысел, рыбохозяйственный фонд, ихтиофауна, гидрологический режим.

Аннотация. Приведены рыбохозяйственные районы и основные промысловые участки верховьев Оби. Дана динамика среднегодовых уловов водных биоресурсов в период с 1950 г. до 1984 г. Приведено современное состояние промысловой ихтиофауны верховьев Оби и корреляционный анализ связи уловов рыбы с высотой уровня воды и продолжительностью паводка.

К Верхней Оби принято относить участок реки от слияния рек Бия и Катунь до устья р. Томь (Иоганзен, 1953). В понятие «верховья» Оби включена часть ее акватории до зоны выклинивания подпора Новосибирского водохранилища со всеми притоками и пойменными водоемами. В свою очередь, в верховьях Оби целесообразно выделять два рыбохозяйственных района: равнинный и предгорно-горный. Первый ориентируется на промысловый лов рыбы, второй — на спортивно-любительское рыболовство. К последнему рыбохозяйственному району следует отнести Телецкое озеро.

В пределах рассматриваемого региона рыбохозяйственное значение имеет равнинный район, в котором выделяются Бийский, Усть-Пристанский, Барнаульский и Каменский промысловые участки. В работе обобщен материал, собранный в 1968–1984 гг. на Барнаульском и Усть-Пристанском рыбопромысловых участках, на которых произошли наибольшие изменения в ихтиофауне, связанные с загрязнением акватории промышленными и бытовыми сточными водами, продуктами молевого сплава леса, регулированием Оби плотиной Новосибирской ГЭС и вселением новых видов рыб.

Динамика уловов рыбы в верховьях Оби показывает постепенное снижение статистических уловов и нарушение их стабильности, что обусловлено изменением интенсивности промысла два года подряд (1967, 1968) в пойме, где наблюдались низкие уровни воды, что отрицательно сказалось на воспроизводстве рыбы. Многие места промысла временно потеряли свое значение, что привело к устойчивому сокращению уловов в речной системе (табл. 1)

Таблица 1. Динамика среднегодовых уловов водных биологических ресурсов

Период	Среднегодовой улов, тыс. т	Коэффициент вариации
1950–1954 гг.	0,58±0,04	6,7
1960–1964 гг.	0,55±0,09	15,8
1970–1974 гг.	0,28±0,04	13,9
1980–1984 гг.	0,23±0,04	19,6

На равнинных озерах в конце 1960-х гг. росли масштабы товарного выращивания сиговых рыб, что способствовало невольному переносу центра рыболовства на эти водоемы и забрасыванию промысла в верховьях Оби.

Оставшиеся без присмотра места промысла были заняты базами отдыха и рыбаками-любителями. Это привело к значительному увеличению объемов спортивно-любительского лова, который стал истреблять до 70 % рыбных запасов верховьев Оби (Ворсин, Гросс, 1980). Это конкретный пример не правильного ведения хозяйства, а истощения природных ресурсов водоема (Никольский, 1972).

В настоящее время рыбная промышленность в верховьях Оби использует только наиболее продуктивные и удобно расположенные водоемы. Общая протяженность рыбохозяйственного фонда первой категории равнинного района составляет 2,7 тыс. км рек, 1,1 тыс. км проток и затонов и около 200 км² пойменных озер, но для промысла рыбы используется только 20–30 % фонда (табл. 2). Рыбохозяйственный речной фонд предгорно-горного района, предназначенного для спортивно-любительского лова, составляет 2,1 тыс. км.

В верховьях Оби продуктивность водоемов увеличивается вниз по течению с одновременным увеличением площади поймы и сроков ее затопления. Многолетние статистические данные по рыбопродуктивности используемых водоемов верховьев Оби согласуются с выводами А.Н. Петкевича (Петкевич, Иоганзен, 1958).

Динамика видового состава уловов убедительно показывает рост значения крупного частика с 11,4 до 46,2 %, и снижения промыслового значения плотвы *Rutilus rutilus* (Linnaeus,

1758) и речного окуня *Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758). Плотва во всех периодах наблюдений остается основным промысловым видом верховьев Оби, а снижение ее уловов объясняется, прежде всего, переориентацией промысла на добычу крупного частика сетями и невольного сокращения неводного и заборного лова в связи с приловом маломерного леща *Abramis brama* (Linnaeus, 1758).

Таблица 2. Рыбохозяйственный фонд равнинного района верховьев Оби и его использование

Тип водоема	Протяженность		Средний улов за 1969–1979 гг., тыс. т	Рыбопродуктивность*
	всего	используемой промыслом		
р. Обь и главные притоки, км	2700	550	0,054	0,098
Затоны, протоки, км	1130	350	0,104	0,300
Пойменные озера, км ²	195	68	0,132	1,94
* Рыбопродуктивность рек, проток и затонов показана в т/км; озер — т/км ² .				

Основу промысловой ихтиофауны верховьев Оби составляют Карповые (40 %), Лососевые (20 %) и Окуневые (15 %); остальные семейства малочисленны. По характеру питания среди рыб преобладают бентофаги и хищники (40 и 35 % соответственно), значительно меньше эврифагов и типичных планктофагов. Основное число видов размножается весной или летом (55 и 25 % соответственно). По местам нереста рыбы верховьев Оби относятся к фитофилам (50 %), литофилам (40 %) и псаммофилам (10 %).

Гидрологический режим верховьев Оби имеет ряд отрицательных для рыбного хозяйства качеств. Наличие двух паводков и периодические колебания уровня воды часто приводят к гибели икры и личинок фитофилов. При совмещении паводков условия для нереста и нагула рыб обычно оптимальны, что сказывается на последующих уловах.

Корреляционный анализ связи уловов рыбы в верховьях Оби с водностью (высотой уровня воды и продолжительностью паводка) показывает наличие достоверной связи средней сопряженности только между среднегодовыми уровнями и уловами рыбы, в т.ч. все корреляции между продолжительностью паводка и уловами недостоверны.

Отличный от русла Оби характер корреляционных связей условий водности и уловов рыбы в пойменном озере Большом Камышном объясняется использованием этого водоема в вегетационный период для размножения и нагула. Зимой в озере наблюдается постоянный дефицит кислорода, поэтому взрослые особи и молодь стремятся уйти в русло р. Камышенка, в этот период на путях миграции рыбы происходит ее лов котцами. В этом причина наличия достоверных корреляционных связей водности оз. Б. Камышного и улова рыбы в текущем году.

Весьма своеобразна для верховьев Оби связь водности и температуры воды. Для всего вегетационного периода она отрицательна (минус 0,435), максимальное значение коэффициента корреляции отмечено в мае (минус 0,770), когда «коренная» вода заполняет пойму и охлаждает ее. Только в 3 декаде апреля, в первый паводок, связь водности и температуры воды положительна, но малодостоверна (0,337).

Взаимная связь температуры и уровня воды обуславливает сложный характер влияния этих факторов на уловы рыбы. Достоверно влияние температуры воды в мае на уловы текущего года (0,514), выявлена также зависимость между общим количеством тепла в вегетационный период и уловами будущего года (0,532). Принимая во внимание все периоды наблюдения, можно сделать вывод, что высота уровня воды в пойме имеет большое значение для воспроизводства рыбы, чем температура воды.

Современные уловы рыбы только регистрируемые статистикой составляют за год 360–390 т (с учетом добываемой рыбы Каменским рыбозаводом в части Новосибирского водохранилища). Однако, статистика в настоящее время не учитывает рыбу, расхищаемую с мест лова, и возрастающие масштабы браконьерского и любительского лова.

За исключением осетровых и частично тресковых рыб, не ухудшился, а даже улучшился видовой состав уловов. Однако, ориентирование промысла на добычу крупного частика привело

к снижению уловов плотвы, ельца *Leuciscus leuciscus* (Linnaeus, 1758), речного окуня и серебряного карася *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). Поэтому основной путь увеличения уловов рыбы в верховьях Оби возможен при условии восстановления запорного лова этих видов рыб в протоках и истоках пойменных озер. Более эффективное решение этой задачи возможно путем строительства водорегулирующих плотин со шлюзами-рыбоуловителями.

При оценке ущерба, наносимого рыбному хозяйству от различных сторон хозяйственной деятельности, следует исходить из принципа сохранения регионом своей естественной рыбопродуктивности, а не от ее снижения или полной потери. Средняя рыбопродуктивность верховьев Оби для ориентировочных расчетов может быть принята в пределах 0,05–0,2 т/км в руслах рек, 0,1–0,5 т/км в затонах и протоках р. Обь и до 2,5 т/км² в пойменных озерах.

Литература

Ворсин Н.Ф., Гросс В.Л. 1980. Охрана рыбных запасов в системе единых природоохранных мероприятий Алтайского края // Научно-организационные и прикладные вопросы охраны окружающей среды в Алтайском крае. Барнаул. — С. 119–120.

Иоганзен Б.Г. 1953. Рыбохозяйственные районы Западной Сибири и их биолого-промысловая характеристика // Развитие рыбной промышленности Западной Сибири и проблемы гидробиологии. Томский ун-т. Т. 125. — С. 7–44.

Никольский Г.В. 1972. О некоторых вопросах теории эксплуатации рыбных запасов // Вопросы ихтиологии. Т. 12. Вып. 4. — С. 603–617.

Петкевич А.Н., Иоганзен Б.Г. 1958. Перспективы рыбного хозяйства верхней Оби в связи с гидростроительством // Известия научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. Т. 44. — С. 5–28.

УДК 59.081

Основные подходы в оценке паразитофауны и экологической безопасности в водных объектах Алтайского края и Республики Алтай

Л.В. Веснина, И.Ю. Теряева

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алтайский филиал (Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»); г. Барнаул
e-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

Ключевые слова: паразитофауна, экологическая безопасность, мониторинг, водные биологические ресурсы, методологические подходы.

Аннотация. В работе представлен обзор методологических указаний и рекомендаций для определения ихтиопатологического благополучия и экологической безопасности водных биологических ресурсов в водных объектах Алтайского края и Республики Алтай. Рассмотрены основные направления в изучении паразитофауны и наиболее важные аспекты анализа накопления тяжелых металлов в тканях гидробионтов. Представлено заключение о возможностях использования данных методологических подходов.

Здоровье рыб, обитающих в самых разнообразных естественных и искусственных температурных условиях, представляет собой область исследований, которая касается многих научных дисциплин и представляет исключительный интерес для широкого круга исследователей и специалистов рыбного хозяйства. Многие теоретические вопросы гидробиологии, ихтиологии, экологии и этологии, физиологии, биохимии и иммунологии рыб, а также практические вопросы рационального использования рыбных ресурсов в естественной среде и вопросы аквакультуры необходимо решать с учетом физиологического состояния рыб. Инфекционная болезнь в любой степени интенсивности коренным образом отражается на здоровье, росте, питании, воспроизводстве, выживаемости и, в целом, на благополучии существования рыб (Микряков, 1978).

Эффективное развитие рыбного хозяйства в агропромышленном комплексе предусматривает получение высококачественной экологически безопасной здоровой рыбной продукции. В этой связи актуальным является изучение методов оценки состояния здоровья рыб в условиях технологии их выращивания в интеграции с другой сельскохозяйственной продукцией. Вопросы дифференциальной диагностики патологий рыб, выращиваемых в рыбоводных хозяйствах, рассматриваются в специальных руководствах для проведения комплекса ветеринарно-санитарных лабораторных исследований.

Изменение экологической обстановки в регионах сказывается на состоянии рыбохозяйственных водоёмов. Загрязнение органо-минеральными удобрениями, стоками с промышленных и коммунально-бытовых предприятий, пестицидами с обработанных полей может привести к снижению естественной кормовой базы, существенно повлиять на скорость роста и жизнеспособность рыб, на снижение общей сопротивляемости рыб и распространение заболеваний. В настоящее время многие водоемы сдаются в аренду под организацию фермерских рыбоводных хозяйств или любительского рыболовства. Слабый ихтиопатологический контроль при зарыблении водоемов посадочным материалом из различных хозяйств способствует увеличению зараженности рыб паразитами, возникновению и распространению заболеваний, снижению рыбопродуктивности. Ихтиопатологический мониторинг позволяет уделять больше внимания санитарному состоянию водоемов и чаще проводить обследования объектов воспроизводства, а также своевременно разрабатывать практические рекомендации по предупреждению заболеваний рыб.

В настоящей работе проанализированы подходы к изучению паразитофауны и экологической безопасности в водных объектах Алтайского края и Республики Алтай.

Отбор проб и исследование материала по ихтиопатологическому состоянию проводились согласно МУК 3.2.988-00 «Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыб, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки» Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава России («Методы санитарно-паразитологической экспертизы...», 2001) и общепринятых методик: «Лабораторный практикум по болезням рыб» (1983) и «Руководство по изучению паразитов рыб» (Быховская-Павловская, 1985). Для токсикологических исследований все пробы исследовались на безопасность согласно установленным нормативам СанПиН 2.3.2.1078-2001 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», утвержденным Постановлением Главного государственного санитарного врача от 14.11.2001 № 36 (СанПиН 2.3.2.1078-2001 «Гигиенические требования...»).

Для предварительного прогноза эпизоотического состояния водных объектов по паразитарным и токсикологическим заболеваниям рыб в случае включения их в состав озерных хозяйств использовались данные кадастра озерного фонда. Такой предварительный прогноз позволяет сосредоточить внимание при обследовании озер на сборе материала для прогнозирования обстановки по наиболее вероятным у рыб заболеваниям и за счет этого сократить затраты времени на обследование водоемов.

При изучении эпизоотической обстановки по паразитарным заболеваниям методом неполного паразитологического вскрытия исследовалось по 20–30 экз. каждого вида рыб, обитающих в водоеме. Паразитологический анализ включал наружный осмотр рыбы с определением длины (абсолютная, промысловая), массы, пола, стадии зрелости гонад. Наружный осмотр рыбы проводился для определения отклонений от нормы: новообразований (неоплазия), кровоизлияний (покраснения), язвенных поражений кожи, деформации костей, патологии глаз, эктопаразитов, черных пятен на кожных покровах, истощения, анемии, вздутия брюшка (водянка), ерошения чешуи, выпячивания ануса, некроза тканей и т.д.

Выявленные отклонения диагностировались по совокупности клинических признаков. Паразиты, видимые невооруженным глазом, подсчитывались, собирались и фиксировались соответствующим методом. Фиксация проб осуществлялась путем их обработки консервирующими веществами (поваренная соль, 4%-ный формалин, 70%-ный этанол). Обработку проб проводили под микроскопом при 70–900-кратном увеличении методом прямого счета в камерах Нажотта и в камерах, применяемых для подсчета форменных элементов крови.

Для подсчета отдельных крупных форм использовали камеру Богорова и микроскопы серии МБС.

При необходимости транспортировки рыба предварительно подготавливалась. Рыбу, предназначенную для выявления описторхид необходимо засолить, для этого она вскрывалась с брюшной стороны вдоль срединной линии брюшка до угла нижней челюсти. Внутренности извлекались и просматривались на предмет визуально различимых паразитов. При наличии таковых, их консервировали в фиксирующей жидкости (формалин 4%-ный) с предварительным этикированием. Мелкая рыба просаливалась в достаточном количестве соли внутри полости тела, между отдельными экземплярами рыбы в емкости так же просыпался слой соли. Емкость снабжали этикеткой, где было указано место и время вылова, орудия лова. Крупная рыба нуждалась в более глубоком посоле. Для этого ее разрезали как по срединной линии брюшка и удаляли внутренности, так и вдоль линии позвоночника, разделив рыбу на два пласта, соединенных у головы (голова не отделяется). Между этими пластами просыпали достаточное количество соли. Рыба так же укладывалась в емкости, слои рыбы просыпали слоем соли, емкость снабжали этикеткой.

Рыбу, предназначенную для выявления дифиллоботриид, подвергали замораживанию в целом виде. Разновозрастные особи укладывались в пакеты или емкости и снабжались этикетками, на которых указывались дата и место вылова, орудия лова. Рыбу на экологическую безопасность подвергали замораживанию в целом виде и доставляли в испытательную лабораторию в ФГБНУ «Госрыбцентр» г. Тюмень (рис. 1).



Рис. 1. Образцы рыбы для проведения исследований

Подготовка проб для проведения исследований проводилась по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». При этом рыбу размораживали на воздухе, разделяли на филе и измельчали в фарш.

Дальнейшая обработка проб и определение мышьяка проводилась по МУ 31-05/04 (ФР.1.31.2004.01119) «Количественный химический анализ проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, биологически активных добавок к пище, биологических объектов. Методика выполнения измерений массовых концентраций мышьяка методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» с приложением «Проведение анализа с использованием анализатора ПАН-As» (рис. 2).

Подготовка проб и определение массовой концентрации ртути проводилась по МИ 2740-2002 «Продукты пищевые и продовольственное сырье. Методика выполнения измерений массовой концентрации общей ртути методом атомной абсорбции» с использованием анализатора ртути «Юлия 5К».



Рис. 2. Анализатор для определения мышьяка ПАН-As

Определение кадмия проводилось по МУ 31-04/04 (ФР.1.31.2004.00986) «Количественный химический анализ проб пищевых продуктов, продовольственного сырья, кормов и продуктов их переработки, биологически активных добавок к пище, биологических объектов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА» (рис. 3).



Рис. 3. Определение содержания кадмия в образцах рыбы

Хлорорганические пестициды определялись по «Временным методическим указаниям по определению хлорорганических пестицидов (ДДТ, ДДЭ, ДДД, альфа- и гамма-ГХЦГ) в рыбе и рыбной продукции методом газо-жидкостной хроматографии», утвержденным заместителем главного государственного санитарного врача А.И. Заиченко 22.10.1981 г. № 2482-81.

Полученные данные использованы при составлении соответствующих нормативных документов по диагностике, профилактике и борьбе с болезнями и токсикозами рыб. Отработанные методологические подходы следует шире использовать при установлении предельно допустимых концентраций вредных веществ в рыбохозяйственных водоемах, а также оценке безопасности лечебных препаратов, применяемых в рыбоводстве.

Литература

- Микряков В.Р. 1978. Актуальные вопросы иммунологии рыб // Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. — Л.: Наука. — С.116–133.
- Методы санитарно-паразитологической экспертизы рыбы, моллюсков, ракообразных, земноводных, пресмыкающихся и продуктов их переработки: методические указания. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2001. — 69 с.
- Лабораторный практикум по болезням рыб / под ред. В.А. Мусселиус — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 253 с.
- Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб: Руководство по изучению. — Л.: Наука. — 117 с.
- СанПиН 2.3.2.1078-2001 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», утвержденные Постановлением главного государственного санитарного врача от 14.11.2001 г. № 36.

УДК 591.6; 639.2

Рациональное использование сырьевой базы гипергалинных озер юга Западной Сибири

Л.В. Веснина

Государственный научно-производственный центр рыбного хозяйства, Алтайский филиал (Алтайский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр»); г. Барнаул
e-mail: artemia@alt.ru, vesninal.v@mail.ru

Ключевые слова: водные биологические ресурсы, артемия (на стадии цист), «жилая зона», гипергалинные озера, прогноз, добыча (вылов), рыбопромысловый участок.

Аннотация. Интенсивная промысловая добыча (вылов) биологического ресурса артемии (на стадии цист) в гипергалинных озерах юга Западной Сибири диктует необходимость информационной базы гидробиологического мониторинга. Основные гипергалинные озера задействованы в промышленном производстве нерудных минералов (озера Кучукское, Бурлинское, Малиновое в Алтайском крае) заготовке грязелечебного сырья (озера Солёное, Малое Яровое в Алтайском крае), добыче (вылове) биоресурса артемии (на стадии цист) (озера Большое Яровое, Кулундинское, малые озера в Алтайском крае). Неустановленный механизм эвтрофикации гипергалинных озер, отсутствие достоверных критериев оценки их экологического состояния, изменения направленности и характера гидробиологических процессов под прессом антропогенных факторов выдвигают задачу развития системы гидробиологического мониторинга для сохранения и рационального использования водных ресурсов.

С начала 1980-х годов гипергалинные озера Алтайского края стали базой заготовки на юге Западной Сибири биологического сырья водного происхождения. Уникальные по физико-химическим свойствам гипергалинные водоемы не являются безжизненными, их биота представлена галофильным жаброногим рачком *Artemia* Leach, 1819, экстремальная и зачастую агрессивная среда гипергалинных озер привела к появлению у рода высокоадаптационных морфологических особенностей. Интенсивный темп роста, непрерывное неселективное питание, преимущественно белковый состав тела, наличие необходимых аминокислот, витаминов, гормонов определили незаменимость артемии (на стадии цист) в качестве стартового корма для выращиваемых в промышленных условиях рыб, морских ракообразных, сельскохозяйственных птиц.

В перспективе хозяйственного использования сырьевой базы биокормов водного происхождения, начинающей функционировать в Алтайском крае, как особая отрасль рационального природопользования, определяющая роль принадлежит сырьевой базе артемии (на стадии цист) в озерах Большое Яровое и Кулундинское. Именно в этих водоемах было доказано наличие промысловых скоплений артемии (на стадии цист), впервые отработана технология их заготовки и первичной переработки. В оз. Большое Яровое в последние годы добыча (вылов) артемии (на стадии цист) достигла уровня 400–500 т, в оз. Кулундинское —

550–700 т. На акватории озер внедрено прогнозное обеспечение промысла, разработана программа мониторинга состояния артемии (на стадии цист), что контролирует состояние сырьевой базы рачка и стабильность экосистемы водоемов.

Рациональное использование биоресурсов водных беспозвоночных базируется на следующих предпосылках: обязательное сохранение естественного воспроизводства гидробионтов; определение оптимальных для каждого вида водных биологических ресурсов срока добычи (вылова), снижающих отрицательное влияние промысла на производство; прогнозное обеспечение промысла и определение объемов возможной заготовки каждого вида ресурса в водоеме. Дополнительно на каждом конкретно водоеме могут быть приняты местные ограничения промысла, в т.ч. введение запрета на добычу (вылов) ресурса на отдельных рыбопромысловых участках.

Действующая технология заготовки водных беспозвоночных основана на использовании отцеживающих или ставных орудий лова бонов, которые могут применяться без ограничения их длины и ячеи. Согласно правилам рыболовства для Западно-Сибирского рыбохозяйственного бассейна от 22.10.2014 г. № 402 добыча (вылов) регламентируется сроками, объемами и акваторией, на которой возможен или разрешен промысел.

В регламенте прогнозных исследований предусматриваются этапы:

- предварительный прогноз, основанный на среднемноголетней биомассе и продукции или гидробиологических исследованиях в природе в начальный период развития промысловой популяции;
- окончательный или уточняющий, разработанный на основе гидробиологической съемки численности ресурса при максимальном его развитии или в период, непосредственно предшествующий добыче (вылову).

При расчете прогноза учитывается неполный объем озера или площади дна, а их определенные участки акватории, входящие в состав так называемой «жилой зоны» гидробионта, которые исключают явно неблагоприятные зоны их пространственного распределения.

Прогнозные разработки включают расчеты потенциальной продукции ресурсного организма (общий запас) и промыслового запаса (объем возможной заготовки или квоту изъятия). Доля возможного изъятия ресурса, гарантирующая сохранение его естественного воспроизводства, составляет не более 30–60 % от общего запаса в зависимости от степени трофической нагрузки на ресурс внутри экосистемы (птицы, рыбы, околотовные животные) и абиотических условий формирования численности и продукции ресурсного гидробионта в год промысла («Водоемы Алтайского края...», 1991; Веснина, 2002).

Определенная трудность в расчете прогноза заключается в определении размера «жилой зоны» промысловых гидробионтов. В первоначальном варианте методики прогнозных работ по определению квоты добычи (вылова) диапаузирующей артемии (на стадии цист) (Соловов, Студеникина, 1990) в «жилую зону» рачка включался только поверхностный слой глубиной 1,0–1,5 м, а в мелководных озерах она рассчитывалась по средней глубине водоема. Дополнительные исследования горизонтального и вертикального распределения рачка артемии (на стадии цист) в глубоководном оз. Большое Яровое (Алтайский край) показали наличие всех возрастных групп артемии до глубин 5,0–6,0 м: в слое на глубине 0–2 м содержалось 455,0 тыс. экз/м³; в слое 2–4 м — 73,0 тыс. экз/м³; в слое 4–6 м — 29,5 тыс. экз/м³. Распределение половозрелого рачка по вертикали было более стабильным и в среднем составляло 0,09 тыс. экз/м³. Следовательно, предварительный прогноз квоты добычи (вылова) артемии (на стадии цист) в глубоководных озерах должен проводиться на послойных расчетах, учитывающих уменьшение численности рачка и, особенно, артемии (на стадии цист) по глубине водоема (Веснина, Пермякова, 2013).

При уточняющем прогнозе объемов добычи (вылова) артемии (на стадии цист), проводимом в конце сентября – первой декаде октября, можно ограничиться натурными исследованиями в поверхностном слое, принимая во внимание сосредоточение в нем 90 % свободноплавающей артемии (на стадии цист).

Однако, нельзя считать полностью решенным весь комплекс проблем по использованию сырьевой базы рачка в гипергалинных озерах. Не достигает мирового уровня переработка артемии (на стадии цист) в качественные стартовые корма; не реализуются

возможности по выращиванию рачка в искусственных условиях (на прилегающих к озерам низменных участков и производственных емкостях); не достаточен уровень научных разработок и их практического внедрения по повышению биопродуктивности и мелиорации озер; отсутствуют исследования и технологические разработки по глубокой переработке биомассы рачка и артемии (на стадии цист) с целью получения биологически активных веществ и белково-витаминных добавок. Анализ существующей системы использования биоресурсов рачка артемия показывает, что без тесного и экономически заинтересованного взаимодействия с пользователями рыбопромысловых участков вывести использование сырьевой базы рачка на новый более высокий уровень невозможно.

Для разработки комплексных мероприятий научного и производственного развития отечественной гипергалинной науки необходимо решить основные задачи:

1. Определить реестр соленых озер, перспективных для заготовки артемии (на стадии цист) с исследованием минерального состава, их флоры и фауны;
2. Провести кадастровые исследования и разработать кадастровый паспорт артемиевых водоемов;
3. Изучить биохимический состав, генетику артемии (на стадии цист), дать заключение по их качеству и идентификации образцов;
4. Продолжить исследования по оценке запасов и их изъятию артемии (на стадии цист) в гипергалинных озерах юга Западной Сибири.

Литература

Веснина Л.В. 2002. Зоопланктон озерных экосистем равнины Алтайского края. — Новосибирск: Наука. — 158 с.

Веснина Л.В., Пермякова Г.В. 2013. Динамика численности и особенности распределения разновозрастных особей жаброногого рачка рода *Artemia* Leach, 1819 в глубоководном озере Большое Яровое Алтайского края // Вестник Томского гос. ун-та. № 1(21) — С. 89–102.

Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования. — Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1999. — 285 с.

Соловов В.П., Студеникина Т.Л. 1990. Рачок артемия в озерах Западной Сибири. — Новосибирск. — 80 с.

УДК 639.27 (265.54)

***Mercenaria stimpsoni* (Bivalvia, Veneridae) как промысловый объект у берегов Приморского края (Японское море)**

Р.В. Власенко

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
e-mail: rv_vlasenko@mail.ru

Ключевые слова: мерценария Стимпсона, *Mercenaria stimpsoni*, Японское море, запасы, распределение, рост, размеры половозрелости, сроки размножения, промысел.

Аннотация. В работе обобщены многолетние данные по исследованиям промыслового двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* у берегов Приморского края. Приводятся сведения об особенностях биологии, динамики поселений и промысле мерценарии, дается оценка современного состояния ресурсов.

Относительно недавно у берегов Приморского края начался промысел зарывающегося двустворчатого моллюска мерценарии Стимпсона *Mercenaria stimpsoni* (Gould, 1861). Чтобы нивелировать негативное влияние промысла на поселения вида, необходима разработка рекомендаций для рационального использования его ресурсов. При решении таких задач требуются знания о пространственном распределении моллюсков, составе их поселений и запасах, особенностях роста, времени наступления половозрелости и сроках нереста. Научно-

промысловая статистика необходима для понимания влияния промысла на поселения мерценарии и прибрежные экосистемы. В связи с этим в настоящей работе представлены результаты изучения особенностей биологии и распределения *M. stimpsoni* у берегов Приморского края, приведена оценка запаса и описаны особенности промысла.

В работе использованы данные водолазных гидробиологических исследований прибрежных акваторий Приморского края до глубины 20 м, выполненные в летне-осенние периоды 2002–2016 гг. Проанализировано более 16 тыс. станций, расположенных вдоль всего побережья Приморского края, за исключением акваторий портов, марикультурных хозяйств и заповедников. Расстояние между станциями составляло 100–300 м в зависимости от биотопических условий. На каждой станции отбор проб проводили с одной или нескольких рамок площадью 1 м² (Аверинцев и др., 1982; Блинова и др., 2003). Объем исследованного материала составил более 6 тыс. живых особей. При изучении темпов роста использовано 33 экз. моллюсков из бух. Рифовая (зал. Петра Великого) и 61 экз. из акватории у м. Титова (северо-восточнее м. Поворотный). В качестве возрастной метки использовали ежегодно формирующиеся скульптурные элементы наружной поверхности раковины и соответствующие им зоны задержки роста, различимые на радиальном спиле в наружном слое створки (Золотарев, 1989). Также в работе использованы материалы научно-промысловой статистики 2013 г. Измерение линейных размеров мерценарии проводили с точностью 1 мм, массу определяли с точностью 1 г. Статистическую обработку данных проводили с использованием программ Statistica и Microsoft Excel. Для подготовки картографических материалов использовалась ГИС MapInfo Professional (Ерунов, Гостева, 2004). Расчет общей биомассы моллюсков осуществляли методом диаграмм Вороного (полигоны Тиссена) (Борисовец и др., 2003).

M. stimpsoni относится к тихоокеанским приазиатским низкобореальным видам, обитает в Японском и Охотском морях, вдоль материкового побережья Азии от зал. Йонгил п-ова Корея (36° с.ш.) до м. Мосолова (51° с.ш.) (Скарлато, 1981; Lutaenko, 2006; Дуленина, 2013), в островной части — у Южного Сахалина, на Южно-Курильском мелководье и у о. Итуруп, также у о. Хоккайдо и северного побережья о. Хонсю (Скарлато, 1981).

Анализ накопленных данных позволил выявить многочисленные поселения мерценарии от устья р. Туманная до м. Золотой. Поселения вида приурочены к прибойным намывным и размытым песчаным бухтам, особенно массово моллюски встречаются у протяженных прибойных берегов разного типа. Обитают также и в защищенно-заиляемых бухтах, но лишь у мысов. В зал. Петра Великого, имеющем извилистую береговую линию и обилие защищенно-заиляемых акваторий, подходящие биотопы для формирования скоплений мерценарии малочисленны, тогда как за его пределами наличие протяженных прибойных акваторий с активной гидродинамикой способствует формированию крупных скоплений мерценарии.

В зал. Петра Великого моллюски отмечены в диапазоне глубин 1,5–15,0 м с наибольшими показателями обилия от 6 до 10 м. На акватории м. Поворотный — м. Золотой батиметрический диапазон расширяется и смещается до 20 м и глубже, с наибольшими показателями обилия на глубинах 10–20 м (рисунок). Поскольку водолазные исследования были ограничены глубиной 20 м (определено техническим регламентом водолазных работ на судах ФГБНУ «ТИНРО-Центра»), то нижние границы распределения моллюсков на данной акватории учтены не в полной мере. Максимальная отмеченная глубина обитания мерценарии составила 45 м (Разин, 1934; Рейсовый отчет «Изучение...», 2010).

Картина распределения биомасс на рисунке отображает лишь общие закономерности распределения мерценарии по глубине. В зависимости от локальных условий в характерных местах обитания границы горизонтов распределения моллюсков варьируют. Верхний горизонт распределения зависит от наличия подходящих для зарывающихся моллюсков грунтов и волновой нагрузки. Подвижность донных отложений под влиянием сильного прибоя препятствует выживаемости мерценарии на мелководных участках. Нижний горизонт распределения лимитируется обычно заилением, наиболее характерным для заливов и бухт.

Поселения мерценарии у берегов Приморского края сформированы преимущественно крупными промысловыми особями (промысловая мера составляет 55 мм по длине раковины). В целом для поселений зал. Петра Великого характерно преобладание по

численности моллюсков с длиной раковины 70–90 мм и массой 100–190 г, а также низкая доля промысловых особей (обычно не более 10 %). На участке от м. Поворотный до м. Золотой в поселениях обычно преобладают животные размером 55–75 мм и массой 40–100 г, в большинстве из них доля промысловых особей достаточно высока до 20 % и более.

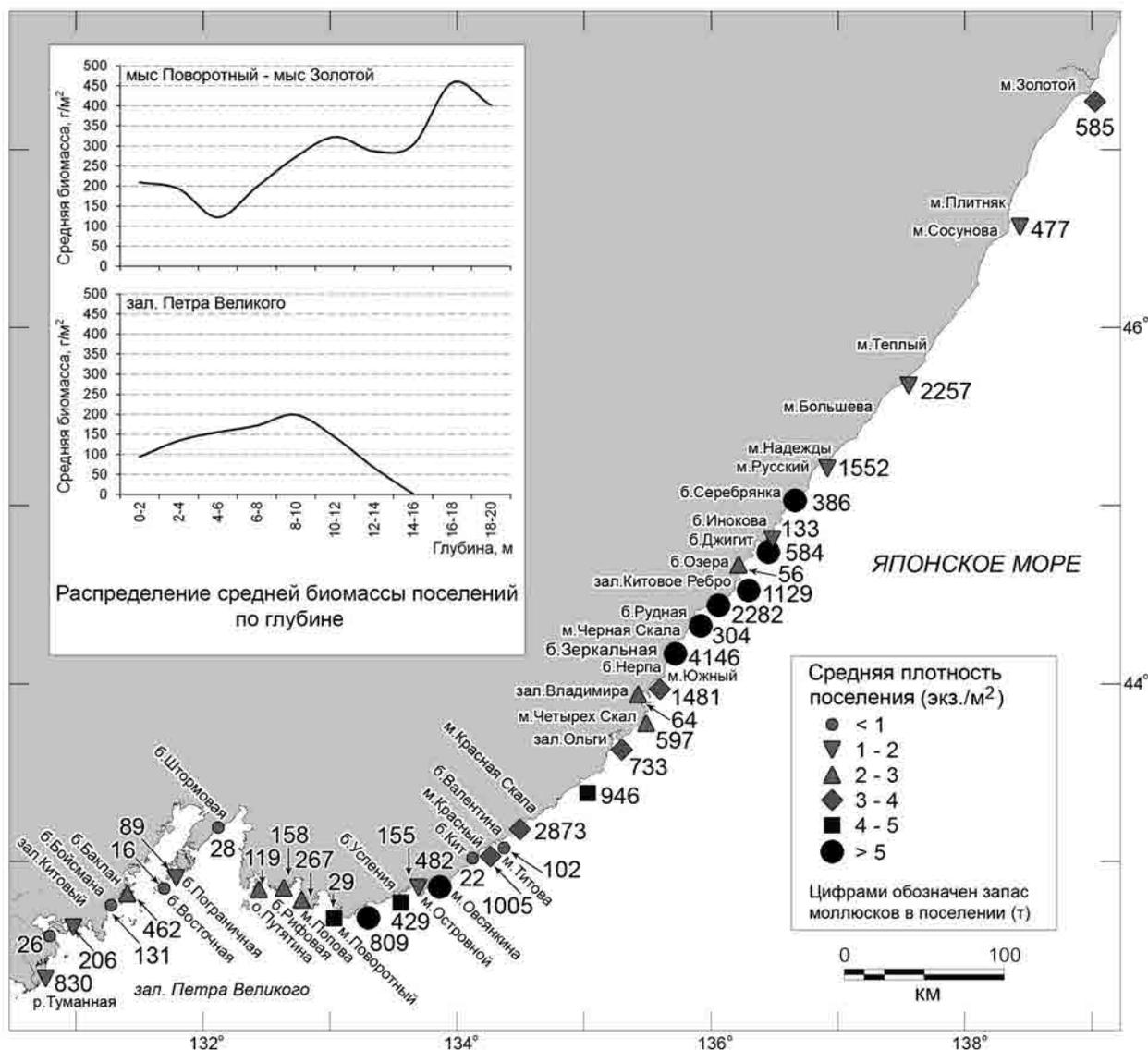


Рис. 1. Расположение основных поселений мерценарии у берегов Приморского края и распределение их средней биомассы по глубине

Сравнительная оценка роста мерценарии с глубины 8–10 м показала, что в бух. Рифовая (зал. Петра Великого) моллюски растут интенсивнее, чем у м. Титова (северо-восточнее м. Поворотный). Промыслового размера в бух. Рифовая моллюски достигают в возрасте 8–9 лет, у м. Титова позже — в 11–12 лет. С более высокими темпами роста в первые годы жизни, вероятно, связаны и различия размерного состава поселений моллюсков из зал. Петра Великого и за его пределами. В бух. Рифовая размеры моллюсков в возрасте 15 и 20 лет составляют в среднем 70 и 73 мм, у м. Титова соответственно 62 и 68 мм. В последующие годы прироста длины раковины минимальны. Разница в росте и размерах окажется значительней, если сравнивать моллюсков из бух. Рифовая и приглубых участков у м. Титова, где мерценария образует наибольшие концентрации. Так, величина приростов по мере увеличения глубины снижается, и промыслового размера на глубине 13–16 м моллюски достигают в более позднем возрасте — 13–14 лет, а на глубине 19 м — в 15–16 лет.

Считается, что морские беспозвоночные становятся окончательно половозрелыми, когда их плодовитость становится сопоставимой с плодовитостью других взрослых особей

(Thompson, 1979). При этом для каждого вида размер половозрелости является величиной более постоянной, чем возраст половозрелости (Lawrence, 1987; Касьянов, 1989). Установлено, что минимальные размеры половозрелости мерценарии на акваториях северо-восточнее м. Поворотный составляют 40 мм по длине раковины, при размерах 50–55 мм все особи становятся половозрелыми. Размер 50%-ной половозрелости составляет 43,5 мм (Власенко, Калинина, 2015). Известно, что у гидробионтов темпы линейного роста снижаются с наступлением половозрелости, что связано с перенаправлением значительной части энергии на рост гонад и производство половых продуктов (Касьянов, 1989). С учетом того, что все особи мерценарии у берегов Приморского края становятся половозрелыми при длине раковины 50–55 мм, скорость роста моллюсков определяет более раннее или позднее становление половозрелости.

Отмечены различия в сроках нереста у мерценарии из южных и северных вод Приморского края. Так, в зал. Петра Великого моллюски могут нереститься в течение всего лета, массовый нерест наблюдается в июле при средней температуре воды 20 °С (Касьянов, 1989). Северо-восточнее м. Поворотный период размножения наблюдается со второй декады августа по вторую декаду сентября, массовый нерест — с третьей декады августа по первую декаду сентября включительно. Температура воды в местах обитания моллюсков в начале нерестового периода обычно составляла 11–12 °С, а в период массового нереста — 13–19 °С (Власенко, Калинина, 2015).

На рисунке показаны места локализаций поселений мерценарии у берегов Приморского края. Средние величины плотности поселения и удельной биомассы моллюсков в районе м. Поворотный составили 4,0 экз/м² и 363,8 г/м². В зал. Китовый, бухтах Баклан и Рифовая, с восточной стороны о. Путятина и на участке от м. Козина до м. Попова, эти показатели характеризовались меньшими величинами — 1,9–2,7 экз/м² и 244,4–386,5 г/м². В остальных поселениях обилие моллюсков небольшое — 0,3–1,3 экз/м² при удельной биомассе 54,1–310,4 г/м², среди них и поселение с наибольшим запасом в заливе, расположенное от устья р. Туманная до горы Голубиный утес (граница с ДВГМЗ). В зал. Петра Великого мерценария формирует самостоятельные сообщества с долей доминирования не более 60 % от их общей биомассы на небольших акваториях (Власенко, 2012).

На акватории от м. Поворотный до м. Золотой мерценария встречается наиболее массово. Высокие средние показатели обилия моллюсков — 5,0–7,6 экз/м² и 276,7–602,4 г/м² отмечены в поселениях, расположенных на участках от м. Поворотный до бух. Успения, от м. Островной до м. Овсянкина, от бух. Нерпа до м. Черная Скала, от бух. Рудная до зал. Китовое Ребро, а также в бухтах Джигит и Серебрянка. На акваториях бух. Успения, от м. Красный до м. Титова, от бух. Валентина до м. Четырех Скал, от м. Балюзек до м. Южный и у м. Золотой средние величины плотности поселений мерценарии составили 3–4,3 экз/м², а удельной биомассы — 222,8–438,4 г/м². Для остальных поселений характерны сравнительно невысокие средние показатели обилия — 0,2–2,8 экз/м² и 18,9–220,1 г/м². Северо-восточнее м. Поворотный мерценария образует сообщества на обширных акваториях с доминированием более 70 % по биомассе (Власенко, 2012).

Запас *M. stimpsoni* в зал. Петра Великого оценен в размере 2361 т на площади 1410 га, на акватории от м. Поворотный до м. Золотой — 23589 т на площади 8721 га. Таким образом, суммарный запас мерценарии составил 25950 т на площади 10131 га. Основной ресурсный потенциал находится северо-восточнее м. Поворотный — 91 % от суммарного запаса и 86 % от занимаемых площадей.

Мерценария является видом с длительным жизненным циклом, возраст моллюсков часто превышает 30 лет, максимальный в зал. Восток составил 46 лет. Для поселений вида характерно высокое постоянство мест локализации (Золотарев, 1989; Селин, 1995) и относительное постоянство размерного состава моллюсков. За шестилетний период (с 2010 по 2016 гг.) размерный состав поселения в бух. Баклан зал. Петра Великого не претерпел существенных изменений, средние параметры моллюсков практически не изменились. Мода группа особей с длиной раковины 75–80 мм сохранила свою позицию — 36 и 34 %. Доля особей размером более 80 мм снизилась с 32 до 20,6 %. За пятилетний период (с 2008 по 2013 гг.) в бухтах Нерпа и Зеркальная, находящихся северо-восточнее м. Поворотный,

произошли ожидаемые изменения в сторону увеличения размеров моллюсков. В бух. Нерпа средняя длина раковины мерценарии незначительно увеличилась с $54,3 \pm 1,3$ до $55,8 \pm 0,9$ мм, модальная группа 50–60 мм (71 %) увеличилась до 55–65 мм (64 %). В бух. Зеркальная средние показатели длины увеличились с $52,6 \pm 1,2$ до $57,8 \pm 0,6$ мм, модальный класс остался прежним 60–65 мм, но возросла его доля с 26 до 32 %, отмечено небольшое увеличение доли крупноразмерных моллюсков — 65–75 мм от 13 до 18 %. Таким образом, учитывая продолжительный жизненный цикл мерценарии в сочетании с медленным ростом взрослых особей, очевидно, что в среднесрочной перспективе поселения стабильны при отсутствии катастрофических явлений (загрязнения, шторма) и промысла.

Промышленное освоение ресурсов *M. stimpsoni* у берегов Приморского края начато с 2010 г. Вылов осуществляется на акваториях к северо-востоку от м. Поворотный. Здесь находятся обширные скопления моллюсков с высокими показателями обилия. География промысла постепенно расширяется, к настоящему моменту облов подвержены поселения от зал. Владимира до зал. Китовое Ребро. Лов производится с рыболовных ботов специализированными драгами с гидроразрывом на глубинах 10–20 м. Ширина драги составляет 1,5 м. Продолжительность одного промыслового драгирования (усилия) составляет около 20–30 мин при средней скорости 0,1–0,3 узла, проходимое расстояние составляет около 100 м. Ежегодный рекомендованный вылов моллюсков в размере 600 т осваивается на 32–69 % (в среднем 51,2 %). Моллюски продаются на рынки азиатских стран в живом виде.

По данным промысловой статистики в 2013 г. в б. Зеркальная средний улов за одно промысловое усилие составлял 156 кг и в сутки — 1685 кг, в бух. Рудная — 121 и 1269 кг соответственно. В бух. Зеркальная уловы были представлены животными размером 25–73 мм (среднее — $57,5 \pm 0,5$ мм), преобладали моллюски длиной 55–65 мм (59 %), доля непромысловых особей составила 29,8 %. В приловах постоянно присутствовали плоские морские ежи *Echinarachnius parma* (в среднем по 560 экз. массой 20,5 кг на усилие) и мелкий двустворчатый моллюск *Felaniella usta* (140 экз. на усилие). В бух. Рудная размеры мерценарии в уловах варьировали от 15 до 75 мм (среднее — $58 \pm 0,8$ мм), преобладали особи длиной 60–70 мм (57,7 %), доля непромысловых моллюсков — 17,4 %. В прилове наиболее часто встречался двустворчатый моллюск *Clinocardium californiense* (7 экз. на усилие), полихеты (15 экз. на усилие), фрагменты морской травы *Zostera asiatica* в незначительных количествах. Другие представители макробентоса встречались реже и в меньших количествах. Таким образом, промысел мерценарии на монодоминантных скоплениях с высоким обилием моллюсков очень эффективен. В сочетании с продолжительной жизнеспособностью выловленных моллюсков (Купина, 2015) и крепкой раковиной, облегчающей транспортировку, мерценария является технологичным промысловым объектом.

Ожидается, что интенсивный промысел долгоживущих и медленно растущих видов, таких как *M. stimpsoni*, может существенно повлиять на структуру их поселений и состояние запасов. По итогам водолазных исследований 2008 и 2013 гг. в поселении бух. Рудная, которое подвергалось интенсивной промысловой нагрузке в период 2010–2013 гг. произошло уменьшение средних показателей длины раковины и массы особей с $62 \pm 0,8$ до $55,2 \pm 1,3$ мм и с $68,7 \pm 2,9$ до $53,4 \pm 2,5$ г соответственно. Модальная группа с размером 55–65 мм сохранила свою позицию при уменьшении доли с 66,0 до 53,5 %. В 2013 г. отмечено высокая доля непромысловых особей — 25,4 %. Общий запас мерценарии практически не изменился, но промысловый снизился с 289 до 227 т.

Для сохранения ресурсов мерценарии особо важными являются вопросы разработки рекомендаций для долговременного рационального промысла. Решение данных задач требует изучения биологии и экологии вида, а также регулярного мониторинга эксплуатируемых поселений моллюсков.

Литература

Аверинцев В.Г., Голиков А.Н., Сиренко Б.И., Шереметевский А.М. 1982. Количественный водолазный метод гидробиологических исследований // Подводные гидробиологические исследования. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР — С. 48–58.

- Блинова Е.И., Вилкова О.Ю., Милютин Д.М., Пронина О.А. 2003. Методические рекомендации по учету запасов промысловых гидробионтов в прибрежной зоне. — М.: Изд-во ВНИРО, 2003. — 80 с.
- Борисовец Е.Э., Вдовин А.Н., Панченко В.В. 2003. Оценки запасов керчаков по данным учетных траловых съемок залива Петра Великого // Вопросы рыболовства, Т. 4, № 1 (13). — С. 157–170.
- Власенко Р.В. 2012. Мерценария Стимпсона в донных сообществах верхней сублиторали некоторых акваторий Приморья // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы II Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. — Владивосток: Дальрыбвтуз, Ч. I. — С. 64–69.
- Власенко Р.В., Калинина М.В. 2015. Половая структура и сроки размножения мерценарии Стимпсона *Mercenaria stimpsoni* (Bivalvia, Veneridae) в северо-западной части Японского моря // Известия ТИНРО. Т. 183. — С. 61–70.
- Дуленкина П.А. 2013. Видовой состав двустворчатых моллюсков западной части Татарского пролива Японского моря // Бюллетень Дальневосточного малакологического общества. Вып. 17. — С. 27–78.
- Ерунова М.Г., Гостева А.А. 2004. Географические и земельно-информационные системы. Ч. 2. Картографирование средствами инструментальной ГИС MapInfo: Методические указания. — Краснояр. гос. аграр. ун-т. — Красноярск. — 83 с.
- Золотарев В.Н. 1989. Склерохронология морских двустворчатых моллюсков. — Киев: Наукова думка. — 112 с.
- Касьянов В.Л. 1989. Репродуктивная стратегия морских двустворчатых моллюсков и иглокожих — Л.: Наука. — 179 с.
- Купина Н.М. 2015. Исследование физико-химических и технологических свойств мерценарии Стимпсона *Mercenaria stimpsoni* в процессе хранения // Известия ТИНРО. Т. 181. — С. 252–262.
- Мотавкин П.А., Хотимченко Ю.С., Деридович И.И. 1990. Регуляция размножения и биотехнология получения половых клеток у двустворчатых моллюсков. — М.: Наука. — 216 с.
- Разин А.И. 1934. Морские промысловые моллюски южного Приморья: монография. — М.: ОГИЗ; Хабаровск: ДАЛЬГИЗ. — 110 с.
- Рейсовый отчет «Изучение видового состава, распределения и ресурсов закапывающихся двустворчатых моллюсков в водах Приморья с использованием драги». ТИНРО-Центр. № 26865. — Владивосток, 2010. — 33 с.
- Селин Н.И. 1995. Пространственно-временные изменения структуры популяции и рост двустворчатого моллюска *Mercenaria stimpsoni* в Японском море // Биология моря. Т. 21, № 1. — С. 51–59.
- Скарлато О.А. 1981. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. — Л.: Наука. — 479 с.
- Eversole A.G. 2001. Reproduction in *Mercenaria mercenaria* // In: Biology of the Hard Clam, J.N. Kraeuter and M. Castagna, (Eds.). Elsevier Science, Amsterdam. — P. 221–260.
- Lutaenko K.A. 2006. Bivalve mollusks in Yeongil Bay, Korea. 2. Faunal analysis // Korean Journal of Malacology. V. 22(1). — P. 63–86.
- Thompson R.J. 1979. Fecundity and reproduction effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland // J. Fish. Res. Board Canada. Vol. 36. — P. 955–964.
- Lawrence J.M. 1987. A functional biology of echinoderms. London & Sydney. — 340 p.

УДК 597.556.333.7-11(262.54)

Физиологическое состояние пиленгаса *Liza haematocheila*, Temminck & Shlegel Азово-Черноморского бассейна в 2016 г.

А.В. Войкина, Л.А. Бугаев, Л.П. Ружинская

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
e-mail: anna-vojkina@yandex.ru

Ключевые слова: пиленгас, Азовское море, физиологическое состояние, пластические вещества.

Аннотация. Проведено исследование по оценке физиологического состояния пиленгаса, обитающего в Азово-Черноморском рыбохозяйственном бассейне. Показано, что функциональное состояние обследованных производителей пиленгаса в 2016 г. было удовлетворительным, нарушений репродуктивной системы не отмечено.

Различным аспектам биологии пиленгаса *Liza haematocheila*, Temminck & Shlegel в Азово-Черноморском бассейне в настоящее время уделяется большое внимание. Возникновение после интродукции самовоспроизводящейся популяции в Азовском и Черном морях, получение значительных промышленных уловов в начале XXI в., определили интерес к данному виду как важному промысловому объекту (Чесалина и др., 2009; Ложичевская и др., 2011; Пряхин, 2011).

Акклиматизация и интродукция пиленгаса в водоемах Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна задали научно-исследовательский вектор в отношении данного вида, направленный на изучение его адаптационных возможностей и внутренних факторов, определяющих его высокую экологическую пластичность, которая зависит от комплекса биохимических, физиологических, этологических механизмов (Булли, 1995; Куликова и др., 1996).

Изучение пластических резервов важно не только с позиции оценки рыбы, как пищевого для человека объекта, но и в аспекте обеспечения его жизнедеятельности в течение всех этапов онтогенеза: успешность прохождения зимовального периода, своевременное созревание половых продуктов и участие в нересте,хождение восстановительного посленерестового периода, связанного с компенсацией энергетических и пластических затрат на нерест и обеспечение восстановления в случае возникновения резорбционных процессов и др.

Целью работы являлась оценка функционального состояния пиленгаса, обитающего в Азово-Черноморском бассейне, в течение 2016 г.

Материалом для проведения исследований служили производители пиленгаса, отобранные во время учетных траловых съемок, а также из береговых уловов на восточном побережье Азовского моря. Морфофизиологические исследования проводились согласно методическим руководствам (Корниенко и др., 2005).

В преднерестовый период были обследованы производители пиленгаса в возрасте 4–6 лет с гонадами III стадии зрелости. Половые железы по своему морфологическому состоянию соответствовали норме. Патологических изменений в развитии гонад не было отмечено. Гонадосоматический индекс у самок составлял 3,1 %, у самцов — 2,0 %. Гепатосоматический индекс, характеризующий функциональную активность печени, соответствовал среднемноголетним значениям для исследуемого периода (табл. 1). Запас трофических веществ в тканях пиленгаса находился на уровне нормы, рассчитанной на основании многолетних данных. Высокое содержание холестерина в сыворотке крови и жира в печени рыб указывает на незавершенность процесса созревания гонад.

В нерестовый период были обследованы производители пиленгаса с гонадами IV и V стадий зрелости. Выборка на 80 % была представлена молодыми впервые нерестующими рыбами в возрасте 4 лет. Гонадосоматический индекс у самок составлял всего 8,2 %, тогда как у рыб этого возраста близких к нерестовому состоянию, этот показатель находится в пределах 11–13 %. Количество резервных веществ в тканях рыб находилось в пределах нормы или превышало среднемноголетние значения, что свидетельствует о хороших условиях нагула предыдущего года. Высокое содержание жира и белка в гонадах указывает на интенсивный трофоплазматический рост ооцитов. Нарушений репродуктивной системы не было выявлено. Величины показателей иммуно-глобулиновой фракции сыворотки крови отражали нормальное состояние гуморального иммунитета у рыб разного возраста и стадии зрелости гонад. В целом, можно констатировать, что производители пиленгаса вышли на нерест в удовлетворительном состоянии (табл. 1).

У большинства производителей пиленгаса в нерестовый период показатели крови находились в норме. Индекс сдвига лейкоцитов у самок составлял 0,19, у самцов — 0,25 (табл. 2). Количество эритроцитов с патологией было незначительным и варьировало у самок от 8 до 14 %, у самцов от 26 до 37 %. Характерными нарушениями крови явились пойкило-

цитоз, смещение ядер, гипохромазия и гемолиз эритроцитов. Доля клеток с морфологическими нарушениями варьировала от 0 до 11 %. В целом, картина крови отражала эколого-биологические особенности нерестового этапа, связанные с возрастанием температуры воды, стрессированностью рыб, идущих на нерест.

Таблица 1. Показатели физиологического состояния пиленгаса в преднерестовый и нерестовый период 2016 г.

Показатели	Преднерестовый период, III стадия зрелости гонад				Нерестовый период IV-V стадия зрелости гонад			
	Самцы		Самки		Самцы		Самки	
	2016 г.	Средне- многолетнее значение	2016 г.	Средне- многолетнее значение	2016 г.	Средне- многолетнее значение	2016 г.	Средне- многолетнее значение
Коэффициент упитанности	1,37±0,04	1,47±0,03	1,28±0,06	1,55±0,04	1,40±0,1	1,54±0,02	1,73±0,1	1,65±0,03
Индекс печени, %	1,48±0,20	1,92±0,11	2,19±0,18	2,30±0,08	1,50±0,1	1,67±0,22	2,00±0,02	2,19±0,07
Индекс гонад, %	2,0±0,33	3,29±0,33	3,1±0,21	2,97±0,20	12,50±2,2	10,64±0,41	8,23±1,6	11,37±0,60
Белок мышц, мг/г	144,3±16,8	163,0±6,7	165,9±15,1	161,4±7,5	174,1±13,0	151,4±8,2	136,0±8,2	155,2±7,7
Белок гонад, мг/г	97,5±8,5	103,7±4,6	133,7±18,4	117,3±4,9	118,1±9,0	75,3±2,8	213,0±10,1	185,4±8,2
Белок печени, мг/г	141,7±16,9	145,3±8,0	129,3±15,7	135,3±7,4	238,2±27,1	131,4±3,7	151,0±7,5	121,2±3,9
Жир мышц, %	9,3±3,5	10,1±0,8	6,4±1,7	13,6±0,7	15,2±2,1	9,7±0,5	8,2±1,1	10,5±0,5
Жир гонад, %	8,9±0,8	7,3±0,4	40,5±4,5	29,9±1,9	9,9±1,2	14,1±0,3	47,5±2,4	49,6±0,7
Жир печени, %	38,6±7,6	39,5±2,1	35,3±2,9	41,6±1,9	46,9±5,4	48,4±1,7	36,3±3,2	28,9±1,3

Таблица 2. Показатели крови производителей пиленгаса в нерестовый период 2016 г.

Показатели	Самки		Самцы	
	2016 г.	Средне- многолетние значения	2016 г.	Средне- многолетние значения
Индекс сдвига лейкоцитов	0,19	0,10–0,55	0,25	0,20–0,59
Лимфоциты, %	83	58–91	77,6	62–88
Моноциты, %	1	0–5	2,4	0–5
Нейтрофилы палочкоядерные, %	10	1–19	12,4	5–18
Нейтрофилы сегментоядерные, %	5,5	3–18	7,6	3–21
Патология эритроцитов, %	11	0–67	30,4	0–60

В начале нагульного периода после нереста выборка была представлена самками в возрасте 4–5 лет с гонадами VI–II стадии зрелости. Гонадосоматический индекс был низким и составлял 0,7 % (табл. 3). У большинства рыб нарушений в структуре внутренних органов и половых желез не было обнаружено, следов остаточной резорбции не наблюдалось. У отдельных особей были выявлены признаки патологии строения селезенки. Масса селезенки таких рыб была в 10 раз больше, чем средняя масса данного органа у здоровых рыб, и составляла 21,4 г. Содержание трофических веществ в органах и тканях обследованных рыб было низкое. Во время нереста самки пиленгаса голодают и только по завершению икрометания начинают интенсивно питаться. У особей с патологией селезенки было отмечено повышенное содержание иммуноглобулинов (10,7 у.е.), что является признаком дестабилизации факторов иммунитета, вероятно, в результате воздействия неблагоприятных факторов

среды. У здоровых производителей пиленгаса отклонений в состоянии иммунитета не было выявлено, содержание иммуноглобулинов составляло 6,9 у.е.

В осенний период выборка была представлена самками 3-летнего возраста. Половые железы самок были красноватые, прозрачные, на поверхности видны кровеносные сосуды, что соответствует II стадии зрелости гонад. В нагульный период в тканях рыб накапливаются трофопластические вещества, которые затем расходуются в процессе созревания гонад, нереста, зимовки и миграций. В осенний период 2016 г. запасы резервных веществ у пиленгаса были ниже среднемноголетних значений, что объясняется особенностями выборки рыб текущего года: исследовались особи длиной $29,6 \pm 0,3$ см с массой 352 ± 13 г против среднемноголетней выборки с длиной $46,5 \pm 0,8$ см и массой 1802 ± 104 г (табл. 3).

Таблица 3. Показатели физиологического состояния пиленгаса в нагульный летне-осенний период 2016 г.

Показатели	Летний период		Осенний период	
	2016 г.	Среднемноголетнее значение	2016 г.	Среднемноголетнее значение
<i>Самки, III стадия зрелости гонад</i>				
Коэффициент упитанности	$1,39 \pm 0,02$	$1,67 \pm 0,10$	$1,36 \pm 0,02$	$1,59 \pm 0,03$
Индекс печени, %	$1,55 \pm 0,05$	$0,89 \pm 0,20$	$1,75 \pm 0,11$	$2,50 \pm 0,35$
Индекс гонад, %	$0,65 \pm 0,10$	$1,93 \pm 0,41$	$0,35 \pm 0,03$	$1,78 \pm 0,37$
Белок мышц, мг/г	$136,7 \pm 6,9$	$214,8 \pm 26,7$	$141,2 \pm 5,2$	$167,5 \pm 6,9$
Белок гонад, мг/г	$76,5 \pm 3,1$	$104,3 \pm 10,8$	$132,0 \pm 7,9$	$123,7 \pm 3,8$
Белок печени, мг/г	$104,8 \pm 3,4$	$124,9 \pm 8,2$	$109,1 \pm 4,8$	$137,8 \pm 6,0$
Жир мышц, %	$5,2 \pm 0,6$	$22,0 \pm 4,8$	$7,8 \pm 1,0$	$14,0 \pm 0,7$
Жир гонад, %	$7,7 \pm 0,7$	$13,0 \pm 2,1$	$8,4 \pm 0,5$	$19,6 \pm 1,5$
Жир печени, %	$43,9 \pm 2,0$	$42,1 \pm 5,5$	$20,6 \pm 1,2$	$42,3 \pm 1,3$

Таким образом, исследования производителей пиленгаса из Азовского моря в 2016 г. показали, что функциональное состояние рыб в течение года в основной массе было удовлетворительным. Величины физиолого-биохимических показателей соответствовали среднемноголетним значениям, характерным для конкретного этапа онтогенеза и сезона наблюдения.

Литература

Булли Л.И. Эколого-биохимические особенности икры пиленгаса из разных мест обитания // Труды ЮГНИРО. Т. 41. 1995. — С. 149–153.

Корниенко, Г.Г., Бойко, Н.Е., Бугаев, Л.А. и др. Физиолого-биохимические и генетические исследования ихтиофауны Азово-Черноморского бассейна / Методическое руководство. — Ростов-на-Дону: Эверест, 2005. — 100 с.

Куликова Н.И., Булли А.Ф., Гнатченко Л.Г., Писаревская И.И., Федулina В.Н., Булли Л.И. Физиологическое состояние производителей пиленгаса в период миграции через Керченский пролив // Труды ЮГНИРО. Т. 42. 1996. — С. 210–216.

Ложичевская Т.В., Корниенко Г.Г., Дудкин С.И., Самарская Е.А., Сергеева С.Г., Цема Н.И., Ружинская Л.П. Нарушения в репродуктивной системе пиленгаса *Liza haematocheila* (Temminck & Shlegel) в Азово-Черноморском бассейне // Ветеринарная патология. № 4. 2011. — С. 74–78.

Пряхин Ю.В. Азово-Черноморская популяция пиленгаса // Наука Кубани. № 11. 2011. — С. 4–16.

Чесалина Т.Л., Чесалин М.В., Пустоварова Н.И. Рост молоди пиленгаса (*Liza haematocheilus*) в Азово-Черноморском бассейне // Морской экологический журнал. № 4, Т. VIII. 2009. — С. 85–89.

Распределение и миграции молоди горбуши и кеты в ранний морской период жизни в юго-западной части Берингова моря

Е.С. Воронова

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «КамчатНИРО»), г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: voronova3875kate@mail.ru

Ключевые слова: траловая съемка, распределение, миграции, молодь, горбуша, кета, гидрологические условия.

Аннотация. Горбуша и кета являются самыми массовыми представителями тихоокеанских лососей, к тому же имеют чрезвычайное рыбохозяйственное значение. В ФГБНУ «КамчатНИРО» при формировании прогноза возврата половозрелой горбуши и кеты одним из важнейших элементов служат материалы, полученные с осенних траловых съемок молоди лососей. Провести полновесную съемку в последние годы выполнить удастся не всегда (поздние или ранние сроки проведения съемки, сокращение полигона учетных работ). В таких случаях результаты съемок приходится, так или иначе, корректировать или хотя бы предполагать возможные ошибки в их интерпретации. Для чего необходимо понимание общих закономерностей миграционного процесса вкупе с особенностями его протекания на фоне флуктуирующих факторов среды.

Цель работы — выявить характер распределения, миграций, предпочтительный период нагула молоди для оптимизации прогнозирования возвратов горбуши и кеты на основе траловых съемок. Для этого были построены и проанализированы карты распределения молоди лососей, средневзвешенные за ряд лет, в сентябре–октябре за период 2002–2010 гг. (рис. 1, 2). Рассмотрены некоторые гидрологические условия, влияющие на характер миграций рыб.

В работе использованы материалы траловых учетных съемок, выполненных ФГБНУ «КамчатНИРО» и ФГБНУ «ТИНРО-Центр». Отобраны: одна съемка в 2002 г., выполненная КамчатНИРО, и пять съемок, выполненных в 2003–2010 гг. ТИНРО-Центр. Траления проводились осенью в интервале с начала–середины сентября по конец октября. Построение карт распределения молоди лососей осуществляли в программном пакете Surfer 9.

Молодь горбуши скатывается из рек Северо-Восточной Камчатки в основном в течение июня и первой половины июля, но только к концу августа мигрирует в открытые воды юго-западной части Берингова моря (Карпенко, 1998). В начале сентября молодь активно начинает выходить преимущественно из южной части Карагинского залива и зал. Корфа и к середине сентября распространяться по всему району исследований, с образованием плотных концентраций на траверзе зал. Озерной и вдоль кромки шельфа в северо-западной части исследуемой акватории (рис. 1). В конце сентября – начале октября молодь горбуши продолжает миграцию в южном и юго-восточном направлении к Командорским островам и островам Алеутской гряды и к концу октября через многочисленные проливы уходит на зимовку в Тихий океан.

Основная масса кеты скатывается из рек Северо-Восточной Камчатки в июле и мигрирует в открытые воды с некоторой задержкой относительно горбуши (Карпенко, 1998). В сентябре скопления кеты обычно располагаются по западной периферии наиболее крупных скоплений горбуши, концентрируясь ближе к шельфовой зоне, избегая глубоководных районов (рис. 2). К середине октября вслед за горбушей покидает юго-западную часть Берингова моря.

Результаты траловых съемок, проводимых в данном районе с 1981 г., показывают, что характер распределения и миграции молоди лососей имеют ряд особенностей, характерных именно для вод Восточной Камчатки, и связан с особенностями гидрологического режима (Коваль и др., 2007).

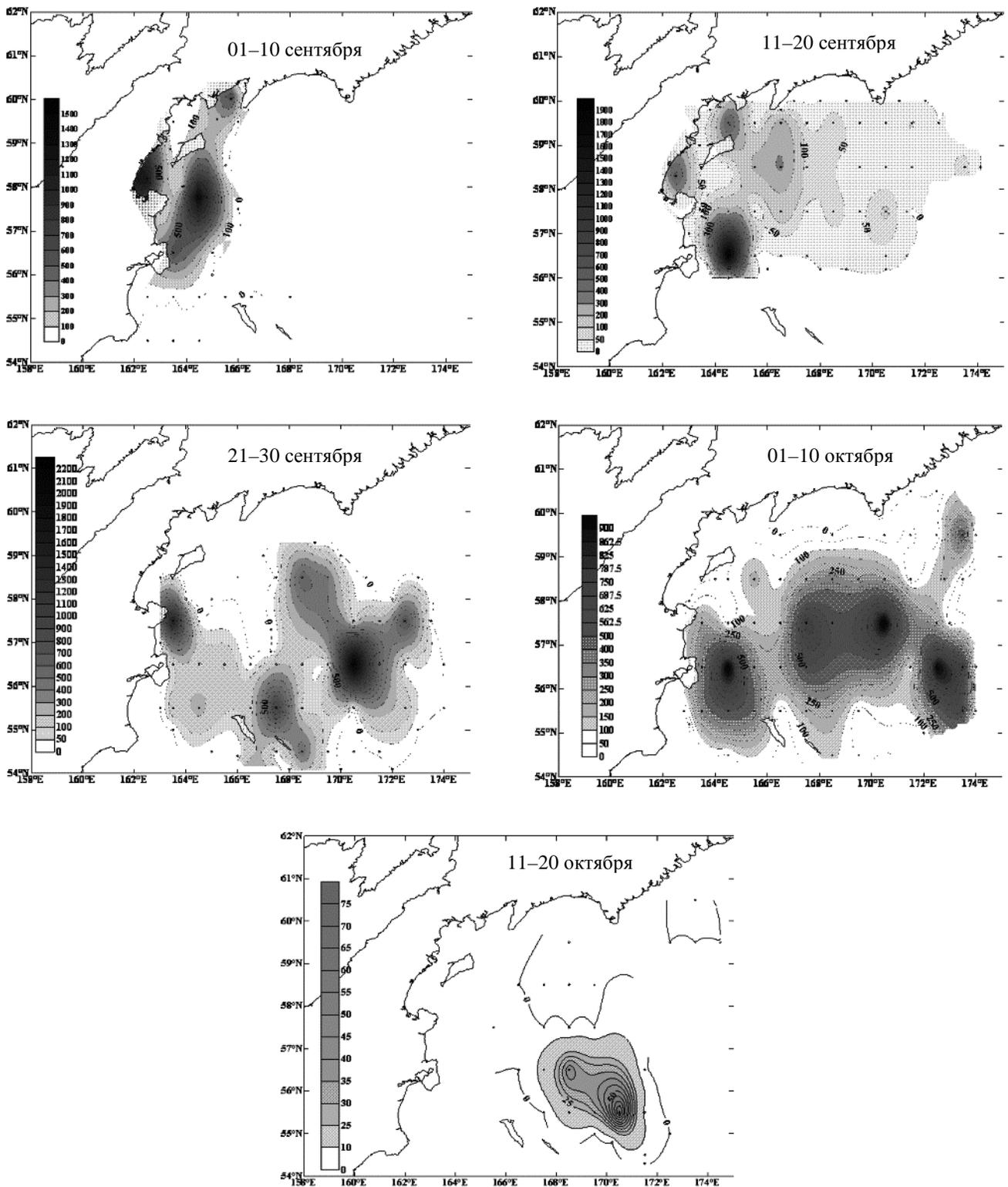


Рис. 1. Средневзвешенное распределение молоди горбуши в сентябре–октябре

Описанные выше схемы миграции рыб имеют несколько вариаций распределения в зависимости от типа развития гидрологической обстановки в конкретном году. Ранее показано, что в юго-западной части Берингова моря распространение шельфовых гидрологических областей и вод глубоководной котловины меняется из-за блуждающего характера Камчатского течения. Когда Камчатское течение прижимается к свалу глубин, его воды распространяются и на шельф. При отклонении этого течения в сторону глубоководной котловины более широкое распространение получают шельфовые воды (Хен, 1997; Шунтов, 2001).

Установлено, что в годы усиления Камчатского потока значительная часть скоплений молоди горбуши и кеты в сентябре нагуливается в 60–70-мильной зоне на выходе из прол. Литке и южнее. В годы ослабленного Камчатского потока молодь Карагинского залива покидает побережье раньше и шире расселяется в восточном направлении (Коваль и др., 2007). Определяющую роль здесь играет зона оптимальной температуры нагула молоди — 8–12 °С, сужающаяся в первом случае за счет выпадения из оптимума быстро охлаждающейся северной и северо-восточной части района, и расширяющаяся во втором случае за восточные границы района.

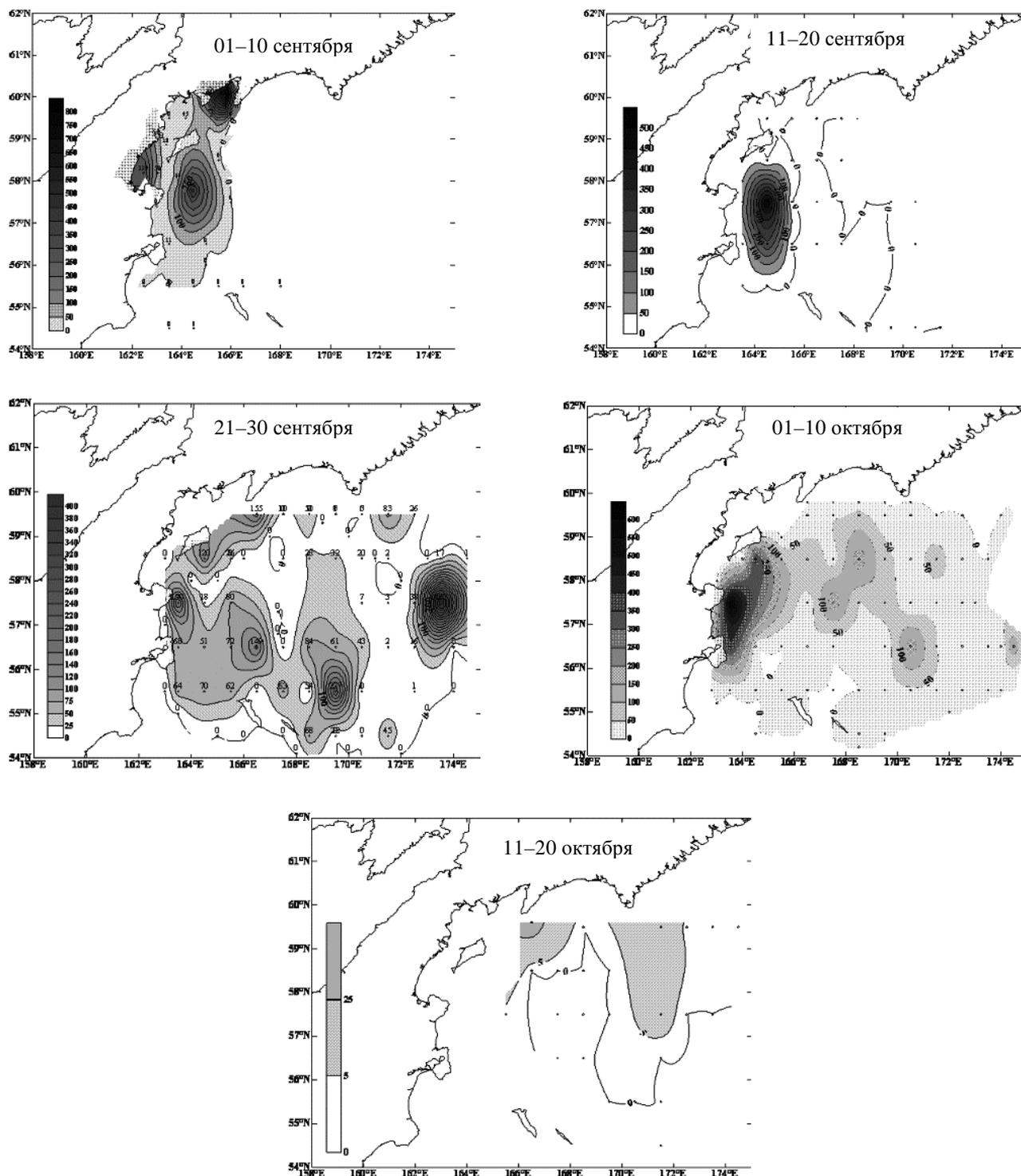


Рис. 2. Средневзвешенное распределение молоди кеты в сентябре–октябре за период 2002–2010 гг.

Заключение

При значительном сходстве в распределении горбуши и кеты, для кеты характерно некоторое запаздывание в освоении нагульной акватории. Основная масса молоди обоих видов мигрирует в направлении выхода в океан в районах шельфа и прилегающих водах. Период массового нагула горбуши и кеты в водах Берингова моря охватывает около трех месяцев, периодом максимально широкого расселения в рассматриваемом районе является вторая и третья декады сентября и первая декада октября. Этот период и является оптимальным для проведения учетных съемок. Позднее нарастает масштаб откочевки молоди в океан.

Благодарность

Автор выражает благодарность за помощь в написании работы заведующему лабораторией морских исследований лососей ФГБНУ «КамчатНИРО», к.б.н. Ерохину В.Г и коллегам лаборатории биоценологии ФГБНУ «ТИНРО-Центра», предоставившим для исследования базу данных траловых съемок.

Литература

- Карпенко В.И.* 1998 г. Ранний морской период жизни тихоокеанских лососей. — М.: Изд-во ВНИРО. — 165 с.;
- Коваль М.В., Ерохин В.Г., Тепнин О.Б.* Особенности формирования кормовой базы, питание и биологические показатели молоди тихоокеанских лососей в водах Восточной Камчатки в осенний период 1998–2005 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 151. — С. 423–449.
- Хен Г.В.* 1997. Межгодовая динамика гидрологических областей на шельфе западной части Берингова моря в связи с меандрированием Камчатского течения // Изв. ТИНРО — Т. 122. — С. 484–496.
- Шунтов В.П.* 2001. Биология дальневосточных морей. Т. 1. — Владивосток: ТИНРО-Центр. — 580 с.

УДК 504.5:547(262.5)

Загрязнение полихлорбифенилами экосистемы Черного моря в 2016 г.

Т.В. Вотнинова

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону
e-mail: vtv1507@mail.ru

Ключевые слова: полихлорированные бифенилы, диоксиноподобные конгенеры, загрязнение, вода, гидробионты.

Аннотация. В работе представлены результаты, полученные в ходе комплексных исследований проведенных ФГБНУ «АзНИИРХ» на акватории Черного моря в весенний и осенний периоды 2016 г. Из определяемых конгенеров полихлорированных бифенилов в воде и гидробионтах обнаружены высокохлорированные бифенилы, в т.ч. и «диоксиноподобные» конгенеры.

В результате развития научно-технического прогресса одной из главных экологических проблем является загрязнение окружающей среды антропогенными химическими веществами. Одними из распространенных антропогенных загрязняющих веществ, входящих в так называемую «грязную дюжину» стойких органических загрязнителей (СОЗ), являются полихлорированные бифенилы (ПХБ), представляющие собой глобальную угрозу здоровью человека и окружающей среде (Горбунова, Первова, Забелина, Салоутин, Чупахин, 2011). Они являются очень опасными токсикантами из-за своей стойкости, способности к биоаккумуляции и устойчивости к деградации (Горбунова, Первова, Забелина, Салоутин, Чупахин, 2011).

Производство и использование ПХБ запрещено уже полвека, но из-за их стойкости, до 40 % произведенного ПХБ все еще находится в окружающей среде (Кленкин, Корпакова, Павленко, Темердашев, 2007).

Водные экосистемы загрязняются ПХБ при прямом их сбросе или сточными водами, содержащими эти соединения, а также в результате трансграничного переноса или с осадками. Вследствие низкой растворимости ПХБ в воде они быстро связываются коллоидными частицами и скапливаются в донных отложениях, водорослях и водных организмах.

Мониторинг загрязнения водных объектов полихлорированными бифенилами является существенным элементом программы по улучшению экологической ситуации.

В работе представлены результаты по содержанию ПХБ в Черном море, собранные в различные сезоны наблюдений 2016 г. в ходе комплексных рейсов ФГБНУ «АзНИИРХ».

Оценка накопления полихлорбифенилов в воде и в гидробионтах, отобранных на акватории северо-восточной части Черного моря и Крымского полуострова, дана по сумме конгенов, которые чаще всего встречаются в образцах рыбной продукции: 5, 28, 29, 44, 47, 49, 52, 87, 98, 99, 101, 105, 110, 118, 138, 153, 156, 157, 167, 180 (СанПиН № 2.3.2.1078-01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»). Содержание ПХБ в пробах воды и гидробионтах определяли методом хромато-масс-спектрометрии по разработанным в ФГБНУ «АзНИИРХ» методикам. Все методики внесены в Федеральный реестр (ФР.1.31.2011.10538, ФР.1.31.2016.22944).

Загрязнение водной толщи северо-восточной части Черного моря

Содержание ПХБ в воде, отобранной в весенний период, было зафиксировано в 75 % проанализированных проб. Концентрации полихлорбифенилов в воде исследуемого участка Черного моря варьировали в пределах <1,0–97,5 нг/л, в среднем составили в поверхностном слое — 18,8, на глубине 10 м — 16,2 и в придонном слое — 20,9 нг/л. (табл. 1). Самая высокая концентрация ПХБ (97,5 нг/л) обнаружена в придонном слое по траверзу пос. Южная Озерейка, на глубине 10 м (56,6 нг/л) и в поверхностном слое (50,4 нг/л) по траверзу Абрау-Дюрсо (рис. 1).

Таблица 1. Концентрации полихлорбифенилов в водной толще северо-восточной части Черного моря и акватории Крымского полуострова в различные сезоны 2016 г., нг/л

Горизонт	Весенний период		Осенний период	
	Диапазон	Средняя	Диапазон	Средняя
<i>Северо-восточная часть</i>				
Поверхностный	<1,0–5,4	18,8	<1,0–176	16,8
10 м	<1,0–56,6	16,2	<1,0–64,6	8,3
Придонный	<1,0–97,5	20,9	<1,0–22,2	3,4
<i>Крымский полуостров</i>				
Поверхностный	<1,0–28,2	14,1	<1,0–42,8	7,6
10 м	<1,0–33,0	22,0	<1,0–14,4	6,4
Придонный	<1,0–72,9	14,9	<1,0–18,1	7,6

В осенний период ПХБ были зафиксированы в 50,9 % проанализированных проб воды. Концентрации токсикантов менялись в пределах <1,0–176 нг/л (табл. 1). Максимальная концентрация ПХБ в осенний период обнаружена в поверхностном (176 нг/л) и в придонном (22,2 нг/л) слоях по траверзу Анапы, а на глубине 10 м по траверзу Адлера (64,6 нг/л) (рис. 2).

Поступление ПХБ согласно «Перечню предельно-допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов» недопустимо («Перечень рыбохозяйственных нормативов:...»). Для морских водоемов условно считают ПДК 10 нг/л. Но так как в России ПДК разработано только для

промышленной смеси Арохлор 1254, сравнение полученных результатов по содержанию конгенов в воде с ПДК для смесового препарата является некорректным.

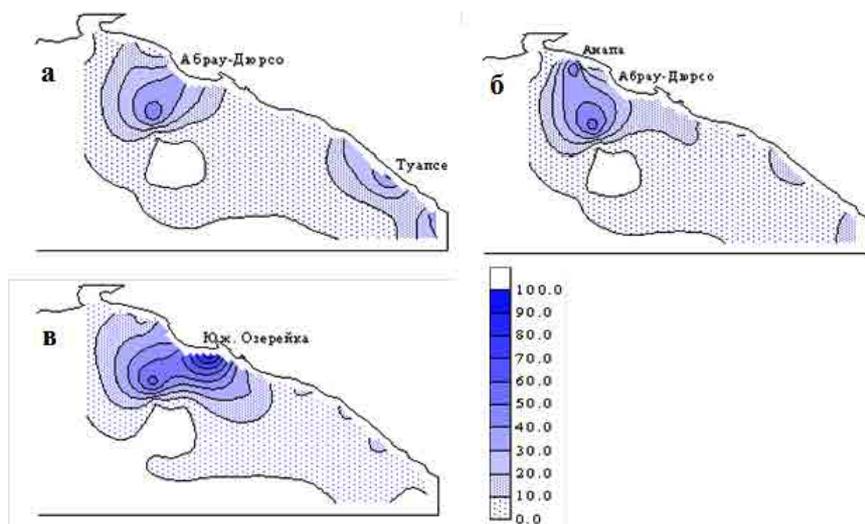


Рис. 1. Распределение ПХБ (нг/л) в водной толще северо-восточной части Черного моря в весенний период 2016 г.: *а* — поверхностный слой; *б* — слой 10 м; *в* — придонный слой

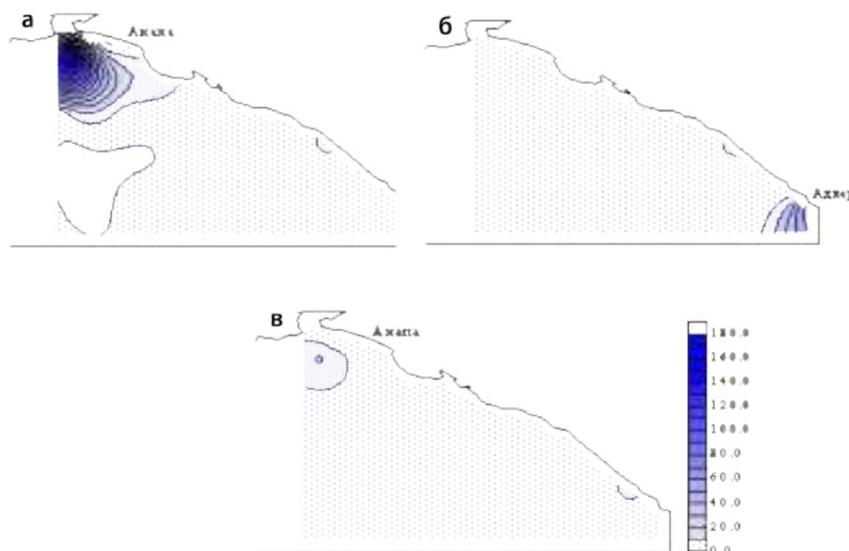


Рис. 2. Распределение ПХБ (нг/л) в водной толще северо-восточной части Черного моря в осенний период 2016 г.: *а* — поверхностный слой; *б* — слой 10 м; *в* — придонный слой

В составе индивидуальных ПХБ, идентифицированных в пробах воды, найдены высокохлорированные конгены (пента- и гексахлорбифенилы) 87, 99, 101, 110, 138, 153, 180 и диоксиноподобные конгены 105, 118, 167, обладающие канцерогенным, тератогенным, эмбриотоксическим и мутагенным действием (Горбунова, Первова, Забелина, Салютин, Чу-пахин, 2011). Концентрации остальных определяемых нами конгенов находились ниже предела их обнаружения — <1,0 нг/л. Частота встречаемости конгенов 87, 99, 101, 110, 138, 153 и 180 в весенний период составила от единичной пробы воды до 70,8 %, наиболее токсичных конгенов 105, 118 и 167 — 20,8–66,6 % проанализированных проб. Концентрации ПХБ–105 варьировали в пределах 1,4–13,9 нг/л, ПХБ–118 — 1,3–27,0 нг/л, ПХБ–167 — 2,0–3,1 нг/л (табл. 2). Наиболее высокие концентрации диоксиноподобных конгенов зафиксированы в воде, отобранной в придонном слое по траверзу Юж. Озерейка.

Частота встречаемости конгенов 87, 99, 101, 110, 138 и 153 в осенний период варьировала в диапазоне 17,6–50,9 %, а встречаемость диоксиноподобных конгенов 105, 118 и 167 — составила от единичной пробы воды до 47 % проанализированных проб (табл. 2). Диоксиноподобные конгены с наиболее высокой концентрацией были обнаружены в воде, отобранной в поверхностном слое по траверзу г. Анапа.

Таблица 2. Диапазон концентраций и частота встречаемости идентифицированных индивидуальных ПХБ в водной толще северо-восточной части Черного моря, в различные сезоны 2016 г.

Конгены ПХБ	Весенний период		Осенний период	
	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %
87	1,1–10,3	66,6	1,0–9,2	17,6
99	1,0–8,7	62,5	1,0–11,4	41,2
101	1,4–12,3	70,8	1,2–21,8	50,9
105*	1,4–13,9	37,5	1,0–24,4	23,5
110	1,1–14,6	70,8	1,4–30,2	50,9
118*	1,3–27,0	66,6	1,0–55,6	47,0
138	1,0–8,9	35,4	1,0–12,6	17,6
153	1,0–7,1	47,9	1,0–10,7	17,6
167*	2,0–3,1	20,8	1,9	Единичная
180	4,5	Единичная	0	

*Диоксиноподобные конгены.

Загрязнение водной толщи акватории Крымского полуострова

Содержание ПХБ в пробах воды, отобранных в прибрежной акватории Крымского полуострова в весенний период 2016 г., составило 63 % проанализированных проб. Концентрации суммы полихлорбифенилов варьировали в пределах <1,0–72,9 нг/л, составив в среднем в поверхностном слое 14,1 нг/л, на глубине 10 м — 22,0 нг/л, в придонном слое — 14,9 нг/л (табл. 1). Максимальные концентрации ПХБ были обнаружены, в придонном слое (72,9 нг/л) по траверзу м. Чауда, на глубине 10 м (33,0 нг/л) по траверзу м. Опук, в поверхностном слое (28,2 нг/л) по траверзу м. Меганом (рис. 3).

Содержание ПХБ в пробах воды, отобранных в прибрежной акватории Крымского полуострова в осенний период 2016 г. составило 59 % проанализированных проб. Концентрации суммы ПХБ находились в пределах <1,0–42,8 нг/л. (табл. 1). Наиболее высокие концентрации обнаружены в поверхностном слое (42,8 нг/л) м. Чауда, на глубине 10 м (14,4 нг/л) и в придонном слое (18,1 нг/л) зафиксированы в оз. Донузлов (рис. 4).

Состав ПХБ, обнаруженных в воде на акватории Крымского полуострова в весенний период 2016 г., представлен пента- и гексахлорбифенилами — 87, 99, 101, 105, 110, 118, 138, 153 и 167. Частота их встречаемости составила 37–62,9 % проанализированных проб воды. Концентрации ПХБ-105 варьировали в пределах 1,1–5,1 нг/л, ПХБ-118 — 1,2–13,2 нг/л, ПХБ-167 — 1,1–3,6 нг/л (табл. 3). Диоксиноподобные конгены были обнаружены с наиболее высокой концентрацией в воде, отобранной на глубине 10 м по траверзу м. Меганом. Частота встречаемости индивидуальных конгенов в осенний период составила 14,8–59,2 % проанализированных проб. Концентрации ПХБ-105 изменялись в пределах 1,0–4,4 нг/л, ПХБ-118 — 1,5–12,1 нг/л (табл. 3). Наиболее высокие концентрации опасных конгенов зафиксированы в воде, отобранной в поверхностном слое по траверзу м. Чауда.

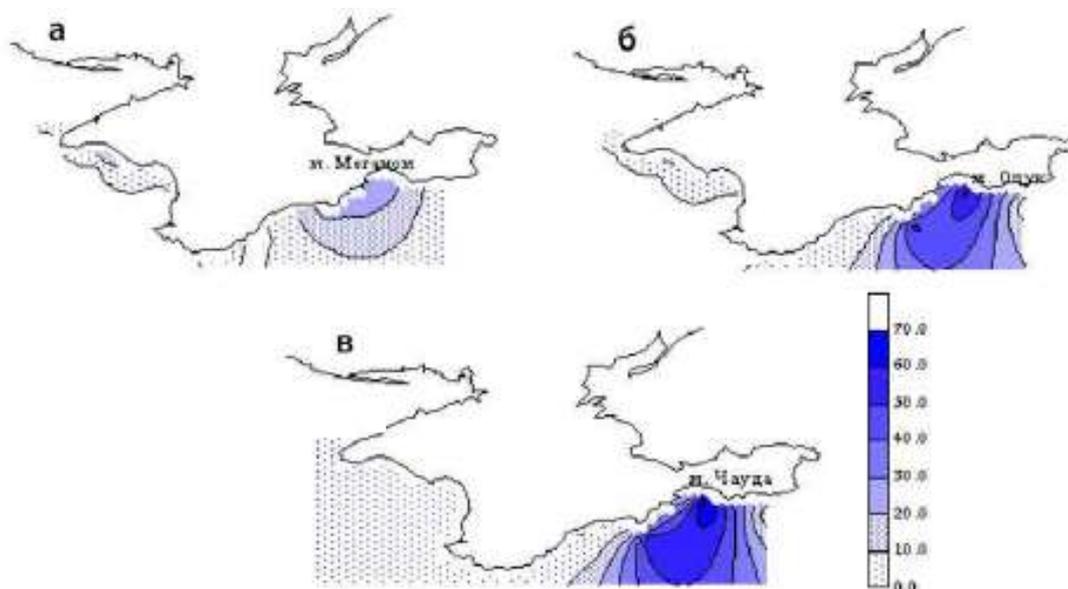


Рис. 3. Распределение ПХБ (нг/л) в прибрежной акватории Крымского полуострова в весенний период 2016 г.: *а* — поверхностный слой; *б* — слой 10 м; *в* — придонный слой



Рис. 4. Распределение ПХБ (нг/л) в прибрежной акватории Крымского п-ва в осенний период 2016 г.: *а* — поверхностный слой, *б* — слой 10 м, *в* — придонный слой

Таблица 3. Диапазон концентраций и частота встречаемости идентифицированных индивидуальных ПХБ в водной толще акватории Крымского п-ва, в различные сезоны 2016 г.

Конгенеры ПХБ	Весна		Осень	
	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %
87	1,0–6,9	48,2	1,0–1,5	33,3
99	1,0–11,9	62,9	1,3–6,2	29,6
101	1,0–16,9	62,9	1,3–6,7	59,2

Конгенеры ПХБ	Весна		Осень	
	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %	Диапазон концентраций, нг/л	Частота встречаемости, %
105*	1,1–5,1	33,3	1,0–4,4	37,0
110	1,3–12,9	59,2	1,2–8,0	59,2
118*	1,2–13,2	59,2	1,5–12,1	55,5
138	1,0–3,6	37,0	1,0–2,6	14,8
153	1,0–4,2	44,4	1,0–2,8	25,9
167*	1,1–3,6	44,4	0	

*Диоксиноподобные конгенеры.

Накопление полихлорбифенилов в гидробионтах

Нахождение в воде и в донных отложениях полихлорбифенилов, которые обладают высокой устойчивостью и длительным периодом полураспада, способствует долговременному воздействию данного вида загрязнения на экосистему, следствием которого является высокое накопление токсикантов в органах и тканях рыб.

Содержание полихлорбифенилов в рыбе Черного моря приведены на примере камбалы-калкан и шпрота.

Безопасность уровней накопления токсикантов в органах рыб оценивалась по санитарно-эпидемиологическим правилам и нормативам «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. СанПиН 2.3.2.1078-01», утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.11.2001 г. (СанПиН № 2.3.2.1078-01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов») (табл. 4).

Таблица 4. Допустимые уровни (ДУ) накопления токсикантов в органах и тканях рыб, мкг/кг сырой массы

Показатели	Объекты исследований		
	мышцы	печень	гонады
ПХБ	2000	5000	2000

У камбалы-калкан анализировали печень, гонады и мышцы, взятые от отдельных особей, в случае шпрота — использовали мышцы из 15 особей одного вида (табл. 5).

Концентрации полихлорированных бифенилов у самцов камбалы-калкан в весенний период менялись в диапазоне от <1,0 до 144,8 мкг/кг сырой массы. У самок концентрации ПХБ варьировали в диапазоне <1,0 до 20,0 мкг/кг сырой массы. Наиболее высокая концентрация ПХБ, не превышающая ДУ, зафиксирована, как у самцов (144,8 мкг/кг), так и у самок (20 мкг/кг) в печени (табл. 5).

Содержание полихлорированных бифенилов в мышцах шпрота в летний период составило 43,4 мкг/кг сырой массы (табл. 5).

Концентрации полихлорированных бифенилов в осенний период у самцов камбалы-калкан изменялись в диапазоне от <1,0 до 39,7 мкг/кг сырой массы. У самок концентрации ПХБ менялись от <1,0 до 148,0 мкг/кг. Самые высокие концентрации ПХБ, не превышающие ДУ, зафиксированы в печени рыб. Если в весенний период максимальная концентрация ПХБ наблюдалась у самцов, то в осенний период содержание ПХБ у самцов уменьшилось в 3,6 раз, и составило 39,7 мкг/кг сырой массы, а у самок, наоборот, возросло в 7,4 раза (148,0 мкг/кг).

В мышцах шпрота концентрация ПХБ, по сравнению с летним периодом, возросла в 1,3 раза (55,5) мкг/кг сырой массы (табл. 5).

Таблица 5. Средние концентрации токсикантов в органах и тканях промысловых рыб Черного моря, выловленных в весенний, летний и осенний периоды 2016 г., мкг/кг сырой массы

Вид рыбы	Объект исследования		
	мышцы	печень	гонады
<i>ВЕСНА</i>			
Камбала-калкан:			
самцы	<1,0	144,8	<1,0
самки	<1,0	20,0	8,4
<i>ЛЕТО</i>			
Шпрот			
самцы, самки	43,4	–	–
<i>ОСЕНЬ</i>			
Камбала-калкан			
самцы	<1,0	39,7	<1,0
самки	<1,0	148,0	<1,0
Шпрот			
самцы, самки	55,5	–	–

В составе ПХБ, обнаруженных в различные периоды 2016 г. в органах и тканях рыб, выловленных в Черном море, обнаружены пента- и гексахлорбифенилы, среди которых зафиксированы опасные диоксиноподобные конгенеры 105, 118 и 167.

Таким образом, присутствие ПХБ в окружающей среде и накопление их в пищевых цепях представляет серьезную угрозу для здоровья организмов, занимающих высшие трофические уровни, какими являются хищные животные, птицы, а также человек — конечное звено многих пищевых цепей.

Литература

Горбунова Т.И., Первова М.Г., Забелина О.Н., Салоутин В.И., Чупахин О.Н. 2011. Полихлорбифенилы. Проблемы экологии, анализа и химической утилизации. КРАСАНД. — 400 с.

Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев З.А. 2007. Экосистема Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар. — 324 с.

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. — М.: Изд-во ВНИРО, 1999. — 304 с.

СанПиН № 2.3.2.1078-01. «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

Развитие пищеварительной системы у личинок и молоди кефали, выловленных в западной части Каспийского моря

Д.А. Гаврилова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: kaspiy-info@mail.ru

Ключевые слова: кефаль, личинки, мальки, глотка, пищевод, желудок, кишечник, пилорические придатки, поджелудочная железа, печень.

Аннотация. статья посвящена описанию развития пищеварительной системы у личинок и мальков кефали. По результатам гистологического исследования представлены данные морфологической перестройки органов и их адаптивных изменений.

Пищеварительная система рыб представлена пищеварительным трактом и пищеварительными железами. Пищеварительный тракт включает ротовую полость, глотку, пищевод, желудок, кишечник. В передний отдел кишечника впадают протоки двух пищеварительных желез: печени и поджелудочной железы (Ильмаст, 2005). У кефалевых рыб для увеличения всасывательной поверхности кишечника имеет слепые выросты — пилорические придатки (Световидов, 1953). Особенности пищеварительной системы кефалей характеризуют их как типичных детритофагов. Кишечник кефалей, в котором происходит всасывание, в связи со своеобразием их малопитательной пищи, достигает очень большой длины. У молоди, питающейся зоопланктоном, пищеварительный тракт значительно короче, чем у взрослых рыб (Парин, 1988).

Целью работы являлся анализ развития пищеварительной системы у личинок и мальков кефали *Liza aurata* Risso, 1810, выловленных сетью ИКС-80 в западной части Каспийского моря. Сбор проб проходил с июня по сентябрь 2015 г. на научно-исследовательских судах ФГБНУ «КаспНИРХ». Биоматериал был зафиксирован 10 % формалином, затем залит в парафин с последующим выполнением серийных срезов толщиной 4–5 мкм и окраской гематоксилин-эозином (Волкова, Елецкий, 1982). Микроскопирование препаратов осуществлялось с помощью светового микроскопа «МИКРОМЕД-2» с применением иммерсии. Микрофото съемка срезов органов производилась при помощи фотонасадки SONI DSC-W7. В ходе исследования было просмотрено 92 фронтальных и сагиттальных среза.

Пищеварительная система личинок была представлена пищеварительной трубкой, которая начиналась ротовым отверстием продолжающимся и переходящим в глотку, сообщаящуюся с жаберной полостью. Глотка плавно переходила в удлиненную трубку — пищевод. Стенка пищевода состояла из трех оболочек. Снаружи он был покрыт тонкой соединительнотканной оболочкой, далее располагалась мышечная пластинка. Слизистая оболочка состояла из многослойного плоского неороговевающего эпителия и собственной пластинки слизистой оболочки, которая включала большое количество слизистых желез (рис. 1).

Глотка сообщалась с заметно расширяющимся желудком, в просвете которого находился пищевой комок. Желудок был выстлан однослойным призматическим эпителием, под которым лежала собственная пластинка слизистой оболочки. Полость кишки была выстлана однослойным призматическим каемчатым эпителием, между клетками которого располагались бокаловидные клетки. Задний отдел кишки личинок снаружи был покрыт тонкой серозной оболочкой, мышечный слой практически не визуализировался. Слизистая представлена однослойным призматическим эпителием, с большим количеством бокаловидных клеток. Были заметны кишечные крипты (рис. 2).

Зачаток поджелудочной железы у личинок данного возраста был довольно мал и располагался между желудком и передним отделом кишечника. Представлял собой скоп-

ление небольшого количества ацинусов округлой формы. Поджелудочную железу окружала жировая ткань (рис. 3).

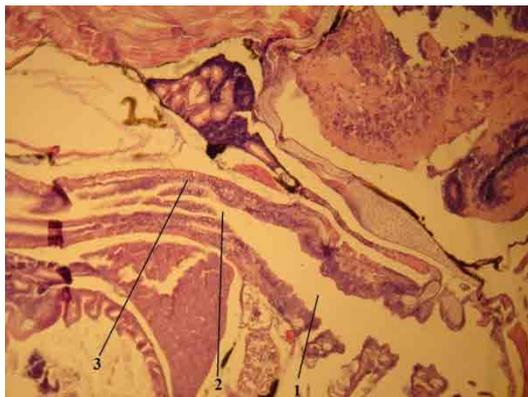


Рис. 1. Передний отдел пищеварительной системы личинки кефали в возрасте 10 сут: 1 — глотка, сообщающаяся с жаберной полостью; 2 — пищевод; 3 — слизистые железы. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 40



Рис. 2. Задний отдел кишечника личинки кефали: 1 — однослойный призматический эпителий; 2 — бокаловидные клетки. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 100

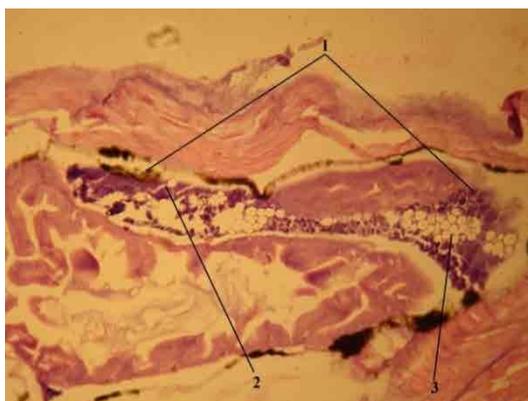


Рис. 3. Зачаток поджелудочной железы личинки кефали: 1 — поджелудочная железа; 2 — ацинусы железы; 3 — скопление клеток жировой ткани. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 40

Печень у личинок кефали имела довольно значительные размеры и располагалась за жаберной полостью. Снаружи орган был покрыт очень тонкой соединительнотканной капсулой. Гепатоциты формирующегося органа образовывали развивающиеся печеночные балки, между которыми регистрировались синусоиды, заполненные дифференцирующимися клетками крови. Часть гепатоцитов имела жировые пустоты, а другая часть характеризовалась наличием крупного центрально расположенного ядра (рис. 4).

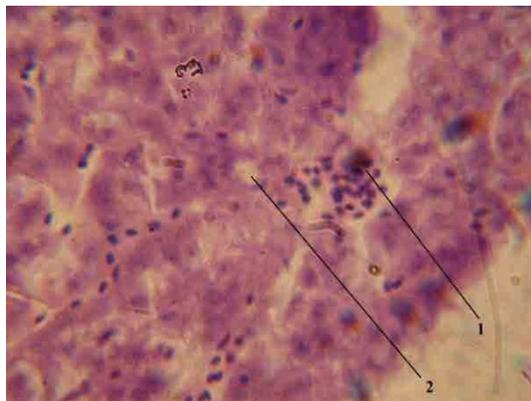


Рис. 4. Строение печени личинки кефали: 1 — синусоид с дифференцирующимися клетками крови; 2 — жировая капля в гепатоците. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 100

Ротовая полость мальков, выстланная многослойным неороговевающим эпителием, содержащим слизистые клетки, плавно переходила в глотку, далее пищевод, выстланный таким же эпителием. Пищевод, в нижней своей части, имел довольно длинные продольные складки и открывался в расширяющийся желудок (рис. 5).

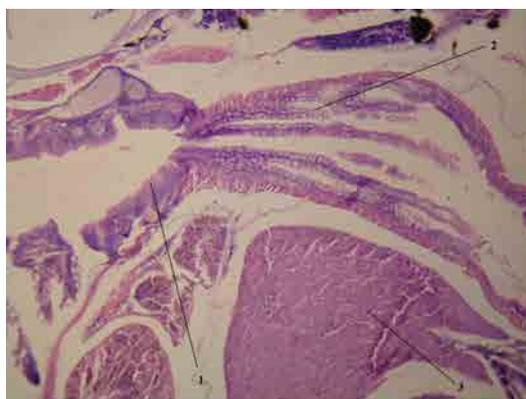


Рис. 5. Передний отдел пищеварительной системы малька кефали в возрасте 30 сут: 1 — глотка; 2 — пищевод; 3 — печень. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 10

Эпителий желудка был однослойным, призматическим. С возрастом у мальков в слизистой оболочке желудка увеличивалось количество трубчатых желез, и утолщалась мышечная оболочка. В начальной части кишечника у более взрослых мальков были хорошо заметны слепые выросты — пилорические придатки в количестве 4 шт. Полость пилорических придатков также выстлана однослойным призматическим каемчатым эпителием с бокаловидными клетками (рис. 6).

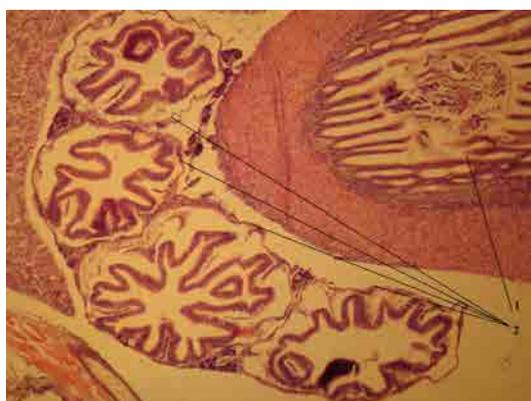


Рис. 6. Пищеварительная система малька кефали в возрасте 50 сут: 1 — желудок, с включениями пищевого детрита; 2 — пилорические придатки. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 10

В кишечнике мальков структурно-функциональной единицей слизистой оболочки являлись кишечные ворсинки, размер которых с возрастом увеличивался. Толщина мышечной оболочки кишечника была значительно тоньше, в сравнении с таковой в желудке.

Довольно массивная печень исследованных мальков по мере увеличения возраста приобретала более выраженную балочную структуру. Было отмечено наличие гепатоцитов с жировыми пустотами. Поджелудочная железа также увеличилась в размерах. Хорошо просматривались отдельные ацинусы железы. Каждый ацинус состоял из нескольких пирамидальных клеток с крупными ядрами. В апикальной части клеток находились оксифильные гранулы, а базальная часть клеток была окрашена базофильно. К ацинусам подходили капилляры. Как у личинок, так и у мальков в поджелудочной железе выявлялись скопления жировых клеток (рис. 7).

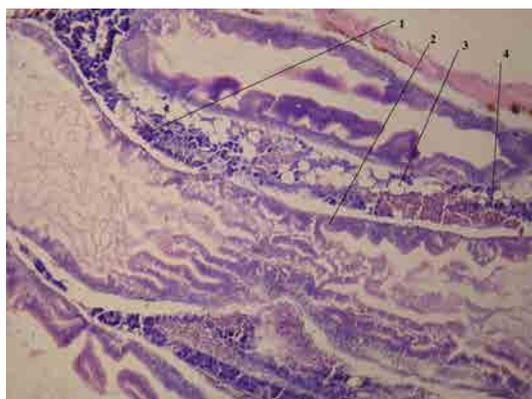


Рис. 7. Строение поджелудочной железы малька кефали в возрасте 35 сут: 1 — поджелудочная железа; 2 — кишечник; 3 — липоциты; 4 — ацинусы. Окраска гематоксилин-эозин. Ок. 10. Об. 10

Результаты проведённого исследования свидетельствовали о возрастной морфологической перестройке пищеварительной системы кефали. В слизистой оболочке желудка последовательно возрастало количество трубчатых желез, и утолщалась мышечная оболочка. В кишечнике увеличивались в размере кишечные ворсинки. В отличие от личинок, у мальков уже выявлялись слепые выросты кишечника — пилорические придатки. С возрастом отмечался рост печени и поджелудочной железы. Печень приобретала более выраженную балочную структуру. У молоди на всех этапах развития в поджелудочной железе выявлялись скопления жировых клеток, что, по литературным данным (Струков, Серов, 2015), может являться последствием неправильного питания рыб, либо токсического поражения органа.

Благодарности

Автор выражает особую благодарность своему научному руководителю, д.б.н., профессору Астраханского государственного технического университета Грушко М.П. за помощь в обработке материала.

Литература

- Волкова О.В., Елецкий Ю.К. Гистология с основами гистологической техники. — М.: Медицина, 1982. — 304 с.
- Ильмаст Н.В. Введение в ихтиологию (учебное пособие). — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2005. — 148 с.
- Парин Н.В. Рыбы открытого океана. — М.: Наука, 1988. — 272 с.
- Световидов А.Н. О зависимости между характером пищи и количеством пилорических придатков // Очерки по общим вопросам ихтиологии. — М.- Л.: АН СССР, 1953. — С. 282–289.
- Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия (учебник под ред. Паукова В.С.). — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — 880 с.

Биоразнообразие микроорганизмов, выделенных от сома европейского (*Silurus glanis* L., 1758)

Е.Р. Галютдинова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: Ekaterina-grigor@rambler.ru

Ключевые слова: сом, условно-патогенные микроорганизмы, микробиота, дрожжи, рыба, антибиотики.

Аннотация. Представлены результаты исследования видового состава микроорганизмов, выделенных от сома. Показано, что в условиях антропогенного пресса на окружающую среду повышается количество условно-патогенных микроорганизмов и увеличивается доля антибиотикорезистентных изолятов бактерий.

В условиях устойчивого биологического загрязнения гидрэкосистемы создаются благоприятные условия для изменения видового разнообразия микроорганизмов воды и гидробионтов, происходит развитие и накопление патогенных и условно-патогенных микроорганизмов (Обухова, Зайцев, 2015). Данные бактерии, циркулирующие в природных экосистемах, обладают потенциалом патогенности и при определенных условиях становятся возбудителями различных бактериозов. Неблагоприятные условия обитания гидробионтов приводят к снижению защитных сил организма, что отражается на эпизоотическом состоянии водоема. Изучение микроорганизмов, персистирующих в рыбе и способных стать возбудителями различных инфекционных процессов гидробионтов, является актуальным в связи с тем, что сом является важным и распространенным объектом промысла.

В летний период 2016 г. были проведены микробиологические исследования сома, выловленного на мелководных участках Северного Каспия с глубинами не более 3,0 м. Микробиологический материал отобран от 7 особей на определение видового состава и антибиотикорезистентности микроорганизмов.

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), дополнительно использованы среды Сабуро, Чапека — для селективного выделения дрожжеподобных и плесневых грибов. Для описания морфологических свойств бактерий мазки окрашивали по Граму. Установление систематической принадлежности изучаемых микроорганизмов производили при помощи определителя (Хоулт, Криг, 1997). Антибиотикорезистентность микроорганизмов определяли методом диффузии: на агар дисков с окситоцином, тетрациклином, эритромицином, гентамицином, левомицетином, цефазолином, офлоксацином, ципрофлоксацином, цефтриаксоном, пенициллином, ампициллином, фузидином, амоксициллином, меропенемом, азитромицином (Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004).

Результаты исследований показали, что микробиоценоз сома был представлен бактериями, относящимися к семействам Pseudomonadaceae, Vibrionaceae, Enterobacteriaceae, Alcaligenaceae, Flavobacteriaceae, Neisseriaceae, а также грамположительные микроорганизмы. Максимальное биоразнообразие бактерий отмечено в жабрах и слизи (рис. 1).

Известно, что микробный фон жабр находится в прямой зависимости от микробиоты водоема, таким образом, патогенные и условно-патогенные формы способны передаваться от гидробионта к гидробионту и вызывать различные заболевания (Паршуков, Сидорова, 2014). На жабрах и слизи с поверхности тела обнаружены бактерии родов: *Flavobacterium* sp., *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp., *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus* sp., *Citrobacter* sp., *Staphylococcus* sp.,

Acinetobacter sp., *Salmonella* sp., *Arthrobacter* sp., *Nocardia* sp., *Marinococcus* sp., *Planococcus* sp., *Corynebacterium* sp., среди которых доминировали представители грамположительных микроорганизмов (10,2 % и 12,2 % изолятов). Кроме того, в слизи были обнаружены культуры дрожжей р. *Rhodotorula*.

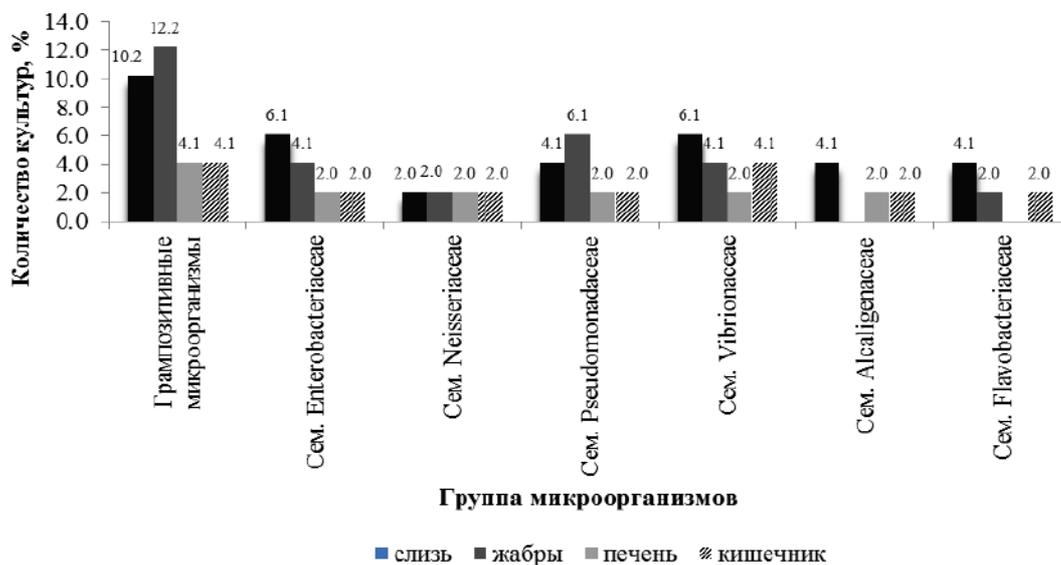


Рис. 1. Видовой состав микробиоты сома

Также, практически с одинаковой частотой, выделены бактерии семейств Enterobacteriaceae, Pseudomonadaceae, Vibrionaceae (рис. 2). Данные микроорганизмы способны поддерживать свою численность благодаря широкому диапазону адаптационных возможностей, иногда способны инициировать патологические процессы у рыб (Обухова, Ларцева, Лисицкая, 2013). В меньших количествах были выделены представители семейств Neisseriaceae, Alcaligenaceae, Flavobacteriaceae.

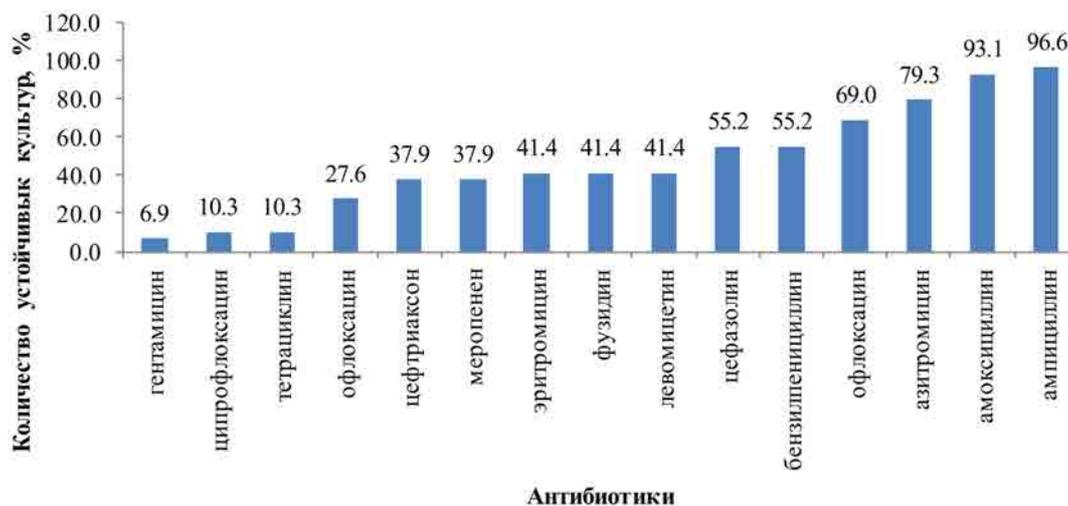


Рис. 2. Антибиотикорезистентность микроорганизмов, выделенных с поверхности тела и внутренних органов сома

Значительное влияние на микробиоценоз кишечника рыб оказывают различные экзогенные и эндогенные факторы, среди которых наиболее значимые — экологические условия обитания, пищевые приоритеты и физиологическое состояние гидробионта (Обухова, Зайцев, 2015). Микробиота кишечника сома была представлена следующими микроорганизмами: *Marinococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Vibrio* sp., *Proteus vulgaris*, *Acineto-*

bacter sp., *Pseudomonas* sp., *Alcaligenes* sp., *Flavobacterium* sp. Большинство выделенных бактерий, являясь условно-патогенными, способны наносить ущерб здоровью гидробионта, в частности, *Proteus vulgaris* синтезирует ряд ферментов, которые могут включаться в процессы обмена веществ рыбы и способствовать накоплению токсикантов (Хоулт, Криг, 1997).

Антибиотикорезистентность условно-патогенной микробиоты приобретает в качестве защитного фактора от изменений окружающей среды и свидетельствует об испытываемой ими антропогенной нагрузке (Обухова, Ларцева, Лисицкая, 2013). Результаты анализа по определению антибиотикорезистентности всех выделенных микроорганизмов показали, что максимальную резистентность бактерии проявляли к ампициллину (96,6 %) и амоксициклину (93,1 %), а минимальную — к гентамицину (6,9 % изолятов) (рис. 2).

Было обнаружено, что выделенные микроорганизмы проявляли минимальную резистентность к антибиотику аминогликозидного ряда — гентамицину, действующему на широкий круг патогенных микроорганизмов, вызывающему нарушение защитной функции клеточной стенки микроорганизмов и в дальнейшем их гибель (Ларцева, Обухова, Лисицкая, 2008). Максимальная резистентность выявлена у бактерий к ампициллину — антибиотику группы пенициллинов.

Одним из показателей состояния гидроэкосистемы является присутствие дрожжевых культур, т.к. они весьма чувствительны к изменяющимся внешним воздействиям окружающей среды (Казимагомедов, 2010). При исследовании образцов слизи сома была выделена культура дрожжей, относящаяся к роду *Rhodotorula* (рис. 3).

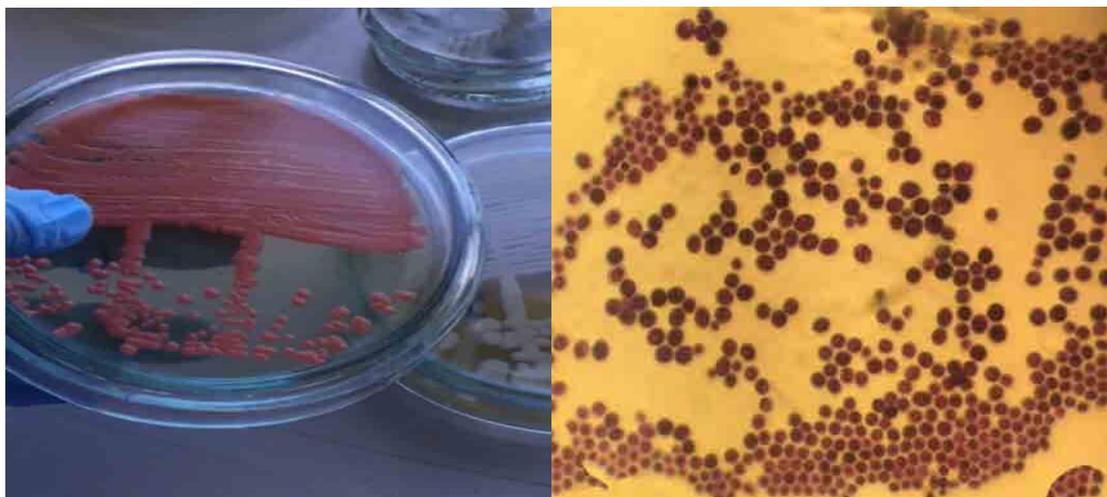


Рис. 3. Дрожжи р. *Rhodotorula*

Размеры дрожжевых клеток *Rhodotorula* составляют от 4,2 до 5,6 мкм. Дрожжи являются типичными обитателями природных субстратов, некоторые являются условно патогенными и способны вызывать локальные или системные микозы гидробионтов (Бабьева, Чернов, 2004). Присутствие условно-патогенных бактерий и дрожжевых культур на поверхности рыбы демонстрирует напряженную экологическую обстановку водоема, так как известно, что микробиота рыбы находится в прямой зависимости от видового состава микроорганизмов водной среды (Казимагомедов, 2010).

В результате проведенных исследований слизи, жабр и внутренних органов сома были выделены микроорганизмы семейств: *Pseudomonadaceae*, *Vibrionaceae*, *Enterobacteriaceae*, *Alcaligenaceae*, *Flavobacteriaceae*, *Neisseriaceae*, а также дрожжевые культуры р. *Rhodotorula*. Данные микроорганизмы при определенных условиях способны инициировать различные инфекционные процессы у гидробионтов, подавляя рост и развитие других индигенных бактерий.

Изучение антибиотикорезистентности показало, что максимальную резистентность микроорганизмы проявляли к ампициллину (96,6 %) и амоксициклину (93,1 %), а минимальную — к гентамицину (6,9 % изолятов). Широкое распространение резистентных форм

условно-патогенных микроорганизмов является результатом неэффективности или снижением эффективности воздействия ряда антибиотиков на микробиоту.

Таким образом, персистенция условно-патогенных бактерий в микробиоте сома, обладающих мультирезистентностью по отношению к антибиотикам и способных спровоцировать инфекционные процессы гидробионтов, свидетельствует об относительном неблагополучии водной среды по микробиологическим показателям.

Литература

- Бабьева И.П., Чернов И.Ю.* Биология дрожжей. — М.: Тов. науч. НМК, 2004. — 239 с.
- 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.
- Ларцева Л.В., Обухова О.В., Лисицкая И.А.* Микрофлора рыб и других гидробионтов: учебное пособие. — Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2008. — 107 с.
- Обухова О.В., Зайцев В.Ф.* Экологическая обусловленность факторов патогенности условно-патогенной микрофлоры // Астраханский вестник экологического образования. 2015. №1 (31). — С. 181–183.
- Обухова О.В., Ларцева Л.В., Лисицкая И.А.* Факторы патогенности условно-патогенных энтеробактерий в гидрэкосистеме дельты реки Волги // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. 2013. № 3. — С. 58–66.
- Определение чувствительности микроорганизмов к антибактериальным препаратам: Методические указания.* — М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 91 с.
- Паришук А.Н., Сидорова Н.А.* Микробиоценоз радужной форели в садковых хозяйствах Северной Карелии // Ученые записки Петрозаводского Государственного Университета. 2014. № 8. Т. 1. — С. 28–32.
- Хоулт Д., Криг Н.* Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. — М.: Изд-во Мир, 1997. — 799 с.

УДК 595.12 + 597.551.2

Современное состояние фауны плоских червей *Platyhelminthes* плотвы *Rutilus rutilus* L. 1758 восточной части Финского залива

Е.А. Голинева, С.А. Якимович

ФГБНУ «ГосНИОРХ», г. Санкт-Петербург
e-mail: golineva@inbox.ru

Ключевые слова: плоские черви, плотва, Финский залив.

Аннотация. Представлены результаты исследования фауны плоских червей плотвы восточной части Финского залива. Рыба отбиралась на участках с внешней и внутренней стороны от Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга. Из 20 обнаруженных видов плоских червей 11 принадлежат к классу трематод, 8 — к классу моногеней и 1 — к цестодам. Наибольшее разнообразие видов отмечено на внешнем участке.

Финский залив является одним из основных промысловых водоемов Ленинградской области, прилегающим к Санкт-Петербургу своей восточной частью. Ихтиопаразитологические исследования на этой акватории проводились неоднократно, начиная с 30-х гг. прошлого века, когда В.А. Догелем и Г.К. Петрушевским были опубликованы данные о паразитофауне рыб Невской губы. В дальнейшем этому вопросу было посвящены работы У. Бао-хуа (1961), Ю.А. Стрелкова и др. (1996). После строительства Комплекса защитных сооружений воздействие антропогенных факторов на состояние паразитофауны освещалось в работах В.В. Петровой (2000), А.С. Дудина и др. (2015), однако прямое влияние дамбы на характер зараженности рыбы до конца не установлено. Объектом для изучения и оценки изменений выбрана плотва, являющаяся многочисленным промысловым видом восточной части залива. Наи-

большие скопления плотва образует весной при прогреве воды до 8–12 °С на мелководных, заросших водной растительностью, участках Невской губы, где расположены ее основные нерестилища (Кудерский, 2013). Плоские черви (тип Platyhelminthes) являются наиболее представительной систематической группой паразитов плотвы. Входящие в нее виды имеют различные жизненные циклы, тем самым демонстрируя разнообразные паразито-хозяйинные отношения. Это позволяет проследить особенности биологии хозяина, исходя из соотношения паразитов того или иного класса. Цель работы определение современного состава фауны паразитических плоских червей плотвы восточной части Финского залива.

Материалы и методы

Материалом исследований была свежая рыба, отобранная из сетных уловов на двух участках. Северный участок (Взморье), находящийся с внешней стороны КЗС в районе г. Сестрорецка и южный участок в районе пос. Стрельна. Отбор производился в 2016 г. весной (апрель–май) и осенью (сентябрь–октябрь) у северного и только весной у южного берегов залива. Всего было обследовано 40 экз. плотвы в возрасте 3+, 30 экз. на северном и 10 экз. на южном участке. Сбор и фиксация гельминтов проводились по общепринятой методике (Паразитологическое..., 2009). Видовая идентификация осуществлялась с использованием определителя (Определитель..., 1985). Для оценки зараженности применяли показатели интенсивности (ИИ) и экстенсивности инвазии (ЭИ).

Результаты

По итогам исследований (табл. 1) у плотвы было отмечено 20 видов плоских червей, относящихся к 3 классам. Всего обнаружено 8 видов моногеней, из них 7 представителей р. *Dactylogyrus* и 1 р. *Paradiplozoon*. При этом на северном участке было отмечено 7, а на южном 6 видов р. *Dactylogyrus*, *Paradiplozoon homoion homoion* был характерен для обоих участков. Фауна трематод насчитывает 11 видов, все из которых представлены на северном участке, на южном участке отмечено 6 видов. Подавляющее большинство трематод выявлены на стадии метацеркарий. В мочеточниках и кишечнике однократно отмечены мариты *Phyllodistomum pseudofolium* и *Sphaerostoma bramae*. Единственным представителем цестод являлся *Caryophyllaeus laticeps*, обнаруженный весной у северного берега залива при минимальных значениях экстенсивности и интенсивности инвазии.

Большинство плоских червей плотвы широкоспецифичны, исключение составляют представители моногеней (*Dactylogyrus caballeroi*, *D. crucifer*, *D. similis*, *D. suecicus*).

Большую часть фауны составляют паразиты со сложным циклом развития, такие как трематоды и цестоды. Наиболее многочисленны метацеркарии трематод, локализующиеся в глазах, скелетных и глоточных мышцах (*Diplostomum* spp. 75 %, *Paracoenogonimus ovatus* 90 %, *Rhipidocotyle campanula* 90 % и др.), чей жизненный цикл протекает с участием рыбоядных птиц. Прямой цикл развития характерен лишь для моногеней.

Среди обнаруженных гельминтов преобладают активно инвазирующие виды (Трематода, Monogenea), заражение большинством из которых происходит на мелководье в зарослях водной растительности в весеннее время года. Заражение трематодами *Sph. bramae*, *Ph. pseudofolium* и цестодой *C. laticeps* происходит в процессе питания плотвы моллюсками и олигохетами.

В ходе исследований были отмечены случаи атипичной локализации для некоторых видов тканевых трематод, имеющих сложные пути миграции внутри хозяина. Так, метацеркарии *Rh. campanula*, наиболее обычное расположение которых в глоточных мышцах, отмечались в жаберных ламеллах, скелетных мышцах и стенке мочевого пузыря. *Posthodiplostomum cuticola* встречались не только под кожей, но и в глоточных мышцах на жаберных дугах. Метацеркарии *P. ovatus*, обычно располагающиеся в скелетных мышцах, были обнаружены в глазном нерве. Наиболее разнообразно локализуется в органах *Ichthyocotylurus platycephalus* — он выделялся из брыжейки, жировой ткани в области сердца, стенки кишечника, мочевого пузыря, глоточных мышц.

Таблица 1. Плоские черви плотвы Финского залива

Вид паразита	Локализация	ЭИ, %	ИИ, min-max, экз.
<i>D. caballeroi</i>	Жабры	15	1–3
<i>D. crucifer</i>	-//-	50	1–55
<i>D. fallax</i>	-//-	20	1–2
<i>D. micracanthus</i>	-//-	2,5	1
<i>D. nanus</i>	-//-	22,5	1–8
<i>D. similis</i>	-//-	35	1–14
<i>D. suecicus</i>	-//-	15	1–3
<i>Dactylogyrus</i> spp.	-//-	35	1–5
<i>Paradiplozoon homoion homoion</i>	-//-	5	1
<i>Caryophyllaeus laticeps</i> (незрелый)	Кишечник	2,5	1
<i>Bucephalus polymorphus</i>	Глоточные мышцы	5	1
<i>Rhipidocotyle campanula</i>	Глоточные мышцы	90	1–213
<i>Phyllodistomum pseudofolium</i>	Мочеточники	2,5	5
<i>Sphaerostoma bramae</i>	Кишечник	2,5	5
<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i>	Брыжейка	20	1–10
<i>Diplostomum</i> spp.	Хрусталик	75	1–84
<i>Tylodelphys clavata</i>	Стекловидное тело	30	1–41
<i>Posthodiplostomum cuticola</i>	Мышцы	10	1
<i>Paracoenogonimus ovatus</i>	Скелетные мышцы	90	1–300 и более

Обсуждение

В период 1930–1960 гг. значительных изменений в паразитофауне плотвы не происходило (Бао-хуа, 1961). Было выявлено 11 видов плоских червей, среди которых наибольшее распространение имели личинки трематод (*D. spathaceum*) и различные моногенеи. В исследованиях 1990-х гг. отмечено 13 видов плоских червей. Основные изменения в видовом разнообразии произошли за счет увеличения числа видов моногеней. Помимо этого впервые были выделены метацеркарии *I. platycephalus*. Отмечены тенденции, свойственные эвтрофикационным процессам, в частности увеличение числа видов с прямым циклом развития *Dactylogyrus* spp. и возрастание зараженности активно инвазирующими личинками трематод, развивающихся с участием рыбоядных птиц. Доминирующая роль принадлежит этим видам и в настоящее время. Так, исходя из собственных данных последних лет, число отмечаемых видов моногеней колеблется от 8 до 10 за счет обнаружения редких видов (Голинева, 2017; Петрова, 2000). Наибольшее распространение имеет *D. crucifer* (50 %). Заражение метацеркариями трематод также сохраняется на высоком уровне. В исследованиях паразитофауны 1990-х гг. В.В. Петровой (2000) отмечено сильное заражение видом *I. platycephalus* (83 %), в то время как по нашим данным зараженность им не столь значительна (20 %). Близкий по локализации и морфологии вид *P. ovatus* в указанной работе не учтен, хотя в исследованиях тех же лет отмечались высокий уровень заражения паразитом (Voronin et al, 2000). По нашим данным экстенсивность инвазии *P. ovatus* (90 %) сходна со значениями для *I. platycephalus* у В.В. Петровой, где, по-видимому, была допущена ошибка в определении видов. Подобным образом распространенный вид метацеркарий *Rh. campanula* (90 %) в прошлом учитывался как *Bucephalus polymorphus*, действительная доля в фауне которого невелика (5 %). Помимо этого нами отмечается заражение трематодой *Posthodiplostomum cuticola* (10 %), появление которой, по-видимому, связано с расширением ареала обитания цапли — дефинитивного

хозяина этого паразита. Сохраняющаяся по сей день низкая зараженность цестодой *C. laticeps* отмечена ранее (Петрова, 2000) и объяснялась изменением рациона питания плотвы, из которого исчезли олигохеты. Таким образом, наиболее значимые различия видового разнообразия в результатах исследований 1990-х гг. и последних лет вызваны совершенствованием подходов к диагностике и обнаружением редких видов.

Сезонная динамика наиболее четко прослеживается у моногеней, пик численности которых приходится на весеннее время и связан с температурными условиями, благоприятными для развития паразитов. Осенью фауна моногеней представлена доминирующим узкоспецифичным *D. crucifer* и единичным *P. homoion homoion*. Также наибольшее разнообразие трематод наблюдается в весенний период за счет видов, экстенсивность инвазии которых невелика. Основные по уровню экстенсивности представители класса (*Rh. campanula*, *Diplostomum* spp., *P. ovatus*) встречаются в значительных количествах в оба периода исследования.

Видовое разнообразие в Невской губе и Взморье неодинаково, наибольшее количество видов обнаружено на северном участке. Основным отличием северного участка является увеличение разнообразия трематод — только там были отмечены *B. polymorphus*, *Ph. pseudofolium*, *Sph. bramae*, однако уровень заражения ими низок. Диплостомиды, обнаруженные в глазах рыб с северного участка представлены тремя видами (*Diplostomum parviventosum*, *D. chromatophorum* (*D. spathaceum*), *D. rutili*), в то время как на южном участке отмечен только один вид *D. rutili*. Можно предположить, что такое расхождение в разнообразии обнаруженных диплостомид у разных берегов залива связано с различием в численности отдельных видов промежуточных хозяев-моллюсков р. *Lymnaea*.

Заключение

По результатам паразитологического исследования плотвы в 2016 г. установлено, что плоские черви в паразитофауне плотвы представлены тремя классами, включающими 20 видов. На южном участке обнаружено 7 видов моногеней и 6 видов трематод, на северном участке — 8 видов моногеней, 11 видов трематод и 1 вид цестод. Основное обогащение фауны наблюдается за счет активно инвазирующих видов на ранних стадиях развития и в период нереста на мелководье. Сезонная динамика характерна для моногеней, в то время как большинство трематод постоянно присутствует в фауне в течение года. Отмечено преобладание широкоспецифичных паразитов со сложным циклом развития. Наибольших значений экстенсивности инвазии достигают трематоды рыбадных птиц *Rh. campanula*, *Diplostomum* spp., *P. ovatus*, накопление метацеркарий которых происходит в течение всей жизни рыбы. Неоднократны случаи нетипичной локализации метацеркарий некоторых тканевых трематод. В сравнении с результатами исследований прошлых лет были отмечены различия в подходах к видовой диагностике, в частности, распространенные виды *P. ovatus* и *Rh. campanula* ранее учитывались как *I. platycephalus* и *B. polymorphus* соответственно, при этом на сегодняшний день все четыре вида присутствуют в фауне. Можно предположить, что имеющиеся различия между участками в видовом разнообразии гельминтофауны получены не в силу отсутствия паразитов на одном из участков, а в связи с редкостью встречаемых видов и малым объемом выборки.

Литература

- Бао-хуа У. 1961. Об изменении паразитофауны рыб Невской губы за четверть века // Вестник Ленингр. Университета. № 21, вып. 4. Серия биология. — Л. — С. 62–72.
- Голинева Е.А. 2017. К фауне моногеней (Monogenea; Platyhelminthes) плотвы (*Rutilus rutilus* L.1758) восточной части Финского залива // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 46. Научно-теоретический журнал. — СПб.: РГГМУ. — С. 165–168 (в печати).
- Догель В.А. 1933. Паразитофауна рыб Невской губы / В.А. Догель, Г.К. Петрушевский // Тр. Ленинградского общ. Естествоиспытателей. — Л., 1933. — Вып. 3, Т. 62. — С. 366–434.
- Дудин А.С. 2015. Изменения паразитофауны плотвы (*Rutilus rutilus* L. 1758) Невской губы Финского залива под влиянием антропогенных факторов за длительный период наблюдений / А.С. Дудин, Н.Б. Чернышева, Б.С. Шульман // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья

рыб и других гидробионтов. Расширенные материалы IV Международной конференции. — Борок-Москва. — С. 393–398.

Кудерский Л.А. 2013. Избранные труды. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежным дисциплинам / Л.А. Кудерский. Т. 3. — М.-С-Пб.: КМК. — 526 с.

Определитель паразитов пресноводных рыб фауны СССР. Паразитические многоклеточные (Первая часть) / под ред. О.А. Скарлато. — Л.: Наука, 1985. Т. 2. — 424 с.

Паразитологическое исследование рыб. Методическое пособие / Н.Б. Чернышёва, Е.В. Кузнецова, В.Н. Воронин, Ю.А. Стрелков: под ред. Д.И. Иванова. — С.-Пб.: ФГНУ «ГосНИОРХ», 2009. — 20 с.

Петрова В.В. 2000. Изменение паразитофауны окуня *Perca fluviatilis* и плотвы *Rutilus rutilus* — Невской губы Финского залива за длительный промежуток времени в условиях антропогенного воздействия / В.В. Петрова // Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд.биол. наук. — С.-Пб., 2000. — 25 с.

Стрелков Ю.А. Разнообразие паразитарных систем и его динамика на примере паразитов рыб Невской губы / Ю.А. Стрелков, О.Н. Пугачев, О.Н. Юнчис, А.М. Лопухина, В.Н. Воронин, Н.Б. Чернышева, А.А. Лукьянова, И.Н. Стрельбицкая // Тез. докл. Паразитологические проблемы больших городов. — С.-Пб., 1996. — С. 95–96.

Voronin V. Kudenzova R., Strelkov Y., Chernyshova N., Golubeva E., Zhokov A., Safronov M., Fetisov V. 2000. Distribution of *Paracoenogonimus ovatus* Katsurada, 1914 in Fishes of Russia. Bull. Scandinavian society for parasitology // Proc. Symposium «Ecological Parasitol. on the turn of Milienium». S.-Petersburg. Vol. 10. № 2. — P.: 112.

УДК 576.8

Накопление тяжелых металлов паразитами рыб

И.И. Гордеев

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: gordeev@vniro.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, паразиты, биоиндикатор, эколого-токсикология

Аннотация. Приведен обзор работ, посвященных способности паразитов рыб накапливать тяжелые металлы: российский и международный опыт, а также перспективы использования данных способностей в целях мониторинга загрязненности водоемов тяжелыми металлами.

Тяжелые металлы (ТМ) — свинец (Pb), кадмий (Cd), марганец (Mn), никель (Ni), железо (Fe), хром (Cr), цинк (Zn), мышьяк (As), ртуть (Hg), медь (Cu), алюминий (Al) и их соли — наиболее высокотоксичные химические вещества, наличие которых в водной среде, в устойчивых биогеоценозах, как правило носит лишь следовой характер. Несмотря на то, что некоторые ТМ, такие как, например, Cu, Ni, Zn, Fe, являются незаменимыми микроэлементами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности растений и животных, при превышении предельно допустимой концентрации (ПДК), они приобретают роль токсикантов. Cd и Pb в отличие от них не входят в число необходимых микроэлементов, а наоборот являются одними из самых широко распространенных и наиболее токсичных загрязнителей природной среды, оказывающих негативное влияние на клеточном и тканевом уровнях, а также на организм гидробионтов в целом. Интересной особенностью гельминтов рыб, которой и посвящена данная обзорная работа, является их способность накапливать ТМ в концентрациях, в разы превышающих концентрацию ТМ как в тканях хозяев, так и в самой водной среде. Данное свойство возможно позволит использовать паразитов рыб как биоиндикаторов загрязнения водной среды ТМ, происходящее наиболее часто на этапе современности в результате деятельности человека и реже в результате природных катаклизмов.

На территории Российской Федерации насчитывается несколько десятков тысяч мелких и курных водоемов, проведение мониторинга которых является непосильной задачей. Но в местах проживания людей, а также в районах выпаса скота, вылова рыбы и воздействия изолированно-расположенных объектов промышленности и инфраструктуры такой мониторинг необходим для обеспечения безопасности человека и сохранения устойчивых и продуктивных природных сообществ. Воздействие повышенных концентраций ТМ приводит к снижению численности многих групп водных животных и растений, а в очень больших концентрациях может запустить процессы, которые приведут к полному вымиранию водоема. Вредное воздействие также будет оказываться на околородные экосистемы и связанные водоемы. Поэтому разработка методики мониторинга водоемов с помощью паразитов является важной и актуальной задачей.

Идея использования паразитов в качестве биоиндикаторов не нова и постепенно развивается с 80–90-х гг. XX в. Особенно интерес к изучению воздействия технических сооружений и производств на окружающую среду возрос после катастрофы на Чернобыльской АЭС и ряда техногенных аварий на водоемких производствах металлургической и химической промышленности. Установлено, что реакция разных групп паразитов на антропогенное загрязнение различной природы — неоднозначна. Уровень инвазии гидробионтов одними видами паразитов снижается, другими — возрастает, третьими — остается таким же, как и в чистых водоемах. В 90-х гг. (Куперман, 1992), было высказано предложение об использовании гельминта *Caryophyllaeus laticeps* и моногенеи *Diplozoon paradoxum* в качестве биоиндикаторов. Исследование показало, что среди диплозоонов обнаружены особи со структурными аномалиями в виде редукции прикрепительного аппарата, нарушения симметрии расположения и числа клапанов, что, как предполагает автор, является следствием аварии очистных сооружений Череповецкого металлургического комбината в р-не Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища в 1987 г., в результате которой в водоемы общего пользования попало значительное количество ТМ (Pb, Cd, Cu, Cr). Помимо воздействия ТМ проводились довольно подробные исследования воздействия радиации и загрязнения радиоактивными изотопами среды на паразитарные системы (Пельгунов, 1987).

Исследования способности паразитов рыб накапливать ТМ проводились и активно проводятся зарубежными коллегами (Abramis et al., 2008; Allah et al., 1997; Baruš et al., 2001; Baruš et al., 2007; Callahan, Beverley, 1991; Cross et al., 2001; Djimova, 2007; Evans et al., 2001; Janssens et al., 2009; Jirsa et al., 2008; Kraak, Davids, 1990; Mal.ek et al., 2007; Möller, 1987; Morley et al., 2003; Morley et al., 2005; Morley et al., 2006; Morsy et al., 2012; Nachev et al., 2013; Nachev, Sures, 2015; Oyoo-Okoth et al., 2010; Palm, 2011; Pascual, Abollo, 2005; Pen-Mouratov et al., 2008; Retief et al., 2006; Schludermann et al., 2003; Sures, 2001; Sures, 2003; Sures et al., 2005; Sures, 2008; Sures et al., 2003; Sures et al., 1998; Sures, Reimann, 2003; Sures, Siddall, 1999; Sures et al., 1999; Sures et al., 1994; Sures et al., 1997; Taweel et al., 2012; Tekin-Özan, Kir, 2005; Thielen et al., 2004; Watson, 2001). Несмотря на то, что время первых исследований в СССР и других странах фактически совпадает и приходится на конец 1980-х – начало 1990-х (Callahan, Beverley, 1991; Kraak, Davids, 1990; Möller, 1987), зарубежными коллегами в конце XX – начале XXI века был достигнут значительный прогресс в изучении накопления ТМ в паразитических организмах и использовании данного эффекта в коммерческих целях.

Наибольшее накопление ТМ демонстрируют скребни *Acanthocephala* и ленточные черви *Cestoda*. Несмотря на то, что в личиночных стадиях развития, которые паразитируют в промежуточных хозяевах, в роли которых чаще всего выступают ракообразные и моллюски, концентрация ТМ не сильно отличается от тканей хозяина, непосредственно с момента попадания в окончательного хозяина паразиты начинают активно всасывать ТМ, которые накапливаются в их тканях в концентрации до несколько тысяч раз большей (на примере *Acanthocephala*), нежели в тканях хозяина (Sures, 2003). После четырех–пяти недель нахождения в хозяине, паразиты достигают устойчивой концентрации ТМ, которая на порядки выше, нежели в окружающей водной среде. Скребни не только быстро накапливают

ТМ, но и очень быстро реагируют на изменения в окружающей среде, и в т.ч. на изменения концентрации ТМ. Исследования показали, что в основе механизма, позволяющего гельминтам накапливать ТМ, лежит присутствие в кишечнике хозяина желчных кислот в контакте с металлами образующих соли, которые легко впитываются паразитами через поверхность тела (Sures, 2003).

Российская апробация была проведена на Ладожском озере в 2003–2010 гг. В результате, с применением метода пламенной атомно-адсорбционной спектрофотометрии для определения концентрации ТМ, было показано, что *Proteocephalus percae* (Cestoda) по уровню содержания цинка явно превосходит хозяина *Perca fluviatilis*. Содержание других металлов (Mn, Cr, Cu, Pb, Cd) показало выраженную тенденцию в более высоком накоплении металлов паразитом, только содержание никеля и кобальта было равным как в хозяине, так и паразите (Салтыкова, 2006; 2011).

Исследования в водоемах Республики Коми (Мазур, 2012) в ходе которых было определено содержание Cu, Zn, Mg, Al, Fe, Cd, Pb и Mn в рыбах (гольян, хариус) и их паразитах показало, что гельминты, а в частности плероцеркоиды *Schistocephalus* sp. (Cestoda), могут быть использованы для оценки состояния водных экосистем, поскольку являются концентраторами металлов в организме рыб. Были найдены и индивидуальные особенности паразитов: в *Schistocephalus* sp. концентрация Cu, Zn, Mg была статистически значимо выше, чем в тушках голяна, а в *Proteocephalus thymalli* (Cestoda), по сравнению с печенью хариуса, — выше содержание Zn и Cu.

Также имеются данные о видовых особенностях накопления ТМ. Так, скребень *Pomphorhynchus laevis*, паразитирующий в обыкновенном усаче *Barbus barbus* обнаруживает заметную чувствительность к платиноидной группе — Pt, Pd и Rh (Sures et al., 2005) и способность к высоким темпам накопления свинца (Sures et al., 2003). Исследования проводились также и для морской среды: концентрация свинца и кадмия в паразитах акулы *Carcharhinus dussumieri* цестодах *Anthobothrium* sp. и *Paraorigmatobothrium* sp. во много раз превышала таковую в тканях хозяина (Malek et al., 2007).

Большинство разработок, посвященных применению паразитов в качестве биоиндикаторов, посвящено цестодам и скребням. Исследование накопления ТМ нематодами показали, что они не подходят для использования в качестве биоиндикаторов, поскольку слабо накапливают ТМ (Sures et al., 1994; Sures et al., 1998; Szefer et al., 1998; Varus et al., 1999a,б; Tenora et al., 1999a,б, 2000). По трематодам рыб подобных исследований не проводилось. Согласно выводам ряда авторов, цестоиды являются перспективными биоиндикаторами (Riggs et al., 1987; Turcekova, Hanzelova, 1996; Sures et al., 1997; Tenora et al., 1997; Varus et al., 2000; Varus et al., 2000; Tenora et al., 2000; Sures et al., 2002), но, наиболее перспективные — скребни.

При выборе пары паразит–хозяин, которая могла бы стать индикаторной для мониторинга водоемов на территории России, основными критериями отбора являются широкое распространение, изученность паразитофауны, доступность для вылова и способность обитать как в чистых, так и в загрязненных водоемах. Наиболее полно данным критериям отвечает ротан-головешка и его наиболее часто встречающиеся паразиты из числа цестоид и скребней. Паразитофауна ротана или ротана-головешки *Perccottus glenii* в достаточной степени изучена (Ермоленко, 2004; Решетников и др., 2012; Рубанова, 2009; Рубанова, 2010; Рубанова, 2014; Рубанова, Евланов, 2013; Соколов и др., 2011a; Соколов и др., 2011б; Соколов и др., 2012; Соколов, Мошу, 2013; Соколов, Протасова, Холин, 2011; Соколов, Протасова, Решетников, 2011; Болонев, 1989; Kosuthova et al., 2008 и др.) и продолжает изучаться, поскольку это один из массовых видов-вселенцев, который быстро расширяет свой ареал, хорошо приживается как в мелких, так и в крупных стоячих и слабопроточных водоемах, а также включается в нативные паразитарные системы европейских пресноводных водоемов. Для ротана-головешки известна необыкновенная выживаемость в водоемах с повышенной антропогенной нагрузкой, включая промышленное загрязнение. В настоящее время *P. glenii* встречается в бассейнах рек Волги, Днепра, Дона, Днестра, Дуная, Иртыша, Урала, Стыр, Оби. Область распространения включает всю Северную Евразию (Решетников, 2010).

Интерес к данному виду также продиктован особенностями биологии и пищевой стратегии, которые приводят к активному вытеснению из водоема, где поселился ротан-головешка, других видов рыб, а также амфибий. Среди паразитов ротана-головешки отмечены цестоды *Ophiotaenia europaea* (Соколов и др., 2011, 2012), *Neogryporhynchus cheilancristrotus* (Соколов и др., 2012), *Nippotaenia mogurndae* (Фадеева, 2001; Ермоленко, 2004; Соколов и др., 2011 и др.), *Triaenophorus orientali* (Ермоленко, 2004), *Triaenophorus nodulosus* (Соколов и др., 2011) *Archigetes sieboldi* (Давыдов и др., 2011) а также скребни *Sphaerirostris* sp. (Соколов и др., 2012), *Paracanthocephalus curtus*, *Paracanthocephalus tenuirostris*, *Hebesoma violentum* (Ермоленко, 2004). Исходя из опубликованных показателей интенсивности, экстенсивности и индекса обилия, только вид *Nippotaenia mogurndae* имеет наибольшие шансы быть пригодным для целей экологического мониторинга.

Литература

- Джимова Н.Д. 2009. Паразиты рыб как биоиндикаторы санитарного состояния водоемов // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. Т. 1. — С. 4.
- Ермоленко А.В. 2004. Фауна паразитов головешки ротана *Perccottus glenii* (Eleotridae) Приморского края // Паразитология. Вып. 38. № 3. — С. 251–256.
- Куперман Б.И. 1992. Паразиты рыб как биоиндикаторы загрязнения водоемов // Паразитология. Т. 26. Вып. 6. — С. 479–482.
- Моисеенко Т.И., Гашев С.Н., Петухова Г.А., Елифанов Ф.В. 2010. Биологические методы оценки качества вод: Часть 2. Биотестирование // Вестник Тюменского государственного университета. Т. 7. — С. 40–51.
- Новохацкая О.В., Иешко Е.П., Лебедева Д.И. 2005. Многолетние изменения паразитофауны сиговых (Coregonidae) рыб Сямоозера (Южная Карелия) // Лососевидные рыбы Восточной Финноскандии. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН — С. 97–102.
- Новохацкая О.В., Иешко Е.П., Стерлигова О.П. 2008. Характер многолетних изменений паразитофауны леща *Abramis brama* L. в эвтрофируемом водоеме // Паразитология. Т. 89. — С. 308–317.
- Решетников А.Н., Протасова Е.Н., Соколов С.Г., Пельгунов А.Н., Воронаева Е.Л. 2012. Заражение *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) паразитом *Nippotaenia mogurndae* Yamaguti et Miyata, 1940 (Nippotaeniidae, Cestoda) вследствие каннибализма // Российский журнал биологических инвазий. Т. 33. № 2. — С. 69–72.
- Рубанова М.В. 2009. Фауна гельминтов головешки-ротана *Perccottus glenii* (Eleotridae) в Саратовском водохранилище // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Т. 8. — С. 1–5.
- Рубанова М.В. 2010. Некоторые особенности формирования фауны паразитов головешки-ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Eleotridae) в природных и антропогенно измененных водоемах (Саратовское водохранилище) // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. Т. 10. — С. 9–12.
- Рубанова М.В. 2014. Зараженность паразитами ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae) в Саратовском водохранилище в зависимости от пола хозяина // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. Т. 23. № 2. — С. 116–119.
- Рубанова М.В., Евланов И.А. 2013. Сезонная динамика фауны паразитов вида-вселенца водоемов Поволжья ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Osteichthyes: Odontobutidae) // Водные экосистемы Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 3. № 1. — С. 532–536.
- Соколов С.Г., Мошу А.Ю. 2013. Первые сведения о паразитах ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Actinopterygii: Odontobutidae) в водоемах республики Молдова // Водные экосистемы. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Т. 15. № 3. — С. 213–221.
- Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Пельгунов А.Н., Воронаева Е.Л., Решетников А.Н. 2011. Данные о паразитофауне ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Osteichthyes: Odontobutidae) в бассейне Иртыша // Поволжский экологический журнал. Т. 1. — С. 103–109.
- Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Решетников А.Н. 2011. Паразитофауна ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Osteichthyes: Odontobutidae) в некоторых водоемах Европейской части России // Поволжский экологический журнал. Т. 4. — С. 507–522.
- Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Решетников А.Н., Воронаева Е.Л. 2011. Взаимодействие интродуцированного ротана *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Osteichthyes, Odontobutidae) с местными видами рыб: паразитологический аспект // Поволжский экологический журнал. Т. 2. — С. 203–211.

- Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Решетников А.Н., Шедько М.Б. 2012. Паразиты ротана *Perccottus glenii* (Actinopterygii: Odontobutidae), интродуцированного в водоемы европейской части России // Успехи Современной Биологии. Т. 132. — С. 477–492.
- Соколов С.Г., Протасова Е.Н., Холин С.К. 2011. Паразиты интродуцированного ротана *Perccottus glenii* (Osteichthyes): альфа-разнообразии паразитов и возраст хозяина // Известия РАН Серия биологическая. Т. 30. № 5. — С. 584–92.
- Чепурная А.Г. 2010. Фауна паразитов рыб в разнотипных водоемах Нижнего Поволжья // Вестник АГТУ. Сер. Рыбное хозяйство. Т. 1. — С. 62–65.
- Allah A.T., Wanas M.Q.S., Thompson S.N. 1997. Effects of heavy metals on survival and growth of *Biomphalaria glabrata* Say (Gastropoda: Pulmonata) and interaction with *Schistosoma* infection // J. Molluscan Stud. V. 63. — P. 79–86.
- Baruš V., Tenora F., Kráčmar S., Prokeš M. 2001. Cadmium and lead concentrations in *Contracaecum rudolphii* (Nematoda) and its host, the cormorant *Phalacrocorax carbo* (Aves) // Folia Parasitol (Praha). V. 48. — P. 77–78.
- Baruš V., Jarkovský J., Prokeš M. 2007. *Philometra ovata* (Nematoda: Philometroidea): a potential sentinel species of heavy metal accumulation // Parasitol. Res. V. 100. — P. 929–933.
- Callahan H.L., Beverley S.M. 1990. Heavy metal resistance: a new role for P-glycoproteins in *Leishmania* // J. Biol. Chem. V. 266. — P. 18427–18430.
- Cross M.A., Irwin S.W., Fitzpatrick S.M. 2001. Effects of heavy metal pollution on swimming and longevity in cercariae of *Cryptocotyle lingua* (Digenea: Heterophyidae) // Parasitology. V. 123. — P. 499–507.
- Evans D.W., Irwin S.W.B., Fitzpatrick S. 2001. The effect of digenean (Platyhelminthes) infections on heavy metal concentrations in *Littorina littorea* // J. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom. V. 81. — P. 349–350.
- Janssens T.K.S., Roelofs D., Van Straalen N.M. 2009. Molecular mechanisms of heavy metal tolerance and evolution in invertebrates // Insect Sci. V. 16. № 1. — P. 3–18.
- Jirsa F., Leodolter-Dvorak M., Krachler R., Frank C. 2008. Heavy metals in the nase, *Chondrostoma nasus* (L. 1758), and its intestinal parasite *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas 1781) from Austrian rivers: bioindicative aspects // Arch. Environ. Contam. Toxicol. V. 55. № 4. — P. 619–626.
- Kraak M.H., Davids C. 1990. The effect of the parasite *Phyllodistomum macrocotyle* (Trematoda) on heavy metal concentrations in the freshwater mussel *Dreissena polymorpha* // Netherlands J. Zool. V. 41. № 4. — P. 269–276.
- Malek M., Haseli M., Mobedi I., Ganjali M.R., Mackenzie K. 2007. Parasites as heavy metal bioindicators in the shark *Carcharhinus dussumieri* from the Persian Gulf // Parasitology. V. 134. — P. 1053–1056.
- Möller H. 1979. Pollution and parasitism in the aquatic environment // Int. J. Parasitol. V. 17. — P. 353–361.
- Morley N.J., Crane M., Lewis J.W. 2005. Changes in survival characteristics of *Diplostomum spathaceum* cercariae emerged from cadmium-exposed *Lymnaea stagnalis* // J. Helminthol. V. 79. № 1. — P. 55–59.
- Morley N.J., Leung K.M.Y., Morrill D., Crane M. 2003. Toxicity of anti-fouling biocides to *Parorchis acanthus* (Digenea: Philophthalmidae) cercarial encystment // Dis. Aquat. Organ. V. 54. № 1. — P. 55–60.
- Morley N.J., Lewis J.W., Hoole D. 2006. Pollutant-induced effects on immunological and physiological interactions in aquatic host-trematode systems: implications for parasite transmission // J. Helminthol. V. 80. № 2. — P. 137–149.
- Morsy K., Bashtar A.R., Abdel-Ghaffar F., Mehlhorn H., Al Quraishy S., El-Mahdi M., Al-Ghamdi A., Mostafa N. 2012. First record of anisakid juveniles (Nematoda) in the European seabass *Dicentrarchus labrax* (family: Moronidae), and their role as bioindicators of heavy metal pollution // Parasitol. Res. V. 110. — P. 1131–1138.
- Nachev M., Schertzinger G., Sures B. 2013. Comparison of the metal accumulation capacity between the acanthocephalan *Pomphorhynchus laevis* and larval nematodes of the genus *Eustrongylides* sp. infecting barbel (*Barbus barbus*) // Parasites & Vectors. V. 6. № 21. — P. 8.
- Nachev M., Sures B. 2015. Environmental parasitology: Parasites as accumulation bioindicators in the marine environment // J. Sea Res. V. 113. — P. 45–50.
- Oyoo-Okoth E., Wim A., Osano O., Kraak M.H.S., Ngure V., Makwali J., Orina P.S. 2010. Use of the fish endoparasite *Ligula intestinalis* (L., 1758) in an intermediate cyprinid host (*Rastrineobola argentea*) for biomonitoring heavy metal contamination in Lake Victoria, Kenya // Lakes Reserv. Res. Manag. V. 15. — № 1. — P. 63–73.

- Palm H.W.* 2011. Fish parasites as biological indicators in a changing world: can we monitor environmental impact and climate change? // *Progress in Parasitology*. Berlin. Springer Berlin Heidelberg. — P. 223–250.
- Pascual S., Abollo E.* 2005. Whaleworms as a tag to map zones of heavy-metal pollution // *Trends Parasitol.* V. 21. № 5. — P. 237–243.
- Pen-Mouratov S., Shukurov N., Steinberger Y.* 2008. Influence of industrial heavy metal pollution on soil free-living nematode population // *Environ. Pollut.* V. 152. № 1. — P. 172–183.
- Retief N.R., Avenant-Oldewage A., du Preez H.* 2006. The use of cestode parasites from the largemouth yellowfish, *Labeobarbus kimberleyensis* (Gilchrist and Thompson, 1913) in the Vaal Dam, South Africa as indicators of heavy metal bioaccumulation // *Phys. Chem. Earth.* V. 31. № 15–16. — P. 840–847.
- Schludermann C., Konecny R., Laimgruber S., Lewis J.W., Schiemer F., Chovanec A., Sures B.* 2003. Fish macroparasites as indicators of heavy metal pollution in river sites in Austria // *Parasitology*. V. 126. Suppl. (October). — P. 61–69.
- Sures B.* 2001. The use of fish parasites as bioindicators of heavy metals in aquatic ecosystems: a review // *Aquat Ecol.* V. 35. № 2. — P. 245–255.
- Sures B.* 2003. Accumulation of heavy metals by intestinal helminths in fish: an overview and perspective // *Parasitology*. V. 126. — P. 53–60.
- Sures B.* 2008. Host-parasite interactions in polluted environments // *J. Fish Biol.* V. 73. № 9. — P. 2133–2142.
- Sures B., Dezfuli B.S., Krug H.F.* 2003. The intestinal parasite *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) interferes with the uptake and accumulation of lead (210Pb) in its fish host chub (*Leuciscus cephalus*) // *Int. J. Parasitol.* V. 33. № 14. — P. 1617–1622.
- Sures B., Taraschewski H., Jackwerth E.* 1994. Comparative study of lead accumulation in different organs of perch (*Perca fluviatilis*) and its intestinal parasite *Acanthocephalus lucii* // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* V. 52. № 2. — P. 269–273.
- Sures B., Siddall R., Taraschewski H.* 1999. Parasites as accumulation indicators of heavy metal pollution // *Parasitol. Today*. V. 15. № 1. — P. 16–21.
- Sures B., Taraschewski H., Rydlo M.* 1997. Intestinal fish parasites as heavy metal bioindicators: a comparison between *Acanthocephalus lucii* (Palaeacanthocephala) and the zebra mussel, *Dreissena polymorpha* // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* V. 59. № 1. — P. 14–21.
- Sures B., Thielen F., Baska F., Messerschmidt J., Von Bohlen A.* 2005. The intestinal parasite *Pomphorhynchus laevis* as a sensitive accumulation indicator for the platinum group metals Pt, Pd, and Rh // *Environ Res.* V. 98. № 1. — P. 83–88.
- Sures B., Jürges G., Taraschewski H.* 1998. Relative concentrations of heavy metals in the parasites *Ascaris suum* (Nematoda) and *Fasciola hepatica* (Digenea) and their respective porcine and bovine definitive hosts // *Int. J. Parasitol.* V. 28. № 8. — P. 1173–8.
- Sures B., Reimann N.* 2003. Analysis of trace metals in the Antarctic host-parasite system *Notothenia coriiceps* and *Aspersentis megarhynchus* (Acanthocephala) caught at King George Island, South Shetland Island // *Polar Biol.* V. 26. № 10. — P. 680–686.
- Sures B., Siddall R.* 1999. *Pomphorhynchus laevis*: the intestinal acanthocephalan as a lead sink for its fish host, chub (*Leuciscus cephalus*) // *Exp. Parasitol.* V. 93. — P. 66–72.
- Taweel A.K.A., Shuhaimi-Othman M., Ahmad A.K.* 2012. Analysis of heavy metal concentration in Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) from four selected markets in Selangor, Peninsular Malaysia // *J. Biol. Sci.* V. 12. № 3. — P. 138–145.
- Tekin-Özan S., Kir I.* 2005. Comparative study on the accumulation of heavy metals in different organs of tench (*Tinca tinca* L. 1758) and plerocercoids of its endoparasite *Ligula intestinalis* // *Parasitol. Res.* V. 97. — P. 156–159.
- Thielen F., Zimmermann S., Baska F., Taraschewski H., Sures B.* 2004. The intestinal parasite *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) from barbel as a bioindicator for metal pollution in the Danube River near Budapest, Hungary // *Environ Pollut.* V. 129. — P. 421–429.
- Watson R.M.* 2001. Evaluation of a fish health assessment index as biomonitoring tool for heavy metal contamination in the Olifants River catchment area. PhD Theses. — 222 p.

Современное состояние зоопланктона озера Ниджили (бассейн р. Вилюй, Якутия)

Е.С. Горохова

Якутский филиал ФГБНУ «Госрыбцентр», г. Якутск
e-mail: goresoxbo08@mail.ru

Ключевые слова: зоопланктон, биомасса, кормовая база, Якутия, оз. Ниджили.

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние зоопланктона оз. Ниджили, расположенного в Лено-Вилюйском междуречье Якутии. Анализируется видовой состав и количественные показатели зимнего и летнего зоопланктона озера. Приводятся данные биомассы и численности.

Ниджили — наиболее крупное озеро, расположенное на Центрально-Якутской равнине (Лено-Вилюйское междуречье) (рис. 1). Наибольшая длина составляет 33,5 км, ширина 5,7 км, площадь — 12700 га. Котловина озера эрозионно-термокарстового происхождения. Береговая линия сильно изрезана, берега или обрывистые или низкие заболоченные. Рельеф дна относительно сложный. Средние глубины составляют 3 м, максимальная глубина не превышает 7 м (Титова, Ларионов, и др., 1966). В озеро впадают реки Кюнкой и Харья-Юрях, берет начало р. Сиэн (бассейн р. Вилюй).

В озере осуществляется промышленная добыча карася *Carassius carassius jacuticus* Kirillov.



Рис. 1. Картограмма расположения оз. Ниджили

Целью работы явилось исследование современного состояния зоопланктона оз. Ниджили, его качественных и количественных характеристик.

Материал и методика

Материал собран из оз. Ниджили в июле 2016 г. (летние пробы), в декабре 2015 г. и в ноябре 2016 г. (зимние пробы). Сбор и обработку проб проводили по общепринятым методикам (Киселев, 1956; «Руководство по методам гидробиологического анализа...»,

1983). При отборе проб использовали сеть Джели с последующей фиксацией 70 % спиртом. Всего отобрано 12 проб.

Камеральная обработка включала определение видового состава, численности и биомассы зоопланктона. Пробы просматривались под биноклем и микроскопом, встреченные организмы определяли до вида по современным определителям («Коловратки фауны СССР...», 1970; «Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России...», 2010). Расчет численности и биомассы организмов зоопланктона производился на 1 м³. Биомасса рассчитывалась путем перевода численности на индивидуальный вес организмов, исходя из зависимости между длиной и массой тела.

Результаты и обсуждение

Современный фаунистический состав зоопланктона оз. Ниджили по материалам наших исследований представлен 26 видами, из них коловраток — 9, ветвистоусых ракообразных — 8 и веслоногих ракообразных 9 видов (табл. 1).

Таблица 1. Систематический список и сезонное распределение зоопланктона оз. Ниджили

Таксоны	Зима 2015 г.	Лето 2016 г.	Зима 2016 г.
Тип Rotifera			
1. <i>Brachionus</i> sp.	+		
2. <i>Keratella quadrata</i>	+		+
3. <i>Keratella cochlearis</i>	+		+
4. <i>Kellicottia longispina</i>	+		+
5. <i>Proales</i> sp.	+		
6. <i>Polyarthra</i> sp.	+		+
7. <i>Filinia terminalis</i>	+		+
8. <i>Filinia passa</i>			+
9. <i>Rotaria</i> sp.	+		
Тип Cladocera			
10. <i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	+		
11. <i>Daphnia galeata</i> Sars, 1864		+	+
12. <i>Daphnia cristata</i> Sars, 1862		+	
13. <i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller, 1785)	+		
14. <i>Chydorus</i> sp.		+	+
15. <i>Limnosida frontosa</i> Sars, 1862		+	
16. <i>Bythotrephes crassicaudus</i> Lilljeborg, 1890		+	
17. <i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)		+	
3. Тип Copepoda			
18. <i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863			+
19. <i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)			+
20. <i>Diacyclops limnobioides</i> Kiefer, 1936			+
21. <i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)		+	
22. <i>Eucyclops</i> sp.	+		
23. <i>Eudiaptomus</i> sp.			+
24. <i>Eudiaptomus drieschi</i>	+		
25. <i>Diaptomus</i> sp.		+	
26. <i>Heterocope appendiculata</i> Sars, 1863	+	+	

Зоопланктон представлен обычными для водоемов Якутии видами, имеющими широкое географическое распространение. Главным образом встречаются литоральные и фитофильные формы. Пелагический комплекс представлен типичными северными видами, нередко в пробах встречались космополиты.

В летних пробах в составе зоопланктона оз. Ниджили было обнаружено 9 видов, в том числе 6 видов ветвистоусых и 3 вида веслоногих ракообразных. Их общая численность варьировала от 1750 до 33500 экз/м³, биомасса – от 1504,2 до 14999,2 мг/м³, составляя в среднем 22033 экз/м³ и 6572,9 мг/м³. В летних пробах, в отличие от зимних, отсутствовали коловратки. Возможно, это связано с суточной миграцией коловраток или особенностью биотопа, с которого были взяты пробы.

Во всех пробах доминировали веслоногие ракообразные, в основном за счет обильного развития крупных копепод (рис. 2).

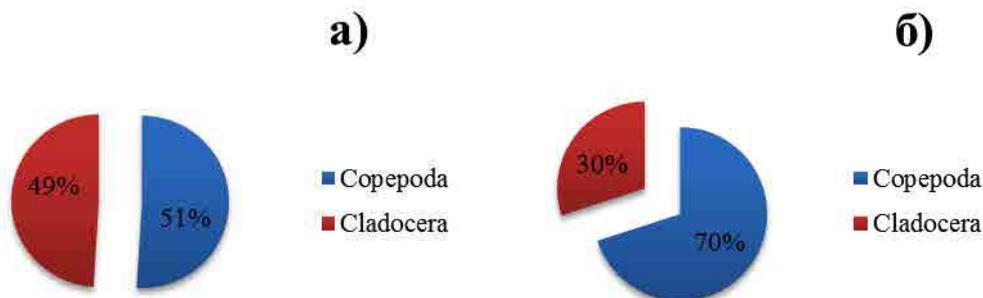


Рис. 2. Соотношение биомассы (а) и численности (б) летнего зоопланктона оз. Ниджили, %

В зимних пробах обнаружено 20 видов, в т.ч. коловратки — 9, ветвистоусые — 4 и веслоногие ракообразные — 7. В пробах 2015 г. общая численность колебалась в широких пределах от 770 до 116000 экз./м³, биомасса — от 10,54 до 2075,3 мг/м³, составляя в среднем 23912 экз/м³ и 506,9 мг/м³. Доминировали по численности (93 %) и по биомассе (98 %) веслоногие ракообразные (рис. 3), в основном за счет массового развития неполовозрелых копеподитных и науплиальных стадий циклопов.



Рис. 3. Соотношение биомассы (а) и численности (б) зимнего (декабрь 2015) зоопланктона оз. Ниджили, %

Общая численность зимнего зоопланктона в 2016 г. колебалась от 10186 до 42408 экз/м³, биомасса – от 178,7 до 993,1 мг/м³, составляя в среднем 21761 экз/м³ и 478,8 мг/м³.

По количественным показателям доминируют веслоногие ракообразные (86% по численности и 95 % по биомассе), в основном за счет неполовозрелых циклопов (копеподиты), их личиночных стадий развития (науплии) и каланоидов рода *Eudiaptomus* (рис. 4). В меньшем количестве встречались *Cyclops scutifer*, *Diacyclops limnobioides* и *D. bicuspidatus*.

В летних пробах биомасса зоопланктона намного выше, чем в зимних, а по численности — ниже (рис. 5). Это связано с тем, что биомасса отдельного вида летом намного выше, благодаря хорошим условиям для роста и развития, чем зимой. Летом наибольшая численность отмечена у веслоногих ракообразных, отличающихся крупными размерами.

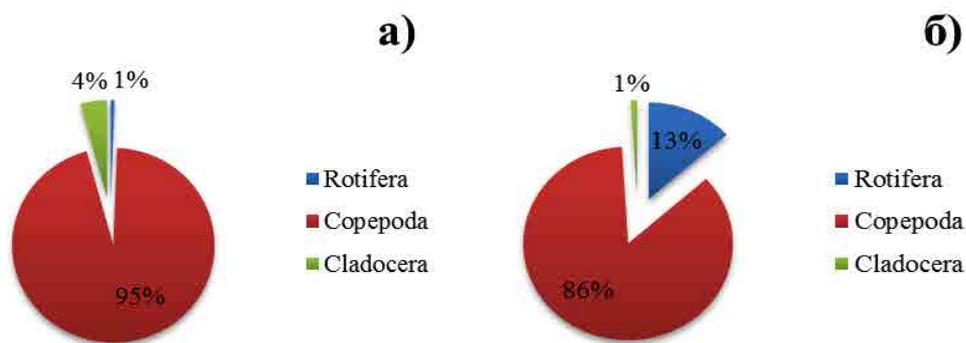


Рис. 4. Соотношение биомассы (а) и численности (б) зимнего (ноябрь 2016) зоопланктона оз. Ниджили, %

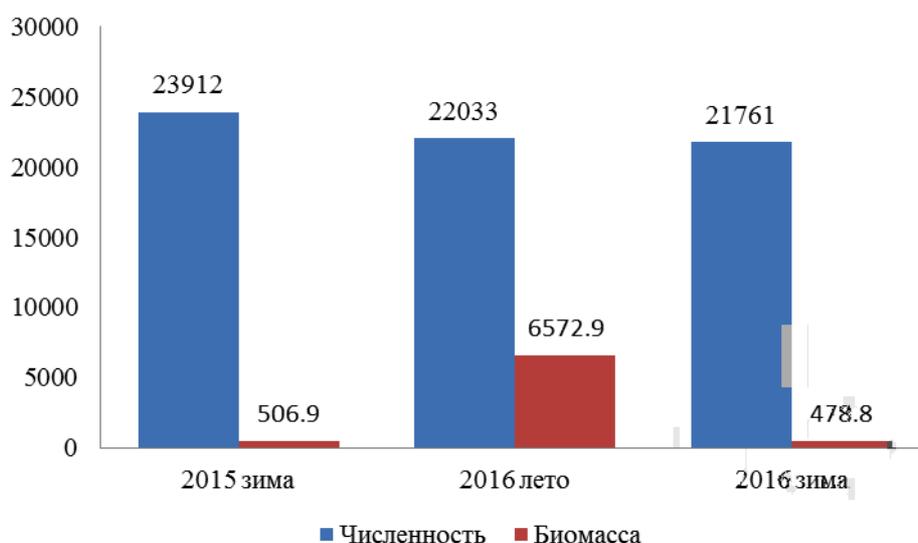


Рис. 5. Соотношение средних показателей численности (экз/м³) и биомассы (мг/м³) зоопланктона оз. Ниджили (2015–2016 гг.)

Заключение

Современный фаунистический состав зоопланктона оз. Ниджили представлен 26 видами, из них коловратки составляют 9 (35 %), ветвистоусые ракообразные — 8 (30 %) и веслоногие ракообразные — 9 видов (35 %). Большинство видов обнаружено в зимних пробах, в летних полностью отсутствовали коловратки. Доминирующей группой являлись веслоногие ракообразные, в основном за счет обильного развития неполовозрелых и личиночных стадий.

Количественные показатели численности летних и зимних проб различались мало, колеблясь в пределах от 21761 до 23912 экз/м³, а по биомассе показатели летних проб оказались наибольшими, достигая в среднем 6571,9 мг/м³.

Литература

- Титова К.Н., Ларионов Ю.П., Ларионова А.М., Павлова Ю.Д. 1966. Озеро Ниджили. — Якутск: Якуткнигоиздат. — 66 с.
- Киселев И.А. 1956. Исследование планктона // Жизнь пресных вод. — М.-Л.: Изд-во АН. Т. 4. Ч. 1. — С. 183–271.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / Под ред. В.А. Абакумова. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 240 с.
- Коловратки фауны СССР. Подкласс Eurotatoria / Кутикова Л.А. — Л.: АН СССР, 1970. — Вып. 104. — 744 с.
- Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Т. 1. Зоопланктон / Под ред. В.Р. Алексева, С.Я. Цалолихина. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. — 495 с.

Непромысловые бычки *Gobiidae* Каспийского моря как возможные тест-объекты при оценке состояния среды обитания

С.А. Гуцуляк, Е.В. Микодина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Москва
e-mail: gutculiak@mail.ru

Ключевые слова: бычковые рыбы, *Gobiidae*, Каспийское море, нефтегазовые месторождения на шельфе, пластовые флюиды, среда обитания, гидробионты, тест-объекты.

Аннотация. Дан краткий обзор сведений по биологии бычковых рыб: их доле в относительно малочисленной ихтиофауне Каспийского моря, происхождению, биологической роли в трофических цепях. Акцентировано, что биология рыб сем. *Gobiidae* исследована крайне скудно: в основном систематика и распространение, фрагментарно численность и уловы. Упомянуты происхождение Каспия, его географический статус, гидрологические условия, сведения об его условном географическом и рыбохозяйственном подразделении. Приведена общая история нефтедобычи в Каспийском море, перечислены новые газонефтяные месторождения на шельфе Северного и Среднего Каспия. В свете новых сведений о вкладе естественного дренажа пластовых флюидов в экологию моря постулируется необходимость сравнительных исследований о влиянии природных и антропогенных поллютантов на гидробионтов на примере многочисленных непромысловых видов бычковых рыб в местах добычи нефти и чистых акваториях. По аналогии с бычком-кругляком Азовского и Черного морей они стать тест-объектами при оценке состояния экосистемы Каспийского моря.

В Каспийском море обитают анадромные, полупроходные и речные виды рыб, из которых более 30 являются объектами промысла (ОДУ и РВ). По числу видов в ихтиофауне преобладают генеративно-морские бычковые рыбы сем. *Gobiidae* — 9 родов и 37 видов и подвидов (Рагимов, 1991; Насека и др., 2012; Гуцуляк, 2014), составляющие более 70 % всей ихтиофауны Каспия. В этом море бычковые виды рыб не являются объектами промысла, но играют важную роль в трофических цепях в качестве кормовых объектов.

С начала восемнадцатого века и до настоящего времени научные публикации по биологии бычковых рыб Каспийского моря касаются в основном их систематики и распространения (Кесслер, 1874; Берг, 1949; Ильин, 1927, 1927а; 1938). Многие из них носят общий или отрывочный характер, нередко касаются видов лишь из отдельных частей водоема или отдельных групп видов (Насека и др., 2012). Так, Гаибова (1952) изучала биологические особенности пяти видов каспийских бычков, наиболее подробно — двух: кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) и горлапа *Ponticola* (мл. син. *Neogobius*) *kessleri* (Günther, 1861) на рыбных промыслах Шихово-Карадагского района Каспия. Азизова (1962, 1965,) исследовала распространение и численность 16 видов бычковых, обитающих в Северном Каспии, у дагестанского побережья Среднего Каспия и в Красноводском заливе, и, кроме того, некоторые экологические особенности 5–6 видов бычков у дагестанского побережья.

Первая попытка оценить запасы бычковых в Северном Каспии была предпринята Киналёвым (1937) по материалам траловых съемок в 1934–1935 гг. Установлено, что в первой трети XX в. в районах с очень высокими концентрациями бычков (у о. Куалы и Средней Жемчужной банки) их уловы их составляли 23–21 кг/час траления. По данным Чугуновой (1946), в целом по Северному Каспию уловы бычков не превышали 2,2 кг/час траления, а их численность, как и других видов рыб, колебалась из года в год, что, являлось следствием резкого снижения количества их корма.

Казанчеев (1965, 1981) провел сравнительный анализ численности бычковых за 1962–1963 гг. и показал, что численность и видовой состав бычков в исследованные им годы отличаются от результатов Киналёва (1937). Рагимовым (1967, 1968, 1981; Рагимов, Степанова, 1989) опубликованы данные по распространению бычков у западного побережья

Среднего и Южного Каспия, их видовому составу с выделением малочисленных и многочисленных видов.

Степанова (1989) проанализировала многолетние комплексные данные (1974–1991 гг.), полученные в условиях колебания уровня моря, и установила, что при повышении уровня моря и увеличении водности рр. Урал и Волга, происходят изменения в видовом составе, численности, а также распределении рыб. Именно благодаря этим исследованиям, единственной фундаментальной работой по биологии бычковых рыб Северного Каспия остается кандидатская диссертация Степановой (1998). В этой работе впервые за 20 лет на основе многолетних исследований приведены новейшие данные по распределению, численности и запасам основных видов бычковых рыб в условиях изменяющихся стока р. Волга и уровня Каспийского моря, а также материалы по питанию, рационам, пищевым взаимоотношениям этих рыб между собой и другими представителями ихтиофауны Северного Каспия. Показано негативное влияние антропогенных факторов на численность и запасы бычков песочника и кругляка, предложены меры по охране и рациональному использованию их запасов. В более поздних публикациях (Степанова, 2004, 2005, 2007, 2010; Степанова, Сокольская, 2001; Степанова, Сокольский, 2003) рассмотрены вопросы влияния солености на формирование видового состава бычковых в уловах, установлена связь между численностью бычковых рыб и биомассой кормовых организмов.

В первом десятилетии XXI в. появились новые данные не только по биологии бычковых рыб, но и содержанию тяжелых металлов в их организме, а также по влиянию экологических факторов на видовой состав и распределение этих видов в западной части Северного Каспия (Абдурахманов и др., 2013; Гуцуляк, 2011; Гуцуляк, Васильева, 2016).

Каспийское море — самый крупный замкнутый водоем на Земле и по своим размерам намного превосходит такие озёра, как Байкал, Виктория, Мичиган и Гурон. По формальным признакам Каспийское море — это бессточное озеро. В третичный период оно входило в состав также замкнутого Сарматского моря, позднее — в Понтическое море-озеро, объединявшее Азово-Черноморский бассейн и Каспийское море, но около 10 тыс. лет назад обособилось от него в самостоятельный водоём. Учитывая размеры, солоноватые воды и гидрологический режим, сходный с морским, его называют морем. По одной из гипотез, Каспийское море (у древних славян — Хвалынское море) получило своё название в честь племён каспиев, живших до нашей эры на его юго-западном побережье.

В современных географических очертаниях Каспийское море представляет собой бессточную внутриматериковую депрессию Евразии. По рельефу дна его традиционно делят на три крупные части: северную (24 % площади моря), среднюю (36 %) и южную (40 %), существенно отличающиеся морфологией дна и гидрологическим режимом, а также большой и обособленный залив Кара-Богаз-Гол. Северная, шельфовая часть моря, мелководная: её средняя глубина 5–6 м, максимальные глубины 15–25 м, объём воды составляет менее 1 % общей водной массы моря. Средний Каспий представляет собой обособленную котловину со средней глубиной около 190 м при наличии Дербентской впадины с максимальной глубиной 788 м. В Южном Каспии средняя и максимальная глубины — 345 и 1025 м (в Южно-Каспийской впадине) соответственно; здесь сосредоточено 65 % водной массы этой части моря. По рыбохозяйственной классификации России Каспий делят на следующие подрайоны: Волго-Каспийский (Астраханская область), Северо-Каспийский, Северо-Западный, Терско-Каспийский (Дагестан) (Приказ Федерального агентства ..., 2009). Выделяют также Урало-Каспийский район в границах Республики Казахстан. «Объем, динамика и химизм вод Каспия неустойчивы и, помимо прочих факторов, регулируются эндогенными геологическими (природными и техногенными процессами: импульсами сейсмичности, разгрузки подземных вод, нефти и газов, фильтрации вод моря в пустотное пространство соседних территорий» (Бухарицин и др., 2016, с. 28–29).

Каспийский регион богат такими природными ресурсами как биологические, агроклиматические, бальнеологические, рекреационные, минеральные. Среди минеральных ресурсов особая роль принадлежит огромным запасам углеводородного сырья. Добыча нефти в Каспийском регионе известна с древних времен, в промышленном режиме она осуществляется

более 200 лет. Нефтегазодобычей занимаются все страны, имеющие выход к Каспийскому морю (Россия, Азербайджан, Туркмения, Казахстан, Иран), ее технологии постоянно модернизируются, в т.ч. от добычи на суше побережья, морской добычи в береговой зоне (г. Нефтяные Камни) до шельфа. Начало добычи нефти было положено еще в конце XIX в. на берегах Каспия в районе Баку (Апшеронский п-ов). В середине XX в. начата морская добыча, в начале XXI в. стал осваиваться каспийский шельф, в настоящее время констатируется экспансия шельфовой нефтегазодобычи (Бухарицин и др., 2016).

На российской части шельфа в Волго-Каспийском р-не (Астраханская обл.) открыты 8 крупных месторождений нефти: Хвалынское (открыто в 2000 г.), им. Юрия Корчагина (2000 г., введено в эксплуатацию 28 апреля 2010 г.), им. Владимира Филановского (2005 г., введено в эксплуатацию 31 октября 2016 г.), месторождение «170-й километр» (открыто в 2001 г.), Ракушечное (2001 г.), Сарматское (2002 г.), Центральное и Западно-Ракушечное (2008 г.). В Терско-Каспийском р-не (Дагестан) также открыто шельфовое месторождение нефти «Центральное» (2001 г.).

В Урало-Каспийском р-не на Казахстанском шельфе еще с 2000 г. действует нефтяное месторождение Кашаган, на котором пробурена 41 скважина. В 2013 г. на Кашагане началась, а осенью 2016 г. возобновилась промышленная добыча нефти. На шельфе Азербайджана более 25 лет назад было открыто газоконденсатное месторождение «Шах-Дениз» (1999 г.), освоение которого было начато в конце 2006 г. По прогнозам запасы нефти в регионе составляют 15–22 млрд т, газа — 12–18 трлн м³.

Нефть как горючий минерал биогенного происхождения специалисты относят к петролитам или каустобиолитам. Она попадает в водную среду при добыче или из пластовых флюидов, она образует в последнем случае природную водно-нефтяную эмульсию, т.е. дисперсную систему, где мельчайшие капельки (глобулы) нефти (0,1–250 мкм, чаще 3–8 мкм) покрыты гидратированной оболочкой типа «масло в воде» или «нефть в воде» и устойчивы до 1 года (Нефтяная эмульсия, 2017). Их наличие может стать причиной адаптации гидробионтов к вековому нефтяному воздействию.

Разработка новых шельфовых месторождений может внести свой вклад в загрязнение Каспия различными техногенными соединениями, что побуждает к поиску новых критериев в оценке их состояния. Изменения, происходящие в гидросфере, наиболее сильное воздействие оказывают на водные организмы, в т.ч. на рыб, которые легко реагируют на изменения состояния среды, и именно их целесообразнее использовать в качестве биологических индикаторов. Тест-объекты, используемые при биоиндикации, законодательно не определены.

Рыбы, как одно из верхних звеньев в трофической цепи водоемов могут быть объективными биологическими индикаторами уровня загрязнения водной среды в целом, но не отдельных ее участков. Многочисленные публикации свидетельствуют об успешном использовании рыб как индикаторов нарушений «здоровья» экосистемы при токсичном загрязнении вод. В условиях интенсивного загрязнения степень устойчивости организма рыб определяется способностью эффективно метаболизировать и выводить поступающие в организм токсикианты. Патологические изменения в их организме позволяют определить степень токсичности водной среды, оценить кумулятивные эффекты, а также сформировать представление о потенциальной опасности группы веществ, поступающих в водоем, и для человека. Изменения физиологических показателей рыб регистрируются численными значениями, которые возможно использовать при построении зависимостей «доза–эффект». Учитывая эти предпосылки, в ряде крупных международных проектов в оценках экологических последствий загрязнения вод предпочтение отдается исследованию рыб на уровне организма.

Многие ксенобиотики как органического происхождения (пестициды, ПХБ), так и неорганические компоненты (прежде всего тяжелые металлы) способны накапливаться в тканях рыб, включаться в метаболические реакции, взаимодействовать с биологическими молекулами, нарушая их структуру и функции, что приводит к интоксикации и развитию различных патологических состояний. Для выяснения состояния организма рыб в загрязненной среде обитания важно определить индикаторы различного уровня, которые бы

позволили выявить ранние токсические эффекты, оценить их последствия и адаптационные возможности организма. Накопление тяжелых металлов в печени рыб существенным образом влияет на ее функциональное состояние, а активность ферментов используется в качестве информативных биомаркеров этого состояния (Дорохова и др., 2012).

Биоиндикаторами могут служить водные обитатели различных таксонов, в т.ч. рыбы. Так, недавно для токсикологической оценки действия загрязнителей на водные объекты предложен новый аборигенный тест-объект — бычок-кругляк, как многочисленный вид Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна (АзНИИРХ: поиск альтернативных ..., 2016).

В литературных источниках про бычковых рыб именно Каспийского моря за последнее время не так много информации. Однако все они подчеркивают важный момент: как в Азовском, так и в Черном морях бычки не являются объектами промысла, а лишь кормовыми объектами для многих видов рыб, обитающих в этом водоеме. Именно исходя из этого, бычок-кругляк уже предложен в качестве тест-объекта для оценки состояния водной среды не только в Азовском, но и в Черном (Дорохова и др., 2012; Руднева, 2016) морях.

Более чем 100-летняя история добычи, перегрузки и транспортировки нефти, а также интенсификация начале 3-его тысячелетия газо- и нефтедобывающих отраслей на Каспийском шельфе (даже при наличии технологий «нулевого сброса» и исторической адаптации каспийских гидробионтов к воздействию нефти природными флюидами), ставят задачу оптимизации мониторинга состояния экосистемы моря, в т.ч. здоровья рыб. В свете данных не только о последствиях экспансии нефтедобычи, но и естественном влиянии на гидробионтов и их среду обитания нефтегазоносных пластовых флюидов в течение исторического времени (Бухарицин и др., 2016), имеющиеся сведения о флуктуациях содержания тяжелых металлов в промысловых рыбах и морских млекопитающих (килька, вобла, сельдь, каспийский тюлень), зачастую не выходящих за пределы ПДК_{рх}, а также их морфофункциональных изменениях (осетровые, тюлька, карп) требуют уточнения интерпретации наблюдаемых явлений и их причин.

Одними из объектов наблюдения, или тест-объектами, в районах экологического риска Северного Каспия могут служить непромысловые аборигенные бычковые рыбы. Принимая во внимание малоподвижный донный образ жизни, высокую численность, а также видоспецифичность загрязнения нефтью, бычковые в большей степени могут понести ущерб от этого разведки и добычи нефти и газа, в связи с чем они могут выступать в качестве регионального биологического индикатора, характеризующего экологическую обстановку в Каспийском море и степень антропогенного загрязнения.

В связи с возобновившейся в октябре 2016 г. нефтедобычей в восточной части Северного Каспия на шельфовом месторождении Кашаган (Казахстан) и особенностями направления течений представляет интерес сравнительная оценка состояния бычков из данного района с северо-западной частью Каспийского моря (Россия). Поскольку водная экосистема Северного и Среднего Каспия в силу активизации шельфовой нефтедобычи остается в зоне экологического риска, представляется своевременным разработка обоснования по использованию представителей бычковых рыб сем. *Gobiidae* как биологических индикаторов состояния среды их обитания в Северном Каспии.

Благодарности

Авторы приносят глубокую благодарность заместителю директора ФГБНУ «КаспНИРХ» Сергею Викторовичу Шипулину за предоставленные информационные материалы, советы и содействие в выполнении настоящей работы.

Литература

Абдурахманов Г.М., Гуцуляк С.А., Сокольская Н.И. 2013. Влияние экологических факторов на видовой состав, численность и распределение бычковых в западном районе Северного Каспия // Юг России: экология и развитие, № 4. — С. 33–40.

Азизова И.М. 1962. Возможность промысла каспийских бычков // Рыб. хоз-во, № 3. С. 14–20.

Азизова Н.А. 1965. Бычки Каспийского моря. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Калининград. — 22 с.

- АзНИИРХ: поиск альтернативных тест-объектов для токсикологических исследований. <http://www.vniro.ru> (дата обращения 25.11.2016).
- Берг Л.С. 1949. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, Т. 3. — С.1001–1004.
- Бухарицин П.И., Голубов Б.Н., Иванов А.Ю. 2016. Особенности гидрологии и строения недр морских месторождений Каспия. Palmarium Academic Publishing, — 110 с.
- Гаибова Р.А. 1952. Бычки Шихово-Карадагского района Каспийского моря // Тр. ин-та зоологии АН АЗССР Т. 15. — С. 53–106.
- Гуцуляк С.А. 2011. Распределение бычков в Северной части Каспийского моря // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов. Мат-лы докл. 1 Всеросс. конф. 12–16.09.2011. — М.: АКВАРОС. — С. 201–204.
- Гуцуляк С.А. 2014. Бычковые Каспийского моря. Германия: Lambert Academic Publishing. — 58 с.
- Гуцуляк С.А., Васильева Л.М. 2016. Содержание тяжелых металлов в организме бычковых в российской зоне Северного Каспия // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания. Т. № 2. — С. 19–25.
- Дорохова И.И., Кузьмина Н.С., Руднева И.И., Болдырев Д.А. 1874. Содержание тяжелых металлов и биоиндикаторы состояния печени некоторых видов черноморских рыб // Ветеринарна медицина, 2012. Вып. 96. — С. 288–290.
- Кесслер К.Ф. Описание рыб, принадлежащих к семействам общим Черному и Каспийскому морям // Тр. СПб. общ. ест. Т. 5. — С. 191–324.
- Ильин Б.С. 1927. Бычки северо-западного района Черноморского бассейна // Тр. Гос. ихтиол. опытно-станции. Херсон. Вып. 1. — С. 93–108.
- Ильин Б.С. 1927а. Определитель бычков (Fam. Gobiidae) Азовского и Черного морей (предварительное сообщение) // Тр. Азово-Черномор. науч.-промысл. экспед. № 2. — С. 128–143.
- Ильин Б.С. 1938. Бычки по материалам экспедиции АН СССР в Мертвый Култук и Кайдак (заливы Каспийского моря Комсомолец, Мертвый Култук и Кайдак) // Рыбы и рыбный промысел Вып. II. — С. 139–145.
- Казанчев Е.Н. 1965. О численности рыб из семейства бычковых в Северном Каспии // Тр. КаспНИРХ. — С. 47–53.
- Казанчев Е.Н. 1981. Рыбы Каспийского моря (определитель). — М.: Легпищепром. — 167 с.
- Киналев Н.В. 1937. Питание бычков в Северном Каспии // Зоол. журн. Т. 16. Вып. 4. — С. 755–771.
- Насека А.М., Болдырев В.С., Сподарева В.В., Лобанов А.Л., Богуцкая Н.Г. Каталог фондовой коллекции Зоологического института РАН. Класс лучепёрые рыбы (Actinopterygii). Отряд окунеобразные (Perciformes), подотряд бычковидные (Gobioidei), семейство бычковые (Gobiidae) черноморско-каспийского бассейна // Иссл. фауны морей. Т. 73 (81). — СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. — 123 с.
- Нефтяная эмульсия // Горная энциклопедия. <http://www.mining-enc.ru/n/neftyanaya-emulsiya/> (дата обращения 17.03.2017).
- Приказ Федерального агентства по рыболовству от 13 января 2009 г. № 1 «Об утверждении Правил рыболовства для Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна» (с изменениями от 16 апреля 2009 г., 8 апреля 2011 г.) (доступно в Консультант плюс).
- Рагимов Д.Б. 1967. О систематике бычков рода *Gobiidae* Каспийского моря // Биологическая продуктивность Куринского Каспийского промыслового района. — С. 252–277.
- Рагимов Д.Б. 1968. Распределение бычков у западного побережья Среднего и Южного Каспия // Изв. АН Азербайджанской ССР. Серия биологических наук. № 4. — С. 66–74.
- Рагимов Д.Б. 1981. Распространение и численность бычковых (*Gobiidae*) в Северном Каспии // Вопр. ихтиологии Т. 21. № 2. — С. 223–231.
- Рагимов Д.Б. 1991. Бычковые рыбы Каспийского моря (систематика, биология, значение). Автореф. дисс. ... доктора биол. наук. С.-Петербург. — 32 с.
- Рагимов Д.Б., Степанова Т.Г. 1989. Бычковые // Каспийское море: ихтиофауна и промысловые ресурсы. — С. 190–193.
- Руднева И.И. (отв. ред.). 2016. Экотоксикологические исследования прибрежной черноморской ихтиофауны в районе Севастополя. — М.: ГЕОС. — 360 с.
- Степанова Т.Г. 1989. Особенности развития и использования кормовой базы рыбами в условиях повышения уровня Каспийского моря // Тр. ВНИРО, КаспНИРХ. Компл. рыбохоз. иссл. на Каспии. — С. 119–136.

- Степанова Т.Г. 1998. Бычки как элемент экосистемы Северного Каспия, их биология и значение. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Астрахань. — 23 с.
- Степанова Т.Г. 2004. Формирование биоразнообразия и численности бычковых рыб в Северном Каспии // Рыбохозяйственные исследования на Каспии: Результаты НИР за 2003 г. Сб. науч. тр. КаспНИРХ. Астрахань. — С. 268–273.
- Степанова Т.Г. 2005. Видовой состав, численность и питание бычковых рыб (сем. Gobiidae) в Северном Каспии / Т.Г. Степанова // Рыбохоз. иссл. на Каспии: результаты НИР за 2004 г. Сб. науч. тр. КаспНИРХ. Астрахань. — С. 329–334.
- Степанова Т.Г. 2007. Бычок-песочник *Neogobius fluviatilis* Pallas, 1814 // Экологические мониторинговые исследования на лицензионном участке «Северный» ООО «Лукойл-Нижевожскнефть» (1997–2006 гг.). Сб. науч. тр. — Астрахань: КаспНИРХ. — С. 291–294.
- Степанова Т.Г. 2010. Значение донных беспозвоночных в питании массового вида бычковых рыб Северного Каспия бычка-песочника // Экология водных беспозвоночных. Мат-лы межд. конф., посв. 100-летию Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Ярославль. — С. 300–302.
- Степанова Т.Г., Сокольская Н.И. 2001. Видовой состав и численность бычков в западном районе Северного Каспия // Биология. Итоговая научная конференция АГТУ. Тез. докл. конф. — Астрахань. — С. 39.
- Степанова Т.Г., Сокольский А.Ф. 2003. Значение бычковых рыб в экосистеме Каспийского моря // Эволюция экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны. Мат-лы межд. конф. Ростов-на Дону. — С. 132–133.
- Чугунова Н.И. 1946. Распределение бычков в Северном Каспии // Зоол. журн. Т. 25. № 5. — С. 459–467.

УДК 597.08.574.34

Динамика популяции леща *Abramis brama* в Чудском озере

М.Б. Данилов

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова (ФГОУ ВПО «МГУ им. М.В. Ломоносова»), г. Москва
e-mail: danilov84@rambler.ru

Ключевые слова: лещ, Чудское озеро, промысловые популяции рыб, состояние запасов, пополнение.

Аннотация. Целью исследования является оценка характеристик обилия и популяционных параметров леща Чудского озера за период 1980–2009 гг. Анализ выполнен с помощью виртуального популяционного анализа и равновесной модели динамического запаса. Периоды максимальной биомассы запаса пришлись на половину 2000-х гг. Промысловая смертность имеет положительный тренд, свидетельствующий о возрастании промысловой нагрузки. В конце исследуемого периода равновесный улов в пересчете на рекрута составляет 91 % от максимально возможного уловня.

Целью исследования является оценка характеристик обилия и основных популяционных параметров леща Чудского озера, являющегося важным промысловым видом. Исходными данными являлись материалы промыслово-биологической статистики, включающие сведения о динамике вылова леща в период 1980–2009 гг., возрастном и размерном составе уловов.

Ретроспективный анализ динамики запаса и характеристик промысловой нагрузки выполнен с помощью виртуального популяционного анализа (модель ADAPT-VPA) с настройкой по данным об улове на единицу промыслового усилия.

Исследование показывает, что среднегодовой улов леща составил 504,9 т, средняя за период исследования общая численность популяций составила 23,3 млн экз., средняя биомасса запаса — 2713 т. Для биомассы запаса характерен положительный тренд. Периоды максимальной биомассы запаса пришлись на 2002–2006 гг.

Основной вклад в формирование общей биомассы популяции вносят возрастные группы рыб от 3 до 8 лет. Изменение общей численности популяций леща в основном

контролируются динамикой пополнения (возрастная группа 0+), максимум обилия которого приходится на период с 1997 по 2002 гг.

Промысловая смертность леща, максимальные значения которой приходится на старшие возрастные группы (12–17 лет), в среднем составила $0,92 \text{ год}^{-1}$ и имела положительный тренд, свидетельствующий о возрастании промысловой нагрузки на популяцию леща.

Расчеты, выполненные с использованием равновесной модели динамического запаса, показали, что в конце исследуемого периода улов на единицу пополнения равен $97,4 \text{ г/рекрута}$, что составляет 91 % от максимально возможного уровня. Максимальный улов на единицу пополнения составляет $107,3 \text{ г/рекрута}$ и достигается при величине промысловой смертности $F = 0,31 \text{ год}^{-1}$. Принимая во внимание, что величина промысловой смертности в конце исследуемого периода составляла $0,43 \text{ год}^{-1}$, можно сказать, что дальнейшее увеличение промысловой смертности приведет к снижению улова на единицу пополнения.

УДК 574.5:579(262.81)

Санитарно-микробиологическая оценка Северного Каспия как среды обитания гидробионтов

С.А. Дьякова, Е.Р. Галяутдинова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: djakova.s.a@gmail.com

Ключевые слова: условно-патогенные бактерии, сапротрофы, антибиотикорезистентность, факторы патогенности, численность микроорганизмов, Северный Каспий.

Аннотация. В статье представлена численность и видовой состав сапротрофных микроорганизмов, выделенных из воды и грунта Северного Каспия в период 2013–2016 гг. Проанализировано соотношение различных групп микроорганизмов в сезонной и межгодовой динамике. Описаны проявления факторов патогенности и антибиотикорезистентность бактерий. Дана санитарно-микробиологическая характеристика Северного Каспия как среды обитания гидробионтов.

Микроорганизмы в морской среде принимают участие в круговороте биогенных элементов, самоочищение водоемов (Мишустина, Щеглова и др., 1985). Бактериопланктон и бактериобентос чувствительны к изменениям условий окружающей среды, в частности изменениям содержания источников углерода и азота, температуры, солености, давления. Ввиду высокой чувствительности микробиоценоза морской акватории к изменениям окружающей среды, различные бактериальные сообщества могут быть использованы в качестве индикаторов для оценки качества среды в условиях антропогенной нагрузки (Ильинский, 2000).

Одной из показательных групп гетеротрофных микроорганизмов, используемых для определения состояния моря, являются сапротрофные бактерии (Карыгина, Проскурина и др., 2014). Наиболее активно сапротрофы развиваются в присутствии значительных концентраций питательных веществ, набор экзо- и эндоферментов позволяет расщеплять широкий спектр органических веществ от простых сахаров и спиртов до нефтяных углеводов и лигнина. Однако в ассоциации сапротрофов часто встречаются бактерии, способные колонизировать организм гидробионтов, вызывая бессимптомное бактерионосительство или патологический процесс. Данные микроорганизмы относятся к группе условно-патогенных бактерий (Ларцева, Проскурина, 2003; Обухова, Ларцева, 2015). Высокая устойчивость к воздействию абиотических факторов, длительная персистенция в окружающей среде и вирулентная активность условно-патогенных микроорганизмов может привести к развитию очага инфекции, в связи с чем необходим мониторинг состояния сапротрофного сообщества морской акватории.

Пробы воды и донных отложений отбирали весной, летом и осенью 2013, 2014, 2016 гг. За период исследований было отобрано 90 проб воды и грунта, проведено более 4500 анализов. Отбор проб донных отложений в поверхностном слое грунта производили с помощью дночерпателя («Океан 50»), воды — с помощью батометра ГР-18 и гидрологического зонда. Для определения численности различных групп гетеротрофных бактерий использовали метод предельных разведений с последующим высевом на плотные питательные среды (Нетрусов, 2005). Видовую идентификацию выделенных бактерий проводили с помощью определителя (Берджи Хоулт, Криг, 1997). Для каждого изолята определяли факторы патогенности (протеолитическую, лецитиназную, гемолитическую, ДНК-азную активности и антибиотико-резистентность).

Результаты исследований показали, что за период исследований (2013–2016 гг.) изменения численности сапротрофных бактерий в воде и грунте Северного Каспия имели сезонную направленность (табл. 1).

Таблица 1. Средняя численность сапротрофных микроорганизмов в воде и грунте Северного Каспия, тыс. КОЕ/мл, г

Объект исследований	Весна	Лето	Осень
Вода, поверхностный горизонт	14,4±9,1	13,1±6,5	5,5±2,1
Вода, придонный горизонт	11,3±9,0	15,9±11,7	5,7±2,0
Грунт	208,5±104,1	77,3±12,3	128,8±110,7

Так, в воде поверхностного и придонного горизонтов от весны к лету численность сапротрофного бактериопланктона изменяется незначительно, в то время как в осенний период концентрация сапротрофов снижается в 3 раза. Такая межсезонная динамика численности обусловлена воздействием биотических и абиотических факторов, в частности, температуры, содержания органических веществ и половодьем, изменением видового состава сапротрофного бактериопланктона. В весенний период температура воды значительно ниже, чем летом, поэтому решающим фактором, обеспечивающим высокое содержание сапротрофов, является половодье, во время которого в морскую среду привносится большое количество органических веществ, а также аллохтонных микроорганизмов. В летний период температура воды и продукция органического вещества достигает максимума, что также благоприятно сказывается на численности сапротрофов. В осенний период окончание процесса минерализации органических элементов и падение теплозапаса обуславливает снижение концентрации сапротрофов и завершение процесса самоочищения моря.

В донных отложениях сезонные изменения численности сапрофитов не соответствуют бактериопланктону. Максимум численности бактерий в грунте Северного Каспия приходится на весенний период, что обуславливается седиментацией поступившего во время половодья органического вещества и аллохтонных бактерий. Такая сезонная динамика численности микроорганизмов обусловлена особенностями грунта как среды обитания микроорганизмов, таких как адгезия клеток бактерий, доступность питательных веществ, высокий теплозапас.

За период исследований наблюдали изменения не только в численности сапротрофного бактериопланктона и бактериобентоса, но и в видовом составе, в частности, регистрировали ежегодное сокращение видового разнообразия сапрофитных бактерий. При этом ранней весной и поздней осенью качественное разнообразие микроорганизмов было не велико, а в летние месяцы и начале осени наблюдали противоположную картину — видовой максимум.

В групповом соотношении в бактериопланктоне прослеживается определенная динамика (рис. 1).

Доля представителей семейств Neisseriaceae, Pseudomonadaceae, Flavobacteriaceae, Vibrionaceae и Alcaligenaceae в составе бактериопланктона в межгодовом аспекте достаточно стабильна (рис. 1), в то время как встречаемость грамположительных микроорганизмов и энтеробактерий ежегодно возрастала, достигнув максимума в 2014 г. В 2016 г. частота

выделения грампозитивных бактерий несколько снизилась, в то время как доля представителей сем. Enterobacteriaceae сократилась почти в 4 раза.

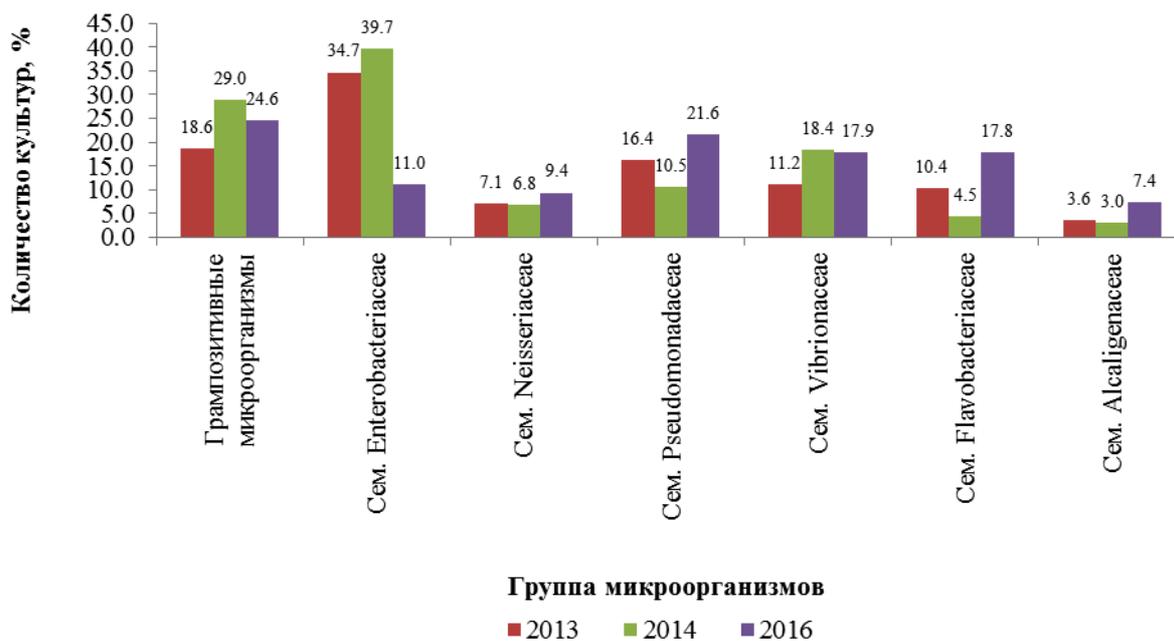


Рис. 1. Биоразнообразие сапротрофного бактериопланктона в Северном Каспии

В донных отложениях в групповом составе сапротрофных микроорганизмов наблюдали схожую с бактериопланктоном динамику. При этом в сапротрофной ассоциации бактерий донных отложений прослеживается ежегодное нарастание доли грамположительных микроорганизмов, а также увеличение в 2016 г. встречаемости представителей сем. Flavobacteriaceae (рис. 2).

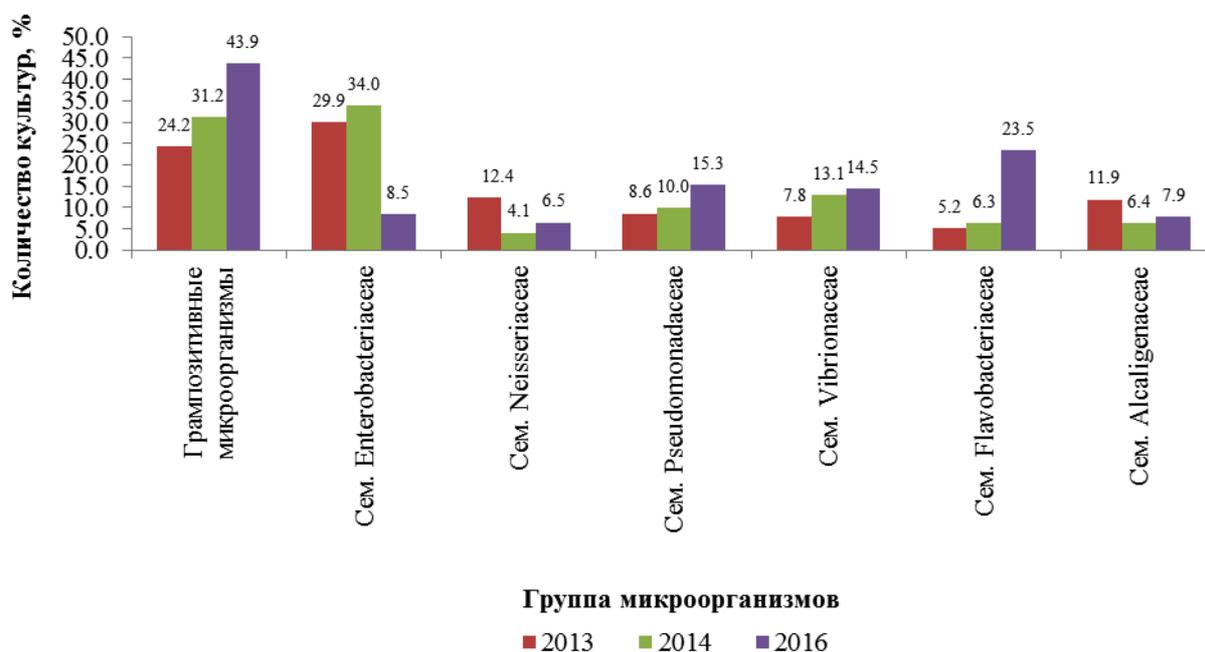


Рис. 2. Биоразнообразие сапротрофного бактериобентоса в Северном Каспии

Ежегодно среди выделенных из воды и грунта Северного Каспия сапротрофных микроорганизмов массово встречались условно-патогенные бактерии, обладающие различными факторами патогенности и антибиотикорезистентностью. Так, изучение вирулентности

бактерий в многолетнем аспекте показало, что встречаемость бактерий, синтезирующих протеазу, лецитиназу и гемолизин, снижается (рис. 3), в то время как распространенность бактерий, обладающих ДНК-ной активностью, в последние годы увеличивается. ДНК-ная активность позволяет бактериям разрушать генетический материал, что представляет большую опасность для здоровья гидробионтов, поскольку приводит к гибели клеток организма-хозяина.

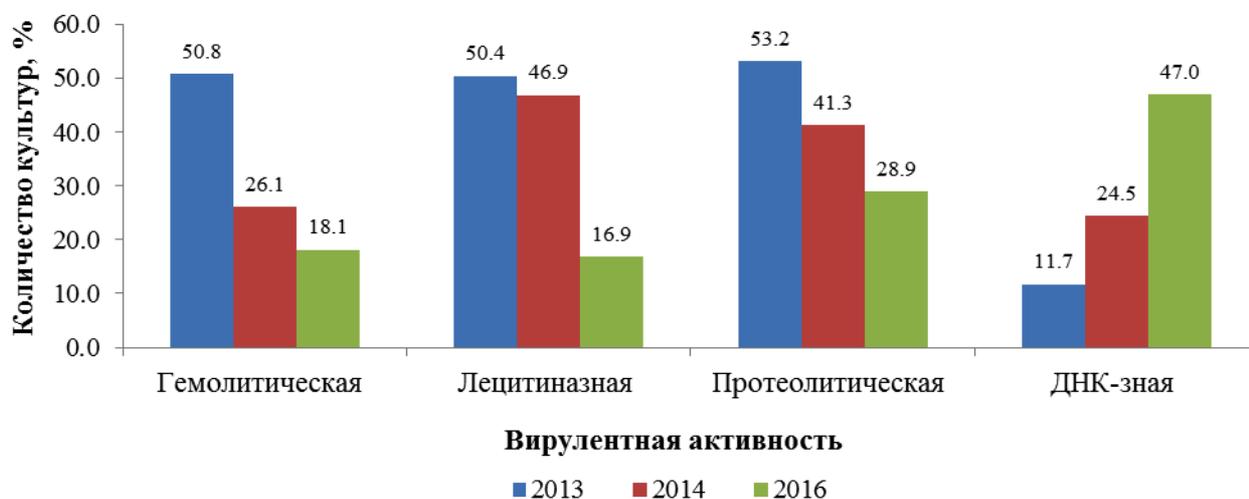


Рис. 3. Факторы патогенности микроорганизмов, выделенных из воды и грунта Северного Каспия

Микроорганизмы, выделенные из воды и грунта Каспийского моря, обладали множественной антибиотикорезистентностью по отношению различным группам препаратов (рис. 4).

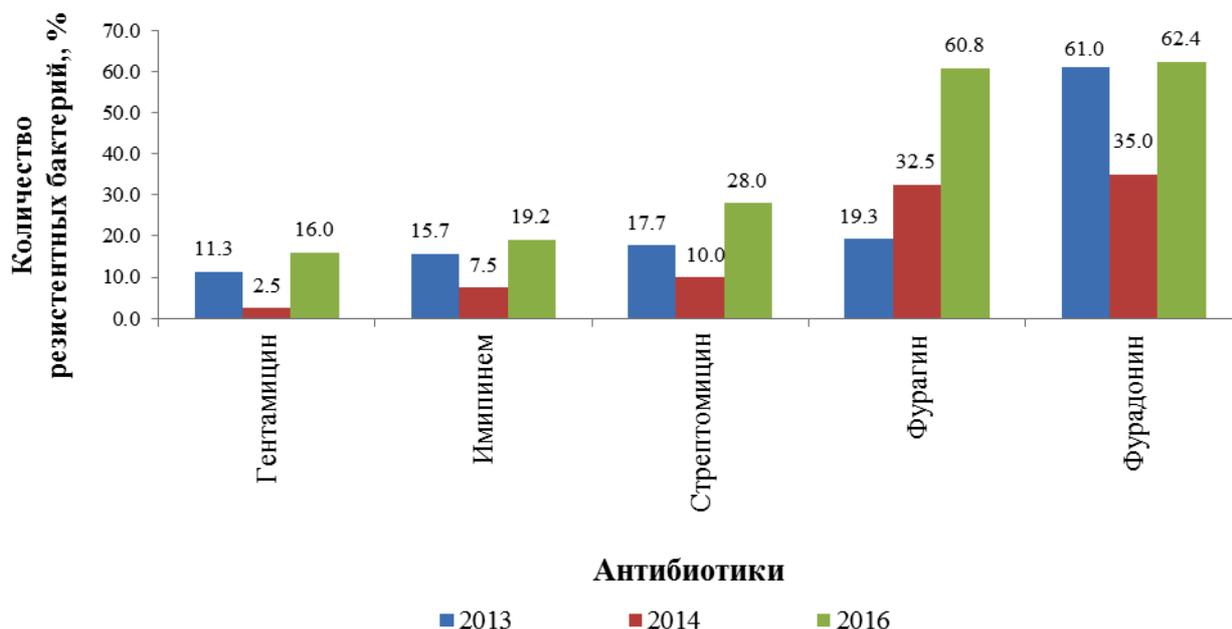


Рис. 4. Антибиотикорезистентность микроорганизмов, выделенных из воды и грунта Северного Каспия

В период исследований отмечено увеличение устойчивости бактерий к фурагину, в то время как для гентамицина, имипинема, стрептомицина и фурагина характерна волнообразная динамика с чередованием лет высокой и низкой резистентности. В целом, в 2016 г. отмечены максимальные значения устойчивости бактерий к рассмотренным препаратам, что,

в совокупности с наличием вирулентных факторов, указывает на высокую потенциальную опасность выделенных условно-патогенных микроорганизмов.

Таким образом, полученные данные по численности сапротрофных бактерий и соотношению различных групп микроорганизмов свидетельствуют о постепенной трансформации микробиоты Северного Каспия. Такие изменения микробиоценоза среды обитания могут негативно сказаться на санитарном благополучии водоема, поскольку биоразнообразие условно-патогенных бактерий, обладающих высокой ферментативной активностью, факторами вирулентности и антибиотикорезистентностью, в изменяющихся условиях обитания способны вызвать распространение инфекционного процесса среди гидробионтов.

Литература

Мишустина И.Е., Щеглова И.К., Мицкевич И.Н. 1985. Морская микробиология: учебное пособие. — Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та. — 181 с.

Ильинский В.В. 2000. Гетеротрофный бактериопланктон: Экология и роль в процессах естественного очищения среды от нефтяных загрязнений: дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.18 / Ильинский Владимир Викторович. Москва. — 603 с.

Карыгина Н.В., Проскурина В.В., Лардыгина Е.Г. и др. 2014. Абиотические и биотические факторы, формирующие условия обитания биоресурсов Каспийского моря // Сохранение биологических ресурсов Каспия: материалы и доклады Междунар. науч.-практ. конф. Астрахань, 18–19 сентября 2014 г. — Астрахань: Изд-во АГТУ. — С. 210–214.

Ларцева Л.В., Проскурина В.В. 2003. Состояние паразитофауны и микрофлоры гидробионтов Волго-Каспийского региона на рубеже XXI века. — Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. — 80 с.

Обухова О.В., Ларцева Л.В. 2015. Микробиоценоз воды и судака (*Sander lucioperca*) в дельте р. Волги: Монография. — СПб.: Проспект науки. — 224 с.

Нетрусов А.И. 2005. Практикум по микробиологии. — М.: Академия. — 608 с.

Хоулт Дж., Криг Н. 1997. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. — М.: Изд-во Мир. 799 с.

УДК 664.951:621.798.6

Особенности маркирования рыбных продуктов согласно ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»

М.М. Дяченко, И.Н. Игонина

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: standards@vniro.ru

Ключевые слова: технический регламент, маркировка, пищевая рыбная продукция, требования безопасности, информация, этикетка, качество.

Аннотация. В тезисах описаны особенности маркирования пищевой рыбной продукции в свете принятия ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»: дана информация, обязательная для размещения на упакованной рыбной продукции. Помимо основных требований описаны дополнительные требования к маркировке рыбы и рыбной продукции.

Решением Совета ЕЭК от 18.10.2016 г. № 162 принят Технический регламент «О безопасности рыбы и рыбной продукции» (ТР ЕАЭС 040/2016). Технический регламент вступает в силу с 1 сентября 2017 г. В отношении технических регламентов ЕАЭС действует «пакетный» принцип принятия документов. Таким образом, при вступлении в действие ТР ЕАЭС «О безопасности рыбы и рыбной продукции» в отношении рыбы и рыбных продуктов вступают в силу требования следующих технических регламентов:

- ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»;
- ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки»;

- ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки»;
- ТР ТС 027/2012 «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»;
- ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

В каждом из государств-членов Таможенного союза товары (пищевая продукция) реализуются согласно законам о защите прав потребителей. Одним из главных требований законов о защите прав потребителей является предоставление потребителю объективной, достоверной и понятной информации о продукте. Выполнение этого требования обеспечивается с помощью маркировки, которая позволяет идентифицировать продукт.

Под маркировкой пищевой продукции в Техническом регламенте понимается информация, которая наносится в виде символов, знаков, рисунков, надписей и иных обозначений или их комбинаций на транспортную или потребительскую упаковку или иные виды носителей информации, прикрепленные к потребительской или транспортной упаковке, помещенные в них либо прилагаемые к ним. Маркировка должна быть понятной, легко читаемой, достоверной и не должна вводить в заблуждение потребителей. Текст, знаки и символы должны быть контрастными по отношению к фону, на который маркировка наносится, а способ нанесения маркировки должен обеспечивать ее сохранность в течение всего срока годности пищевой продукции при соблюдении установленных изготовителем условий хранения (Скорина, 2014).

Требования к маркировке рыбной продукции в Таможенном союзе установлены в Техническом регламенте ТР ТС 022/2011 «Пищевая продукция в части ее маркировки», ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции», ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки».

Согласно Техническому регламенту 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» информацией, обязательной для размещения на упакованной рыбной продукции является:

- наименование пищевой рыбной продукции, включающее: наименование вида пищевой рыбной продукции, зоологическое наименование водного биологического ресурса или объекта аквакультуры, вид разделки, вид обработки рыбной продукции. Информацию об имитации (для имитированной рыбной продукции) также нужно указывать в наименовании продукции.
- информация о принадлежности к району добычи, вылова или к объектам аквакультуры (для переработанной пищевой рыбной продукции);
- информация о составе продукции;
- наименование и место нахождения изготовителя;
- дата производства пищевой рыбной продукции (если рыбная продукция была упакована не в месте ее производства, то маркировка должна содержать дату упаковывания продукта, а также информацию об изготовителе и юридическом лице, осуществляющем упаковывание рыбной продукции);
- срок годности пищевой рыбной продукции (кроме живой рыбы и живых водных беспозвоночных);
- условия хранения пищевой рыбной продукции;
- масса нетто (для мороженой глазированной рыбной продукции — масса нетто продукта без глазури);
- информация об использовании ионизирующего излучения (при использовании);
- состав модифицированной газовой среды в потребительской упаковке (при использовании);
- наличие вакуума, кроме рыбных консервов (при использовании);
- рекомендации по использованию пищевой рыбной продукции в случае, если ее использование без таких рекомендаций затруднено либо может причинить вред здоровью потребителей, привести к снижению вкусовых свойств продукции;
- использование рыбы с нерестовыми изменениями (при производстве консервов);

- информация о замораживании (охлаждении) рыбной продукции;
- массовая доля глазури в процентах (для мороженой глазированной рыбной продукции);
- показатели пищевой ценности;
- сведения о наличии в пищевой рыбной продукции компонентов, полученных с применением генно-модифицированных организмов;
- единый знак обращения продукции на рынке Союза.

Информация может быть нанесена как на потребительскую упаковку, так и на листок-вкладыш, помещенный в каждую упаковку продукции. При этом такие сведения как наименование, дата изготовления, срок годности, условия хранения, сведения о наличии в составе продукта аллергенов должны быть только на потребительской упаковке (этикетке), удаление которой затруднено.

При маркировании пищевой рыбной продукции, предназначенной для детского питания, необходимо указывать, что продукт предназначен для детей раннего возраста, либо для детей дошкольного и школьного возраста. Если продукция является продуктом прикорма, нужно указывать рекомендуемые сроки его введения (ТР ЕАЭС 040/2016).

Помимо основных требований с вступлением в силу ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции» устанавливаются дополнительные требования на рыбу и рыбную продукцию:

- для живой рыбы семейства осетровых обязательно указывать — «при засыпании рыбу незамедлительно потрошить с удалением сфинктера»;
- для мороженой рыбной продукции указывается сорт или категория, а для глазированной продукции масса нетто без глазури;
- если рыбная продукция изготовлена из мороженого сырья, при маркировке обязательно указывается — «произведено из мороженого сырья»;
- при маркировке продукции горячего и холодного копчения, изготовленной с использованием копильных препаратов, нужно размещать информацию об использовании этих препаратов;
- на этикетках рыбных кулинарных изделий необходимо указывать — «продукция, готовая к употреблению»;
- на этикетках рыбных кулинарных полуфабрикатов указываются слова «кулинарный полуфабрикат»;
- на рыбных консервах методом выдавливания или несмываемой краской на поверхность банок наносятся дата производства, ассортиментный знак, номер предприятия-изготовителя, номер смены и индекс рыбной промышленности;
- при маркировке икры необходимо указать вид рыбы, от которого получена икра. Если икра произведена из мороженой икры семейства осетровых, на этикетку наносится надпись «произведена из мороженого сырья». Если икра получена от гибридов рыб семейства осетровых, на этикетке должно быть указано наименование гибрида или сочетание видов водных биоресурсов.

Таким образом, принятый пакет ТР ЕАЭС установил жесткие требования не только к сырью и готовому продукту, но и к терминологии, упаковке, пищевым добавкам и маркировке рыбы и рыбной продукции.

Маркировка рыбной продукции — один из важнейших факторов, способствующих сохранению качества продукции. Качественная и внешне привлекательная маркировка является не только носителем информации, но и повышает конкурентоспособность продукта, обеспечивает его защиту от подделок.

Литература

Скорина Л.М. 2014. Маркировка пищевой продукции в Таможенном союзе // Контроль качества продукции. № 1. — С. 22–28.

ТР ЕАЭС 040/2016 « О безопасности рыбы и рыбной продукции».

Данные по составу и структуре nekтона верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря в осенний период 1998–2015 гг.

П.О. Емелин

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
e-mail: pavel.emelin@tinro-center.ru

Ключевые слова: Охотское море, nekтон, видовая структура, биомасса, многолетняя динамика, верхняя эпипелагиаль.

Аннотация. По данным траловых съёмок, выполненных на НИС «ТИНРО», НИС «Профессор Кагановский» и НИС «Профессор Кизеветтер» в августе–декабре 1998–2015 гг. в глубоководной части Охотского моря представлены результаты анализа межгодовой динамики обилия основных компонентов nekтона верхней эпипелагиали.

В конце 1990-х гг. основной задачей исследований в Охотском море для осеннего периода стал учет посткатадромной молоди лососей, изучение их биологического окружения и условий обитания. В это время года преобладающая часть посткатадромной молоди тихоокеанских лососей покидает побережье и выходит в открытые воды южной части Охотского моря. Траловые съёмки позволяют в относительно короткие сроки получать картину распределения видов на обширных акваториях, дают наиболее достоверный материал для оценки численности поколений лососей и впоследствии позволяют более точно оценивать уровень выживаемости молоди в океане. Таким образом, регулярное проведение подобных съёмок дало возможность работать с непрерывным рядом данных за период 1998–2015 гг., собранных по абсолютно идентичным методикам, в близкие друг к другу сроки в межгодовом аспекте.

Целью настоящей работы являлся анализ динамики обилия основных компонентов nekтона верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря и других показателей, характеризующих интегральные свойства nekтонного сообщества.

Материалы и методы

Исходным материалом для работы послужила обобщенная база данных по всем рейсам ФГБНУ «ТИНРО-Центр» «Траловая макрофауна пелагиали Северной Пацифики 1979–2009». Также в работе использовались базы данных рейсов, осуществлявшихся после 2009 г. Для достоверной оценки межгодовой динамики состава и структуры nekтона, данные этих съёмок были обобщены по временному и пространственному критерию. Под осенним периодом понимается временной промежуток с 16 сентября по 30 ноября. В работе используются данные тралений, проведенных в границах центральной котловины (9 р-он) и южной котловины (12 р-он) Охотского моря в соответствии с принятой в практике экосистемных исследований классификацией, предложенной В.П. Шунтовым (Волвенко, 2003). Суммарная площадь этих районов составляет 485,34 тыс. км². Все оценки запаса гидробионтов, использованные в данной работе определены для этой площади. Суммарно, число траловых станций, используемых для последующего анализа, составило 985 записей.

Траления выполнялись на однотипных научно-исследовательских судах типа СТМ: НИС «ТИНРО», НИС «Профессор Кагановский», НИС «Профессор Кизеветтер», разноглубинными тралами (РТ) 108/528; 80/376; 80/396 с мелкочечной вставкой в кутце. Скорость тралений в среднем составляла 4,6 уз. при средней площади облова трала за 1 ч 0,310 км². Выведение и удержание щитка на поверхности достигалось при длине вытравленных ваеров от 90–460 м, в среднем 266,4 м. Раскрытие трала определялось датчиком прибора SIMRAD FS 20/25, в отдельных случаях могло рассчитываться на основе моделирования траловой

системы. Подробное изложение методики сбора, обработки проб и первичного расчета параметров обилия представлено ранее (Макрофауна, 2012; Нектон, 2003). Вертикальное раскрытие трала в среднем составляло 36,3 м, горизонтальное — 36,5 м. Число траловых станций в различные года варьировало от 41 до 100 тралений за съемку, в среднем — 49 тралений каждый год, из них в среднем 52 % было проведено в темное время суток. Биомассы всех мезопелагических видов, совершающих вертикальные миграции в ночное время суток (в частности все миктофиды и некоторые кальмары), были пересчитаны только по ночным тралениям. В отдельные годы учетные траления могли проводиться в рамках нескольких съемок, различными типами тралов.

Результаты и обсуждения

По материалам выполненных съемок видовой состав нектона насчитывает 40 видов рыб и 16 видов головоногих моллюсков. Таксономические названия приведены в соответствии с «The Catalog of Fishes» (Eschmeyer, Fong, 2017). Наибольшее число видов среди рыб включали в себя сем. Salmonidae — лососевые (7 видов), Mucropterae — светящиеся анчоусы (5 видов) и Cyclopteridae — круглоперовые (4 вида), а среди головоногих сем. Gonatidae — гонатусы (11 видов) (рис. 1,Б). Видовой состав подразделялся на 9 биотопических группировок, среди которых наиболее высокую долю имели мезопелагические виды (13 видов), совершающие миграции в верхнюю эпипелагиаль в ночное время, а также группа эпипелагических анадромных видов (8 видов), преимущественно состоящая из тихоокеанских лососей (рис. 1,А).

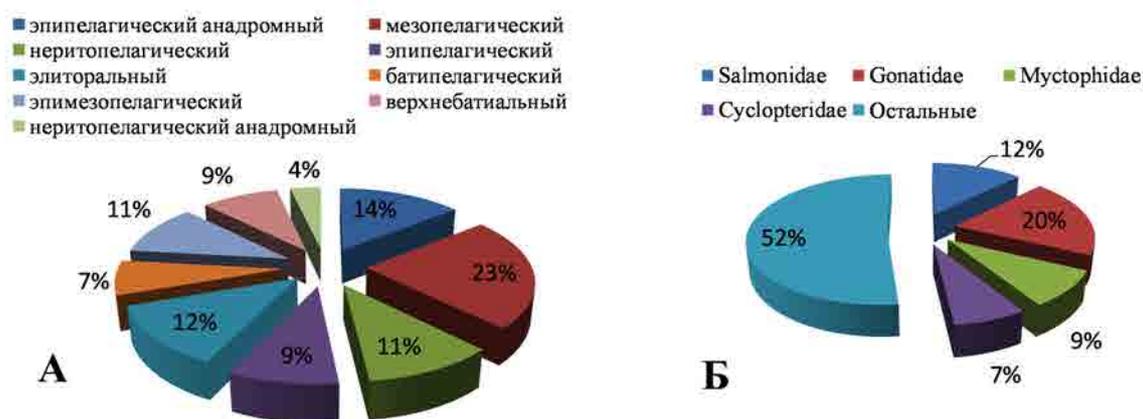


Рис. 1. Характеристики видовой состава нектона верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря: А — биотопические группы, Б — таксономические группы

В разные годы учетный видовой состав включал от 19 (2000) до 32 (2011) видов, при этом суммарная биомасса нектона в пределах указанной площади менялась в пределах от 134,17 тыс. т (2014) до 1,86 млн т (2008 г.), в среднем составляя 655,32 тыс. т (рис. 2). Динамику общей биомассы нектона в первую очередь определяли представители мезопелагической (*Leuroglossus schmidti* — серебрянка) и эпипелагической анадромной (*Oncorhynchus gorbuscha* — горбуша, *Oncorhynchus keta* — кета) биотопической группы видов. При этом, несмотря на высокое видовое разнообразие этих группировок (они полностью состоят из наиболее широко представленных семейств — лососевых и светящихся анчоусов), именно влияние 1–2 вышеуказанных видов оказывает значительное влияние на все сообщество нектона. По биомассе нектон верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря представлен преимущественно рыбами. Доля рыб за период 1998–2015 г. варьировала от 71 до 96 %, при среднем значении 88 %. По этой причине именно динамика их запаса наиболее сильно отражается на общей биомассе нектона. Наиболее резкие скачки в динамике общей биомассы нектона определялись не просто пиками численности отдельных видов, а сложением пиковых значений обилия рыб. Так, для 1998 г. характерна одновременно высокая биомасса горбуши (243,4 тыс. т), серебрянки (320,5 тыс. т) и рекордная биомасса японского анчоуса (797,04 тыс. т), доля которого составила более 50 % от биомассы всех рыб, и за

последние годы больше не достигала подобных значений. В 2008 г. максимальное для исследуемого периода лет значение общего запаса нектона связано с высокими биомассами серебрянки (882,2 тыс. т), горбуши (558,7 тыс. т) и кеты (218,5 тыс. т). Высокие значения обилия нектона 2006 и 2012 гг. также связаны с высокими биомассами этих же видов, которые формируют «ядро» сообщества в осенний период.

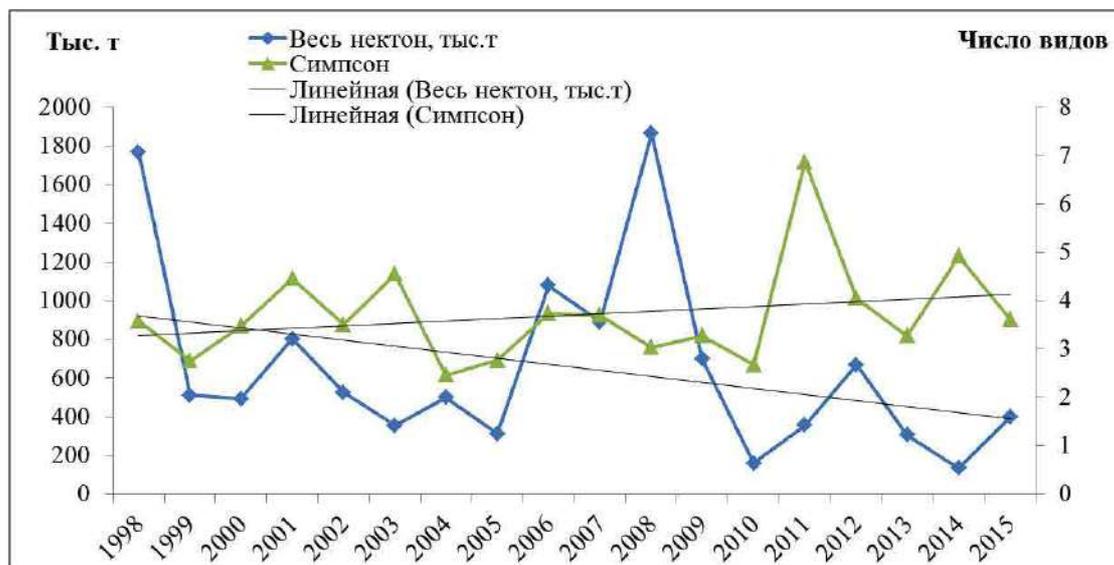


Рис. 2. Динамика суммарной биомассы нектона (тыс. т) и индекса Симпсона в верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря осенью 1998–2015 гг.

За период с 1998–2015 гг. суммарная доля биомасс серебрянки, горбуши и кеты относительно всех рыб была всегда на высоком уровне и изменялась от 67 % (2014 г.) до 97 % (2004 г.), при среднем значении в 87 %. Значение индекса полидоминантности Симпсона варьировало от 2,46 (2004 г.) до 6,87 (2011 г.), среднее для исследованного периода значение составило 3,70, что свидетельствует о олигодоминантном типе сообщества осенью, в отдельные годы переходящему к бидоминантному типу. Индекс полидоминантности варьирует практически синхронно с суммарной биомассой нектона, что также свидетельствует о влиянии на динамику сообщества не изменений обилия отдельных видов, а видового «ядра», динамика которого находится в синхронной фазе (рис. 1). Общий тренд индекса полидоминантности имеет незначительный положительный рост, сопровождаемый трендом снижения суммарной биомассы нектона.

Был произведен сравнительный анализ видового состава нектона верхней эпипелагиали центральной котловины (9 р-он) и южной котловины (12 р-он) глубоководной части Охотского моря по коэффициенту Сёренсена-Чекановского (рис. 3). С 1998 по 2015 г. в верхней эпипелагиали центральной котловины было учтено 47 видов нектона. Величина видового списка варьировала от 15 (2000 г.) до 29 (2011 г.) видов, в среднем ежегодно учитывалось около 20 видов. Видовой список южной котловины был несколько выше, и за исследуемый период состоял из 53 видов нектона. Величина видового списка варьировала от 15 (1999 г.) до 28 (2009 г.) видов, в среднем ежегодно учитывалось около 20 видов. Видовой список нектеров, встречаемость которых была характерна для обеих котловин, в указанный период исследований включал 34 вида.

Коэффициент Сёренсена-Чекановского показал высокое сходство видового состава нектона, его значения варьировали от 0,59 (2008 г.) до 0,79 (2002 г.). По суммарным видовым спискам коэффициент видового сходства котловин составил 0,68.

Пространственное распределение суммарной биомассы нектона по среднесезонным значениям стремится к увеличению от северо-западной к юго-восточной части Охотоморских котловин как в дневное (от 0,6 до 4,0 т/км²), так и в ночное время (от 0,6 до 5,8 т/км²). Пиковые значения суммарной биомассы нектеров более характерны для темного

времени суток (рис. 4) в области воздействия среднегодовалого положения антициклонических вихрей Северо-Восточного и Западно-Камчатского течения. (Чернявский и др., 1993). По всей видимости гидрологические условия в этих районах наиболее благоприятны для мезопелагических интерзональных рыб, поднимающихся в эпипелагиаль ночью. Днем максимальное обилие nekтона характерно также в области воздействия среднегодовалого положения антициклонических вихрей Северо-Восточного течения. Пик обилия nekтона в этом районе приурочен к ареалам южных мигрантов, таких как японский анчоус и молодь южного одноперого терпуга.

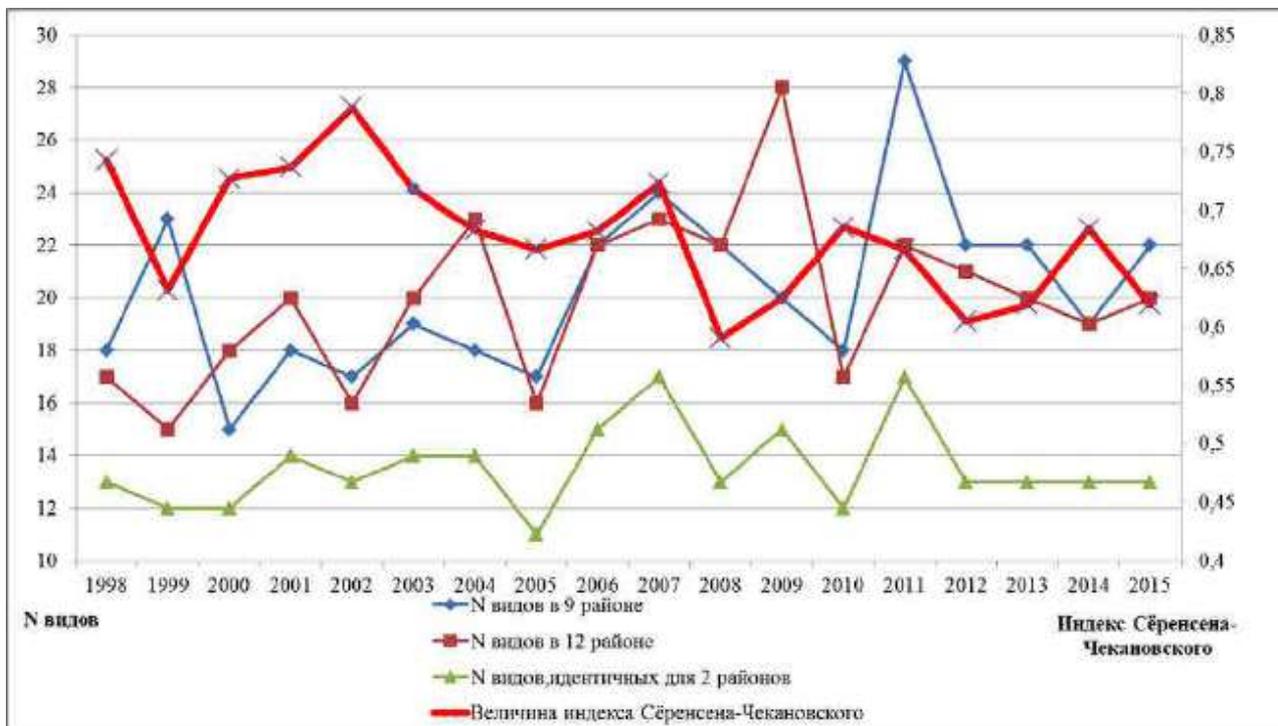


Рис. 3. Количество видов в пределах 9 (центральная котловина) и 12 (южная котловина) биостатистических районов и вариация индекса Сёрнсена-Чекановского в верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря осенью 1998–2015 гг.

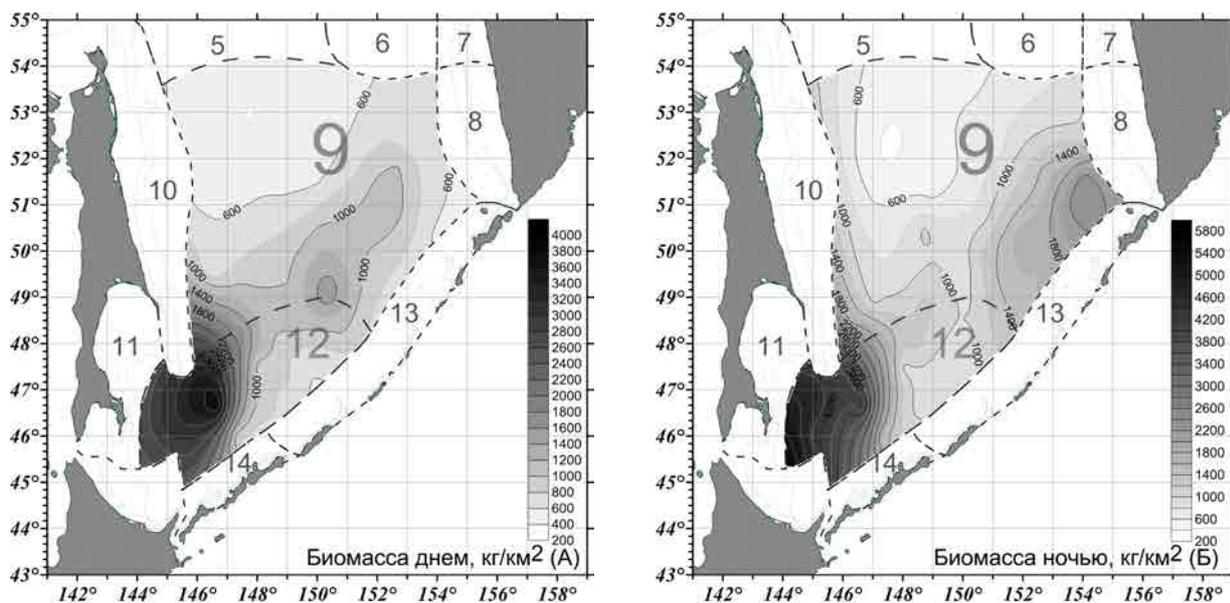


Рис. 4. Пространственное распределение суммарной биомассы nekтона ($\text{кг}/\text{км}^2$) осенью 1998–2015 гг. (усредненное для верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря: А — в светлое время суток, Б — в темное время суток)

Выводы

В последние 2 десятилетия биомасса nekтона в глубоководных районах Охотского моря резко варьировала от 134,17 до 1862,47 тыс. т. Такие резкие скачки в динамике общей биомассы nekтона определялись не просто пиками обилия отдельных видов, а сложением пиковых значений нескольких nekтеров, прежде всего, лососей и мезопелагических рыб. Индекс полидоминантности варьирует практически синхронно с суммарной биомассой nekтона, что также свидетельствует о влиянии на динамику сообщества не изменений биомассы отдельных видов, а видового «ядра», динамика которого находится с индексом в синхронной фазе. Коэффициент Сёрнсена-Чекановского показал высокое сходство видового состава nekтона глубоководных котловин и составил 0,68. Пространственное распределение суммарной биомассы nekтона по среднесезонным значениям стремится к увеличению от северо-западной к юго-восточной части Охотоморских котловин как в дневное (от 0,6 до 4,0 т/км²), так и в ночное время (от 0,6 до 5,8 т/км²). Пиковые значения суммарной биомассы nekтеров более характерны для темного времени суток.

Литература

Волвенко И.В. 2003. Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоценологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем Востоке // Изв. ТИНРО. Т. 132. — С. 27–42.

Макрофауна пелагиали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы. 1984–2009 / В.П. Шунтов, Л.Н. Бочаров, И.В. Волвенко, В.В. Кулик // Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова; Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр. — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2012. — 800 с.

Нектон Охотского моря. Таблицы численности, биомассы, соотношения видов // Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток: ТИНРО-центр, 2003. — 416 с.

Чернявский В.И., Жигалов И.А., Матвеев В.И. 1993. Океанологические основы формирования зон высокой биологической продуктивности // Гидрометеорология и гидрохимия морей. Т. 9: Охотское море. Вып. 2. — СПб.: Гидрометеоздат. — С. 157–160.

Eschmeyer W.N., Fong J.D. The catalog of Fishes online <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. 01.04.2017.

УДК: [597-18+597-146.531]: 597.562

Гистологические характеристики стадий зрелости яичников минтая

К.А. Жукова, А.М. Привалихин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: kzh@vniro.ru

Ключевые слова: минтай *Theragra chalcogramma*, яичники, морфология, гистология, Северная Пацифика.

Аннотация. На основании собственного материала и данных других исследователей выявлены основные морфологические особенности ооцитов минтая всех фаз развития и гистологические критерии стадий зрелости яичников этого вида. Морфология ооцитов и прохождение оогенеза имеет много общих черт с таковыми у многих представителей семейства Тресковые.

Введение

Дальневосточный минтай — *Theragra chalcogramma* (Pallas) является одним из важнейших промысловых видов Северной Пацифики, на его долю приходится 65–70 % общего вылова рыб дальневосточного региона. Это массовый полициклический вид, широко распространенный в прибрежных и открытых водах северной части Тихого океана, обладающий

высокой экологической пластичностью, большим биотическим потенциалом и способностью к расселению, как на ранних стадиях развития, так и во взрослом состоянии. Изучение особенностей его полового созревания имеет большое значение для определения многих важнейших популяционных параметров, таких, как воспроизводительная способность популяции, урожайность поколений, темпов роста. В ходе годичных половых циклов у минтая заметно изменяется как внешний вид половых желез, так и состав половых клеток разных периодов созревания. Для уточнения стадий зрелости его гонад необходимо руководствоваться не только внешними признаками, но и состоянием половых клеток на микроскопическом уровне.

Изучением оогенеза минтая занимались многие исследователи (Уооп, 1981; Воронина, Привалихин, 1988, Зверькова, 1988, Иванков, 1987, Лисовенко, 2000 и др.). Для этого вида отмечен прерывистый тип оогенеза, синхронный вителлогенез, асинхронное созревание ооцитов и порционное икрометание.

Единой шкалы стадий зрелости яичников и семенников для минтая, как вида в целом, пока не существует. Имеются лишь отдельные шкалы для минтая, обитающего в восточной части Берингова моря (Hinckley 1986; Stahl, Kruse, 2008) и минтая северной части Охотского моря (Williams, 2007; Сергеева и др., 2011).

Целью работы является дополнение и обобщение существующих сведений по особенностям оогенеза минтая и разработка гистологических характеристик стадий зрелости яичников этого вида.

Материал и методика

Материалы для работы были собраны в 1987–2014 гг. в Беринговом, Охотском, Японском морях, у побережья Восточной Камчатки и Северных Курил в разные периоды годового цикла. Сбор и гистологическую обработку собранных проб проводили по стандартным методикам (Роскин, 1951) в модификации для рыб (Микодина и др., 2009). Для изучения и фотосъёмки срезов использовали световой микроскоп OLYMPUS BX45 с фотокамерой Leica DC 100. Диаметры половых клеток и их структур измеряли на гистологических препаратах с использованием программы ImageJ. При исследовании яичников использовали периодизацию оогенеза, предложенную В.Н. Иванковым (1987), основанную на работах Б.Н. Казанского (1949) и В.А. Мейена (1939). Развитие ооцитов описывается по определенной схеме и включает следующие периоды: деления оогоний; синаптенного пути; малого роста или превителлогенеза, включающего в себя фазы начала протоплазматического роста (В) и однослойного фолликула (С); большого роста или вителлогенеза, состоящего из фаз вакуолизации (D), начала накопления желтка (E₁), ооцита, наполовину заполненного желтком (E₂), и ооцита, наполненного желтком (E₃); гомогенизации содержимого ооцита и созревания, включающего в себя смещение ядра и гомогенизации содержимого ооцита (E-F), гидратации (E-F₁) и завершения созревания (F).

Результаты и обсуждение

Половые железы самок минтая имеют вид парных удлиненных органов, прикрепленных с помощью мезовариев к дорсальной стенке полости тела. Внешний вид яичников (цвет, форма) в процессе роста сильно видоизменяется. Даже при нормальном развитии для них обычно отмечена некоторая асимметрия (один из яичников может быть крупнее второго).

У минтая, как и у большинства костистых рыб, яичники закрытого или замкнутого типа: снаружи они покрыты оболочкой и состоят из системы яйценосных пластин, в которых происходит развитие ооцитов, овулировавшие икринки выходят из фолликуллов и выпадают в овариальную полость.

На основании собственных данных и по материалам работ как отечественных, так и зарубежных исследователей, были выделены морфологические признаки ооцитов разных фаз развития (рисунок).

Оогонии (А) можно рассмотреть только на гистологических препаратах при большом увеличении (от 20х). Цитоплазма оогоний слабо окрашена, крупное округлое ядро имеет центральное положение. Оогонии, размножаясь путем митотических делений, образуют

Для ооцитов начала протоплазматического роста (фаза В) характерна достаточно однородная по виду цитоплазма, пристеночно расположенные ядрышки в ядре и очень тонкая первичная оболочка ооцита.

Ооциты фазы однослойного фолликула (С) крупнее по сравнению с ооцитами фазы начала протоплазматического роста. В цитоплазме присутствует циркумнуклеарное кольцо, в ядре – пристеночно расположенные ядрышки. Первичная оболочка ооцита толще, чем у ооцитов начала протоплазматического роста и становится различима на гистологических срезах. Вокруг ооцитов обнаруживается один слой вытянутых клеток фолликулярной оболочки.

У минтая фазы вакуолизации (D), как таковые, практически отсутствуют. После образования редкой цепочки вакуолей в периферической части цитоплазмы незамедлительно начинается образование мелких глыбок желтка с внешней стороны вакуолей и между ними, что также отмечается у дальневосточной наваги и тихоокеанской трески (Иванков, 1987, Сергеева и др., 2008).

Фаза начала накопления желтка (E_1) определяется началом накопления внешних трофических веществ, при этом происходит увеличение размеров половых клеток. Под оболочкой ооцитов отмечается вакуолизация цитоплазмы. Желток в виде мелких неровных глыбок расположен под оболочкой ооцитов между вакуолями. Ядрышки имеют периферическое расположение. Вокруг ооцитов обнаруживается три слоя клеток – фолликулярный и два слоя теки.

Ооциты, на 1/3 и 1/2 заполненные желтком (фаза E_2) характеризуются присутствием многочисленных вакуолей, слой которых в процессе развития расширяется в направлении от периферии к центру. Желток имеет вид округлых гранул. В желточной оболочке (*zona radiata*) выявляется радиальная исчерченность. Ядрышки расположены в периферической области ядра.

В заполненных желтком дефинитивных ооцитах (фаза E_3) желток равномерно распределяется по всей цитоплазме в виде крупных глобул, желточная оболочка имеет заметную радиальную исчерченность. В ядре округлые ядрышки разного размера расположены в толще кариоплазмы.

В период созревания (подфазы E-F) ядро приобретает серповидную форму и смещается к анимальному полюсу. После этого гранулы желтка сливаются (рисунок).

В дальнейшем происходит дезинтеграция оболочки ядра с переходом кариоплазмы в цитоплазму (Детлаф, 1977). Гидратированные ооциты (подфаза E-F₁) определяются гомогенным содержимым и отсутствием ядра. *Zona radiata* тоньше, чем в заполненных желтком ооцитах.

Дополнительно в яичниках минтая отнерестившихся самок различают постовуляторные фолликулы (ПОФ) и атретические тела (АТ), состоящие из соединительнотканной оболочки со слабоструктурированным содержимым внутри.

Каждая стадия зрелости яичников имеет определенный набор половых клеток и характеризуется наличием или отсутствием остаточных после овуляции структур (таблица).

В яичниках I стадии зрелости присутствует только два типа половых клеток — оогонии и ооциты фазы начала протоплазматического роста, такие гонады встречаются у самых мелких рыб. Ооциты фазы однослойного фолликула появляются в яичниках II стадии зрелости.

В гонадах стадии зрелости II-III в ооцитах отмечается начало накопления желтка, старшая генерация половых клеток представлена ооцитами фазы начала накопления желтка, которые являются расходным фондом и могут быть выметаны в текущем году (за исключением случаев тотальной резорбции). Дополнительно в половых железах присутствуют половые клетки резервного фонда, включающего в себя ооциты периода превителлогенеза. Визуально эта стадия зрелости является граничной для разделения неполовозрелых и начинающих созревать особей, т.е. для определения огивы созревания.

В гонадах III стадии зрелости происходит активное поступление желтка в ооциты, что приводит к увеличению размеров, как половых клеток, так и гонад. В яичниках выявляют ооциты, частично заполненные желтком и превителлогенные ооциты. На этой стадии

зрелости расходный фонд ооцитов уже отделился от резервного, созревающие ооциты в гонадах визуально различимы. Присутствие полностью заполненных желтком ооцитов определяет IV стадию зрелости гонад. На этой стадии старшая генерация ооцитов завершающих этапов трофоплазматического роста достигает дефинитивных размеров, также в яичниках присутствует резервный фонд ооцитов протоплазматического роста и оогонии.

Таблица. Гистологические характеристики стадий зрелости минтая

Фазы ооцитов ¹	Стадии зрелости яичников										
	I	II	II-III	III	IV	IV-V	V	VI	VI-II	VI-III	TR ³
Оогонии	○ ²	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
B	+ ²	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
C		+	○	○	○	○	○	+	+	○	○
E ₁			+	○						+	
E ₂				+						+	
E ₃					+	○	○				
E-F						+	○				
E-F ₁						+	○				
F							+				
ПОФ							■ ²	+	+	■	■
АТ								■	■	■	○

Примечания: ¹ Обозначение фаз развития ооцитов, см. в тексте;
² ○ — встречаются; ■ — могут встречаться; + — фазы развития ооцитов, являющиеся индикатором стадии зрелости;
³ TR — тотальная резорбция.

При переходе от IV к V стадии зрелости лидирующая старшая группа ооцитов вступает в период созревания. В гонадах стадии зрелости IV-V выявляют наполненные желтком (фаза E₃), созревающие (подфаза E-F) и гидратированные ооциты (подфаза E-F₁).

У зрелых ооцитов (фаза F) происходит дезинтеграция фолликулярной и соединительнотканной оболочек и икринки выпадают в полость яичника. Самки минтая выметывают икру отдельными порциями, поэтому в яичниках нерестящихся самок одновременно присутствуют наполненные желтком, гидратированные, овулировавшие ооциты и опустевшие фолликулы, оставшиеся после ранее выметанной порции.

У отнерестившихся особей с гонадами VI и VI-II стадий зрелости на гистологическом уровне по качественному составу ооцитов различий не выявлено. Эти стадии зрелости различаются только количеством деградирующих постовуляторных фолликулов, которые отмечают вплоть до этапа начала накопления желтка ооцитами старшей генерации (стадия зрелости VI-III). Старшую генерацию ооцитов составляют ооциты фазы однослойного фолликула. Также в яичниках присутствуют половые клетки более ранних этапов развития: ооциты фазы начала протоплазматического роста и оогонии. В некоторых гонадах можно встретить ооциты периода созревания, не выметанные в течение прошедшего нереста, они подвергаются резорбции, и в дальнейшем встречаются в гонадах отнерестившихся самок в виде атретических тел (АТ).

Кроме описанных выше половых клеток и структур, в яичниках минтая могут встречаться не только нормально развивающиеся ооциты, но и подвергающиеся резорбции. Атретические явления всех периодов оогенеза, как частичного, так и тотального характера (стадия зрелости TR), достаточно распространены у минтая и отмечают у половозрелых самок в течение всего годового цикла (Privalikhin et al., 2015).

Морфология ооцитов и прохождение оогенеза у минтая имеет много общих черт с таковыми у многих представителей семейства тресковые: отсутствие фаз интенсивной вакуолизации в период большого роста, синхронный вителлогенез, асинхронное созревание (Сорокин, 1957, Алексеев, Алексеева, 1996, Иванков, 1987).

Результаты работы позволяют более точно идентифицировать стадии зрелости минтая при проведении полевых исследований, определять соотношение неполовозрелых и созревающих рыб, долю рыб, участвующих в нересте текущего года и другие важные репродуктивные параметры, необходимые при расчетах нерестового запаса этого важного промыслового вида.

Литература

Алексеев Ф. Е., Алексеева Е. И. 1996. Определение стадий зрелости гонад и изучение половых циклов, плодовитости, продукции икры и темпа полового созревания у морских промысловых рыб: Методическое пособие. — Калининград: АтлантНИРО. — 73 с.

Воронина Э.А., Привалихин А.М. 1988. Особенности созревания и формирования плодовитости минтая *Theragra chalcogramma* (Pallas) Берингова моря // IV Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. Тез. докл. Ч. 1. Мурманск. — М.: ВНИРО. — С. 45–47.

Детлаф Т.А. 1977. Становление организации зрелого яйца у амфибий и рыб на заключительных стадиях оогенеза в период созревания. Современные проблемы оогенеза. — М.: Наука. — С. 99–144.

Зверькова Л.М. 1988. Особенности оогенеза и полового цикла минтая // IV Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. Тез. докл. Ч. 1. Мурманск. — М.: ВНИРО. — С. 100–102.

Иванков В.Н. 1987. Строение яйцеклеток и систематика рыб. — Владивосток: Изд-во ДВГУ. — 160 с.

Казанский Б.Н. 1975. Закономерности гаметогенеза и экологическая пластичность размножения рыб // Экологическая пластичность половых циклов и размножения рыб. — Л.: Изд-во ЛГУ. — С. 3–32.

Лисовенко Л.А. 2000. Размножение рыб с прерывистым оогенезом и порционным нерестом на примере минтая Западной Камчатки. — М.: Изд-во ВНИРО. — 111 с.

Мейен В.А. 1939. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб // Изв. АН СССР. Сер. биол. № 4. — С. 389–420.

Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А. и др. 2009. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. — М.: Изд-во ВНИРО. — 111 с.

Роскин Г.И. 1951. Микроскопическая техника. — М.: Сов. наука. — 447 с.

Сакун О.Ф., Буцкая Н.А. 1963. Определение стадий зрелости и изучение половых циклов рыб. — М.: Знание. — 36 с.

Сергеева Н.П., Винников А.В., Варкентин А.И. 2008. Некоторые особенности оогенеза тихоокеанской трески *Gadus macrocephalus* Tilesius (Gadidae) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 10. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. — С. 40–48.

Сергеева Н.П., Варкентин А.И., Буслов А.В. 2011. Закономерности полового созревания, половой цикл и шкала стадий зрелости гонад минтая (*Theragra chalcogramma*) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 22. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. — С. 49–62.

Сорокин В.П. 1957. Овогенез и половой цикл у трески (*Gadus morhua morhua* L.) // Труды ПИНРО. Вып. 10. — С. 125–144.

Hinckley S. 1987. The reproductive biology of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the Bering Sea with reference to spawning stock structure // Fish. Bull. U.S. V. 85. № 3. — P. 481–498.

Privalikhin A.M., Zhukova K.A., Poluektova O.G. Atresia of developing Oocytes in walleye pollock *Theragra chalcogramma* // Journal of Ichthyology. 2015. T. 55. № 5. — P. 664–670.

Stahl J.P., Kruse G.H. 2008. Classification of ovarian stages of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) // Resiliency of gadid stocks to fishing and climate change. / Eds. Kruse G.P. et al. 24-th Lowell Wakefield Fish. Symp. Alaska Sea Grant College Programm. AK-SG-08-01. — P. 1–23.

Williams K. 2007. Evaluation of the macroscopic staging method for determining maturity of female walleye pollock *Theragra chalcogramma* in Shelikof Strait, Alaska // Alaska Fishery Research Bulletin. T. 12. № 2. — P. 252–263.

Yoon T.H. 1981. Reproductive cycle of female walleye pollock, *Theragra chalcogramma* (Pallas), in the adjacent waters of Funka, Hokkaido // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. V. 32. № 1. — P. 22–38.

Способ визуальной оценки жизнеспособности камчатского краба *Paralithodes Camtschaticus* (Decapoda, Lithodidae) в ходе транспортировки

Д.С. Загорская, И.А. Загорский

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: zagorskaya@vniro.ru

Ключевые слова: камчатский краб, *Paralithodes camtschaticus*, двигательные реакции, гемолимфа, транспортировка, жизнеспособность, Баренцево море.

Аннотация. Система оценки физиологического состояния промысловых ракообразных в ходе транспортировки поможет оптимизировать реализацию живой продукции. Она должна быть быстрой, удобной и подвергать гидробионтов минимальному дополнительному стрессу. Предлагаемый способ определения жизнеспособности особей камчатского краба заключается в оценке набора двигательных реакций: попытки перемещаться, двигательной активности ходильных конечностей, движении антенн, конечностей ротового аппарата и скафогнатидов. Выявлено соответствие выживаемости камчатского краба при транспортировке со средним баллом оценки его жизнеспособности по поведенческим признакам. Сопоставлены результаты визуальной оценки крабов с биохимическими показателями гемолимфы при сравнении двух способов транспортировки.

Введение

Понимание влияния условий транспортировки на общее физиологическое состояние ракообразных имеет определяющее значение для организации успешной перевозки в живом виде на дальние расстояния. Контроль физиологических параметров может дать представление о степени напряжения организма в её процессе и, как следствие, о силе стресс-воздействия. Сравнение степени этого напряжения при различных способах и условиях транспортировки позволяют выбрать оптимальный вариант или подтверждают необходимость поиска альтернативного метода. В ряде работ выявлены важнейшие параметры, наиболее точно определяющие уровень стресса ракообразных в ходе перевозки в живом виде: изменение биохимического состава гемолимфы, в т.ч. и рост содержания специализированных гормонов (Barton, Iwama, 2002; Lorenzon, 2005), колебание кардиоактивности (Listerman et al., 2000; Холодкевич и др., 2000) и изменение двигательных реакций (Stoner, 2012).

Для разработки и совершенствования технологий транспортировки ракообразных требуется эффективная система оценки их физиологического состояния. При выборе оптимальных методов проведения такой оценки необходимо в первую очередь руководствоваться тем, чтобы в процессе взятия проб или снятия физиологических параметров не оказывалось негативное воздействие на организм, то есть способ оценки степени стресса животного сам по себе не должен являться дополнительным стресс-фактором.

Изменение биохимических параметров гемолимфы ракообразных в ответ на стрессовое воздействие изучено относительно хорошо (Paterson, Spanoghe, 1997; Chang et al., 2005; Fotedar, Evans, 2011). Контроль этих параметров является основным средством оценки влияния на состояние организма различных стресс-факторов, таких как экспозиция на воздухе, изменение температуры и солёности, хэндинг, передержка и транспортировка. Изъятие небольших объемов гемолимфы легко переносится ракообразными и практически не сказывается на их нормальной жизнедеятельности. В то же время биохимический анализ является одним из наиболее точных способов контроля физиологического состояния. Но само по себе его применение в условиях промышленного лова и коммерческой транспортировки в полном объеме может быть затруднительно. Поэтому не менее важным показателем состояния организма ракообразных является изменение двигательной активности, которую можно оценивать по ряду поведенческих реакций (Stoner, 2012). Совместное использование этих методов и проведение корреляции между ними позволит разработать удобную систему

экспресс-оценки, которая, в частности, поможет оптимизировать процесс сортировки ракообразных после длительной транспортировки для дальнейшей реализации.

Ранее различные виды визуальной оценки для определения жизнеспособности по внешним признакам были описаны для таких видов ракообразных, как американский омар *Homarus americanus* (Spanoghe, Bourne, 1997), норвежский лобстер *Nephrops norvegicus* (Castro et al., 2003), крабы *Chaceon quinque-dens* (Tallack, 2007) и *Cancer pagurus* (Woll et al., 2010) и некоторых других. Несколько вариантов были предложены и для камчатского краба (Методические рекомендации..., 2003; Stevens, 1990). Но все они сильно различаются по числу показателей и градации оценки, в т.ч., в зависимости от вида и требуют оптимизации для практического использования.

Наиболее показательна из них система на основании простых рефлекторных двигательных реакций, которую можно проводить вне воды. Такие реакции, как движение антенн, члеников ротового аппарата и глазных стебельков в ответ на прикосновение, являются непроизвольными рефлексами и позволяют дать наиболее объективную оценку жизнеспособности ракообразных. Для отдельных видов, например, для крабов *Chaceon quinque-dens* и *Cancer pagurus*, разработаны пятибалльные системы оценки на основе нескольких (от четырёх до шести) двигательных реакций. Такой способ позволяет шире классифицировать общее состояние и жизнеспособность особей, выделив более и менее активных. Barrento et al. (2009) и Woll et al. (2010) продемонстрировали также взаимосвязь между биохимическими изменениями гемолимфы краба *Cancer pagurus* и предложенными ими индексами жизнеспособности на основе двигательных реакций.

Разные формы визуальной оценки давно используются профессионалами при коммерческой реализации ракообразных. Например, жизнеспособные омары после транспортировки или передержки должны двигать конечностями, реагировать на касание глазных стебельков и совершать движения хвостом при взятии в руки (Spanoghe, Bourne, 1997; Paterson et al., 2005).

Экспериментальные работы и опыт, связанный с продажей и транспортировкой живых ракообразных, показывают, что оценка жизнеспособности по наблюдению двигательных реакций может быть весьма эффективной. Однако не существует универсального набора показателей, их выбор должен осуществляться индивидуально для каждого вида.

Целью настоящей работы стала разработка способа оценки жизнеспособности промысловых особей камчатского краба по двигательным реакциям в ходе транспортировки, позволяющая разделить особей по степени активности.

Методы и материалы

Объекты исследования. Наличие двигательных реакций оценивалось у 194 промысловых самцов камчатского краба с шириной карапакса от 150 до 200 мм, наполненностью конечностей не ниже 80 %, находящихся в третьей межлиночной стадии, без некрозов и повреждений панциря, которые были отловлены в Баренцевом море в районе п-ва Рыбачий в территориальных водах России, а также в Варангер-фьорде у берегов Норвегии в районе поселка Вадсе.

Транспортировка на судне и передержка. Улов доставляли к месту передержки в пластиковых боксах без воды, накрытых влажной мешковиной или в емкостях объемом 600–1200 л с проточной морской водой. В течение одной–двух недель крабов не кормили.

Транспортировка на дальние расстояния. Для транспортировки продолжительностью более 12 ч крабов помещали в пенопластовые контейнеры объемом от 70 до 90 л. Для упаковки использовали сухой или смоченный в морской воде поролон, а также замороженные герметичные брикеты с гелем. Ящики автотранспортом доставляли в аэропорт Мурманска или Киркенеса, откуда самолетом транспортировали в Москву, где из аэропорта автомобилем доставляли до базы передержки с замкнутой системой водообеспечения. Время в пути от начала упаковки до доставки в пункт назначения составляло в среднем для маршрута Бугейнес – Москва — 30 ч, для маршрута Мурманск – Москва — 15 ч.

Визуальная оценка и биохимический анализ. Для проведения визуальной оценки жизнеспособности краба помещали на ровную поверхность вне воды и в течение одной ми-

нуты наблюдали наличие или отсутствие определенных двигательных реакций. После этого производили отбор проб гемолимфы из сердечной области через мембрану между карапаксом и первым абдоминальным сегментом, которые охлаждали в водно-солевой смеси и замораживали при минус 20 °С. Для получения сыворотки гемолимфу размораживали при температуре 4 °С, центрифугировали в течение 10 мин, 5000g. Полученный супернатант использовали для определения биохимических показателей с применением общепринятых в клинической биохимии колориметрических методов и коммерческих наборов реагентов (Thomas, 1998; Ткачук, 2004).

Результаты и обсуждение

Доскональный анализ существующих подходов к оценке жизнеспособности ракообразных на основании простых рефлекторных и других двигательных реакций выявил их несовершенство. В ряде методов используется слишком мало показателей, что не позволяет провести четкую градацию общего состояния ракообразных по поведенческой активности. Другие, напротив, оперируют их большим числом, что даёт возможность более точно разделить особей по степени активности, но затрудняет применение на практике.

Для разработки собственной системы оценки нами были отобраны 5 двигательных реакций: попытка перемещаться, двигательная активность ходильных конечностей, движение антенн и конечностей ротового аппарата в ответ на раздражение, а также движение скафогнатидов (таблица).

Таблица. Критерии визуальной оценки активности крабов по двигательным реакциям

Двигательная реакция	Оценка в баллах					
	0	1	2	3	4	5
Попытки передвигаться	–	–	–	–	–	+
Двигательная активность конечностей	–	–	–	–	+	+
Двигательная активность антенн	–	–	–	+	+	+
Двигательная активность конечностей ротового аппарата при раздражении	–	–	+	+	+	+
Двигательная активность скафогнатид	–	+	+	+	+	+

Оценку проводили по 6-ти бальной шкале. Значение «0» условно присваивали мёртвому крабу. При росте бальной оценки постепенно добавлялись новые двигательные реакции. Наличие всех пяти реакций наблюдали у наиболее жизнеспособных крабов, у ослабленных особей большинство двигательных реакций отсутствовало.

Опробование новой системы визуальной оценки жизнеспособности крабов в ходе реальной коммерческой транспортировки показало, что максимальному отходу соответствует минимальный средний балл (рисунок). Так, при смертности в 51 %, оценка случайной выборки крабов из партии составила, в среднем, 2,2 балла, а при показателе смертности в 14,0 % — 2,8 балла. Максимальная оценка была достигнута при смертности в 6,1 и 6,4 % и составила 3,2 и 3,3 балла, соответственно. Транспортировка обеих наиболее удачных партий приходилась на первую декаду сентября.

В ходе эксперимента по сравнению двух типов транспортировки камчатского краба — сухого и влажного, было отмечено высокое сходство показателей физиологического состояния особей по двигательным реакциям и биохимическим маркерам. При транспортировке с влажным материалом средний балл жизнестойкости составил 2,6, с сухим материалом — 2,5. Таким образом, существенных визуальных отличий между крабами из партий, транспортировавшихся разными способами, отмечено не было. Результаты биохимических исследований гемолимфы двух групп также не выявили значительной разницы между их состоянием. У крабов в контейнерах с влажным материалом содержание глюкозы, в среднем, увеличивалось до $4,4 \pm 1,1$ ммоль/л, общего белка — до $39,0 \pm 2,9$ г/л, мочевой кислоты — до $52,1 \pm 4,4$ мкмоль/л.

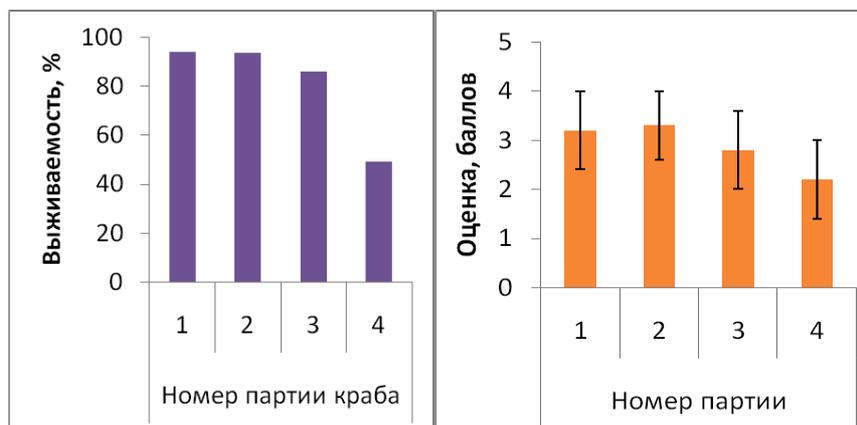


Рис. 1. Соотношение выживаемости крабов при транспортировке со средним баллом визуальной оценки

При перевозке в контейнерах с сухим материалом значение этих же показателей составляло $3,6 \pm 1,0$ ммоль/л, $35,8 \pm 5,9$ г/л и $46,1 \pm 5,6$ мкмоль/л, соответственно. В качестве нормы были приняты значения показателей гемолимфы, отобранной после передержки крабов на бассейновом комплексе в течение 1 недели. Сравнительная оценка двух вариантов транспортировки показала, что достоверных различий между ними нет, а по отдельным показателям перевозка камчатского краба в контейнерах без воды с использованием сухого наполнителя имеет преимущества перед традиционным способом транспортировки во влажной среде.

Заключение

Разработанный способ оценки жизнеспособности камчатского краба учитывает, как произвольные рефлекторные реакции организма, например движение скафогнатидов и конечностей ротового аппарата в ответ на раздражение, так и более сложные двигательные реакции, такие, как попытка передвигаться и движения ходильных конечностей. Этот способ позволяет более точно разделить крабов по степени их активности, а также по оценке небольшого числа особей из партии сделать вывод об условиях транспортировки в целом.

Способ может иметь широкое применение на всех этапах технологического процесса, связанного с выловом, содержанием и реализацией камчатского краба в живом виде. На борту краболовного судна или при приемке краба на береговом бассейновом комплексе с помощью визуальной оценки по двигательным реакциям можно быстро отобрать крабов для дальнейшей передержки. При подготовке к транспортировке метод поможет отобрать только наиболее активных и жизнеспособных особей, что благоприятно отразится на выживаемости крабов в пути. Средний балл крабов, допущенных к транспортировке, не должен быть ниже 4 баллов.

Литература

Методические рекомендации по определению видового состава и возможности возвращения в среду обитания крабов и других морских биоресурсов, добытых с нарушениями Правил рыболовства или незаконным путем (дополненные и иллюстрированные) // Гос. ком. Рос. Федерации по рыболовству, ФГУП «ТИНРО-Центр». — Владивосток, 2003. — 54 с.

Ткачук В.А. 2004. Клиническая биохимия. 2-е изд. испр. и доп. — М.: ГЭОТАР-МЕД. — С. 40–163.

Холодкевич С.В., Шумилова Т.Е., Федотов В.П., 2000. О возможности биоманипулирования путем использования популяции речного рака в качестве регулятора первичной продукции в пресноводном гидробиоценозе. / Тр. Экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности» Ч.2 // СПб- С. 389–392.

Barrento S., Marques A., Vaz-Pires P., Nunes M.L. 2009. Live shipment of immersed crabs *Cancer pagurus* from England to Portugal and recovery in stocking tanks: Stress parameter characterization // ICES J. Mar. Sci. V. 67. — P. 435–443.

Barton B.A., Iwama G.K. 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids // Ann Rev. Fish Dis. №1. — P. 3–26.

- Castro M., Araujo A., Monteiro P., Madeira A. M., Silvert W. 2003. The efficacy of releasing caught Nephrops as a management measure // Fish. Res. V. 65. — P. 475–484.
- Chang E.S. Stressed-out lobsters: crustacean hyperglycemic hormone and stress proteins // Integ. Comp. Biol., 2005. V. 45. — P. 43–50.
- Fotedar S., Evans L. 2011. Health management during handling and live transport of crustaceans // J. Invert. Pathol. V. 106. — P. 143–152.
- Listerman L.R., Deskins J., Bradacs H., Cooper R.L., 2000. Heart rate within male crayfish: social interactions and effects of 5-HT // Comp. Biochem. and Phys. Part A,– V. 125. — P. 251–263.
- Lorenzon S. 2005. Hyperglycemic stress response in Crustacea. ISJ 2 — P. 132–141.
- Paterson B.D., Spanoghe P.T., Davidson G.W., Hosking W., Nottingham S., Jussila J., Evans L.H., 2005. Predicting survival of western rock lobsters *Panulirus cygnus* using discriminant analysis of haemolymph parameters taken immediately following simulated handling treatments // J. Mar. Freshw. Res. 39. — P. 1129–1143.
- Spanoghe P.T., Bourne P.K., 1997. Relative influence of environmental factors and processing techniques on *Panulirus cygnus* morbidity and mortality during simulated live shipments // Mar. Fresh. Res. V. 48. — P. 839–844.
- Stevens B.G., 1990. Survival of king and Tanner crabs captured by commercial sole trawls // Fish. Bull. V. 88. — P. 731–744.
- Stoner A.W. 2012. Assessing stress and predicting mortality in economically significant crustaceans // Rev. Fish. Sci. V. 20. — P. 111–135.
- Tallack S.M.L. 2007. Escape ring selectivity, bycatch and discard survivability in the New England fishery for deep-water red crab *Chaceon quinque-dens* // ICES J. Mar. Sci. V. 64. — P. 1579–1586.
- Thomas L. 1998. Clinical Laboratory Diagnostics, 1st ed. — Frankfurt: TH-Books — P. 200–350.
- Woll A.K., Larssen W.E., Fossen I. 2010. Physiological responses of brown crab (*Cancer pagurus*, Linnaeus, 1758) to dry storage under conditions simulating vitality stressors // J. Shellfish Res. V. 29. — P. 479–487.

УДК 664.951.002.6:664.951.3

Анализ современного рынка копченой рыбной продукции

И.А. Зачесова, Е.Д. Бровко

ФГБОУ ВО МГАВМиБ - МВА имени К.И. Скрябина (г. Москва)
e-mail: brovko.ekaterina2016@yandex.ru

Ключевые слова: копченая рыбная продукция, рынок, ассортимент, холодное копчение, горячее копчение

Аннотация. В статье рассматривается современное состояние российского рынка копченой рыбной продукции. Дана характеристика рынка рыбных товаров холодного и горячего копчения.

Популярность рыбной продукции в нашей стране растет, её ассортимент достаточно широк. Наряду с другими рыбными товарами неизменным спросом у населения на отечественном и на мировом рынках пользуется копченая рыбная продукция (Технология рыбы и рыбных..., 2010).

Копчением называют способ консервирования, основанный на воздействии на рыбу поваренной соли и различных химических компонентов, содержащихся в древесном дыме или коптильной жидкости. Копченая рыба — вкусный и питательный продукт, готовый к употреблению. Данный способ консервирования рыбы является наиболее распространенным, осуществляется путем посола рыбы с последующими высушиванием или выветриванием и обработкой продуктами неполного сгорания древесины (Слапогузова, 2007).

Для рыбы применяют три способа копчения: дымовое (обычное), мокрое (бездымное) — рыбу обрабатывают коптильной жидкостью и комбинированное — сочетание мокрого и дымового копчения.

В зависимости от температурного режима различают два основных способа копчения рыбы: горячее — при высокой температуре (80–170 °С) и холодное — при температуре, не превышающей 40 °С. Продукция горячего копчения имеет небольшую соленость, нежное, сочное, полностью проваренное мясо с легким ароматом дыма, содержит большое количество влаги и не подлежит длительному хранению. Рыба холодного копчения — продукт более стойкий при хранении, с нежным ароматом копчености, плотной консистенцией мяса, в нем содержится значительно меньше влаги и больше соли, чем в продуктах горячего копчения.

Сырьем для холодного копчения может быть свежая, охлажденная, мороженая и соленая рыба. Лучший копченый продукт вырабатывают из рыбы жирной и средней жирности, специально посоленной (полуфабрикат). Лучшую продукцию холодного копчения получают из рыб семейств карповых (лещ, вобла, чехонь, тарань, кутум, усач, жерех, рыбец, шемая), кефалевых, сельдевых, лососевых, сиговых. Реже обрабатывают холодным копчением сома, морского окуня и океанических рыб, за исключением скумбрии атлантической, из которой готовят самую массовую копченую продукцию с отличными потребительскими свойствами. Из тощих рыб (треска, пикша, морской карась и др.) получается продукция невысокого качества.

Сырьем для горячего копчения служит свежая и мороженая рыба. Лучшую продукцию горячего копчения получают из рыб жирных и средней жирности (сельдь, сардинопс, сом, севрюга, осетр, угорь, сиги, нототения, лещ, сазан, треска, морской окунь, салака, корюшка, жерех, морские караси и многие океанические рыбы). Коптят также мелкую рыбу, в том числе для производства консервов типа шпрот (Родина, 2007).

По оперативным данным Центра системы мониторинга рыболовства и связи в 2016 г. общий объем добычи (вылова) водных биологических ресурсов всеми российскими пользователями во всех районах Мирового океана, а также во внутренних пресноводных объектах составил 4 657,6 тыс. т, что на 200,6 тыс. т или на 4,5 % выше уровня 2015 г. Пищевая продукция отечественного товарного рыбоводства в 2016 г. составила 174 тыс. т (в 2015 г. — 160 тыс. т) (fish.gov.ru).

На предприятиях рыбоперерабатывающей отрасли в 2016 г. возросло производство мороженой рыбы — 2 %, филе рыбного — 15 %, фарша рыбного — 18 %, рыбы сушеной и вяленой — 5 %, икры — 15 %, морепродуктов — 22 %, изделий кулинарных и полуфабрикатов рыбных — 7 %, пресервов рыбных — 17 %. Уменьшилось производство рыбы живой и охлажденной — 23 %, рыбы соленой — 9 %, копченой рыбы — 11 %, изделий балычных — 7 %, консервов рыбных — 2 %. В целом производство рыбной продукции в России в 2016 г. снизилось на 3,7 % по отношению к 2015 г. (таблица) (fish.gov.ru).

Таблица. Производство товарной пищевой рыбной продукции в Российской Федерации, т

Вид продукции	2016 г.	2015 г.
Рыба живая и охлажденная	901944,53	1173472,39
Рыба мороженая	2893058,22	2844206,24
Филе рыбное охлажденное, мороженое	144686,1	125514,4
Фарш рыбный	25764,01	21728,04
Рыба соленая, пряного, специального посола и маринованная	78953,48	86416,32
Рыба копченая	55773,79	62561,22
Изделия балычные	2903,64	3126,42
Рыба сушеная и вяленая	16781,44	16024,14
Икра	22380,47	19489,0
Морепродукты пищевые	118383,01	96914,76
Изделия кулинарные и полуфабрикаты рыбные	101326,0	94573,41
Консервы рыбные всех видов	194561,85	199343,55
Пресервы рыбные	60728,85	51845,5
ВСЕГО	4617245,39	4795215,39

Наибольший удельный вес из произведенной в 2016 г. рыбной продукции занимает мороженая рыба — 63 %, затем рыба живая и охлажденная — 20 %, консервы рыбные — 4 %, филе рыбное — 3 %, морепродукты — 3 %, рыба соленая — 2 %, рыба копченая — 1 % (рис. 1).



Рис. 1. Производство товарной пищевой рыбной продукции за 2016 г.

Лидером производства копченой рыбы в 2016 г. стал Центральный ФО — 30 %. Меньше всего было произведено копченой рыбы в Крымском ФО — 1 %. Основными регионами производителями копченой рыбы в 2016 г. стали Московская, Курская, Брянская, Владимирская, Воронежская, Калининградская, Ростовская, Тюменская области (рис. 2).

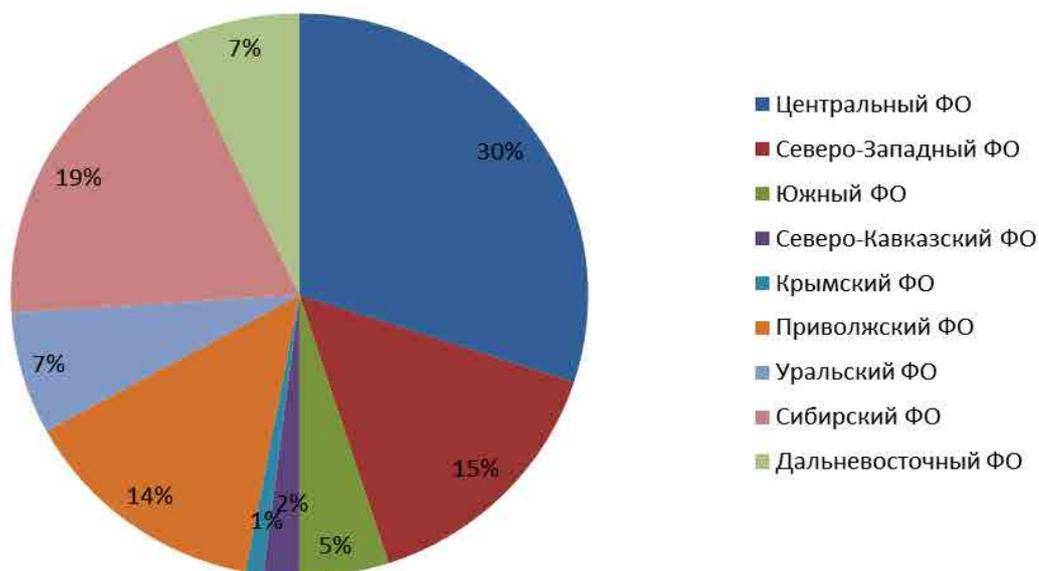


Рис. 2. Доли федеральных округов — производителей копченой рыбы в российском объеме производства за 2016 г.

Основными регионами-производителями рыбы холодного копчения в 2016 г. стали: Московская, Курская, Брянская, Воронежская, Калининградская, Ростовская, Тюменская, Омская области, Алтайский, Красноярский, Приморский край (рис. 3).

Лидером производства рыбы горячего копчения в 2016 г. стал Северо-Западный ФО — 29 %. Меньше всего было произведено рыбы горячего копчения в Крымском ФО — 1 %.

Основными регионами-производителями рыбы горячего копчения в 2016 г. стали Вологодская, Московская, Владимирская, Тюменская области и Алтайский край (рис. 4).

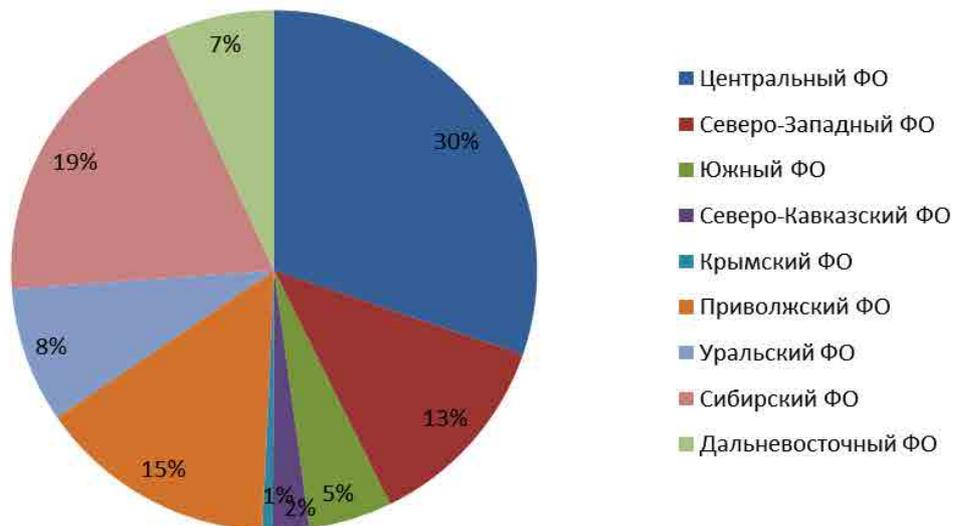


Рис. 3. Доли федеральных округов — производителей рыбы холодного копчения в российском объеме производства за 2016 г.

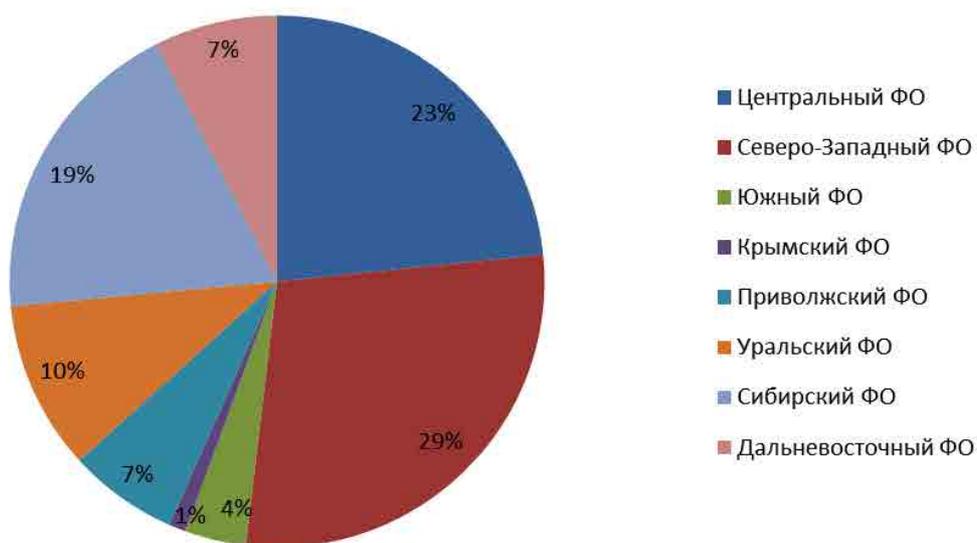


Рис. 4. Доли федеральных округов — производителей рыбы горячего копчения в российском объеме производства за 2016 г.

Лидером производства балычных изделий холодного копчения в 2016 г. стал Сибирский ФО — 59 %. Меньше всего было произведено балычных изделий холодного копчения в Южном ФО — 1 %. Основными регионам-производителям балычных изделий холодного копчения в 2016 г. стал Алтайский край (рис. 5).

В 2016 г. уменьшилось производство копченой рыбы на 11 % к уровню 2015 г. и составило 55773,79 т. Производство рыбы холодного копчения составляет 76 % от всего объема произведенной копченой рыбной продукции.

Копченую рыбу приобретает 54 % потребителей, причем больше половины приходится на скумбрию холодного копчения.

В период с 2013 по 2016 гг. средние цены производителей на рыбу копченую выросли на 60,1%, с 162 602,2 руб/т до 260 369,6 руб/т. Наибольшее увеличение средних цен производителей произошло в 2015 г., тогда темп роста составил 35,0 %.

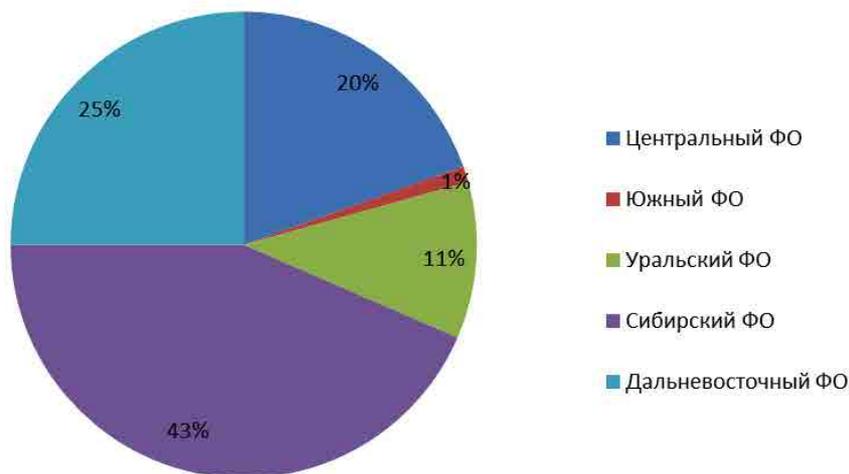


Рис. 5. Доли федеральных округов — производителей балычных изделий холодного копчения в российском объеме производства за 2016 г.

Средняя цена производителей на рыбу копченую в 2016 г. выросла на 13,0 % к уровню прошлого года и составила 260 369,6 руб/т.

Средняя розничная цена на рыбу копченую в 2016 г. выросла на 9,6 % к уровню прошлого года и составила 370,5 руб/кг.

Таким образом, анализ показал, что основное производство и потребление рыбы копченой приходится преимущественно на Центральный регион России. Отрицательным фактором в развитии рыбоперерабатывающего комплекса служит спад производства копченой рыбы практически во всех регионах. Основная причина падения производства — низкий спрос на рыбную продукцию из-за высоких цен и, как результат, — смещение потребительского выбора от готовой переработанной продукции в сторону более дешевой мороженой рыбы.

Благодарности

Работа выполнена под руководством Сытовой М.В., к.т.н., доцента, ученого секретаря ФГБНУ «ВНИРО».

Литература

Родина, Т.Г. 2007. Товароведение и экспертиза рыбных товаров и морепродуктов: Учебник для вузов. — М.: Издательский центр «Академия». — 400 с.

Слапогузова З.В. 2007. Копчение рыбы. — М.: Из-во ВНИРО. — С. 14–15, 23.

Технология рыбы и рыбных продуктов: Учебник / Под ред. А.М. Ершова. — М.: Колос, 2010. — 1064 с.

Федеральное агентство по рыболовству [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://fish.gov.ru>, свободный.

УДК 639.211.2

Современное состояние и особенности организации промысла чавычи р. Камчатка

О.В. Зикунова

ФГБНУ «КамчатНИРО» (г. Петропавловск-Камчатский)
e-mail: zikunova@kamniro.ru

Ключевые слова: чавыча, производители, дрифтерный промысел, береговой промысел, Камчатский залив, река Камчатка, меры регулирования, пропуск.

Аннотация. На основе данных официальной промысловой статистики, материалов контрольных обловов и биологических показателей производителей оценено современное состояние и организация промысла чавычи р. Камчатка. Снижение величины морского дрефтерного промысла положительно отразилось на береговом вылове чавычи в бассейне р. Камчатка. В качестве мер регулирования берегового промысла, направленных на сокращение прилова крупноразмерных особей, не допускается применение крупноячейных ставных, плавных сетей на речных рыбопромысловых участках и также таковых вставок в конструкции крыла ставных неводов, с шагом ячеи, превышающим 70 мм.

Камчатка — самая крупная река полуострова, играющая основную роль в естественном воспроизводстве чавычи на Дальнем Востоке. За всю историю существования прибрежного промысла на Камчатке порядка 80–90 % чавычи вылавливалось в бассейне этой реки. В настоящее время чавыча добывается в качестве прилова при промысле нерки, которая является основным видом лососевых в этой реке. Ее нерестовый ход по срокам совпадает с заходящей на нерест ранней нерки, что из-за меняющейся интенсивности добычи последней оказывает влияние на вылов других видов лососей, в частности чавычи.

За достаточно длительный период исследований популяция чавычи р. Камчатка пребывала на разных уровнях численности, испытывая влияние определенных регулирующих факторов. Однако с начала 2000-х гг. численность подходов чавычи находится на оптимальном продолжающемся росте уровне. Тем не менее, на фоне роста запасов произошли существенные изменения в структуре стада. В частности, значительно снизилась численность шестилетних (1.4+) особей, а рыбы возрастной группы 1.5+ (семилетки) в последние годы крайне редко встречаются в уловах. Превалирующими остаются рыбы возрастной группы 1.3+ — пятилетки, а в отдельные годы 1.2+ — четырехлетки. Наряду с этим в подходах чавычи значительно сократилась доля самок; ведущую роль в воспроизводстве стали играть самки в возрасте пяти, а не шести лет (Виленская и др., 2000; Зикунва, 2014).

Факторы, обуславливающие подобные процессы перестройки структуры стада, весьма разнообразны. К ним можно отнести изменения океанологической обстановки, влекущие перемены в условиях нагула рыб в море, что, в свою очередь, приводит к изменению темпа роста и созревания. Не в последнюю очередь играет роль и организация промысла.

Целью настоящей работы является оценка современного состояния и эффективности применяемых мер регулирования промысла чавычи р. Камчатка.

В основу работы положены данные официальной промысловой статистики по вылову чавычи морским дрефтерным и береговым промыслом в бассейне р. Камчатка. Привлечены материалы контрольных обловов, проводимых на одном из рыбопромышленных участков в нижнем течении р. Камчатка в дни, определенные как проходные, а также биологические показатели производителей.

На протяжении многих лет чавыча р. Камчатка добывается следующими орудиями лова: ставными неводами в Камчатском заливе, плавными и ставными сетями непосредственно в русле реки и до 2016 г. дрефтерными сетями в ИЭЗ Российской Федерации, которые с 1 января 2016 г. были запрещены.

Морской дрефтерный промысел за всю историю своего существования отразился на запасах чавычи в меньшей степени, чем на других видах лососей. Это связано с тем, что чавычу облавливали в море в те периоды и в тех местах, где она не образовывала плотных скоплений и встречалась только в виде прилова (Major et al., 1978; Бугаев и др., 2007).

В берингоморской части экономической зоны России среди дрефтерных уловов чавычи абсолютно доминировали восточнокамчатские стада — 99–100 %, что объясняется влиянием крупнейшего азиатского стада чавычи р. Камчатка. В Петропавловско-Командорской подзоне доля половозрелой чавычи стада р. Камчатка и второстепенных рек восточного и северо-восточного побережий в уловах составляла в среднем 60 % (Бугаев и др., 2004б). Тенденции суммарного вылова чавычи морским дрефтерным промыслом в юго-западной части Берингова моря (Западно-Берингоморская зона и Карагинская подзона) и северо-западной части Тихого океана (Петропавловско-Командорская подзона) сходны с ее береговым изъятием в бассейне р. Камчатка (Зикунва, 2016).

В 2000–2014 гг. (2015 г. не учитывался в связи с поздними сроками начала дрейферного промысла) дрейферный вылов чавычи Японией и Россией составлял в среднем 44 т или 9,8 тыс. экз. В этот период доля японского вылова превышала российский примерно на 20 %, в отдельные годы был выше российский (рис. 1). Доля чавычи вылавливаемой дрейферными судами от общего ее вылова (берегового+дрейферного) после колебаний в течение ряда лет в среднем стабилизировалась на отметке 10 % (средняя за период 2000–2014 гг.). Кроме того, следует принять во внимание, что при выборке порядков значительное количество выпадающей из сетей чавычи статистика не учитывала. Большинство таких рыб погибало от полученных травм. В целом, снижение величины морского дрейферного промысла положительно отразилось на береговом вылове чавычи в бассейне р. Камчатка (Зикунова, 2016).

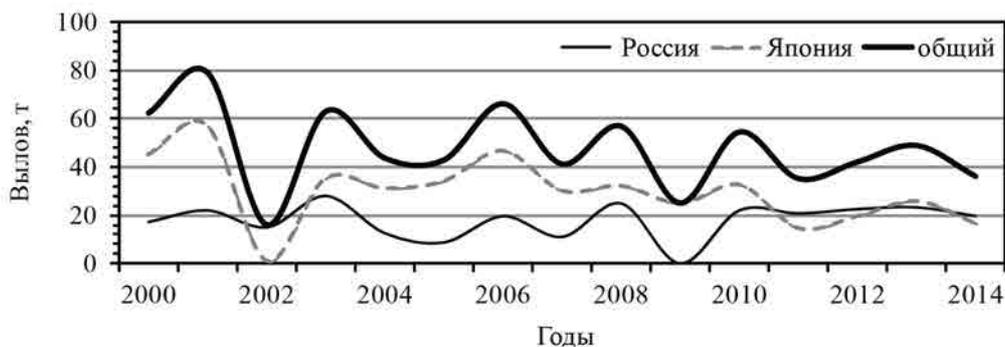


Рис. 1. Динамика вылова чавычи морским дрейферным промыслом в Западно-Беринговоморской зоне, Карагинской и Петропавловско-Командорской подзонах

В связи с тем, что чавыча имеет сложную возрастную структуру, оценка эффективности прекращения лова дрейферными сетями в открытом море требует, как минимум четырехлетнего периода наблюдений. Тем не менее, уже в 2015 и 2016 гг. наметилась позитивная тенденция увеличения в нерестовых подходах количества рыб возраста 1.3+. При этом существенно выросла доля рыб возраста 1.1+, которая представлена исключительно быстро-созревающими самцами (рис. 2). Кроме того, в 2016 г. доля самок в группе 1.3+ составила 57 %, что явилось наибольшим значением с 2000 г. (рис. 3).

Однако кардинальных изменений размерно-весовых показателей стада, как в целом, так и в основных возрастных группах не отмечено. Тем не менее, в 2016 г. незначительно они повысились у производителей в возрасте 1.3+ и 1.4+ и снизились у рыб 1.2+.

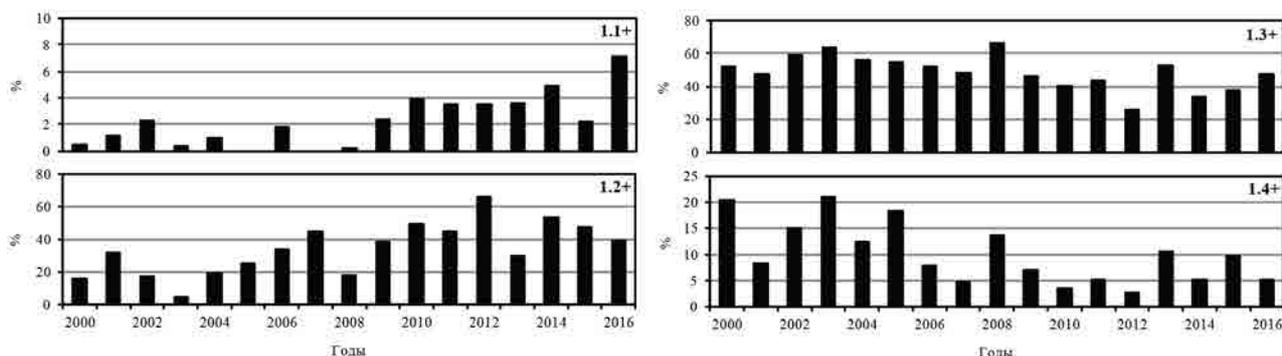


Рис. 2. Динамика основных возрастных групп чавычи р. Камчатка в подходах 2000–2016 гг.

Лов производителей в море проводили порядками сетей с ячейей 50–65 мм. Следует учитывать, что сети с указанным шагом ячейи значительно лучше облавливают чавычу длиной 50–70 см. Доля половозрелой мелкоразмерной чавычи в морских уловах составляла 40–65 %, соответственно, остальные облавливаемые рыбы были неполовозрелыми и должны вернуться в реки спустя два–три года (Бугаев и др., 2004а). Изымая неполовозрелых рыб, дрейферный промысел приводил к большим потерям биомассы возвращающихся поколений.

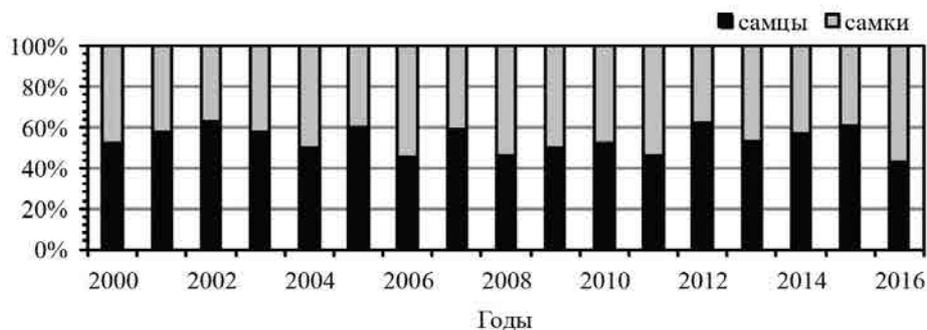


Рис. 3. Соотношение полов в возрастной группе 1.3+ чавычи р. Камчатка в подходах 2000–2016 гг.

Основную добычу чавычи стада р. Камчатка осуществляют береговые предприятия. С 2000 по 2003 гг. береговой вылов чавычи сокращался, что связано в большей степени с организационными моментами — поздними сроками открытия промысла и низкими объемами допустимого изъятия. Кроме того, в эти годы существовал значительный браконьерский промысел, который статистикой не отражался и, возможно, в несколько раз превышал официальный. Он мог составлять от 50 до 90 % от общего вылова, т.е. в среднем — около 70 % от подходов (Запорожец, Запорожец, 2003). В дальнейшем, с 2004 по 2016 гг. несмотря на рост численности вылавливаемых рыб, объемы вылова увеличились незначительно (рис. 4), что вызвано снижением средней массы рыб — с 8 до 5 кг. В 2016 г. общий вылов чавычи в бассейне р. Камчатка составил 700 т или 132 тыс. экз.: речной вылов 153 т (29 тыс. экз.) и прибрежный 547 т (103 тыс. экз.), — 22 и 78 %, соответственно.

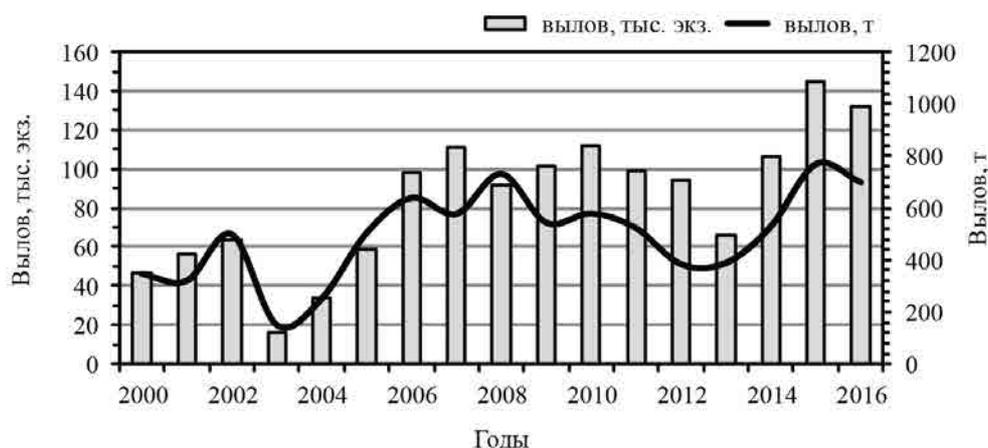


Рис. 4. Динамика вылова производителей чавычи р. Камчатка береговым промыслом

В настоящее время около 80 % чавычи р. Камчатка вылавливается ставными неводами в Камчатском заливе. Они, как известно, не оказывают значительного селективного действия на запасы чавычи при их корректном конструировании. Так, с целью сокращения прилова крупноразмерных особей не допускается применение в конструкции крыла ставных неводов крупноячеистых сетных вставок с шагом ячеи превышающим 70 мм, обьячеивающих чавычу.

На речном промысле многие годы применялись крупноячеистые сети с шагом ячеи 90–110 мм. Анализ вылова чавычи такими сетями показал, что облавливаемые производители имели среднюю длину тела 74 см и массу 6 кг (рис. 5); и на 30 % они были представлены самками. При этом производители чавычи, выловленные сетями с меньшим шагом ячеи — 70–75 мм, на 93 % были представлены самцами средней длиной тела 65 см и массой 4 кг (рис. 5). Можно заключить, что речными сетями с шагом ячеи, соответствующим размерам нерки (70–75 мм), селективно изымаются самцы чавычи, представляющие для нереста несравненно меньший интерес, чем самки. Кроме того, дефицита самцов на нерестилищах чавычи за всю историю ее изучения не наблюдали ни разу, а младшие возрастные группы

половозрелой чавычи практически полностью были представлены именно самцами. В целях снижения промыслового пресса на чавычу, при осуществлении промышленного рыболовства тихоокеанских лососей р. Камчатка, с 2014 г. введен запрет на использование ставных и плавных сетей с шагом ячеи более 70 мм.

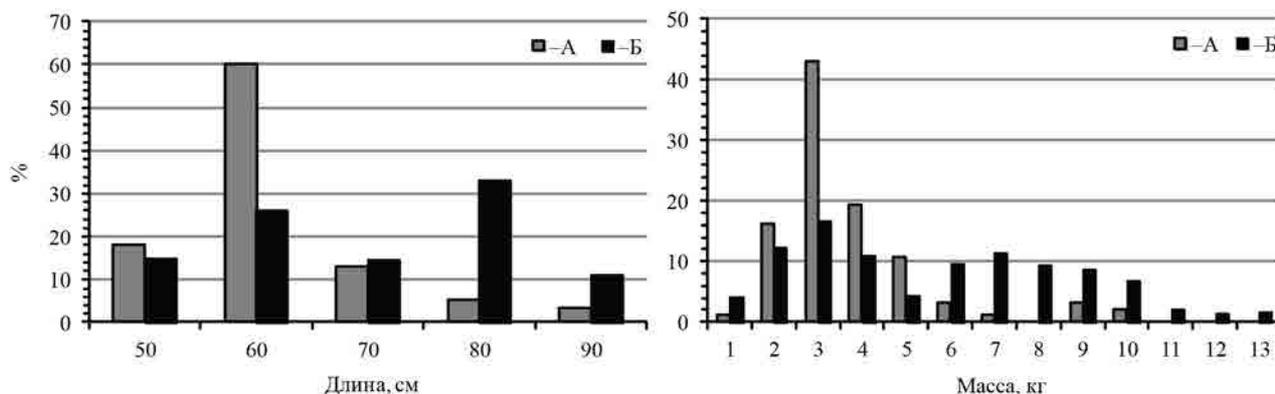


Рис. 5. Распределение размерно-весовых показателей производителей чавычи р. Камчатка из речных уловов сетями с разным шагом ячеи: А — 70–75 мм; Б — 90–110 мм

Основой рационального промысла чавычи р. Камчатка, как и других видов тихоокеанских лососей, является достижение оптимального уровня пропуска производителей на нерестилища. Можно отметить, что с начала 2000-х гг. отмечалось увеличение их количества, но с 2010 г. из-за недостатка финансирования авиаучетных работ их оценка находится в стадии недоучета и, в лучшем случае, учитывается по остаточным следам нереста или параллельно с другими видами (в основном поздняя форма нерки). В настоящее время авиаучетные данные о величине пропуска чавычи на нерестилища принимаются в качестве дополнительной информации. Поэтому оценить эффективность применяемых ограничений в береговом промысле в отношении чавычи, к сожалению, затруднительно. В последние годы зарекомендовала себя система оперативного мониторинга пропуска лососей на нерест с использованием связи уловов на усилии на речном контрольном створе (верхняя по течению речная тень) с динамикой захода производителей через сечение гидроакустического створа в протоке Азабачья (Фадеев и др., 2016). Согласно проведенным работам в 2016 г. величина пропуска чавычи была определена в 23 тыс. экз. При этом следует учитывать, что контрольные обловы проводились сетями с шагом ячеи 55–65 мм, хорошо облавливающих мелкоразмерных особей чавычи средней длиной тела 65 см. Согласно биологическим данным по чавыче, вылавливаемой на морских ставных неводах, доля мелкоразмерных производителей длиной тела менее 70 см в подходах составляла порядка 45%. Соответственно расчетный заход производителей чавычи не облавливаемых мелкочейными сетями мог составить около 28 тыс. экз. (55 %). Таким образом, ограничение шага ячеи сетей, применяемых на речных рыбопромысловых участках в бассейне р. Камчатка при осуществлении промышленного рыболовства направлено на увеличение пропуска крупноразмерной чавычи, прежде всего самок, на нерестилища. Доля самок в подходе в 2016 г. в среднем была равна 30 %, т.е. дополнительный пропуск самок составлял порядка 8–10 тыс. особей.

Как видно из результатов, представленных в настоящей работе, снижение величины морского дрейферного промысла положительно отразилось на береговом вылове чавычи в бассейне р. Камчатка. Наметилась позитивная тенденция увеличения в нерестовых подходах количества рыб возраста 1.3+, в т.ч. самок. Ограничение шага ячеи сетных вставок в конструкции крыла ставных неводов и также сетей применяемых на речных рыбопромысловых участках способствует увеличению пропуска на нерестилища крупноразмерной чавычи, прежде всего самок.

Учитывая все вышесказанное, считаем применяемые меры регулирования промысла, направленные на обеспечение необходимого пропуска и поддержания популяции чавычи р. Камчатка на уровне расширенного воспроизводства, эффективными.

Литература

- Бугаев А.В., Вронский Б.Б., Бирюков А.М., Виленская Н.И. 2004а. Биологические показатели чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) в юго-западной части Берингова моря и сопредельных водах северо-западной части Тихого океана в весенне-летний период по данным дрейферных уловов // Известия ТИНРО. Т. 136. — С. 58–89.
- Бугаев А.В., Вронский Б.Б., Киреев И.Н. 2004б. Идентификация локальных стад чавычи (*Oncorhynchus tshawytscha*) по данным дрейферных уловов в 2001–2003 гг. // Известия ТИНРО. Т. 139. — С. 189–207.
- Бугаев В.Ф., Вронский Б.Б., Заварина Л.О., Зорбиди Ж.Х., Остроумов А.Г., Тиллер И.В. 2007. Рыбы реки Камчатка // Под ред. д.б.н. Бугаева В.Ф. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. — 459 с.
- Виленская Н.И., Вронский Б.Б., Маркевич Н.Б. 2000. Характеристика нерестовых подходов и биологической структуры стада чавычи р. Камчатка // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИИРО. Вып. 5. — С. 56–69.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2003. Научный подход к учету браконьерского промысла лососей в некоторых водоемах Камчатки // Рыбное хоз-во. № 3. — С. 25–26.
- Зикунова О.В. 2014. Биологическая характеристика производителей чавычи *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum) бассейна р. Камчатка // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИИРО. Вып. 32. — С. 48–58.
- Зикунова О.В. 2016. Динамика состояния запасов чавычи р. Камчатка в связи с динамикой её промысла // Исслед. водн. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. Сб. науч. тр. КамчатНИИРО. Вып. 42. — С. 58–70.
- Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Бирюков А.М. 2016. Оценка пропуска производителей нерки в бас. р. Камчатка с помощью гидроакустического комплекса «NetCor» // Бюлл. № 11 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». Владивосток. ТИНРО-центр. — С. 150–157.
- Major R.L., Ito J., Ito S., Godfrey H. 1978. Distribution and origin of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in offshore waters of the North Pacific Ocean // International North Pacific Fisheries Commission. Bulletin. № 38. — 54 p.

УДК 582.273:668.39.3.5

Сравнительная характеристика пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов и их аналогов из наземных растений

Т.А. Игнатова, Т.В. Родина, Н.В. Бурова, А.В. Подкорытова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: natalia.viktorovna.burova@gmail.com

Ключевые слова: пищевые волокна, красные водоросли-агарофиты, водосвязывающая способность, набухаемость.

Аннотация: Проведены исследования химического состава и функционально-технологических свойств (водосвязывающая способность, набухаемость) пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов и наземных растений. Показана возможность использования пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов в качестве функционально-технологической добавки.

Пищевые добавки нашли широкое применение в пищевой промышленности. Они позволяют расширить ассортимент продуктов за счет создания новых рецептур, улучшить товарный вид и увеличить вкусовое разнообразие пищевых продуктов, а так же снизить себестоимость готового изделия (Нечаев, Кочеткова, Зайцев, 2002). С каждым годом расширяется область применения пищевых волокон в различных отраслях пищевой промышленности. Пищевые волокна — это компоненты пищи, главным образом растительной природы, устой-

чивые к перевариванию и адсорбции в тонком кишечнике человека, полностью или частично ферментируемые в толстом кишечнике (Архангельский, Мельниченко, 2010). Данное понятие объединяет разнородные группы пищевых веществ: лигнин, целлюлозу, гемицеллюлозы, пектиновые вещества, камеди, слизи, фруктоолигосахариды, галактоолигосахариды, резистентный крахмал, запасные полисахариды, подобные инулину и гуару, а также хитин (Нечаев, Кочеткова, Зайцев, 2002; Иванова, Войно, Иванова, 2008). Для препаратов пищевых волокон характерны высокие водосвязывающие, водоудерживающие, гелеобразующие способности, а также устойчивость к высоким температурам и процессам размораживания и замораживания. Введение пищевых волокон в рецептуры различных продуктов питания позволяет улучшить структуру, усилить вкусовое восприятие изделия, оказывает стабилизирующие действие на свойства пищевых дисперсных систем (Полшков, 2006; Рогов, Жаринов, Текутьева, Шепель, 2009).

Не следует забывать, что пищевые волокна также относятся к физиологически функциональным ингредиентам. Среди физиологических эффектов, проявляемых пищевыми волокнами, наиболее выраженными являются улучшение моторной функции кишечника, уменьшение уровня холестерина и регулирование содержания глюкозы в крови, адсорбция токсичных продуктов, интенсификация обмена желчных кислот, они также выполняют функции питательного субстрата для кишечных микроорганизмов (Шендеров, 2008; Рогов, Жаринов, Текутьева, Шепель, 2009). Растворимые и нерастворимые пищевые волокна по-разному влияют на физиологические функции организма человека (Доронин и др., 2009). Медико-биологические свойства пищевых волокон широко используют при разработке рецептур и технологий пищевых продуктов функционального назначения с пониженной калорийностью и заданным химическим составом (Иванова, Войно, Иванова, 2008; Патент № 2459456; Родина, Игнатова, 2013; Игнатова, Подкорытова, 2014; Игнатова, Подкорытова, Слапогузова, 2015).

К настоящему времени разработаны технологии получения пищевых волокон из различных видов растительного сырья: злаков, бобов, овощей, фруктов, ягод, корнеплодов, орехов, грибов, древесины, тростника, трав (Иванова, Войно, Иванова, 2008; Рогов, Жаринов, Текутьева, Шепель, 2009). В качестве доступного и перспективного источника растительного сырья, для получения пищевых волокон, также могут быть использованы водоросли или их отходы от агарового производства, 51,3–68,7 % сухих веществ которых составляют полисахариды (Игнатова, Подкорытова, 2012; Подкорытова, Игнатова, Родина, 2016). Ранее во ФГБНУ «ВНИРО» была разработана технология получения пищевых волокон из водорослевых остатков после извлечения агара из красных водорослей *Gelidium amansii*, *Ahnfeltia tobuchiensis*, *Ahnfeltia plicata*, *Gr. bailinae*, содержащих не менее 80 % клетчатки и белка не более 20 % (Патент № 2445780; Игнатова, Подкорытова, 2012; Подкорытова, Игнатова, Родина, 2016). В связи с изложенным актуальным является сравнение функционально-технологических свойств (водосвязывающая способность, набухаемость) пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов с коммерческими препаратами пищевых волокон, полученными из наземных растений, для оценки возможности их использования в качестве пищевой добавки.

Анализ химического состава коммерческих препаратов пищевых волокон показал, что содержание воды составляет от 3,8 до 11,5 %, золы не более 6,0 %, белка не более 17,1 %, углеводов от 77,6 до 100,0 %, в т.ч. клетчатки 12,8–100,0 % (табл. 1).

В пищевых волокнах, полученных из отходов переработки красных водорослей-агарофитов, массовая доля воды составляет 6,9–11,0 %, золы 2,5–7,2 %, белка 3,3–28,4 %, углеводов 64,5–90,0 %, в т.ч. клетчатки 30,5–78,7 % (табл. 1). Таким образом, по общему химическому составу образцы пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов аналогичны коммерческим препаратам пищевых волокон наземных растений.

К важнейшим функционально-технологическим свойствам пищевых добавок относят их водосвязывающую способность (ВСС) и набухаемость, по которым определяют направленность использования препаратов в различных областях пищевой промышленности.

Из табл. 1 следует, что коммерческие препараты пищевых волокон обладают водосвязывающей способностью 3,0–17,4 г воды/г ПВ, набухаемостью 130,0–981,0 %. Значения водосвязывающей способности пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов варьи-

руются от 5,9 до 21,8 г воды/г ПВ, а набухаемость от 46,0 до 312,0 %. Сравнительная оценка функционально-технологических свойств пищевых волокон из водорослей и наземных растений показала, что разработанные препараты пищевых волокон не уступают по своим ФТС коммерческим препаратам, получаемым из наземных растений.

Таблица 1. Химический состав и функционально-технологические свойства пищевых волокон

Наименование с пищевых волокон	Содержание						ВСС, г воды/г ПВ	Набухаемость, %
	вода, %	зола, % сух. в-ва	белок, % сух. в-ва	углеводы, % сух. в-ва				
				всего	в том числе			
					клетчатка	ГПЗ		
<i>Ahnfeltia p.</i> ¹	11,0	7,1	28,4	64,5	38,8	25,7	6,0	312,0
<i>Ahnfeltia t.</i> ²	7,8	2,5	14,9	82,6	78,7	3,9	6,2	46,0
<i>Gelidium</i> ²	8,0	2,5	21,7	75,8	70,7	5,1	5,9	177,0
<i>Gracilaria 1</i> ²	6,9	7,2	3,3	89,5	30,5	59,0	11,1	298,0
<i>Gracilaria 2</i> ²	8,6	6,5	3,5	90,0	48,9	41,1	21,8	200,0
Пшеничные 1	4,9	1,0	0,5	98,5	96,0	2,5	5,3	145,0
Пшеничные 2	3,8	5,3	17,1	77,6	12,8	64,8	4,4	173,0
Картофельные	11,5	3,5	5,1	91,4	26,0	65,4	6,7	223,0
Гороховые 1	7,1	3,2	6,9	89,9	70,1	19,8	6,7	229,0
Гороховые 2	8,7	1,8	4,7	93,5	49,6	43,9	11,5	350,0
Морковные	9,3	6,0	2,4	91,6	71,4	20,2	13,4	374,0
Апельсиновые	6,0	3,1	9,0	88,0	44,0	44,0	17,4	981,0
Бамбуковые	5,1	0,3	0,1	99,6	97,0	2,6	4,7	149,0
МКЦ 1	4,1	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0	3,1	130,0
МКЦ 2	4,2	0,0	0,0	100,0	100,0	0,0	3,0	146,0

Примечания:
¹ Данные (Подкорытова, Игнатова, Родина, 2016);
² Данные (Игнатова, Подкорытова, 2012);
³ ЛПП — это углеводы, остающиеся после вычета из общего содержания углеводов клетчатки.

В связи с тем, что коммерческие препараты пищевых волокон из наземных растений имеют достаточно широкие диапазоны значений по показателям «ВСС» и «набухаемость» целесообразным является сгруппировать исследованные пищевые волокна по группам для оценки близости свойств ПВ из водорослей к ПВ из наземных растений с учетом их химического состава. Для выявления сходства между пищевыми волокнами, полученными из различного вида сырья, был применен иерархический метод кластерного анализа. Известно, что на ФТС пищевых добавок оказывает влияние их химический состав (Рогов, Жаринов, Текутьева, 2009). Для определения влияния отдельных компонентов (содержание белка, углеводов) пищевых волокон на их ФТС были рассчитаны коэффициенты корреляции, анализ которых показал отсутствие взаимосвязи изучаемых свойств (водосвязывающая способность, набухаемость) от содержания белка ($p > 0,05$) в пищевых волокнах не зависимо от типа сырья из которого они были получены. Таким образом, для построения дендрограмм использовали данные по содержанию углеводов в пищевых волокнах и их ФТС.

Из рис. 1 видно, что все проанализированные пищевые волокна по показателю «водосвязывающая способность» разделены на пять групп.

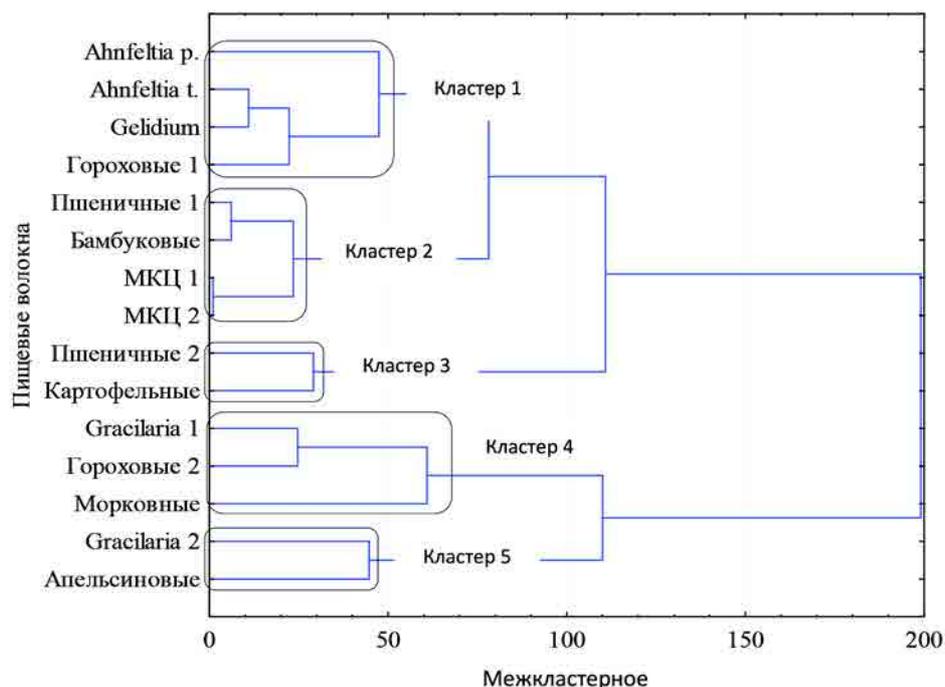


Рис. 1. Дендограмма сходства пищевых волокон по водосвязывающей способности и химическому составу

В кластере 1 (рис. 1) объединены пищевые волокна, обладающие водосвязывающей способностью 5,9–6,7 г воды/г ПВ и одновременно имеющие среднее содержание клетчатки 38,8–78,7 %. В кластере 2 объединены пищевые волокна, имеющие низкую водосвязывающую способность (3,0–5,3 г воды/г ПВ), при этом состоящие в основном только из клетчатки (96–100 %). В кластере 3 представлены пищевые волокна, также обладающие невысокой водосвязывающей способностью (4,4–6,7 г воды/г ПВ), но отличающиеся низким содержанием клетчатки (12,8–26,0 %) и повышенным содержанием ЛГП (64,8–65,4 %). В кластере 4 объединены пищевые волокна, имеющие высокую водосвязывающую способность (11,1–13,4 г воды/г ПВ), по сравнению с первыми тремя кластерами. Содержание клетчатки при этом колеблется от 30,5 до 71,4 %, а ЛГП от 20,2 до 59,0 %. Высокая водосвязывающая способность присуща кластеру 5, в который входят пищевые волокна *Gracilaria 2* и Апельсиновые (рис. 1). В табл. 2 представлены сведения о составе каждого кластера пищевых волокон и диапазоны значений показателей, свойственных каждой группе.

Из данных табл. 2 видно, что для пищевых волокон, содержащих более 96,0 % клетчатки, значения ВСС минимальны (табл. 2, кластер 2). По мере повышения содержания в пищевых волокнах ЛГП происходит увеличение ВСС (таблица 2, кластер 1, 3–5). На ВСС пищевых волокон с содержанием клетчатки менее 96,0 % оказывает влияние количество ЛГП, что подтверждается причислением пищевых волокон полученных из одного вида сырья к различным группам (кластерам) (табл. 2, кластеры 1, 4, 5). Одновременно с этим на ВСС пищевых волокон оказывает влияние и вид ЛГП, который зависит от типа сырья, из которого получена добавка. Так, например, пищевые волокна «Пшеничные 2» и «Картофельные» при достаточно высоком содержании ЛГП (64,8–65,4 %) имеют низкие значения ВСС (4,4–6,7 г воды/г ПВ) по сравнению с пищевыми волокнами *Ahnfeltia t.* и *Gelidium*, которые характеризуются схожими значениями водосвязывающей способности (5,9–6,2 г воды/г ПВ), но содержат всего 3,9–5,1 % легкогидролизуемых полисахаридов. Данные различия обусловлены свойствами крахмала, содержащегося в пищевых волокнах «Пшеничные 2» и «Картофельные», а также свойствами агара, содержащегося в пищевых волокнах водорослей (Нечаев, Кочеткова, Зайцев, 2002). Таким образом, путем изменения способа получения

пищевых волокон из водорослей возможно регулирование содержания в них ЛГП (агара) и клетчатки, что позволяет получать пищевые добавки из макрофитов с заданными ВСС. По показателю «набухаемость» разделение образцов пищевых волокон происходит на 4 кластера (рис. 2).

Таблица 2. Состав кластеров, сформированных по водосвязывающей способности и химическому составу пищевых волокон

Номер кластера	Наименование пищевых волокон	Содержание, % сух. в-ва		ВСС, г воды/г ПВ
		клетчатка	ЛГП	
2	Пшеничные 1; Бамбуковые; МКЦ 1; МКЦ 2	96,0–100,0	0,0–2,6	3,0–5,3
3	Пшеничные 2; Картофельные	12,8–26,0	64,8–65,4	4,4–6,7
1	<i>Ahnfeltia p.</i> ; <i>Ahnfeltia t.</i> ; <i>Gelidium</i> ; Гороховые 1	38,8–78,7	3,9–25,7	5,9–6,7
4	<i>Gracilaria</i> 1; Гороховые 2; Морковные	30,5–71,4	20,2–59,0	11,1–13,4
5	<i>Gracilaria</i> 2; Апельсиновые	44,0–48,9	41,0–44,0	17,4–21,8

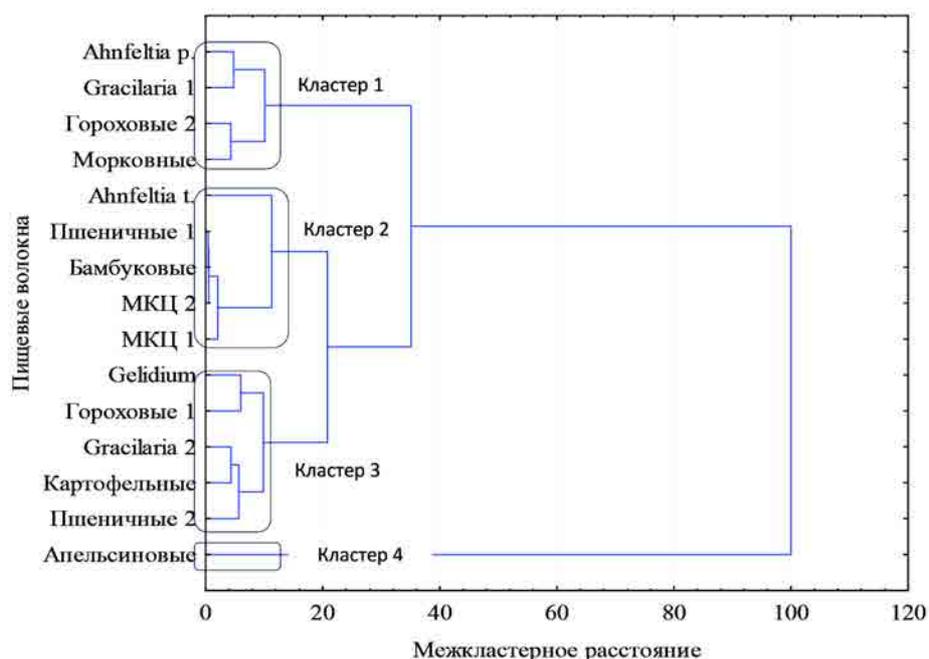


Рис. 2. Дендограмма сходства пищевых волокон по набухаемости и химическому составу

В соответствии с разделением следует отметить, что в кластере 1 представлены пищевые волокна, имеющие высокую набухаемость (298–374 %), среднее содержание клетчатки и ЛГП составляет 30,5–71,4 % и 20,2–59,0%, соответственно. Кластер 2 представлен пищевыми волокнами, имеющими низкую набухаемость (46,0–149,0 %) и высокое содержание клетчатки (78,7–100 %). Кластер 3 объединяет пищевые волокна, имеющие большую набухаемость (173,0–229,0 %) и несколько меньшее содержание клетчатки (12,8–70,7 %) по сравнению с кластером 2. В последнем кластере представлены только Апельсиновые пищевые волокна, имеющие наибольшую набухаемость (981 %) (рис. 2). Состав каждой группы пищевых волокон, сформированной по показателю «набухаемость» и химическому составу представлен в табл. 3.

Таблица 3. Состав кластеров, сформированных по набухаемости и химическому составу пищевых волокон

Номер кластера	Наименование пищевых волокон	Содержание, % сух. в-ва		Набухаемость, %
		клетчатки	ЛГП	
2	<i>Ahnfeltia t.</i> ; Пшеничные 1; Бамбуковые; МКЦ 1; МКЦ 2	78,7–100,0	0,0–3,9	46,0–149,0
3	<i>Gelidium</i> ; Гороховые 1; <i>Gracilaria</i> 2; Картофельные; Пшеничные 2	12,8–70,7	5,1–65,4	173,0–229,0
1	<i>Ahnfeltia p.</i> ; <i>Gracilaria</i> 1; Гороховые 2; Морковные	30,5–71,4	20,2–59,0	298,0–374,0
4	Апельсиновые	44,0	44,0	981,0

Анализ данных табл. 3 показал, что для пищевых волокон с высокой долей содержания клетчатки (более 78,7 %) свойственны низкие значения набухаемости, не зависимо от типа сырья, из которого получены пищевые добавки (табл. 3, кластер 2). Разделение пищевых волокон по группам с содержанием в них ЛГП более 3,9% происходит по тем же зависимостям, которые были выявлены для показателя «водосвязывающая способность». Подтверждением данного вывода являются пищевые волокна, полученные из гороха и водорослей, которые были отнесены к разным группам (табл. 3, кластеры 1 и 3). Примером влияния вида ЛГП на разделение пищевых волокон по кластерам являются образцы добавок, полученных из моркови и красных водорослей *Gelidium amansii* и *Ahnfeltia plicata*, которые имеют низкое содержание ЛГП (5,1–25,7 %) и одновременно с этим достаточно высокие значения набухаемости (177–374 %) (табл. 3, кластеры 1 и 3).

На основании проведенных исследований установлено, что регулирование ФТС пищевых волокон, полученных из красных водорослей-агарофитов, с помощью технологических приемов, позволит в дальнейшем получать препараты, которые позволят взаимно замещать пищевые волокна, полученные из наземных растений, что в свою очередь указывает на возможность использования пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов в качестве функционально-технологической добавки.

Литература

- Архангельский В.И., Мельниченко П.И.* Гигиена. Compendium. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. 177 с.
- Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Хуришудян С.А., Шубина О.Г.* Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии. — М.: ДеЛи принт. 2009. — 288 с.
- Иванова Л.А., Войно Л.И., Иванова И.С.* Пищевая биотехнология. Кн. 2. Переработка растительного сырья. — М.: КолосС. 2008. — 472 с.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В.* Использование гидрогелей каррагинанов в технологии жележных продуктов // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы III Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 ч. — Владивосток : Дальрыбвтуз, 2014. Ч. II. — С. 58–63.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В., Родина Т.В.* Комплексная ресурсосберегающая технология переработки красных водорослей *Ahnfeltia plicata*, Белое море: получение агара, пищевых волокон и кормовых продуктов // Труды ВНИРО. Том 159. — М.: Изд-во ВНИРО, 2016. — С. 130–142.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В., Слапогузова З.В.* О возможности применения агара и пищевых волокон водорослей в технологии рыбных фаршевых изделий // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли». Владивосток, 24–26 ноября 2014 г. — Владивосток: Дальрыбвтуз, 2015. — С. 247–252.
- Игнатова Т.А., Подкорытова А.В.* Получение пищевых волокон из отходов переработки красных водорослей-агарофитов // Рыбная промышленность. 2012. № 1. — С. 13–17.

Нечаев А.П., А.А. Кочеткова, А.И. Зайцев Пищевые добавки. — М.: Изд-во «Колос». 2002. — 256 с.

Патент 2445780 РФ, МПК8 А 23 L 1/0532. Способ получения пищевых волокон из водорослевого сырья / А.В. Подкорытова; Т.А. Игнатова; Т.В. Родина; Ю.И. Чимиров; Федеральное Государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». № 2010146763/13; Заяв. 18.11.2010. Оpubл. 27.03.2012, Бюл. № 9. — 6 с.

Патент 2459456 РФ, МПК8 А 23 L 1/325. Диетический продукт / А.В. Подкорытова; Т.А. Игнатова; З.В. Слапогузова; Федеральное Государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». № 2011108970/; Заяв. 11.03.2011. Оpubл. 27.08.2012, Бюл. № 24. — 6 с.

Поликов А.Н. Медико-биологические и функциональные аспекты применения пищевых волокон // Вестник Аромарос-М. 2006. № 3(17). — С. 65–70.

Рогов И.А. Биотехнология мяса и мясopодуkтов: курс лекций / И.А. Рогов, А.И. Жаринов, Л.А. Текутьева, Т.А. Шепель. — М.: ДеЛи принт, 2009. — 296 с.

Родина Т.В., Игнатова Т.А. Разработка пастообразных пищевых продуктов функционального назначения из фарша макpуруса // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов: Мат-лы Первой Научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисеева. Звенигород, — М.: Изд-во ВНИРО, 2013. — С. 384–385.

Шендеров Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. — М.: ДеЛи принт. 2008. — 319 с.

УДК 639.2.05

О мерах стимулирования поставок продукции из рыбы и морепродуkтов на внутренний рынок России

К.А. Кайзер

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
e-mail: Kirill.Kayzer@tinro-center.ru

Ключевые слова: рыбохозяйственный комплекс, рыбная продукция, стимулирование, внутренний рынок.

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы стимулирования поставок российской продукции на внутренний рынок России в общем контексте реформирования отрасли. В качестве основной проблемы названы высокие риски рыбохозяйственной отрасли. Показано, что развитие внутреннего рынка и несырьевого экспорта невозможно без рассмотрения проблем добычи сырья и переработки уловов. Рассмотрены основные меры стимулирования в каждом звене цепочки добавленной стоимости рыбной продукции.

В настоящее время существует проблема с поставками продукции из российской рыбы на внутренний рынок. Более трети уловов после первичной обработки или без нее вывозятся за рубеж (Васильев, 2015), что ведет к потере национального дохода, потенциальных рабочих мест и налоговых поступлений. В то же время на российском рынке наблюдается значительное присутствие импорта, что особенно характерно для высокоценового сегмента (Покровский, Костюкова и др., 2010).

Сегодня не стоит вопрос о том, стоит ли стимулировать переработку и продажу отечественной рыбы в России. Из экономической плоскости обсуждение давно перешло в политическую повестку. Проблеме продовольственного баланса уделяется большое внимание на уровне Президента и Правительства Российской Федерации. В Доктрине продовольственной безопасности удельный вес отечественной рыбы и морепродуkтов на внутреннем рынке

определен не менее чем в 80 % («Указ Президента Российской Федерации от 30.01.2010 № 120...»). В результате введенных продовольственных санкций и падения курса рубля этот уровень был быстро достигнут (81,3 % в 2015 г. против 69,9 % в 2013 г.), однако в настоящее время стоит задача его закрепления. Рано или поздно эмбарго будет снято, а курс рубля станет для импортеров более выгодным. В этом случае для поддержания критерия продовольственной безопасности важное значение получают меры косвенного регулирования рынка.

Проблема стимулирования поставок российской рыбы на внутренний рынок получила пока ограниченное развитие в отраслевой науке. Предлагаемые меры разрозненны, в то время как сама задача требует комплексного подхода, который учитывал бы не только состояние поставок сырья или логистики, но также вопросы сбыта и продвижения продукции. В настоящей работе сделана попытка представить существующие меры стимулирования в форме комплексного плана.

Прежде чем приступить к анализу возможных направлений государственного стимулирования, нужно указать, что господдержка развития отрасли необходима в первую очередь малому и среднему бизнесу. Вместе с тем у таких предприятий сосредоточены значительные ресурсы. На дальневосточном рыбохозяйственном бассейне, например, они распоряжаются не менее 25 % общего допустимого улова (рассчитано автором по «Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства...»; «Приказ Федерального агентства по рыболовству от 10.12.2015 № 926...»; «Приказ Федерального агентства по рыболовству от 10.12.2015 № 927...»).

Меры стимулирования переработки и поставок рыбопродукции должны минимизировать отраслевые риски. Высокие отраслевые риски ведут к сокращению финансирования и снижению объема инвестиций, а также способствуют нарушениям налогового законодательства и законодательства о рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов. Причинно-следственная связь между рисками, их причинами и последствиями представлена на рис. 1.

Представленная схема исходит из того, что многие рыбохозяйственные предприятия работают на основе предоплаты за будущие поставки выловленной рыбы или произведенной рыбной продукции. Не имея доступа к дорогому заемному финансированию, предприятия рыбного хозяйства обращаются к посредникам или закупщикам, которые обладают необходимыми финансовыми ресурсами. В результате рыбохозяйственные организации теряют гибкость в планировании производства и сбыта, а это приводит к перераспределению добавленной стоимости в пользу посредников и иностранных переработчиков. Большую роль в данном процессе играет разобщенность предприятий рыбной отрасли, поскольку она не позволяет наладить стабильные каналы сбыта и адекватное продвижение продукции на внутреннем и зарубежном рынках.

Схема на рис. 1 касается в первую очередь компаний малого и среднего бизнеса. Наиболее крупные предприятия не испытывают недостатка финансирования, хотя модель бизнеса у них также ориентирована на экспортные поставки рыбы с низкой степенью обработки.

Систематизированный перечень возможных мер государственного регулирования развития отрасли в целях стимулирования поставок рыбопродукции на внутренний рынок представлен на рис. 2.

На рис. 2 приведены основные направления государственного регулирования и стимулирования рыбохозяйственной отрасли на ближайшие несколько лет. Большинство идей уже получили широкое освещение в СМИ, а часть из них рассматривается в государственных органах. Конкретная форма реализации государственной политики потребует, конечно, общей корректировки представленной схемы, в т.ч. разработки дополнительных мер стимулирования.

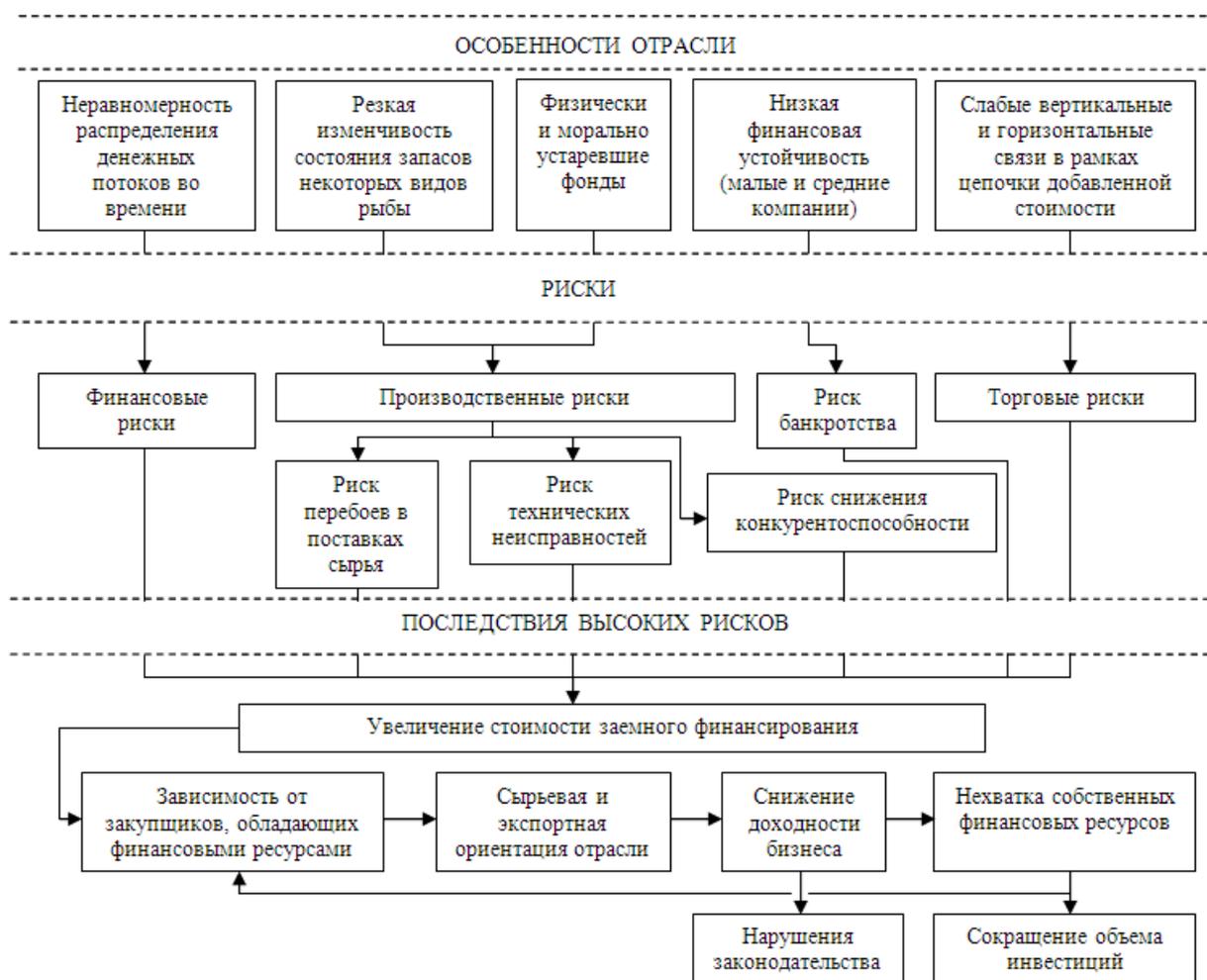


Рис. 1. Причины и последствия высоких рисков в рыбохозяйственной отрасли

В центр государственной политики в сфере рыбного хозяйства нужно поместить не только частные меры поддержки и стимулирования предприятий, но и мероприятия, направленные на консолидацию отрасли. При консолидации легче обеспечить устойчивость рыбохозяйственных организаций, увеличить прозрачность бизнес-процессов и, главное, снизить отраслевые риски (Акулин, Покровский, 2009).

Самый быстрый и действенный способ консолидации отрасли — это концентрация ресурсов. В последние годы из-за декриминализации и финансового оздоровления рыбного хозяйства сокращение количества рыбохозяйственных организаций было закономерным процессом («Проект доклада Рабочей группы Президиума Госсовета...»), однако он еще далек от полного завершения. Сейчас стоит вопрос о ликвидации «квотных рантье», в связи с чем с 2018 г. станет обязательным требование освоения квот не менее чем на 70 % в течение 2-х лет подряд собственными судами, судами, взятыми в лизинг, или арендованными у ассоциированной компании. Дальнейшее развитие процессов консолидации можно видеть в связи со списанием устаревшего флота и концентрацией квот у крупных компаний. Этот процесс будет протекать естественным образом, и государство могло бы сформировать легальные, регулируемые механизмы, главным из которых может стать развитие системы индивидуальных передаваемых квот (ИПК), что означает возможность продажи квот не только в порядке универсального правопреемства, но и отдельно от рыбохозяйственных предприятий, наделенных квотами. Нужно отметить, что российское отраслевое законодательство уже эволюционирует в сторону формирования системы ИПК: в 2016 г. во второй раз был увеличен срок наделения квотами (до 15 лет). Следующим шагом может стать закрепление квот на постоянной основе, и в этом случае необходимо введение права отчуждения квот посредством рыночной сделки. Легальный, регулируемый государством оборот прав на добычу (вылов) водных биоресурсов позволит не только

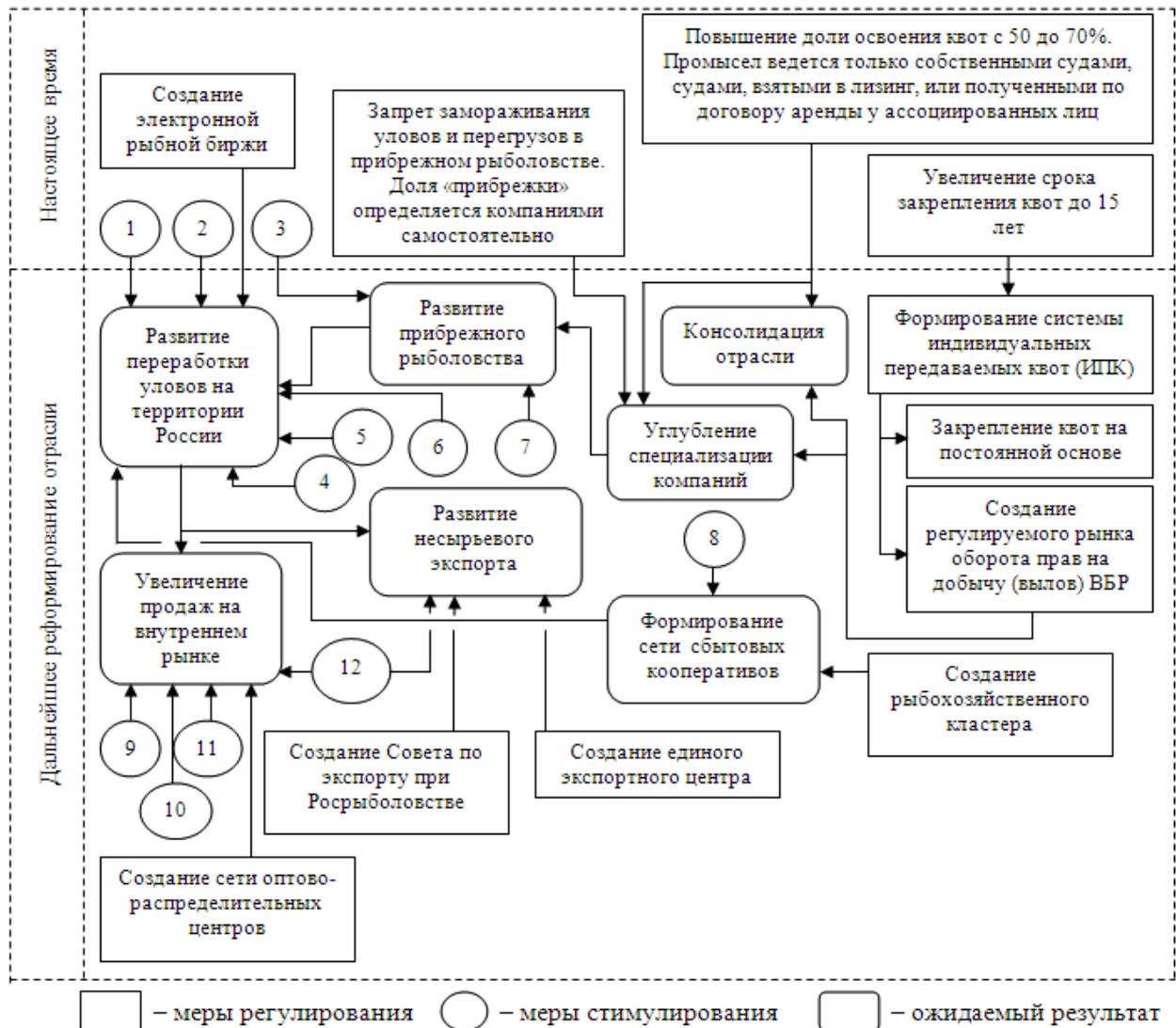


Рис. 2. Возможные направления реформ в отрасли в ближайшие годы:

1. Выделение «квот господдержки» до 50 % от ресурсного обеспечения инвестиционного проекта;
2. Компенсация части процентной ставки по кредитам на инвестиционные цели;
3. Выделение дополнительных квот при осуществлении прибрежного рыболовства с повышающим коэффициентом 1,2;
4. Налоговые льготы для береговых предприятий (Васильев, 2016б). Льготы при инвестировании в расширение и модернизацию производства (включение инвестиционных затрат в себестоимость; компенсация части инвестиционных затрат и др.);
5. Стимулирование выпуска продукции с высокой добавленной стоимостью с помощью выделения дополнительных квот (Васильев, 2016а);
6. Дифференциация размеров сбора за пользование объектами водных биоресурсов в зависимости от степени переработки вылавливаемой рыбы (Еженедельный бюллетень о рыбном бизнесе «РК-ПРОФИ»);
7. Стимулирование строительства специализированных судов для прибрежного рыболовства (суда с RSW-танками) (Васильев, 2013);
8. Госзакупки рыбы и рыбопродукции, в том числе у лицензированных сбытовых кооперативов переработчиков.
9. Предоставление предприятиям оптовой торговли кратковременного налогового кредита при условии покупки рыбной продукции у отечественных производителей (Шпаченков, Каретко, 2002).
10. Законодательное ограничение торговой наценки и/или субсидирование продаж рыбопродукции (Синяков, 2015).
11. Дифференциация тарифов на перевозку отечественной и импортной рыбопродукции.
12. Меры тарифного регулирования ВЭД (Васильев, 2015; Шпаченков, Каретко, 2002).

сконцентрировать ресурсы у наиболее эффективных собственников, но и углубить специализацию компаний, будет способствовать развитию прибрежного рыболовства и местных рыбных рынков, а также увеличению совокупного вылова и видового разнообразия промысла (крупные компании вероятно не станут напрямую контролировать промысел некоторых видов рыбы и морепродуктов в прибрежной зоне, которым займутся малые и средние предприятия, получая, возможно, государственную поддержку). Дополнительным эффектом от формирования системы ИПК и оборота квот станет возможность их оценки, постановки на баланс и, как следствие, передача в качестве залога при получении кредита. Задача государства сводится к тому, чтобы, во-первых, не допустить монополизации отрасли, и, во-вторых, поддерживать малый и средний бизнес там, где он дает наибольший социальный эффект — в прибрежном рыболовстве.

Существует и другой, более мягкий способ консолидации отрасли. В той или иной форме он уже давно рассматривается рыбохозяйственной общественностью. Речь идет о рыбохозяйственном кластере, сбытовых кооперативах и т.п. (Васильев, 2015; Васильев, 2013; Крылов, Линева, 2013). Во всех этих проектах предполагается координация деятельности рыбохозяйственных организаций в части переработки уловов, сбыта и продвижения готовой рыбной продукции. Все представленные формы консолидации исключительно добровольные, однако государство может предоставлять им значительные преференции, что делает их особо привлекательными для рыбохозяйственных компаний. Главное, чтобы рыбохозяйственный кластер или сбытовые кооперативы решали ключевые проблемы, повышающие отраслевые риски: слабая координация поставок сырья и готовой продукции, устаревшие основные фонды, нехватка оборотного капитала. Сбытовые кооперативы, например, могут не только продвигать продукцию на рынке, но и кредитовать своих членов на льготных условиях. Непосредственное участие государства на этапе запуска проекта, конечно, необходимо, поскольку естественным образом подобные ассоциации за четверть века так и не сложились.

Консолидация отрасли должна облегчить развитие переработки уловов и продвижения рыбной продукции на территории России, однако она должна сопровождаться самостоятельными мерами стимулирования в этих сегментах. Ключевую роль играет поддержка береговой переработки, поскольку в ней заложены немалые риски.

В настоящее время переработка стимулируется различными способами. Большое внимание уделяется прибрежному рыболовству, т.к. считается, что именно этот вид рыболовства служит основным источником сырья для береговых производств. Согласно принятым в 2016 г. поправкам к закону «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» инвестиционные проекты, ориентированные на прибрежное рыболовство, получают инвестиционную квоту с повышающим коэффициентом 1,2. Экспертами предлагается также стимулировать строительство специализированных судов, оснащенных RSW-танками, для чего можно использовать налоговые льготы, субсидирование кредитных ставок и государственные гарантии.

Что касается непосредственно береговой переработки, то здесь арсенал доступных средств стимулирования шире. Главные проблемы — это расширение и модернизация производства, загрузка его сырьем. До недавнего времени государство субсидировало процентные ставки по кредитам на создание и обновление основных фондов, и сегодня целесообразно было бы не только возобновить эту практику, но и расширить перечень инструментов стимулирования за счет налоговых льгот и государственных гарантий. Помимо этого государство могло бы создать под эгидой одного из госбанков специализированную лизинговую компанию для закупки российского рыбопромышленного оборудования и предоставления его в финансовую аренду по льготным ставкам. Все предполагаемые меры должны служить цели снижения рисков, чтобы увеличить объемы независимого финансирования.

Ожидается, что рост удельного веса продукции глубокой переработки, полученной на береговых предприятиях, приведет к увеличению поставок на внутренний рынок и развитию несырьевого экспорта. Государство располагает инструментами поддержки этих процессов. Так, при поставках рыбопродукции глубокой переработки на внутренний рынок можно предоставлять розничным сетям кратковременный налоговый кредит, законодательно

ограничивать торговую наценку или субсидировать продажи, а излишки продукции скупать по госзаказу на нужды Росрезерва и социального обеспечения (школа, армия, больницы и т.д.). Существующие проблемы логистики можно решить с помощью создания на основе ГЧП сети региональных оптово-распределительных центров по образцу испанской Mercasa («Правильная логистика — ключ к развитию рынка...»), а также посредством дифференциации тарифов на перевозку отечественной и зарубежной рыбы (Синяков, 2015), что укладывается еще и в политику импортозамещения. В то же время рыбный экспорт может регулироваться в специальном Совете по экспорту при Росрыболовстве или Минсельхозе России (Васильев, 2016б), а информационно-консультационную поддержку отечественных экспортеров целесообразно оказывать через Единый экспортный центр с правом предоставления гарантий оплаты экспортируемой продукции по аналогии с существующей ЭКСАР (Васильев, 2013).

Важно понимать, что стимулирование поставок рыбопродукции на внутренний рынок должно проводиться посредством комплекса мероприятий, направленных на снижение отраслевых рисков в различных звеньях цепочки добавленной стоимости. Кроме того, данный вопрос не может быть решен вне контекста реформирования всей отрасли, поскольку, как было показано, увеличение поставок на внутренний рынок требует развития переработки, для этого необходимы поставки сырья, а те, в свою очередь, зависят от ситуации в рыбодобыче.

С позиции сегодняшнего дня можно оценить перспективы развития рыбного хозяйства и отраслевого законодательства как положительные. За время, прошедшее с начала 2000-х гг., были созданы: стабильные условия для работы рыбохозяйственных организаций; снижена криминализация отрасли; увеличены концентрация капитала, финансовая устойчивость и рентабельность бизнеса. Однако куда важнее, что за последние два года была выработана четкая государственная политика в сфере рыбного хозяйства. Принятые в законодательстве поправки нацелены на стабильное развитие, стимулирование, техническое перевооружение отрасли и постепенное увеличение стоимости произведенной продукции. Поскольку вектор развития уже задан, то в будущем останется только довести реформы до логического завершения, для чего могут оказаться полезными и представленные идеи.

Литература

- Акулин В.Н., Покровский Б.И.* 2009. Инновационная стратегия преодоления современного кризиса рыбной промышленности Дальнего Востока // Известия ТИНРО. Т. 156. — С. 370–374
- Васильев А.М.* 2016а. Анализ функционирования рыбной отрасли Мурманской области в условиях институциональных нововведений // Рыбное хозяйство. № 2. — С. 36–43.
- Васильев А.М.* 2016б. О строительстве новых траулеров, о производстве рыбопродукции высокой степени обработки и других проблемах в области рыбного хозяйства // Рыбное хозяйство, № 3. — С. 9–15.
- Васильев А.М.* 2015. Реорганизация перевозок и экспорта рыбы — основные составляющие импортозамещения // Рыбное хозяйство, № 3. — С. 14–18.
- Васильев А.М.* 2013. Рыбная отрасль Мурманской области : современное состояние и перспективы развития // Вопросы рыболовства. Т. 14. № 1 (53). — С. 137–148.
- Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tmsp.nalog.ru/>
- Еженедельный бюллетень о рыбном бизнесе «РК-ПРОФИ».
- Крылов С.И., Линев И.В.* 2013. Создание технико-внедренческих парков в рыбохозяйственном комплексе (рыбных технопарков). Необходимость применения государственно-частного партнерства в рыбохозяйственном комплексе // Рыбное хозяйство. № 2. — С. 22–28.
- Покровский Б.И., Костюкова О.И., Шарин А.Н.* 2010. Неистощимое рыболовство как фактор повышения эффективности рыбной промышленности России // Стратегия развития экономики, № 14 (71). — С. 32–37
- Правильная логистика — ключ к развитию рынка // Рыбное хозяйство, 2012. № 3. — С. 11.
- Приказ Федерального агентства по рыболовству от 10.12.2015 г. № 926 «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов для осуществления промышленного рыболовства на континентальном шельфе Российской Федерации и в исключительной экономической зо-

не Российской Федерации по пользователям в Дальневосточном рыбохозяйственном бассейне на 2016 год»

Приказ Федерального агентства по рыболовству от 10.12.2015 г. № 927 «О распределении квот добычи (вылова) водных биологических ресурсов Дальневосточного рыбохозяйственного бассейна для осуществления прибрежного рыболовства по пользователям Российской Федерации на 2016 год».

Проект доклада Рабочей группы Президиума Госсовета «О развитии рыбохозяйственного комплекса Российской Федерации» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.vniro.ru/files/Gossovet_doklad.pdf

Синяков С.А. 2015. Показатели и тенденции российского рыбного рынка // Рыбное хозяйство, № 6. — С. 22–29.

Указ Президента РФ от 30.01.2010 № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации».

Шпаченков Ю.А., Каретко С.Г. 2002. О мерах экономического стимулирования расширения поставок отечественных рыбных товаров на внутренний рынок России / Мат-лы всероссийской конф. «Пути решения проблем изучения, освоения и сохранения биоресурсов Мирового океана в свете Морской доктрины Российской Федерации на период до 2020 года». — М.: Изд-во ВНИРО — С. 229–232.

УДК 551.464.38 (265.518)

Чистая продукция сообщества в Беринговом море

К.К. Кивва

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
E-mail: kirill.kivva@gmail.com

Ключевые слова: первичное продуцирование, биогенные элементы, сезонная убыль, стехиометрия, продукционно-деструкционные процессы.

Аннотация. В работе использована авторская схема разделения Берингова моря на естественные районы. Для наиболее обеспеченных гидрохимическими данными районов определены месяцы начала и окончания активной весенне-летней вегетации фитопланктона. В большинстве районов интенсивный фотосинтез начинается в мае и заканчивается в июле. Массовый гидрохимический материал позволил оценить среднемноголетнюю сезонную убыль минерального кремния (Si), азота (N) и фосфора (P), а также чистую (нетто) продукцию сообщества (НПС) для восьми районов. Наиболее высокая НПС наблюдается на западном шельфе, вдоль свала глубин, а также в прибрежном районе восточного шельфа. Это объясняется совокупным эффектом распределения зимнего запаса минерального азота, устойчивости водной толщи и динамических процессов.

Введение

Берингово море — один из наиболее важных в рыбохозяйственном отношении водоёмов России. На сегодняшний день в море добывается около 0,7 млн т биоресурсов, что составляет примерно 15 % общего улова России (данные Росрыболовства за 2015 г.). Прогнозирование изменчивости систем моря — актуальная задача, решение которой требует регулярного выполнения комплексных и дорогостоящих натурных исследований во все сезоны года. К сожалению, удалённость моря от основных морских научных центров и общее материальное состояние науки в настоящее время позволяют выполнять лишь разрозненные и эпизодические океанологические съёмки в пределах моря. Однако даже случайно распределённый, но массовый научный материал может служить хорошей основой для поиска закономерностей изменчивости тех или иных параметров среды обитания водных биоресурсов. Цель данной работы — обобщение всех доступных данных по гидрохимии Берингова моря для восстановления среднемноголетней внутригодовой изменчивости полей гидрохимических параметров и оценки сезонной чистой продукции сообщества. То есть,

исследуется сезонный ход гидрохимических параметров в контексте количественной оценки продукционно-деструкционных процессов.

Для количественной оценки чистого эффекта продуцирования нового органического вещества в экосистеме целесообразно использовать сезонный ход минеральных форм основных биогенных элементов, — кремния (Si), азота (N) и фосфора (P). Эти химические соединения необходимы фитопланктону. Их запас в продукционном слое ежегодно пополняется в зимнее время за счёт вертикального перемешивания и потребляется микроводорослями в больших количествах в весенне-летний период. В некоторых случаях эти соединения могут быть израсходованы практически полностью, то есть могут ограничивать прирост биомассы водорослей (а значит и более высоких трофических уровней).

Минеральные формы Si, N и P, а также углерода (C), железа (Fe) и ряда других элементов потребляются фитопланктоном из раствора синхронно (Сапожников, Метревели, 2015). Концепция продукционно-деструкционных процессов Редфилда-Ричардса ставит потребление определённого количества минеральных форм C, N и P в соответствие с синтезом определённого количества органического вещества. То есть, продукционно-деструкционные процессы в рамках этого упрощения рассматриваются как химические реакции, которые можно охарактеризовать стехиометрическими соотношениями участвующих в них элементов. Очевидно, что параллельно с потреблением происходит также выделение элементов обратно в среду в форме органического вещества (растворённого или взвешенного), связанное с дыханием организмов, и переход их в минеральную форму за счёт физических, химических и биохимических процессов (Paytan, McLaughlin, 2007). В случае с биогенным кремнием выделение в среду происходит, главным образом, за счёт химического растворения створок диатомовых водорослей (Demarest et al., 2011). Таким образом, измеряемая концентрация того или иного элемента в минеральной растворённой форме отражает баланс указанных процессов в конкретном месте пространства в конкретный момент времени. Важно понимать, что истинные соотношения ассимиляции элементов фитопланктоном, содержания их в клетках планктона, выделения обратно в среду при дыхании или после отмирания живого вещества часто отличаются от «Редфилдовских»: они не постоянны и зависят от очень многих факторов. К числу таких факторов относятся, например, состав сообщества фитопланктона, текущие условия среды (в том числе световые, температурные, питательные и т.д.) и даже история развития этих условий. Тем не менее, соотношению C:N свойственна меньшая естественная изменчивость, чем соотношению C:P и N:P.

В соответствии с представлениями о синхронном протекании продуцирования первичного ОВ, дыхания организмов и деструкции ОВ выделяют несколько типов первичной продукции (ПП). Валовая (совокупная) ПП фитопланктона (gross primary production) — это вся продукция фитопланктона. Чистая ПП (net primary production) — это валовая ПП минус расход веществ на дыхание фитопланктона. Чистая продукция сообщества или экосистемы (в англоязычной литературе — net community production, NCP, или net ecosystem production) — это мера результирующего эффекта продуцирования в экосистеме. Для её обозначения мы будем использовать аббревиатуру НПС, приближённую к устоявшейся англоязычной аббревиатуре NCP. Она определяется как валовая ПП фитопланктона за вычетом дыхания всех организмов системы в целом, т.е., и фито-, и зоо-, и бактериопланктона, а также высших организмов (хоть их вклад очень мал). НПС, выраженная в единицах какого-либо биогенного элемента — это валовая ПП фитопланктона в тех же единицах минус выделение элемента в минеральной форме как результат «дыхания экосистемы». Чаще всего ПП указывают в $г\ C\ м^{-2}\ год^{-1}$, поскольку такой подход позволяет оценить продуцирование ОВ во всей водной толще и использовать результат в балансовых расчётах. При невозможности выполнения измерений по C, переход от одних единиц к другим может быть выполнен с использованием соответствующего стехиометрического коэффициента.

Материалы и методы

В работе использованы все данные по Берингову морю, находящиеся открытым доступе: материалы World Ocean Database последней версии (1922–2009 гг.), недавнего аме-

риканского проекта BEST-BSIERP (2008–2011 гг.), Японского агентства по морским наукам и технологиям JAMSTEC (1999–2012 гг.). База была существенно дополнена материалами съемок ВНИРО и ТИНРО 2008–2013 гг. (Матвеев, Басюк, 2013). Более подробные сведения о данных, их распределении, процедуре оценки их качества и т.п. содержатся в работах (Кивва, 2016; Кивва, 2017). В работе использовано районирование акватории Киввы (2016), поскольку это единственная на данный момент схема естественных и обоснованных океанологических районов Берингова моря со строго определёнными границами (рисунок).

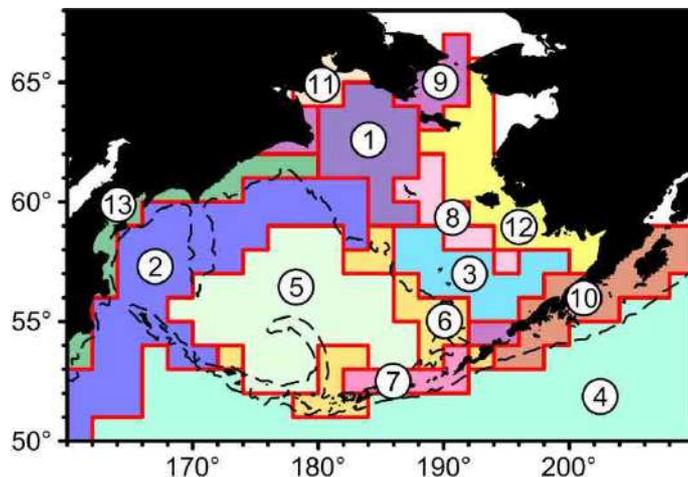


Рисунок. Расположение и номера районов (Кивва, 2016)

Для наиболее обеспеченных данными районов получены среднемноголетние месячные значения дефицита или избытка растворённого в воде кислорода относительно растворимости (dO_2), кремния силикатов ($Si-SiO_3^{2-}$), азота нитратов ($N-NO_3^-$), общего минерального азота (N) и фосфора фосфатов ($P-PO_4^{3-}$). Данные станций линейно интерполировались на горизонты с шагом 1 м. Условием уместности интерполяции было $z_2 \leq 2 \cdot z_1 + 15$, где z_1 и z_2 — соседние горизонты наблюдений. Осреднение данных по районам выполнялось поэтапно: сначала результаты наблюдений осреднялись за каждый отдельный месяц каждого года с наблюдениями, а затем между соответствующими месяцами всех лет с наблюдениями.

Сезонная убыль биогенного элемента X (ΔX) определена как интегральная разность среднего вертикального распределения элемента весной, по возможности (при наличии данных), до начала интенсивной вегетации, и такого же среднего вертикального профиля летом, после интенсивной вегетации. Месяцы начала и окончания интенсивной вегетации фитопланктона определены после восстановления сезонного хода dO_2 в слое 0–100 м.

Результаты

В целом во всех районах Берингова моря сезонная динамика гидрохимических параметров обладает схожими чертами. Примерно в мае в слое 0–100 м наблюдается переход от зимней однородной гидрохимической структуры к летней двухслойной, а затем, в среднем в ноябре — вновь к однородной. Однако темпы изменения рассматриваемых параметров, а также значения и сроки наступления их экстремумов для разных районов отличаются.

Среднемноголетний сезонный ход минеральных форм основных биогенных элементов показал практически ежегодное истощение запаса минерального азота в поверхностном слое (мощностью до 30 м) в районах восточного шельфа моря за исключением юго-восточного шельфового района. В прибрежном районе восточного шельфа уже с мая также наблюдается близкая к нулю концентрация кремния силикатов на поверхности. По всей видимости, в этих районах имеет место ограничение первичного продуцирования минеральным азотом, а в случае прибрежного района — ещё и минеральным кремнием. В то же время в глубоководных районах даже в летние месяцы концентрации минеральных форм Si, N и P не опускаются ниже 15, 10 и 1 мкмоль $л^{-1}$. То есть, они выше констант полунасыщения даже

для наиболее быстрорастущих видов диатомовых водорослей. Очевидно, ограничение первичного продуцирования минеральными формами основных биогенных элементов в глубоководных районах не наблюдается. Там первичное продуцирование ограничивается каким-то другим фактором.

Поскольку азот в ряде районов расходуется практически до нулевых концентраций в поверхностном слое быстрее, чем другие основные биогенные элементы, оценка средне-многолетней сезонной НПС проводилась именно по этому элементу. Результаты показали, что наиболее высокая чистая продукция сообщества характерна для восточного шельфа моря, для района свала глубин вдоль всей бровки шельфа от центральных алеутских проливов до Камчатки, а также для прибрежного района восточного шельфа.

Таблица 1. Сезонная убыль кремния силикатов, азота нитратов, общего минерального азота и фосфора фосфатов, а также чистая продукция сообщества (НПС) в различных районах исследованной акватории. Номера районов соответствуют номерам на рисунке.

Район	Месяцы данных*		ΔSi	ΔNO_3	ΔN	ΔP	НПС
	Весна	Лето					
1	III (IV)	VII (IX)	1264,4	379,2	346,7	39,4	28
2	IV (IV)	VII (IX)	1326,6	677,9	658,8	48,1	52
3	IV (IV)	VIII (X)	705,0	578,9	391,2	34,0	31
4	III (V)	VII (X)	615,2	327,5	—	23,9	26
5	V (V)	IX (X)	596,9	362,8	369,4	24,9	29
6	IV (V)	VIII (X)	724,9	721,0	709,9	41,9	56
8	V (IV)	VII (IX)	989,3	317,7	340,0	35,2	27
12	III (IV)	VI (IX)	1495,2	623,4	669,0	52,8	53
13	IV (IV)	VII (IX)	2167,8	1188,2	1023,1	78,4	81

* Указаны месяцы, данные которых использованы в расчётах, в скобках даны месяцы начала и окончания вегетационного периода.

Обсуждение

Достоверность оценки среднемноголетней сезонной убыли минеральных форм основных биогенных элементов обеспечена строгим контролем качества и поэтапным осреднением данных, позволившим минимизировать влияние на результат значений, полученных в аномальные годы. Однако для некоторых районов данных пока недостаточно для строгой оценки среднемноголетнего вертикального распределения за весну или лето. К ним относятся, например, западный шельфовый, западный глубоководный и центральный глубоководный районы моря.

Кроме того, на результат могут повлиять другие, не учтённые в данной работе, факторы. По существующим оценкам латеральные адвективные процессы могут изменить концентрацию минеральных форм биогенных элементов в поверхностном слое открытой части Берингова моря не более чем на 10 % (Yasunaka et al., 2015). Атмосферные осадки в течение года поставляют на поверхность Берингова моря также не более 10 % от поверхностных концентраций минеральных форм биогенных элементов (Krishnamurthy et al., 2010). Таким образом, точность полученных в данной работе оценок сезонной убыли элементов составляет примерно 20 %.

Существуют свидетельства того, что C:N-соотношению в клетках фитопланктона свойственна широтная зональность и что в северной части Тихого океана это соотношение заметно выше соотношения Редфилда (Galdbraith and Martiny, 2015; Martiny et al., 2013; Teng et al., 2014). Поэтому возможно, что наша оценка НПС в единицах углерода занижена.

Полученные оценки сложно сравнить с результатами других исследований, поскольку они впервые основаны на среднемноголетних профилях минерального азота. Все предыдущие исследования оперировали данными каких-либо отдельных рейсов, а если и осреднялись, то по другим районам. Тем не менее, качественное сравнение полученных оценок с результатами других исследований показывает их согласованность (табл. 2) за исключением прибрежного района восточного шельфа. Немногочисленные предыдущие исследования показали, что в те несколько лет, в которые велись наблюдения, и чистая ПП, и НПС в южной части прибрежной области была ниже, чем в соседних районах. Наш результат показывает, что при осреднении данных вдоль всей прибрежной области восточного шельфа (глубина меньше 50 м) от Бристольского залива до залива Нортон сезонная убыль минерального азота в ней выше, чем в соседних районах. Следует отдельно отметить, что в нашей работе использовано поэтапное осреднение за все года с наблюдениями, а в предыдущих — только данные двух или трёх лет наблюдений. Вероятно, расхождения в результатах связаны с различиями в наборах данных и подходах к оценке НПС.

Таблица 2. Сравнение полученных в работе оценок с результатами других исследований

Район	НПС, г С м ⁻² г ⁻¹	Год съёмки	Источник
ЗАПАДНАЯ ЧАСТЬ МОРЯ			
Западная глубоководная часть и материковый склон	20–100	1992	(Аржанова и др., 1995)
	20–80	2012	(Кивва, 2014)
Западный шельф	81	–	Эта работа
Западный глубоководный	52	–	Эта работа
СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА			
Северная часть центральной шельфовой области	34±10	2008	(Mordy et al., 2013)
	31±12	2009	(Mordy et al., 2013)
Северный шельфовый район	28	–	Эта работа
Средняя часть центральной шельфовой области	18±10	2008	(Mordy et al., 2013)
	25±10	2009	(Mordy et al., 2013)
Центральный район восточного шельфа	27	–	Эта работа
ЮЖНАЯ ЧАСТЬ ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА			
Юг центрального шельфа	50±21	2008–2010	(Cross et al., 2014)
Юго-восточный шельфовый район	31	–	Эта работа
Южная часть прибрежной области	24±7	2008–2010	(Cross et al., 2014)
Прибрежный восточного шельфа	53	–	Эта работа

Выполненная работа показала, что одной из наиболее продуктивных в рыбохозяйственном отношении областей Берингова моря является западный шельф. Его НПС, то есть «полезная» продуктивность, оценивается в 81 г С м⁻² г⁻¹. По этому показателю западный шельф моря сравним с наиболее продуктивными районами Мирового океана — районами апвеллингов. Например, в Калифорнийском апвеллинге «новая» ПП (в случае апвеллинга — это близкий к НПС параметр) оценивается в 169 г С м⁻² г⁻¹ (Pennington et al., 2010). Среднемноголетняя сезонная убыль фосфора в районах Берингова моря сравнима с соответствующими показателями для Перуанского апвеллинга — 11,8–70,7 ммоль м⁻² (Quiñones et al., 2010).

По существующим оценкам, за летне-осенний период в Беринговом море nekтоном потребляется от ≈100 тыс. т пищи в районе свала глубин Олюторского залива до ≈3000 тыс. т в западной части Алеусткой котловины (Найденко, 2007). С учетом площадей приводимых

статистических районов (Волвенко, 2003), это соответствует 5–15 г пищи м⁻². Поскольку для морских организмов среднее отношение сухой массы к сырой массе составляет около 0,2, а содержание углерода в сухом весе характеризуется величиной около 0,4, содержание углерода в этом потребляемом ОВ вряд ли превышает 10 % от общей массы. Таким образом, можно заключить, что «полезная» первичная продукция фитопланктона в Беринговом море, то есть то количество ОВ, которое доступно высшим трофическим уровням, во всех районах в 20–100 раз превышает потребность всего ихтиоценоза эпипелагиали. Остальное ОВ, сформированное за сезон, погружается в нижележащие слои и захоранивается в донных осадках или служит пищей донным организмам.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00388 мол_а.

Литература

Аржанова Н.В., Зубаревич В.Л., Сапожников В.В. Сезонные изменения запасов биогенных элементов в эвфотическом слое и оценка первичной продукции в Беринговом море // Комплексные исследования экосистемы Берингова моря: Сб. науч. трудов / Отв. ред. В.В. Сапожников. — М.: Изво ВНИРО. 1995. — С. 162–179.

Волвенко И.В. Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоценологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем Востоке // Известия ТИНРО. 2003. Т. 132. — С. 27–42.

Кивва К.К. Выделение экологических районов в Беринговом море на основе океанологических данных // Труды ВНИРО. 2016. Т. 164. — С. 62–74.

Кивва К.К. Гидрохимические условия первичного продуцирования в Беринговом море: автореф. дисс... канд. геогр. наук: 25.00.28 Москва, 2017. — 25 с.

Матвеев В.И., Басюк О.Е. Гидрохимические условия западной части Берингова моря в 2008–2013 гг. Вопросы промысловой океанологии. Вып. 10. — М.: Изд-во ВНИРО, 2013. — С. 208–224.

Найденко С.В. Роль тихоокеанских лососей в трофической структуре эпипелагиали западной части Берингова моря в летне-осенний период 2002–2006 // Известия ТИНРО. 2007. Т. 151. — С. 214–239.

Сапожников В.В., Метревели М.П. Стехиометрическая модель органического вещества — основа количественного изучения продукционно-деструкционных процессов в океане // Труды ВНИРО. 2015. Т. 155. — С. 135–145.

Cross J.N., Mathis J.T., Lomas M.W. [et al.] Integrated assessment of the carbon budget in the southeastern Bering Sea // Deep Sea Res. II. 2014. Vol. 109. — P. 112–124.

Demarest M.S., Brzezinski M.A., Nelson D.M. [et al.] Net biogenic silica production and nitrate regeneration determine the strength of the silica pump in the Eastern Equatorial Pacific // Deep Sea Res. II. 2011. Vol. 58. № 3–4. — P. 462–476.

Galbraith E.D., Martiny A.C. A simple nutrient-dependence mechanism for predicting the stoichiometry of marine ecosystems // Proc. Nat. Acad. Sci. 2015. Vol. 112. № 27. — P. 8199–8204.

Krishnamurthy A., Moore J.K., Mahowald N. [et al.] Impacts of atmospheric nutrient inputs on marine biogeochemistry // J. Geophys. Res. 2010. Vol. 115. № G1. — G01006.

Martiny A.C., Pham C.T.A., Primeau F.W. [et al.] Strong latitudinal patterns in the elemental ratios of marine plankton and organic matter // Nature Geoscience. 2013. Vol. 6. № 4. — P. 279–283.

Mordy C.W., Coklet E.D., Ladd C. [et al.] Net community production on the middle shelf of the eastern Bering Sea // C.W. Mordy, // Deep Sea Res. II. 2012. Vol. 65–70. — P. 110–125.

Paytan A., McLaughlin K. The oceanic phosphorus cycle // Chemical Reviews. 2007. Vol. 107. № 2. — P. 563–576.

Pennington J.T., Friederich G.E., Castro C.G. [et al.] The Northern and Central California Coastal Upwelling System // Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis / Liu K.K., Atkinson L., Quiñones R., Talaue-McManus L. [eds.] — Berlin: Springer, 2010. — P. 29–44.

Quiñones R.A., Gutiérrez M.H., Daneri G. [et al.] The Humboldt Current System // Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis / Liu K.K., Atkinson L., Quiñones R., Talaue-McManus L. [eds.] — Berlin: Springer, 2010. — P. 44–65.

Teng Y.C., Primeau F.W., Moore J.K. [et al.] Global-scale variations of the ratios of carbon to phosphorus in exported marine organic matter // Nature Geosc. 2014. Vol. 7. № 12. — P. 895–898.

Анадара *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) в Азовском море

Е.А. Ковалёв, Л.Н. Фроленко, Л.А. Живоглядова

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону
e-mail: kovalev_e_a@azniirkh.ru

Ключевые слова: вид-вселенец, *Anadara kagoshimensis*, численность, биомасса, Азовское море, кормовая биомасса.

Аннотация. В работе рассмотрено пространственное распределение моллюска *Anadara kagoshimensis* в Азовском море в 2015–2016 гг. Вид впервые отмечен в море 1989 г., в настоящее время он широко распространён в Азовском море. Особое внимание уделяется численности и биомассе моллюска. Отдельно рассматривается его кормовая биомасса. Полученные данные наглядно иллюстрируют современное распределение моллюска в Азовском море.

Anadara kagoshimensis (Tokunaga, 1906) — вид-вселенец. В Чёрном море впервые был обнаружен в 1968 г. на Кавказском побережье (Киселева, 1992). В Керченском проливе моллюск впервые найден 1986 г., где уже 1989 г. отмечен его собственный биоценоз (Золотарев, Золотарев, 1987; Иванов, Синегуб 2008). В Азовском море *A. kagoshimensis* впервые был обнаружен в 1989 г. в Казантипском заливе (Чихачев и др., 1994, 1996). В настоящее время анадара широко распространена в Азовском море и является массовым видом за исключением Центрального и Восточного районов Таганрогского залива (Анистратенко, Халиман, 2006; Набоженко и др., 2006; Ревков, 2016). Схема деления моря на районы приводится на рисунок.

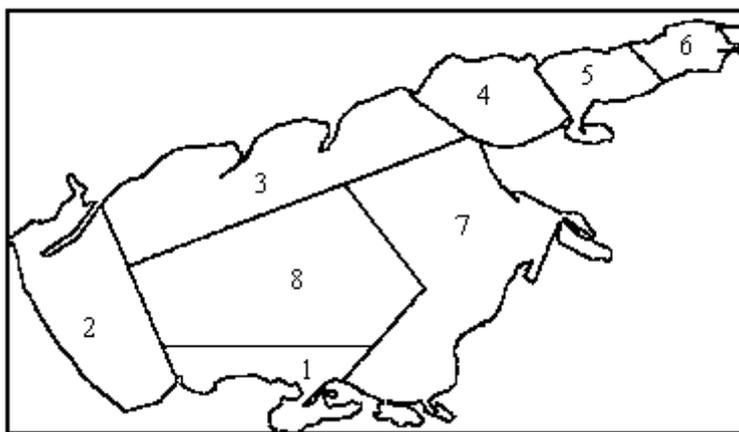


Рисунок. Схема районов Азовского моря: 1 — Южный, 2 — Западный, 3 — Северный, 4 — Западный Таганрогского зал., 5 — Центральный Таганрогского зал., 6 — Восточный Таганрогского залива, 7 — Восточный, 8 — Центральный

Для анализа размерно-массовой структуры были использованы данные, полученные при обработке проб зообентоса отобранных в стандартных гидробиологических рейсах ФГБНУ «АзНИИРХ» в 2015–2016 гг. Пробы отбирались в двух повторностях дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,1 м², далее обрабатывались по общепринятым методикам. Пробы фиксировались раствором: этиловый спирт 70 %, пресная вода 29 %, формалин не более 2%. Моллюсков перед взвешиванием промывали водой и подсушивали до исчезно-

вения мокрого пятна на фильтровальной бумаге. После чего измеряли длину раковины с помощью штангельциркуля с точностью до 1 мм. Затем взвешивали на электронных весах MW-150T с точностью до 0,005 г. Мелких моллюсков взвешивали на торсионных весах ВТ-500 с точностью до 0,001 г. Подсчет моллюсков <3 мм производился по навескам грунта из пробы.

На основе проведенных измерений моллюсков разбили на три размерных группы: длиной раковины до 8 мм моллюски с возрастом до года; условно кормовые длиной раковины до 14 мм; не кормовые с длиной раковины >14 мм. Следует обратить внимание, что группа условно кормовые моллюски включает в себя группу моллюсков с возрастом до года.

Наиболее массово анадара была распространена в Южном р-не Азовского моря в сообществах *Anadara* и *Anadara-Cerastoderma*, где её биомасса осенью 2016 г. превышала 1 кг/м². Минимальные значения биомассы и численности приходились на Западный р-он Таганрогского зал. и Северной р-он собственно моря. Здесь анадара встречались единично, крупные экземпляры до 31 мм. Это может объясняться тем, что в данных районах наблюдаются значительные колебания солености, и молодь моллюсков оседала только при повышении солености. Центральный район Азовского моря более других районов подвержен заморным явлениям, поэтому в нем не отмечается значительных скоплений крупных двустворчатых моллюсков (Федосов, 1955). Однако, в 2015–2016 гг. значительных зон продолжительной гипоксии в данном районе практически не наблюдалось, и анадара смогла сформировать довольно большие скопления молоди в Центральном р-не (табл. 1).

Моллюск с максимальной длиной раковины 51 см был обнаружен в Западном р-не Азовского моря в августе 2016 г.

Для анадары характерна некоторая мозаичность в распределении, особенно на илистых грунтах. Это может объясняться тем, что анадара хотя и устойчива к заиливанию, но для оседания её личинок необходим твердый субстрат, в роли которого является сам моллюск или створки мертвых особей, что также отмечено в работе Н.К. Ревкова для Чёрного моря (2016).

Численность анадары в Азовском море формировали молодые особи 0–2 года (Чихачев и др., 1996). Максимальная численность моллюска зафиксирована осенью 2016 г. в Центральном районе и составляла около 8500 экз/м². В пробах 2016 г. моллюсков до года зафиксировано на порядок больше чем в 2015 г., максимальная численность анадары до одного года за 2015 г. не превышала 600 экз/м². Это свидетельствует о благоприятных условиях для оседания молоди, в т.ч. и кислородного режима в Азовском море в 2016 г. (таблица).

Межсезонные колебания численности не кормовых моллюсков сложно выявить особенно для районов, где они встречаются не регулярно и локально. По-видимому, это связано с мозаичностью распределения подходящего для оседания молоди моллюсков субстрата на морском дне. Однако, для Южного р-на, где моллюск распространен практически повсеместно, наблюдается стабильное увеличение численности и биомассы не кормовых моллюсков. В целом по Азовскому морю в 2015–2016 гг. наблюдался рост биомассы и численности анадары всех размерных групп.

Анадара является кормовым ресурсом для бентосоядных рыб. Раковина данного вида превосходит по толщине одноразмерную раковину *Cerastoderma glaucum* (Bruguière, 1789) в полтора раза, что делает его практически не пригодным для питания рыб-бентофагов уже на второй год жизни. Несмотря на это, обилие молоди данного моллюска делает его перспективным кормовым объектом. Также следует учитывать, что по сравнению с аборигенным видом анадара растет на 25 % быстрее (Чихачев и др., 1996). У вида-вселенца есть еще одно преимущество перед *C. glaucum*, он значительно более устойчив к недостатку кислорода, что позволяет ему, распространяться в непригодные для жизни других двустворчатых моллюсков области, и повышает кормовую биомассу Азовского моря. Роль анадары, как кормового ресурса, для рыб-бентофагов Азовского моря слабо изучена и нуждается в дальнейших исследованиях.

Дальнейшее расселение моллюска в Таганрогском зал. при сохранении современного уровня солености маловероятно. Анадара предпочитает соленость до 10,2 ‰, что не исключило обнаружение единичных особей в Центральном р-не Таганрогского зал. (Чихачев и др.,

1996). Несмотря на то, что в 2016 г. анадара сформировала значительную численность и биомассу в Центральном р-не Азовского моря, дальнейшее развитие популяции в этом районе остаётся под вопросом из-за частых заморных явлений, т.к. при длительном заморе анадара всё-таки погибает.

Анализ данных по численности и биомассе анадары показал, моллюск продолжает активно колонизировать Азовское море, наращивая биомассу и численность. Следует ожидать, что в будущем его биомасса и численность возрастут. Необходимо отметить, что при повыше-

Таблица. Распределения биомассы Анадары по районам и группам

Район	Размерная группа	Апрель 2015 г.	Август 2015 г.	Октябрь 2015 г.	Август 2016 г.	Октябрь 2016 г.
Западный район Таганрогского залива	До года		$\frac{0,257^*}{6}$			$\frac{0,015}{2}$
	Кормовые		$\frac{0,257}{6}$		$\frac{0,244}{1}$	$\frac{0,015}{2}$
	Не кормовые					$\frac{27,617}{3}$
Северный	До года			$\frac{0,1}{5}$		
	Кормовые	$\frac{0,4}{3}$		$\frac{0,1}{5}$		
	Не кормовые				$\frac{46}{15}$	$\frac{6,794}{5}$
Центральный	До года		$\frac{0,02}{10}$	$\frac{0,831}{462}$	$\frac{0,058}{53}$	$\frac{34,775}{8598}$
	Кормовые		$\frac{0,02}{10}$	$\frac{0,831}{462}$	$\frac{4,138}{65}$	$\frac{34,775}{8598}$
	Не кормовые		$\frac{5,39}{1}$		$\frac{12,154}{15}$	$\frac{87,565}{31}$
Южный	До года	$\frac{0,008}{3}$	$\frac{0,2}{5}$	$\frac{16,39}{345}$	$\frac{6,755}{5970}$	$\frac{4,795}{525}$
	Кормовые	$\frac{2,233}{10}$	$\frac{0,2}{5}$	$\frac{32,153}{448}$	$\frac{7,915}{5980}$	$\frac{5,443}{528}$
	Не кормовые	$\frac{639,238}{63}$	$\frac{559,09}{91}$	$\frac{744,138}{113}$	$\frac{770,475}{108}$	$\frac{1149,473}{375}$
Восточный	До года	$\frac{0,884}{100}$	$\frac{9,786}{190}$	$\frac{4,147}{520}$	$\frac{0,742}{29}$	$\frac{1,54}{1253}$
	Кормовые	$\frac{2,678}{106}$	$\frac{17,143}{238}$	$\frac{41,397}{599}$	$\frac{4,142}{43}$	$\frac{1,54}{1253}$
	Не кормовые	$\frac{52,491}{9}$	$\frac{24,57}{6}$	$\frac{32,425}{24}$	$\frac{6,439}{2}$	
Западный	До года		$\frac{0,08}{53}$	$\frac{0,25}{3}$	$\frac{6,533}{2172}$	$\frac{55,748}{4890}$
	Кормовые		$\frac{0,08}{53}$	$\frac{0,25}{3}$	$\frac{6,533}{2172}$	$\frac{174,082}{5433}$
	Не кормовые	$\frac{64,583}{8}$	$\frac{16,433}{3}$	$\frac{20,888}{5}$	$\frac{102,975}{12}$	$\frac{178,892}{43}$

*Здесь и далее в таблице в числителе — биомасса, в знаменателе — численность.

нии солёности моря анадара, скорее всего, станет массовым видом в Западном и Центральном районах Таганрогского залива, это приведет к изменению бентосных сообществ и изменению спектров питания бентосоядных рыб.

Литература

Анистратенко В.В., Халиман И.А., 2006. Двустворчатый моллюск *Anadara inaequalvis* (Bivalvia, Arcidae) в северной части Азовского моря: завершение колонизации Азово-Черноморского бассейна // Вестник зоологии. Т. 40, № 6. — С. 505–511.

Золотарев В.Н., Золотарев П.Н., 1987. Двустворчатый моллюск *Cunearca cornea* — новый элемент фауны Чёрного моря // Доклады АН СССР. Т. 297, № 2. — С. 501–502.

Иванов Д.А., Синегуб И.А., 2008. Трансформация биоценозов Керченского пролива после вселения хищного моллюска *Rapana thomasiana* и двустворчатых *Mya arenaria* и *Cunearca ornea* // Современные проблемы экологии Азово-Черноморского региона: Материалы III Междунар. конф. (10–11 октября 2007 г.). Керчь. — С. 45–51.

Киселева М.И., 1992. Сравнительная характеристика донных сообществ у побережья Кавказа // Многолетние изменения зообентоса Чёрного моря / ред. В.Е. Заика. — Киев: Наукова думка. — С. 84–99.

Набоженко М.В., Шохин И.В., Сарвилина С.В., Коваленко Е.П., 2006. Современное состояние макрозообентоса Азовского моря // Вестник южного научного центра РАН. Т. 2, №2. — С. 83–92.

Реков Н.К., 2016. Особенности колонизации Черного моря недавним вселенцем — двустворчатым моллюском *Anadara kagoshimensis* (Bivalvia: Arcidae) // Морской биологический журнал. Т. 1, № 2. — С. 3–17.

Федосов М.В., 1955. Причины возникновения дефицита кислорода в Азовском море // Труды ВНИРО. Т. 31, Вып. 1. — С. 80–94.

Чихачев А.С., Фроленко Л.Н., Реков Ю.И., 1994. Новый вселенец в Азовское море // Рыбное хозяйство. № 3. — С. 40.

Чихачев А.С., Фроленко Л.Н., Реков Ю.И., 1996. Двустворчатый моллюск *Anadara* sp. — новый вселенец в Азовское море // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна: Сборник трудов АзНИИРХ. Ростов-на-Дону. — С. 165–167.

УДК 664.951.014:543.544

Хроматография/масс-спектрометрия для определения химических показателей безопасности водных биологических ресурсов

А.В. Козин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: kozin82a@gmail.com

Ключевые слова: безопасность, рыба, рыбные продукты, хроматография, масс-спектрометрия.

Аннотация: Повышению безопасности рыбы и рыбных продуктов всегда уделяется важное внимание. В соответствии с нормативными документами химические показатели безопасности подвергаются нормированию. В статье обсуждается ведущая роль хроматографических / масс-спектрометрических методов в количественном определении нормируемых и ненормируемых остаточных количеств опасных соединений в водных биологических ресурсах.

Известно, что пищевые отравления, вызванные химическими веществами, могут иметь долговременное последствие на здоровье человека, приводя к хроническим и раковым заболеваниям. Особенно коварными считаются стойкие органические соединения, группа, так называемая, «грязной дюжины» (Майстренко и др., 1996; Хи и др., 2013), которая накапливаясь в пищевой цепи и в организме человека, приводит к нарушению развития репродуктивной функции, повреждению иммунной системы, гормональным сбоям и даже к изменению ДНК.

Не менее опасными являются антибиотики, остаточное содержание которых, попадая с продукцией аквакультуры, могут вызывать микробный дисбаланс, инициировать возникновение и распространение резистентных бактерий и вызвать инфекционные заболевания (Шульгина и др., 2015; Cañada-Cañada и др., 2009).

Для данных веществ необходим строгий контроль и нормативными документами установлены максимально допустимые уровни: в России — Техническим регламентом Таможенного союза ТР/ТС/021/2011 «О безопасности пищевой продукции», СанПиНом 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и с 1 сентября 2017 г. Техническим регламентом Евразийского экономического союза «О безопасности рыбы и рыбной продукции»; в странах Европейского Союза Регламентами Комиссии 1881/2006ЕС, 37/2010ЕС, 1019/2013ЕС, 1259/2011ЕС, а также многочисленными их дополнениями, в США — Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов (FDA, 2011).

В соответствии с приказом Росрыболовства от 13.11.2009 г. № 1020 по некоторым показателям безопасности в рыбных объектах промысла проводится мониторинг. Для определения их количественного содержания используются соответствующие аттестованные и гостированные методики (таблица), отраслевые методики (Копыленко и др., 2005) и методики прошедшие валидацию.

Хроматографическим методам принадлежит абсолютное лидерство в разделении сложнокомпонентных смесей и по данным самой престижной и крупнейшей международной Питтсбургской ежегодной конференции по аналитической химии и прикладной спектроскопии, которая проходит каждый год в США хроматографические методы разделения, особенно с масс-спектрометрическим детектированием продолжают удерживать лидирующие позиции (Яшин, 2006; 2014).

Для определения показателей безопасности в рыбе и рыбных продуктах главным образом хлорорганических пестицидов (ХОП), полихлорированных бифенилов (ПХБ), диоксинов используют метод газожидкостной хроматографии (ГЖХ) с соответствующим селективным детектированием, для количественного определения бенз(а)пирена, гистамина со стадией предколоночной дериватизации, остаточного содержания ветеринарных препаратов группы сульфаниламидов, нитроимидазолов, пеницилинов, амфениколов и других соединений применение находит высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ), которая вместе с ГЖХ занимают основное положение (таблица). Более просто вариант — тонкослойная хроматография (ТСХ) и более дорогая в аппаратурном оформлении ультраэффективная жидкостная хроматография (УЭЖХ) для количественного определения трифенилметановых красителей и остаточного содержания производных бензоилмочевины используется реже.

Хроматография — гибридный аналитический метод, основанный на дифференцированном многократном распределении компонентов в динамической системе состоящей из двух фаз подвижной и неподвижной, и последующим их детектировании. Хроматография — физико-химический метод разделения, основанный на распределении компонентов между двумя фазами. Следует отметить, что определение всегда носило дискуссионный характер, и были предложены несколько определений (Даванков и др., 1997; Берёзкин, 2003).

В настоящее время основной курс для обнаружения и количественного определения загрязняющих веществ направлен на повышение надежности и чувствительности определяемых соединений. Использование одной хроматографической колонки с селективными детекторами (ЭЗД, ФЛД и др.) может приводить к неполному разделению пиков, к неправильной идентификации компонентов, и, в конечном итоге, к некорректному количественному определению и получению ложноположительных результатов. В некоторых аттестованных методиках для обнаружения коэлюирующих соединений разделение предлагают проводить на хроматографической колонке с фазой другой полярности.

Использование полной многомерной газовой (ГХ-ГХ) или применение масс-спектрометрического детектора позволяет устранить эти проблемы, получить более надежные результаты и значительно расширить возможности разделения и идентификации, а также упростить стадии пробоподготовки. (Амелин и др., 2017; Лебедев и др., 2013).

Таблица. Основные методы определения химических показателей безопасности водных биоресурсов

Химический показатель безопасности	Нормативный документ	Метод хроматографии	Тип детектирования
Хлорорганические пестициды	МВИ МН 2352–2005, МУ 3151-84	ГЖХ	ЭЗД
2,4-Д кислота.	Сборник (ред. Копыленко Л.Р.	ГХХ	ЭЗД
Полихлорированные бифенилы (ПХБ)	МУК 4.1.1023-01	ГЖХ	ЭЗД
Диоксиноподобные и маркерные ПХБ	ГОСТ 31983-2012	ГЖХ	ЭЗД/МС
Диоксины и диоксиноподобные ПХБ	ГОСТ 31792-2012	ГЖХ	МС
Нитрозамины сумма НДМА и НДЭА	МУК 4.4.1.011-93	ТСХ/ГЖХ	ФЛД/ХЛД
	МВИ МН 3543-2010	ВЭЖХ	ФЛД
Бенз(а)пирен и другие поли-ароматические углеводороды	ГОСТ Р 51650-2000 ГОСТ 31745-2012	ВЭЖХ	ФЛД
Гистамин и другие биогенные амины	ГОСТ 31789-2012	ВЭЖХ	ФЛД
Трифенилметановые красители	ГОСТ Р 56962-2016	УЭЖХ	ТОF-МС
Производные бензоилмочевины	ГОСТ Р 57024-2016	УЭЖХ	ТОF-МС
Сульфаниламиды Нитроимидазолы Пенициллины Амфениколы.	ГОСТ Р 54904-2012	ВЭЖХ	МС/МС
Кокцидиостатики	ГОСТ Р 54518-2011	ВЭЖХ	МС/МС
Метаболитов нитрофуранов	ГОСТ Р 32014-2012	ВЭЖХ	МС/МС
Анаболические стероиды и производные стибена	ГОСТ 32015-2012	ГЖХ	МС
<p><i>Примечания:</i> ГЖХ — газожидкостная хроматография, ВЭЖХ- высокоэффективная жидкостная хроматография, УЭЖХ — ультраэффективная жидкостная хроматография, ТСХ- тонкослойная хроматография, ЭЗД — электронно-захватный детектор ФЛД-флюориметрический детектор, ХЛД — хемилюминесцентный детектор, МС — квадрупольный масс-спектрометрический детектор, ТОF-МС — времяпролетный масс-спектрометрический детектор, МС/МС — тандемная масс-спектрометрия.</p>			

Использование масс-спектрометрического детектирования с предварительным хроматографическим разделением (ГХ/МС, ГХ/МС/МС ВЭЖХ/МС/МС) значительно улучшают чувствительность и селективность, линейность калибровочной кривой, специфичность. Масс-спектрометрия является аналитическим методом, оперирующая заряженными атомами и молекулами химических соединений (Лебедев и др., 2013). В масс-спектрометрическом детекторе с помощью различных методов ионизации происходит: а) образование; б) разделение; в) детектирование ионов в соответствии с величиной массы к заряду и предоставляется информация о химическом и структурном строении на основании молекулярной массы и характерной картины фрагментации молекул. Разделение ионов происходит в анализаторе, который также называют «сердце» масс-спектрометра.

Анализаторы различаются по своей разрешающей способности, точности измерения массы, скорости сканирования, чувствительности, динамическому диапазону и возможности осуществления тандемного режима (МС/МС). В современном экологическом и пищевом анализе широкое использование получили масс-спектрометры на основе квадрупольного (Q) или времяпролетного (TOF) анализатора, а также тандемные варианты (QqQ), (QqTOF)

(Амелин и др., 2017) В аттестованных методиках (таблица), которые применяются для определения соответствующих соединений в ВБР, и использующие в качестве детектора масс-спектрометр на основе квадрупольного масс-анализатора, для количественного определения аналитов применяют режим SIM (мониторинг заданных ионов) и MRM (мониторинг заданных реакций) при применении (QqQ), что позволяет определять только те соединения, которые известны заранее.

Согласно Резолюции 2002/657/ЕС об аналитических методах и интерпретации результатов определения остаточных количеств ксенобиотиков, запрещенный препарат считается идентифицированным (надежно обнаруженным), если его время удерживания находится в приемлемых пределах и метод его детектирования оценен на 4 балла. В настоящее время критерию однозначной идентификации вещества отвечает тандемная масс-спектрометрия или масс-спектрометрия высокого разрешения.

Современные методы направлены на детектировании только целевых аналитов. В результате теряется информация о многих других соединениях (полихлорированные дифениловые эфиры, полибромированные дифениловые эфиры, полихлорированные нафталины и др.), которые потенциально могут присутствовать в водных биоресурсах (Амелин и др., 2015; De Voer и др., 2009; Rico и др., 2012; Sapozhnikova и др., 2013), что не позволяет оценить возможные последствия содержания остаточного количества ненормируемых токсикантов для здоровья человека.

Комплексное использование хроматографических методов разделения (ГЖХ, УЭЖХ) в тандеме с масс-спектрометрией (QqTOF) позволит выполнить широкомасштабный скрининг детектирования, идентификации и структурного анализа новых загрязняющих веществ, продуктов трансформации пестицидов и ветеринарных препаратов и получить полную картину воздействия вредных веществ на потребителя.

Литература

Амелин В.Г., Лаврухина О.И. Обеспечение безопасности пищевых продуктов средствами химического анализа // Журнал Аналитической химии 2017. № 1. Т. 72. — С. 3–49.

Амелин В.Г., Андоралов А.М., Волкова Н.М., Коротков А.И., Никешина Т.Б., Сидоров И.И., Тимофеев А.А. Идентификация и определение токсикантов с использованием стандартной добавки в пищевых продуктах, продовольственном сырье и кормах методом высокоэффективной жидкостной хроматографии/времяпролетной масс-спектрометрии высокого разрешения // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. № 2. — С. 189–207.

Берёзкин В.Г. Что такое хроматография? О новом подходе к определению хроматографии. — М.: Наука, 2003. — 7 с.

Даванков В.А. (ред.). Хроматография. Основные понятия. Терминология. Серия «Сборники научно-нормативной терминологии». 1997. Вып. 114. — М.: РАН. — 48 с.

Копыленко Л.Р. (ред.) Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Выпуск 2. Методические рекомендации по определению содержания токсикантов в продуктах из гидробионтов. — М.: Изд-во ВНИРО, 2005. — 69 с.

Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов. — М.: Химия. 1996. — 319 с.

Шульгина Л.В., Якуш Е.В., Шульгин Ю.П., Шендерюк В.В., Чукалова Н.Н., Л.П. Бахолдина Л.П. Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор // Известия ТИНРО. 2015. Т. 181. — С. 216–230.

Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. — М.: Техносфера, 2013. — 632 с.

Яшин Я.И. Основные тенденции развития хроматографии после 110-летия со дня ее открытия М.С. Цветом // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14. Вып. 2.

Яшин Я.И., Яшин А.А. Наукометрия материалов Pittcon 2014 новые методы, приборы, применения // Аналитика, 2014. 3(16). — С. 50–52.

Яшин Я.И., Яшин А.А. Аналитическая хроматография. Методы, аппаратура, применение // Успехи химии, 2006, Т. 75. — С. 366–379.

Cañada-Cañada F., Muñoz de la Peña A., Espinosa-Mansilla A. Analysis of antibiotics in fish samples // Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2009. Vol. 395. I.4. — P. 987–1108.

De Boer J., Van Bavel B. Tools for the REACH Programme — analytical methods for the evaluation of industrial contaminants // *Journal of Chromatography A* 2009, Vol. 1216. — P. 301–640.

FDA. Fish and Fisheries Products Hazards and Controls Guidance, 4th Edition. Washington, DC: US Food and Drug Administration. 2011.

Rico A., Satapornvanit K., Haque M.M., Min J., Nguyen P.T., Telfer T.C., Van den Brink P.J. Use of chemicals and biological products in Asian aquaculture and their potential environmental risks: a critical review // *Reviews in Aquaculture* 2012, 4(2): P. 75–93.

Sapozhnikova Y., Lehotay S.J. Multi-class, multi-residue analysis of pesticides, polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons, polybrominated diphenyl ethers and novel flame retardants in fish using fast, low-pressure gas chromatography-tandem mass spectrometry // *Analytica Chimica Acta*, 2013, 758, 80–92.

Xu W, Wang X, Cai Z. Analytical chemistry of the persistent organic pollutants identified in the Stockholm Convention: A review // *Analytica Chimica Acta*, 2013, Vol. 790, 6, P. 1–13.

УДК:597.423–11 (262.81)

Встречаемость микроядер в эритроцитах крови русского осетра Каспийского моря

А.В. Конькова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: avkonkova@rambler.ru

Ключевые слова: микроядра, микроядерный тест, эритроциты, кровь, русский осетр, Каспийское море, спонтанный мутагенез

Аннотация. В статье представлены материалы по микроядерному тесту, проведенному на основе анализа морфофизиологической структуры эритроцитов крови половозрелых особей русского осетра, выловленных в Каспийском море.

Введение

Каспийское море является величайшим на Земном шаре изолированным внутриматериковым бессточным водоемом, обладающим богатейшей по своему составу ихтиофауной, насчитывающей более 122 видов рыб (Рыбы Каспийского моря, 2008). Среди всех представителей ихтиофауны особое место с давних пор принадлежит осетровым рыбам, по численности и количеству видов которых Каспий занимает лидирующее положение (Ходоревская и др., 2012; Ходоревская и др., 2016). Однако следует отметить, что с периода 2000–2010 гг. в море стали регистрировать сокращение численности и промысловых запасов осетровых. Для их сохранения в России был запрещен промысел: с 2000 г. — белуги, с 2005 г. — осетра и севрюги. Вылов осуществлялся только для целей искусственного воспроизводства и выполнения научно-исследовательских программ (Ходоревская и др., 2012). К сожалению, введенный мораторий на промысел осетровых рыб не способствовал улучшению состояния популяций (Ходоревская и др., 2016).

Несомненно, одной из главных причин снижения численности осетровых рыб является нерациональный (браконьерский) промысел. В свою очередь, на состояние рыб, в т.ч., могли оказать негативное влияние экологические факторы среды обитания. В связи с этим, для определения физиологического статуса осетровых рыб в настоящее время необходимо проведение специализированных исследований, результаты которых могли бы описать происходящие в организме исследуемых рыб изменения. К одним из таких направлений можно отнести ихтиогематологию, т.к. кровь является наиболее лабильной и чувствительной к изменениям состояния организма тканью (Головина, Тромбицкий, 1989). Из всего ряда методов гематологических исследований следует выделить проведение микроядерного теста, т.к.

его результаты являются инструментом ранней диагностики глубоких изменений в организме при эритропоэзе. Таким образом, целью данной работы являлось проведение определения частоты встречаемости микроядер у эритроцитов крови русского осетра, обитающего в Каспийском море.

Материал и методы

Для определения частоты встречаемости клеток с микроядрами проведено гематологическое исследование, осуществленное согласно общепринятым методикам (Лабораторный практикум..., 1983; Иванова, 1983; Методические указания..., 1999; Методические указания ..., 2009).

Объектом исследования являлись половозрелые особи русского осетра, выловленные донным тралом в Северном Каспии и на границе со Средним Каспием летом и осенью 2016 г., во время плановых экспедиций ФГБНУ «КаспНИРХ». Район исследования охватывал акваторию свала глубин, центральный приглубый район и акваторию разреза Чечень-Мангышлак. Вылов рыбы проводили в соответствии с общепринятыми методиками (Инструкции по сбору..., 2011), обследованию подвергнуто 37 половозрелых особей русского осетра средней длиной $96,65 \pm 1,70$ см и массой $4,31 \pm 0,25$ кг. Ихтиологические исследования осуществлены согласно методикам проведения биологического анализа осетровых рыб (Правдин, 1966; Инструкции по сбору..., 2011).

Взятие крови проведено в момент вылова рыб непосредственно на судне в период экспедиции. Кровь отбирали из жаберной вены (путем рассечения жабр). Для каждой особи было изготовлено 3–4 мазка. Просушенные на воздухе мазки фиксировали 96° этанолом 30 мин, снова просушивали и окрашивали 10%-ным раствором красителя Гимза 30–60 мин (в зависимости от индивидуальных особенностей крови рыб и толщины мазка). Для определения частоты встречаемости клеток с микроядрами (МЯ) было проанализировано по 1000 эритроцитов каждой особи.

Микроядра определяли по следующим критериям (Merish и др., 1996; Кузина, 2011): МЯ представляли собой сферические цитоплазматические включения хроматина, имеющие четкий контур; МЯ не были связаны с ядром; МЯ имели с ядром схожие черты по структуре и окраске; диаметр МЯ варьировал от 1/10 до 1/3 диаметра ядра.

Микроскопирование окрашенных мазков крови проведено с помощью микроскопа «БИОМЕД-6 LED». Микрофотосъемка форменных элементов крови осуществлена с помощью фотонасадки DCM 510.

Полученные результаты исследований подвергли статистической обработке при помощи программы Microsoft Excel 2010 (осуществлен расчет средних величин, стандартной ошибки, оценки достоверности различий при помощи критерия Стьюдента ($p < 0,05$)).

Результаты исследования

Результаты проведенного исследования выявили у 43,2 % обследованных особей русского осетра наличие эритроцитов с микроядрами. Практически все обнаруженные МЯ были небольшого размера, локализовались преимущественно около основного ядра (рис. 1а, б, в), в некоторых случаях — имели пристеночное расположение (рис. 1г, д, е).

Абсолютное число эритроцитов с МЯ у отдельно взятой особи варьировало в диапазоне от 1 до 8 шт. Максимальное количество клеток эритроидного ряда с МЯ (4–8 шт.) отмечали у рыб, выловленных в летний период исследований. В одном эритроците насчитывали не более четырех МЯ, однако в большинстве случаев (92,3 %) у эритроцитов регистрировали 1–2 МЯ. В среднем во всей выборке русского осетра количество МЯ в одном эритроците составило $0,8 \pm 0,1$ шт.

По результатам сравнительного анализа клеток эритроидного ряда самцов и самок было отмечено, что в зависимости от пола достоверных различий по количеству рыб, имевших эритроциты с МЯ, в течение одного периода исследования не выявлено. При этом, в сезонном аспекте отмечено увеличение рыб, имевших эритроциты с МЯ, в летний период по отношению к рыбам, выловленных осенью (70,6 % против 20,0 % рыб) (таблица). Это

могло быть связано как с биологическими особенностями рыб (например, с сезонными миграциями или с перемещениями, связанными с обеспеченностью кормовой базой), которые способствовали территориальному перераспределению рыб на акватории всего Каспия (подход рыбы с других частей моря), так и с патологическими процессами в организме.

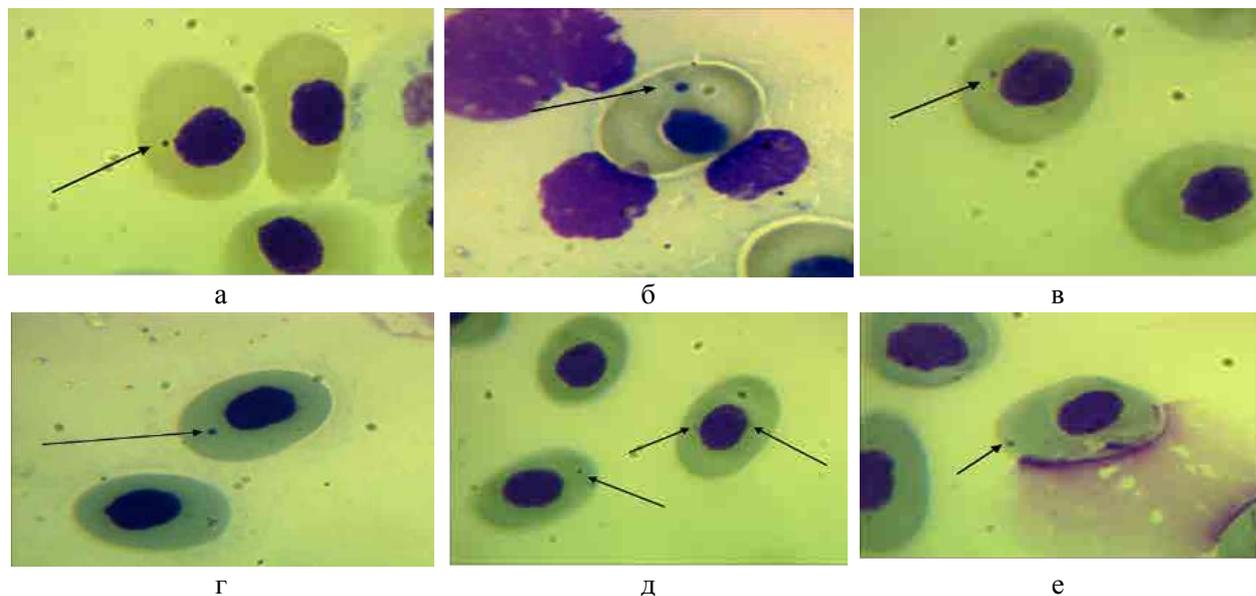


Рис. 1. Микроядра в эритроцитах крови половозрелых особей русского осетра, выловленных в Каспийском море: *а, б, в, д* — локализация у основного ядра; *г, д, е* — пристеночное расположение

Таблица. Встречаемость микроядер в эритроцитах крови половозрелых особей русского осетра, выловленных в Каспийском море

Сезоны	Пол	Доля рыб с МЯ, %	Доля эритроцитов с МЯ, %	Количество МЯ, шт/особь
Лето	♂	75,0	0,21±0,09	1–10
	♀	66,7	0,12±0,05	1–6
	♂–♀	70,6	0,16±0,05	1–10
Осень	♂	23,1	0,04±0,02	1–2
	♀	14,3	0,05±0,02	3
	♂–♀	20,0	0,04±0,01	1–3
Средние показатели (лето–осень)	♂–♀	43,2±15,2	0,10±0,03	1–10

В целом, подводя итог проведенной работе, следует отметить, что за оба периода исследований количество МЯ в одной клетке варьировало от 1 до 4 шт. Максимальная численность эритроцитов с МЯ была отмечена в летний период у одного самца и достигала 8 клеток, у которого в общей сложности насчитывали до 10 микроядер. Доля эритроцитов с МЯ за весь период наблюдений находилась на уровне $0,10 \pm 0,03$ % (таблица). Этот показатель, согласно данным литературных источников, свидетельствовал о низкой вероятности мутагенеза и генотоксичности среды обитания рыб, ввиду того, что вероятность появления эритроцитов с МЯ при спонтанном мутагенезе может быть высокой при появлении более 0,5–1,0 % клеток с МЯ (Ильинских, 1988; 1992; Кузина, 2011). Однако, у 2,7 % рыб процент эритроцитов с МЯ был на уровне 0,8 %. Данный показатель входил в указанный выше диапазон, что могло свидетельствовать о некотором дисбалансе в организме отдельных особей.

Появление микроядерных структур в цитоплазме эритроцитов рыб и других гидробионтов учеными рассматривается как признак развития патологических процессов в организ-

ме при влиянии, в т.ч., неблагоприятных факторов окружающей среды (Ильинских, 1988; Кузина, 2011). В связи с этим, обнаружение микроядер в форменных элементах красной крови даже в небольшом количестве может косвенно указывать на происходящие в окружающей среде негативные изменения.

Заключение

Проведенный в 2016 г. микроядерный тест выявил наличие в периферическом кровотоке эритроцитов с микроядрами у 43,2 % обследованных особей русского осетра, выловленных на акватории Каспийского моря. Появление микроядер свидетельствовало о некотором дисбалансе в организме указанных особей, однако невысокий показатель удельного веса эритроцитов с микроядрами ($0,10 \pm 0,03$ %) во всей выборке позволяет сделать вывод об удовлетворительном состоянии представителей данного вида рыб в исследуемом водоеме и об отсутствии сильного негативного влияния факторов внешней среды, которое проявилось бы в реакции организма рыб, в первую очередь, повышением частоты встречаемости микроядер (специфичная реакция на действие различных химических мутагенов). При этом необходимо отметить, что в организме обследованных особей, несомненно, происходили некоторые патологические процессы, которые могли быть вызваны как происходящими в окружающей среде пока некритичными негативными изменениями, так и адаптационными перестройкам. Для описания более полной и всесторонней оценки физиологического статуса осетровых в Каспии ихтиогематологические работы следует в дальнейшем продолжить.

Литература

Головина Н.А., 1989. Гематология прудовых рыб / Н.А. Головина, И.Д. Тромбицкий. — Кишинев: Штиинца. — 158 с.

Иванова Н.Т. 1983. Атлас клеток крови рыб (сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб) / Н.Т. Иванова. — М.: Легкая и пищевая пром-сть. — 184 с.

Ильинских Н.Н. 1988. Использование микроядерного теста в скрининге и мониторинге мутагенов / Н.Н. Ильинских, И.Н. Ильинских, В.Н. Некрасов // Цитология и генетика. Т. 22, № 7. — С. 67–72.

Ильинских Н.Н. 1992. Микроядерный анализ и цитогенетическая нестабильность / Н.Н. Ильинских, В.В. Новицкий, Н.Н. Ванчугова, И.Н. Ильинских. — Томск: Издательство Томского Университета. — 272 с.

Инструкции по сбору и обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Под общ. ред. Г.А. Судакова. — Астрахань: КаспНИРХ, 2011. — 193 с.

Кузина Т.В. 2011. Цитофизиологические особенности крови промысловых рыб Волго-Каспийского канала: автореф. дис. ...канд. биол. наук: 03.03.04 / Т.В. Кузина. — Астрахань. — 26 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб / Под ред. В.А. Мусселиус. — М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1983. — 296 с.

Методические указания по проведению гематологического обследования рыб (утв. 02 февраля 1999 г. № 13-4-2-/1487 Министерством сельского хозяйства и природопользования Российской Федерации) // Сборник инструкций по борьбе с болезнями рыб. Ч. 2. — М.: Отд. маркет. АМБ-агро, 1999. — С. 69–97.

Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (утв. приказом Федерального агентства по рыболовству от 4 августа 2009 г. № 695). Приложение 2: Требования к разработке максимальных допустимых концентраций вещества для пресноводных биологических тест-объектов [Режим доступа: система Гарант аэро].

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных) / И.Ф. Правдин. — М.: Пищевая промышленность. — 375 с.

Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел) / Авт.-сост. В.П. Иванов, Г.В. Комарова. — Астрахань: Изд-во АГТУ, 2008. — 224 с.

Ходоревская Р.П. 2012. Современное состояние запасов осетровых Каспийского бассейна и меры по их сохранению / Р.П. Ходоревская, В.А. Калмыков, А.А. Жилкин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. № 1. — С. 99–106.

Ходоревская Р.П. 2016. Современное состояние запасов и видовое разнообразие водных биологических ресурсов Волжско-Каспийского бассейна / Р.П. Ходоревская, С.В. Канатъев, В.А. Кал-

мыков, В.Н. Ткач, И.Н. Лепилина // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования [Электронный ресурс]: Материалы докладов Всеросс. конф. с междунар. участием, посвящ. 85-летию Татарского отд. ГОСНИОРХ (Казань, 24–29 октября 2016 г.). — Казань— С. 1081–1092.

Mersh J., 1996. Induction of micronuclei in haemocytes and gill cells of zebra mussels, *Dreissena polymorpha*, exposed to clastogens / *J. Mersh, M.N. Beauvais, P. Nagel* // *Mutation Research*. 371. — P. 47–55.

УДК 664.952/.957

Перспективы создания технологии рыбной кулинарии длительного хранения

О.Н. Кривонос¹, Н.В. Долганова², А.С. Виннов¹

¹ Керченский филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» («ЮгНИРО»), г. Керчь

² Астраханский государственный технический университет (АГТУ), г. Астрахань
e-mail: kryvonos.olga@mail.ru

Ключевые слова: готовые блюда длительного хранения, рыбные продукты, азовский бычок, пиленгас, анкетирование, барьерные технологии.

Аннотация. В статье рассматривается перспективное развития рынка готовых блюд длительного хранения в Российской Федерации, факторы влияющие на их спрос, основные виды рыбного сырья для использования в производстве рыбных продуктов — азовский бычок и пиленгас. Рекомендации по применению барьерных технологий для обеспечения безопасности продукта при длительном хранении.

В современном мире темп жизни стремительно увеличивается, особенно в крупных городах с развитой инфраструктурой. Растущая деловая активность населения, увеличение числа работающих женщин, высокие темпы урбанизации, рост материальной обеспеченности населения носят глобальный характер, что бесспорно, оказывает влияние на формирование рынка продовольствия, в т.ч. готовой пищи (ready meals) (Бут, 2014). В обществе, где главным дефицитом является время, готовые продукты питания, имеют своего постоянного потребителя. Это, очевидно, связано с простотой приготовления пищи по сравнению с традиционной кухней, основанной на использовании необработанного сырья.

Дальнейшим развитием широкого применения готовых продуктов питания в развитых странах является тенденция реализации готовой пищи через торговые автоматы, которые снабжены блоком микроволнового разогрева. Замороженные или охлажденные продукты питания разогреваются непосредственно в упаковке и «подаются» покупателю. Нажатие пары кнопок для выбора блюда, оперативная оплата, 90 с на разогрев — и вкусная, горячая еда готова.

Такое решение быстро набирает популярность в связи с удобством и значительной экономией времени.

Подобный подход к быстрому питанию применим и в Российской Федерации, при этом он важен не только для мегаполисов, но и для южных приморских регионов России, особенно в курортный летний период. Отдыхающие во время отпуска ведут активный образ жизни, стремясь к максимальной экономии времени, в том числе на питание, что делает важным разработку и имплементацию технологий готовой высококачественной пищи.

В условиях летнего отдыха на побережье Азовского и Черного морей, жителей Центральных регионов страны привлекают традиционные блюда из рыбы и морепродуктов. Местная рыба, к примеру, азовский бычок и пиленгас пользуются устойчивым растущим спросом. Знаменитые бычки обладают хорошим, приятным вкусом и белым мясом, а пиленгас —

аклиматизированный дальневосточный вид рыбы, по своим вкусовым характеристикам не уступает традиционной черноморской кефали.

Однако в летний курортный сезон промышленный вылов этих видов рыбного сырья запрещен правилами рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна. (Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 1 августа 2013 г. № 293...).

В этой связи разработка технологии готовых блюд длительного хранения из перечисленных выше видов рыб является актуальной и практически значимой задачей.

Готовые продукты длительного хранения из рыбного сырья значительно разнятся в зависимости от вида предварительной тепловой обработки — бланширование, обжаривание, запекание. Использование различных гармоничных гарниров, соусов и приправ, видов упаковки придает большое разнообразие готовой пищи из рыбного сырья. Эти особенности определяют спрос на конкретную продукцию, что требует детального изучения.

В этой связи, осенью 2016 г. в г. Керчь Республики Крым были проведены маркетинговые исследования методом анкетирования с целью выявления предпочтений потребителей рыбных продуктов.

В результате проведенного опроса установлено, что рыбная кулинарная продукция длительного хранения из бычка азовского будет пользоваться достаточно высоким спросом у потребителя (положительный ответ не менее 68 % опрошенных респондентов). Также определено устойчивое предпочтение потребления кулинарной продукции из бычка азовского в традиционном томатном соусе. Заметное количество участников опроса проявили интерес и к другим (кисло-сладкий, сырный) вариантам соусов и заливок. Из анализа полученных в результате опроса анкет следует, что кулинарная продукция длительного хранения из бычка азовского представляет интерес в основном для потенциальных потребителей со средним и ниже среднего уровнем дохода (Кривонос, Долганова, Виннов, 2017).

Установленные предпочтения потребителей предопределило основные направления экспериментальных исследований, необходимые для создания технологии рыбной кулинарии длительного хранения из азовского бычка и пиленгаса. Эта технология может быть реализована по двум направлениям с использованием рыбного сырья разделанного на тушку, филе и порционированное филе, а так же в виде формованных продуктов из реструктурированных с применением гидроколлоидов или трансглутаминазы фаршей.

Необходимая высокая устойчивость продукции требует разработки системы барьеров способной обеспечить его безопасность при длительном хранении, основанной на применении эффективных видов упаковки, регулировании активности воды, значений водородного показателя и окислительно — восстановительного потенциала, режимов и методов предварительной тепловой обработки, использовании низких температур.

В свою очередь, использование предложенных барьеров, выводит на первый план ряд нерешенных научных проблем, связанных с регулированием и гарантированным сохранением пищевой ценности продукта, формированием и стабильностью его сенсорных характеристик.

Для цельномышечных продуктов в качестве барьеров может быть принята совокупность следующих факторов — режим и вид предварительной тепловой обработки с учетом эффектов «cook and chill», рН, окислительно-восстановительный потенциал, в т.ч. с применением электрохимически активированных водных систем и вид заливки и/или гарнира, вид и свойства упаковки, условия и режимы замораживания и холодильного хранения. В случае реструктурированных продуктов из фарша может быть применен дополнительный барьерный фактор, связанный с регулированием активности воды.

Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод, что применение барьерных технологий является приоритетным направлением разработки рыбных кулинарных продуктов длительного хранения.

Сложная совокупность возможных барьеров, необходимых для гарантированного обеспечения безопасности продукта в сочетании с процессами по формированию его

высокой пищевой и органолептической ценности требует проведения масштабных экспериментальных исследований.

Литература

Кривонос О.Н., Долганова Н.В., Виннов А.С. 2017. Маркетинговые исследования потребительского спроса на замороженную кулинарную продукцию из азовского бычка// Товаровед продовольственных товаров. Журнал. №3 (153). — С. 22–26.

Бут О. 2014. Развитие рынка упакованных готовых блюд Журнал «Мир упаковки» №4 (98), [Электронный ресурс]. packing.com.ua.

Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 1 августа 2013 г. № 293 «Об утверждении правил рыболовства для Азово-Черноморского рыбохозяйственного бассейна».

УДК: 597–115.1: 597.553.1

Полиморфизм митохондриальной ДНК дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* в Северо-Западной Пацифике

Д.С. Курносов¹, С.Ю. Орлова²

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
E-mail: denkurnos@mail.ru

Ключевые слова: дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus*, ген цитохром оксидазы I (COI), Тихий океан, Японское море.

Аннотация. Дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* — массовая промысловая эпипелагическая рыба субтропического комплекса, известная способностью к значительным флуктуациям численности для частей ареалов: Японского моря и северо-западной части Тихого Океана. С одной стороны, предполагается наличие множества популяций, как в Японском море, так и в Тихом Океане (Yamanaka, Ito, 1957; Ishigaki et al., 1959; Новиков, 1979; Кеня, Рыбникова, 1986). С другой стороны, некоторые исследователи считают группировки Японского моря и Тихого Океана, частями единой популяции, имеющими тесную связь через проливы (Ватанабе, 1981; Кубо, 1962; Nakai, 1962). Проведенное исследование полиморфизма участка гена цитохром оксидазы I (COI) мтДНК дальневосточной сардины из двух выборок с различных регионов (по 8 образцов из каждой выборки) позволило построить филогенетическую сеть и обнаружить 6 гаплотипов; выявить сильное отклонение в соотношении массовых гаплотипов по гену COI в разных выборках, что позволяет сделать предварительный вывод о высоком генетическом разнообразии и существовании как минимум двух различных популяций дальневосточной сардины в Японском море и Тихом океане.

Введение

Дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* — массовая промысловая эпипелагическая рыба субтропического комплекса, обитающая при температурах от 8 до 25 °С. Известна своей способностью к значительным флуктуациям численности и связанным с этим расширением или сокращением области обитания (Дударев, Кеня, 1986; Kawasaki, 1989; Шунтов, 2001). Такие изменения в равной степени характерны для обеих частей ареалов дальневосточной сардины: Японского моря и северо-западной части Тихого океана. При этом, в каждом из рассматриваемых регионов существуют характерные места нереста: для сардины Тихого океана — юго-восточное побережье Японских островов, в водах теплого течения Куроисио; для сардины Японского моря — юго-западное побережье Японских островов в водах Цусимского течения (Goto, 1998).

В каждом ареале обитания дальневосточной сардины существуют свои пути распространения и миграций (на рис. 1 показаны стрелками). Для сардины Японского моря нагульной частью ареала является северная часть Японского моря, включая Татарский пролив. Для сардины Тихого океана нагульной частью ареала является северо-западная часть Тихого океана (Дударев, Кеня, 1986; Kawasaki, 1989). Считается, что нагульные скопления в районе Курильских островов, как со стороны Охотского моря, так и со стороны Тихого океана, может формировать сардина, принадлежащая к разным стадам. Сардина Японского моря может проникать в предполагаемую зону смешения через проливы Сангарский и Лаперуза, тихоокеанская через проливы южных Курильских островов (Зуенко, 2011; Великанов, 2016)

Во время предыдущей вспышки численности (70–90-е гг. XX в.), было сделано много работ по изучению популяционной структуры дальневосточной сардины как японскими, так отечественными исследователями (Yamanaka, Ito, 1957; Новиков, 1979; Кеня, Рыбникова, 1986 и др.). Результаты, полученные в ходе данных работ, весьма противоречивы. С одной стороны, предполагается наличие множества популяций, как в Японском море, так и в Тихом океане (Yamanaka, Ito, 1957; Ishigaki et al., 1959; Новиков, 1979; Кеня, Рыбникова, 1986). С другой стороны, некоторые исследователи считают группировки Японского моря и Тихого океана, частями единой популяции, имеющими тесную связь через проливы (Кубо, 1962; Nakai, 1962; Ватанабе, 1981). Эти исследования основывались на изучении меристических признаков, биологии, динамики численности, а также белковом полиморфизме, одним из лучших на тот момент генетическом методе.

В настоящей работе будет использоваться анализ изменчивости митохондриальной ДНК (мтДНК), который является эффективным инструментом оценки генетической дивергенции и выявления филогенетической истории популяций (Брыков и др., 2005). Исследования полиморфизма мтДНК дальневосточной сардины предоставят дополнительную информацию о популяционной структуре данного вида, позволят выявить филогенетические связи между внутривидовыми группировками, а также смогут увеличить число информативных генетических маркеров, которые можно использовать в анализе структуры смешанных скоплений в районах промысла.

Цель представленной работы — изучение внутривидовой структуры дальневосточной сардины *Sardinops melanosticta* Японского моря и Тихого океана на основании изменчивости участка гена цитохромоксидазы (COI) мтДНК.

Материалы и методы

В качестве исследуемого материала осенью 2016 г. были взяты 2 выборки дальневосточной сардины в двух регионах: Японское море (прибрежная зона близ п. Преображение) и северо-западная часть Тихого океана (южнее Курильских островов) (на рис. 1 показаны цифрами).

Пробы тканей (фрагмент грудного плавника) фиксировали 96 % этанолом в соотношении 1:5. Выделение и очистку ДНК проводили с помощью набора для выделения ДНК Wizard SV 96 Genomic DNA Purification System («Promega», США) согласно протоколу фирмы-изготовителя.

Аmplификацию участка первой субъединицы гена цитохромоксидазы COI размером 526 п.н. проводили при использовании коктейля праймеров *VF2_t1*, *FishF2_t1*, *FishR2_t1* (Ward et al., 2005), *FR1d_t1* (Ivanova et al., 2007). Для проведения ПЦР были подобраны следующие условия амплификации:

- 1) денатурация — 94 °C 2 мин;
- 2) денатурация — 92 °C, 30 с;
- 3) отжиг праймеров — 52 °C, 40 с,
- 4) синтез цепи 72 °C, 60 с шаги со 2-го по 4-й повторяются 35 циклов;
- 5) финальная элонгация — 72 °C, 3 мин;
- 6) охлаждение ПЦР продукта — 12 °C 10 мин.

Состав реакционной смеси для одного образца приведен в таблице.

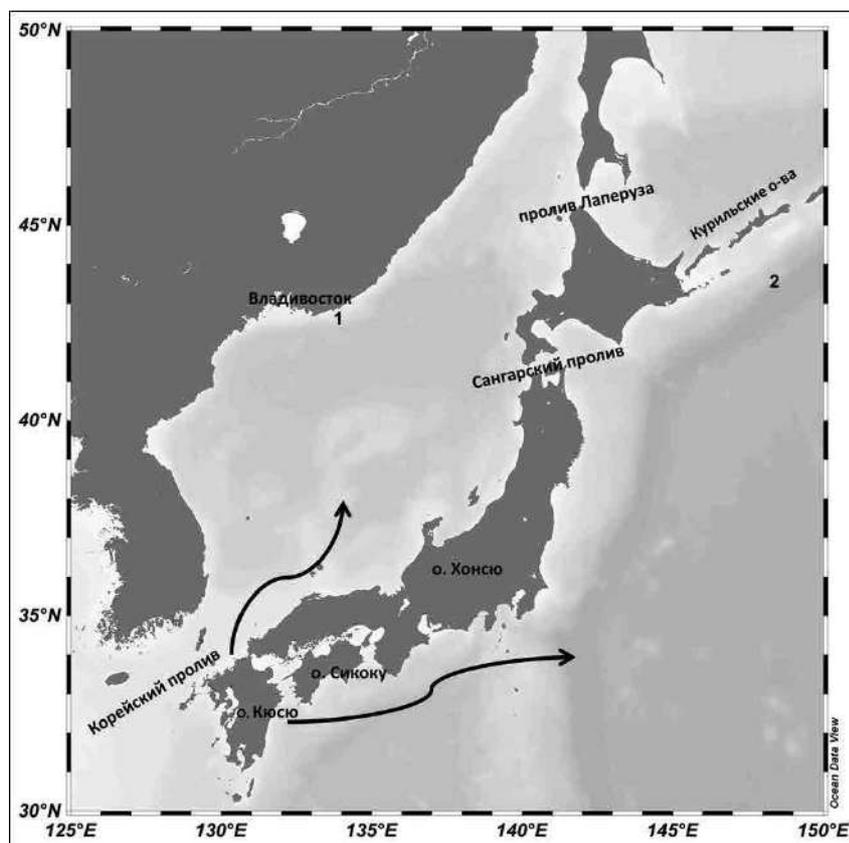


Рис. 1. Места сбора проб, нерестилища, и пути миграций дальневосточной сардины

Таблица. Состав реакционной смеси для одного образца

Состав реакционной смеси		Количество, мкл
Тақ Буфер	10-кратный	1,0
Хлорид магния	25 mM	1,0
dNTP	2,5 mM	3,0
Тақ Полимераза	5 U в мкл	0,2
Праймер F	5,0 pm в мкл	0,5
Праймер R	5,0 pm в мкл	0,5
ДНК	20,0 нг в мкл	3,0
H ₂ O	mQ	2,8
Итого (мкл)		10,0

После проведения ПЦР полученный продукт в объеме 2 мкл очищали от примесей методом этанол — преципитации. Полученные ПЦР продукты секвенировали с теми же прямыми и обратными праймерами согласно протоколу производителя Applied Biosystems BigDyeTerminator v3.1. (AppliedBiosystems, FosterCity, CA, USA).

Обработка сиквенсов осуществлялась в программе Geneious® 8.1.8, использовалось выравнивание Genious alignment.

Филогенетические сети построены на основе метода статистической парсимонии (maximum parsimony) в программе TCS.2.1. Конвертор для сиквенсов FaBox 1.41.

Результаты и обсуждение

Полученные выровненные нуклеотидные последовательности участка гена COI мт ДНК иваси из двух выборок (по 8 образцов из каждой выборки) позволили построить

филогенетическую сеть (рис. 2). Обнаружено 6 гаплотипов для 16 образцов. Выявлены два массовых гаплотипа Нар1 и Нар2, по 6 и 4 образца для каждого гаплотипа соответственно.

Обнаружено разное соотношение массовых гаплотипов для каждой выборки. В выборке дальневосточной сардины из Японского моря выявлены гаплотипы встречающиеся с высокой частотой именно в этом регионе (Нар 1). Так же и в выборке Тихого океана обнаружен массовый гаплотип, специфический для этого региона (Нар 2). Частотные соотношения гаплотипов гена COI для каждой выборки показаны на рис. 3.

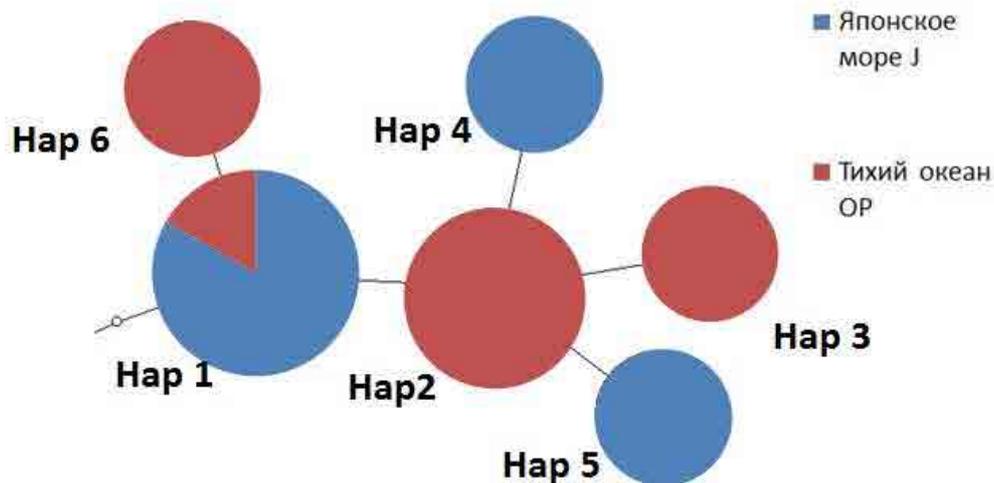


Рис. 2. Сеть гаплотипов COI дальневосточной сардины (Н1 – Н6 — нумерация гаплотипов); размер каждого круга соответствует количеству гаплотипов в нем

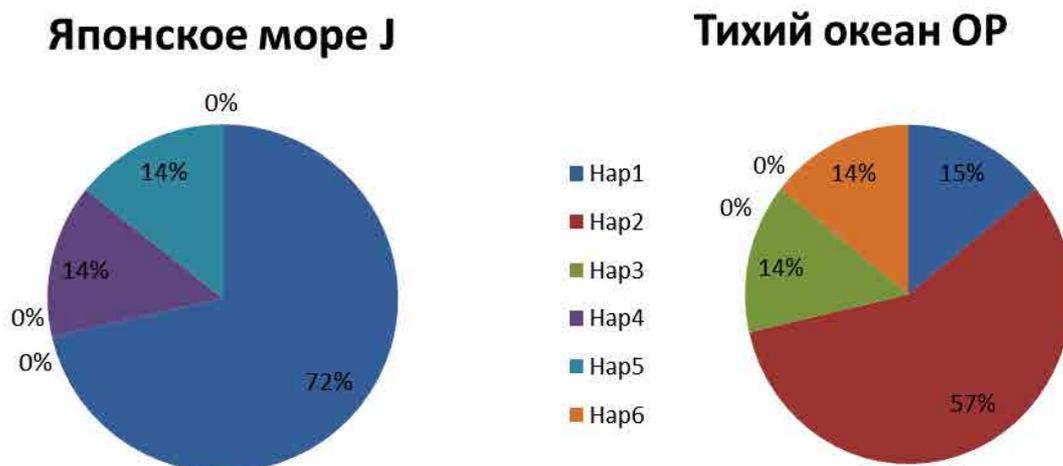


Рис. 3. Распределение гаплотипов в выборках дальневосточной сардины по гену мтДНК COI

По полученным результатам выявлено сильное отклонение в соотношении массовых гаплотипов по гену COI в разных выборках, что позволяет сделать вывод о генетическом разнообразии и существовании как минимум двух различных популяций дальневосточной сардины в Японском море и Тихом океане. Необходимо провести дальнейшие исследования, как на большем числе образцов, так и на других генетических маркерах (участок контрольного региона мтДНК, микросателлитные маркеры), для подтверждения данной теории.

Литература

Брыков В.А., Полякова Н.Е., Подлесных А.В., Голубь Е.В., Голубь А.П., Жданова О.Л. 2005. Влияние биотопов размножения на генетическую дифференциацию популяций нерки (*Oncorhynchus nerka*). Генетика. 2005. Т. 41. № 5. — С. 635–645.

- Ватанабе Т.* 1981. Выживаемость японской сардины на ранних стадиях развития // Изв. ТИНРО. Т. 105. — С. 92–107.
- Великанов А.Я.* 2016. Миграции дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* к берегам о-ва Сахалин в XX — начале XXI столетия // Вопросы ихтиологии, Т. 56. № 5. — С. 548–561.
- Дударев В.А., Кеня В.С.* 1986. Северотихоокеанские сардины // Биологические ресурсы Тихого Океана. — М.: Науки. — С. 157–166.
- Зуенко Ю.И.* 2011. Межгодовые изменения районов и сроков нереста сардины иваси в Японском Море и их значение для воспроизводства сардины // Изв. ТИНРО. Т. 166. — С. 103–122.
- Кубо И.* Сырьевые ресурсы рыбной промышленности. 1962. Т. 14. — 306 с. (пер. с яп.)
- Новиков Ю.В.* 1979. Сардина, скумбрия, сайра. — Владивосток: ТИНРО, 1979. — 66 с.
- Шунтов В.П.* 2001. Биология дальневосточных морей России. Т. 1. — Владивосток: Изд-во ТИНРО-Центра. — 579 с.
- Goto T.* 1998. Abundance and distribution of the eggs of the sardine, *Sardinops Melanostictus* in the Japan Sea during spring 1979–1994 // Bul. Jap. Sea. Natl. Fish. Res. Inst. Vol. 17, №5. — P. 51–60.
- Ishigaki T., Kaga K., Kitano Y., Sano O.* 1955. The history of fluctuation in abundance of the Japanese sardine // Progr. Rep. of the Coop. Coast. Import Resources Investigations. 1955: Fish Agency Hokk. Reg. Fish. Res. Lab. Yoichi. 1959. N 8. — P. 1–187.
- Ivanova N.V., Zelmak T.S., Hanner R.H. et al.* 2007. Mol. Ecol. Notes. 2007. V 7. № 4. — 544 p.
- Kawasaki T.* 1989. Long-time variability in the pelagic fish populations // Proc. Int. Symp. «Long-time variability in the pelagic fish populations and their environment». Sendai, Japan. — P. 48–60.
- Nakai Z.* Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of Japanese sardine *Sardinops Melanostictus* // Jap. J of Ich. 1962. Vol. 9, N 1–6. — P. 1–116.
- Ward R.D., Zemplak T.S., Innes B.H., Last P.R., Hebert P.D.N.,* 2005. DNA barcoding Australia's fish species Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. 360, 1847–1857.
- Yamanaka I., Ito S.* 1954. Progress report of the cooperative iwashi resources investigations, 1954: Fish. Agency Japan Sea Reg. Lab. 1957. N 8. — 177 p.

УДК 594.5(571.645)

Фауна головоногих моллюсков в районе северных Курильских островов в летне-осенний период 2015 г.

А.В. Лищенко, Ф.В. Лищенко, К.К. Кивва

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: gvajta@vniro.ru

Ключевые слова: фауна головоногих моллюсков, северные Курильские острова, изменение состава уловов, потепление придонного слоя.

Аннотация. В летне-осенний период 2015 г. в районе северных Курильских островов было отмечено значительное увеличение видового разнообразия головоногих моллюсков. Также в ходе промысла командорского кальмара в этом регионе было выяснено, что плотность его скоплений значительно уменьшилась по сравнению с предыдущим промысловым сезоном. В данной работе проведено сравнение фауны головоногих моллюсков в прилове при промысле командорского кальмара в 2015 г. с составом уловов предыдущего десятилетия. Выдвинуто предположение о влиянии температурных изменений придонного слоя на состав фауны головоногих моллюсков в регионе.

Одним из районов исследования основного объекта российского промысла головоногих — командорского кальмара *Beryteuthis magister* (Berry 1913), является тихоокеанская сторона акватории северных Курильских островов. Промысел ведется на судах, оборудованных донным тралом. Ежегодно в прилове оказывается некоторое количество других видов головоногих моллюсков, рыб и ракообразных. В летне-осенний период 2015 г. видовой состав головоногих моллюсков в прилове был более разнообразным, чем в предыдущие годы, а плотность скоплений командорского кальмара была значительно ниже. Целью данного исследования является анализ видового состава прилова, а также, сравнительный анализ плотности скоплений командорского кальмара и других видов головоногих моллюсков за период с 2005 по 2015 гг.

Научно-исследовательские работы проводились на борту БАТМ «Борисов», принадлежащем компании ПАО «Океанрыбфлот» с 13 августа по 8 октября 2015 г. Работы проводились на участке Северо-Курильской зоны, ограниченном координатами 48°53′ – 49°30′ с.ш. и 155°17′ – 156°09′ в.д. на глубине 250–500 м. Ежедневно в светлое время суток выполнялся анализ видового состава уловов, биологический анализ основного объекта промысла по стандартной методике (Лищенко, Лищенко, 2016). При наличии в улове более 10 особей одного вида непромысловых головоногих моллюсков проводился их краткий биологический анализ, который включал измерение длины мантии с точностью до сантиметра, определение пола, по возможности, определение стадии зрелости по трехбалльной шкале — незрелые, созревающие, зрелые. Так же в ходе каждого траления измерялась придонная температура.

По серии контрольных тралений была выполнена оценка биомассы с использованием программного обеспечения ГИС «Картмастер» v. 4.1 (Бизиков, Гончаров, Поляков, 2007). В связи с тем, что научно-исследовательские работы проводились в разные годы на судах разного типа, сравнение оценок биомассы и плотности распределения командорского кальмара в промысловых скоплениях выполнялось только за 2014–2015 гг. (Алексеев и др., 2017). Сведения о видовом составе уловов головоногих в период с 2005 по 2014 гг. были получены из данных рейсовых отчетов и литературы (Jereb et al., 2010).

Анализ видового состава уловов головоногих в районе северных Курильских островов за десятилетний период промысла командорского кальмара показал, что в прилове наиболее часто встречались четыре вида головоногих моллюсков: северный кальмар *Gonatopsis borealis*, гигантский северотихоокеанский крючьеносный кальмар *Onykia robusta* (Филиппова и др. 1997), осьминог Дофлейна *Enteroctopus dofleini*, и плавниковый осьминог *Opisthoteuthis californiana* (Jereb et al., 2016). При этом наибольшего объема в уловах достигал северный кальмар — от нескольких десятков особей до сотен килограммов (2005, 2007 гг.). Остальные виды встречались штучно, но, практически, ежегодно.

В летне-осенний период 2015 г. видовой состав прилова заметно расширился. В уловах было отмечено 15 видов головоногих моллюсков, из них 11 видов ранее не отмечались (таблица). Более того, кранхиидные кальмары видов *Taonius borealis* и *Galiteuthis phyllura* были представлены десятками особей, что позволило провести их краткий биологический анализ. Среди проанализированных животных встречались преимущественно незрелые и созревающие особи. Также, в этот сезон увеличилась плотность скоплений северного кальмара. Если в предыдущие годы его уловы колебались от единиц до сотен килограммов, то в 2015 г. объемы уловов достигали нескольких тонн за траление.

В то же время осьминог *Enteroctopus dofleini*, который присутствовал в прилове в прошлые годы, в летне-осенний период 2015 г. в прилове отмечен не был (таблица).

Результаты мгновенной оценки биомассы показали значительное уменьшение плотности распределения командорского кальмара в промысловых скоплениях в летне-осенний период 2015 г. (48,2 т/миллю²) по сравнению с данными, полученными в 2014 г. (74,5 т/миллю²). В то же время, были отмечены нехарактерные изменения состава промысловых скоплений. В частности, была зафиксирована высокая численность созревающих и зрелых самцов, вероятно обусловленная пополнением скопления крупной группировкой особей на фоне миграции незрелых самок за пределы зоны промысла (Лищенко, Лищенко, 2016).

Таблица. Видовое разнообразие прилова головоногих моллюсков при промысле командорского кальмара в районе северных Курильских островов в летне-осенний период 2015 г.

Вид прилова	Год работ							
	2005	2007	2008	2009	2012	2013	2014	2015
<i>Chiroteuthis calyx</i>	–	–	Шт.	–	–	–	–	Шт.
<i>Galiteuthis phyllura</i>	–	–	Шт.	–	–	–	–	Дес.
<i>Taonius borealis</i>	–	–	–	–	–	–	–	Дес.
<i>Gonatopsis borealis</i>	Дес.	Дес.	Ед.	Ед.	Шт.	Ед.	–	Тыс.
<i>Gonatopsis makko</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatopsis okutanii</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatus berryi</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatus pyros</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatus kamtschaticus</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatus madokai</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Gonatus onyx</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Histioteuthis hoylei dofleini</i>	–	–	Шт.	–	–	–	–	Шт.
<i>Onychoteuthis borealijaponica</i>	–	Шт.	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Onykia robusta</i>	–	Шт.	Шт.	Шт.	Шт.	Шт.	Шт.	Ед.
<i>Opisthoteuthis californiana</i>	–	Дес.	Шт.	–	–	Шт.	–	Шт.
<i>Japetella diaphana</i>	–	–	–	–	–	–	–	Шт.
<i>Enteroctopus dofleini</i>	–	Шт.	–	Шт.	Шт.	Шт.	–	–

Примечания: Шт. — штучно (1–5 экз.); Ед. — единично (6–15 шт.); Дес. — десятки (16–150 шт.); Тыс. — тысячи (1501–12 000 шт.).

Измерения температуры придонного слоя в ходе тралений показали ее повышение примерно на 1,5 °С по сравнению со среднемноголетними значениями. Температурные данные для весеннего периода промыслового сезона 2015 г., полученные из базы данных EN4 (<http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/en4/>), также показали положительные изменения температуры в районе промысла.

Работы по добыче командорского кальмара в Тихоокеанской подзоне Северо-Курильской зоны ежегодно проводятся примерно на одном и том же участке. При сохранении идентичных условий среды вероятность изменения видового состава уловов остается минимальной. Однако в летне-осенний период 2015 г. в районе северных Курильских островов видовой состав фауны головоногих моллюсков претерпел значительные изменения. При промысле командорского кальмара, который ведет придонный образ жизни, в прилове встретилось значительное количество пелагических видов головоногих моллюсков. Можно предположить, что поимка этих животных могла произойти при постановке или выборке трала, однако, в таком случае, животные находились бы в крыльях трала, а не в его кутке. Как показал анализ данных уловов, состояние скоплений командорского кальмара также изменилось, плотность его в скоплении значительно снизилась по сравнению с предыдущими промысловыми сезонами, в то время как численность северного кальмара возросла в сотни раз.

Мы предполагаем, что причиной повышения придонной температуры и изменения видового состава фауны головоногих моллюсков стало смещение ядра теплого придонного слоя. Вследствие этого, с одной стороны, осьминог Дофлейна был вытеснен со своих горизонтов обитания. С другой стороны, это привело к смещению пелагических видов ближе к придонному слою и, возможно, миграции командорского кальмара на большие глубины.

Литература

Алексеев Д.О., Лищенко Ф.В., Кивва К.К. 2017. Новый метод оценки биомассы командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Oegopsida, Gonatidae). Вопросы рыболовства. — М.: Изд-во ВНИРО. В печати.

Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2007. Географическая информационная система «Картмастер» // Рыбное хозяйство. № 1. — С. 96–99.

Лищенко Ф.В., Лищенко А.В. 2016. Состав промысловых скоплений командорского кальмара *Berryteuthis magister* (Berry, 1913) в районе северных Курильских островов и юго-восточной Камчатки в летне-осенний период 2015 года // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Вып. 40. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНиро. — С. 57–60.

Филиппова Ю.А., Алексеев Д.О., Бизиков В.А., Хромов Д.Н. 1997. Справочник-определитель промысловых и массовых головоногих моллюсков мирового океана. — М.: Изд-во ВНИРО. — 271 с.

Jereb P., Roper C.F.E. 2010. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Vol. 2. Myopsid and Oegopsid Squids. Rome. Food and agriculture organization of the united nations. — 649 p.

Jereb P., Roper C.F.E., Norman M. D., Finn J.K. 2016. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Vol. 3. Octopods and Vampire Squids. Rome. Food and agriculture organization of the united nations. — 398 p.

УДК 594.582.2/.8

Внутривидовая изменчивость обликов статолитов командорского кальмара *Berriteuthis magister* (Berry 1913)

Ф.В. Лищенко, А.В. Лищенко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: Fedor-LN@ya.ru

Ключевые слова: *Berryteuthis magister*, командорский кальмар, северные Курильские острова, статолиты, фурье-дескрипторы, промеры, классификация.

Аннотация. В настоящей работе представлены результаты исследования межполовой, онтогенетической и географической изменчивости обликов статолитов командорского кальмара, являющегося основным видом головоногих для российского промысла. При описании обликов статолитов было применено два подхода — использование нормализованных эллиптических фурье-дескрипторов и комплекс базовых промеров. Полученные данные были протестированы с использованием MANOVA и дискриминантного анализа на предмет наличия упомянутых выше форм изменчивости. Использовании фурье-дескрипторов позволило обнаружить достоверные различия между полами, стадиями зрелости и регионами, в то же время при использовании промеров удалось обнаружить различия только между полами и регионами. Настоящее исследование показало, что промысловое скопление в районе Северных Курильских островов сформировано кальмарами, имеющими охотоморское и берингоморское происхождение. Анализ обликов статолитов зарекомендовал себя как удобный и надежный инструмент для определения популяционной принадлежности кальмаров.

Статолиты кальмаров — уникальная структура, которая может быть использована для определения возраста, описания изменений среды обитания животного в процессе онтогенеза, выявления его видовой и популяционной принадлежности (Arhipkin, 2005; Lombarte et al., 2006; Zumholz et al., 2007; Green et al., 2015). В настоящей работе в качестве модельного объекта были использованы статолиты командорского кальмара *Berriteuthis magister* (Berry 1913). История исследования данного вида насчитывает более ста лет, благодаря чему преобладающее число аспектов его биологии изучено сравнительно хорошо. Тем не менее, до сих пор остаются вопросы, вызывающие споры в научном сообществе. Один из них —

представление о пространственной структуре популяций кальмара. В частности, принадлежность кальмаров, населяющих воды близ Курильских островов к «охотоморской» (Katugin et al., 2013), или «берингоморской» популяции (Алексеев, 2007). Особо значимым данный вопрос делает то, что с одной стороны командорский кальмар является основным видом головоногих для отечественного промысла, а с другой основа вылова кальмара приходится на район с тихоокеанской стороны Северных Курил (Katugin et al, 2013).

Таким образом, основной целью данной работы стало исследование изменчивости обликов статолитов командорского кальмара. В рамках данной цели необходимо было решить две задачи — выявить наиболее чувствительный к проявлению межпопуляционной изменчивости способ описания обликов статолитов и изучить три формы изменчивости обликов статолитов — межполовую, онтогенетическую и географическую.

В основе данной работы лежат материалы, собранные научными наблюдателями ФГБНУ «ВНИРО» в ходе рейсов на коммерческих судах в трех районах — Охотском и Беринговом морях и с тихоокеанской стороны северных Курильских островов. Материал, характеризующий облики статолитов «охотоморской» популяции командорского кальмара, был получен в весенний период 2010 г. на акватории Охотоморской подзоны Северо-Курильской зоны. Коллекция «берингоморских» статолитов была собрана в ходе работ в Западно-Берингоморской зоне в 2013 и 2014 гг. Наконец, в работе был использован материал, собранный в 2015 г. в ходе экспедиционных исследований командорского кальмара на акватории тихоокеанской подзоны Северо-Курильской зоны. В ходе каждого из периодов работ научные наблюдатели придерживались единой схемы сбора материала, принятой во ФГБНУ «ВНИРО» (Лищенко, Лищенко, 2016). Таким образом, у 515 кальмаров из трех регионов была измерена длина мантии, определен пол и стадия зрелости.

Для описания обликов статолитов были использованы два принципиально различающихся подхода — фурье-дескрипторы и комплекс стандартных промеров.

Последний включал в себя измерение (с помощью ПО ImageJ 1.51j8) общей длины статолита, длины рострума, длины свободной части рострума, длины крыла, длины дорсального и латерального куполов, ширины статолита, ширины основания рострума с точностью до 1 мкм, угла рострума и дорсального купола с точность до 1° (рис. 1). Полученные значения промеров отделов статолита были нормированы по отношению к общей длине статолита.

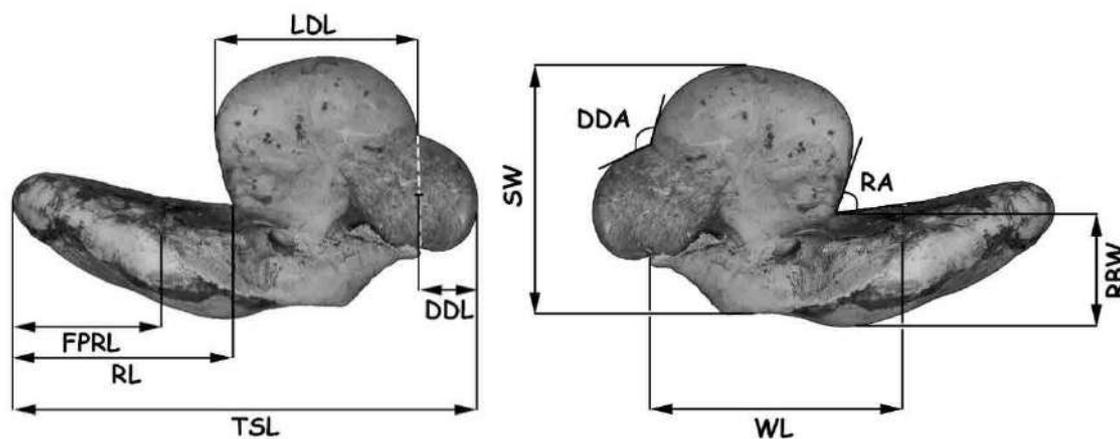


Рис. 1. Схема промеров статолитов командорского кальмара: TSL — общая длина статолита, RL — длина рострума, FPRL — длина свободной части рострума, LDL — длина латерального купола, DDL — длина дорсального купола, WL — длина крыла, SW — ширина статолита, RBW — ширина основания рострума, RA — угол рострума, DDA — угол дорсального купола

Для получения значений коэффициентов нормализованных эллиптических фурье-дескрипторов было использовано ПО SHAPE V 1.3 (Iwata&Ukai, 2002). Дальнейшая обработка значений коэффициентов была выполнена в соответствии со стандартными методиками (Афанасьев и др., 2017). В результате из 32 значений коэффициентов гармоник Фурье нами

были получены 10 главных компонент, описывающих изменчивость обликов статолитов командорского кальмара.

Статистическая обработка значений главных компонент и нормированных промеров была выполнена в программе Statistica 8.0. Достоверность различий обликов статолитов между полами, стадиями зрелости и регионами была протестирована с помощью многомерного дисперсионного анализа (MANOVA) и дискриминантного анализа. Во избежание влияния межполовой и онтогенетической изменчивости при исследовании географической изменчивости были выделены две выборки меньшего размера, в которые были включены только зрелые кальмары одного пола, в то же время для тестирования межполовой и онтогенетической изменчивости были отобраны только кальмары берингоморского происхождения.

Многомерный дисперсионный анализ главных компонент, полученных из коэффициентов фурье-дескрипторов, показал значительные межполовые, онтогенетические и географические различия (таблица). В то же время, MANOVA набора стандартных промеров показал различия только между полами и регионами.

Таблица. Результаты многомерного дисперсионного анализа нормализованных эллиптических фурье-дескрипторов (НЭФД) и стандартных промеров

		НЭФД			Стандартные промеры		
Эффект	Тест	Значение	F	p	Значение	F	p
Пол	Wilks	0,95	2,16	0,02	0,97	2,82	0,02
Стадия зрелости	Wilks	0,92	1,73	0,02	0,97	1,25	0,25
Регион	Wilks	0,86	3,30	0,00	0,89	4,88	0
Пол*стадия зрелости	Wilks	0,94	1,30	0,17	0,98	0,80	0,63
Пол*регион	Wilks	0,96	0,86	0,64	0,98	0,97	0,47
Стадия зрелости*регион	Wilks	0,89	1,15	0,24	0,98	0,51	0,97
Пол*стадия зрелости*регион	Wilks	0,90	1,06	0,37	0,95	0,99	0,47

Дискриминантный анализ нормализованных эллиптических фурье-дескрипторов подтвердил обнаруженные различия и позволил с высокой точностью классифицировать кальмаров по региональной принадлежности и этапам созревания. При этом точность классификации по географическому происхождению была немного выше у самок (80 % и 79 %, соответственно), но по стадии зрелости — значительно выше у самцов (87 % самцов и 71 % самок). Достаточно заметны отличия незрелых кальмаров от созревающих и зрелых, однако последние, в свою очередь, различаются довольно слабо. Наиболее вероятное объяснение такого характера различий кроется в природе онтогенетических изменений формы статолита — по мере взросления кальмары все в большей степени становятся придонными животными, что сопровождается типичными изменениями облика статолита (например, увеличением рострума). Вероятно, предложенный авторами метод разделения на стадии слишком груб, а выборка слишком мала для того, чтобы отследить как эти постепенные изменения сказываются на изменении обликов статолитов. Точность классификации по половой принадлежности оказалась самой низкой среди выполненных тестов и составила 65 %.

В свою очередь, дискриминантный анализ результатов стандартных промеров показал значительно более высокую точность классификации по половой принадлежности (76 %), при более низких уровнях точности классификации по происхождению (в среднем 73 %) и по стадии развития (77 %).

В дополнение к классификации по региональной принадлежности при которой предсказанное распределение было пропорционально размеру групп, была построена классификационная матрица, в которой район Северных Курил рассматривался как транзитный и

не обеспечивающий воспроизводства населяющих его группировок кальмаров (априорная вероятность классификации 0 %).

Такой подход позволил более точно классифицировать животных из Берингова и Охотского морей, и, с достаточно высокой точностью определить происхождение кальмаров, отловленных в Северо-Курильской зоне.

Необходимо отметить, что большая часть самцов была отнесена к охотоморской группе, а большая часть самок — к беринговоморской. Таким образом, было продемонстрировано наличие сложной структуры скоплений кальмаров на западной стороне шельфа северных Курильских островов. Наличие в скоплении у Северных Курил большого количества зрелых самцов «охотоморского» происхождения де-факто подтверждает схему распределения кальмара, предложенную Катугиным (Katugin et al., 2013). С другой стороны, «беринговоморское» происхождение большей части зрелых самок указывает на наличие связи между этими районами и подтверждает гипотезу Алексеева (Алексеев, 2007). Вероятно, такое соотношение «охотоморских» и «беринговоморских» кальмаров является следствием характерных особенностей миграции кальмара, при которой кальмары имеющие более мелкие размеры (преимущественно самцы и незрелые самки) занимают более мелкие глубины. Благодаря этому, степень обмена этих групп животных через Курильские проливы должна быть выше. Однако следует понимать, что это лишь один из многих факторов, обуславливающих состав скопления командорского кальмара в районе северных Курильских островов.

Исследование показало, что результаты анализа обликов статолитов могут найти применение в самых разнообразных исследованиях, где требуется надежная идентификация кальмаров по популяционной принадлежности, от работ по определению темпов роста и созревания, до промыслового прогнозирования. Более того, анализ может быть использован и для идентификации пола и стадии зрелости. Впрочем, следует отметить, что для исследований такого рода облики статолитов следует использовать только в том случае, если идентификация физиологического состояния традиционными способами невозможна. Использованный нами комплекс промеров лучше отражает межполовую изменчивость, чем значения нормализованных эллиптических фурье-дескрипторов. Онтогенетическая изменчивость может быть описана промерами и эллиптическими значениями со схожей степенью точности. Описание обликов статолитов с помощью фурье-дескрипторов обеспечивает более надежную географическую классификацию кальмаров.

Литература

Алексеев Д.О. 2007. Новые данные о биологии командорского кальмара *Beryteuthis magister* (Berry, 1913) у Северных Курильских островов // Тезисы докладов VII всероссийской конференции по промысловым беспозвоночным. — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 199–203.

Афанасьев П.К., Орлов А.М., Рольский А.Ю. 2017. Сравнительный анализ формы отолитов как инструмент видовой идентификации и изучения популяционной организации различных видов рыб // Зоологический журнал. Т. 96, №2. — С. 192–200.

Лиценко Ф.В., Лиценко А.В. Состав промысловых скоплений командорского кальмара *Beryteuthis magister* (Berry, 1913) в районе Северных Курильских островов и Юго-Восточной Камчатки в летне-осенний период 2015 года // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 40. 2016. — С. 57–60.

Arkhipkin A.I. 2005. Statoliths as 'black boxes' (life recorders) in squid // Mar. Freshw. Res. V. 56(5): 573–583.

Green C.P., Robertson S.G., Hamer P.A., Virtue P., Jackson G.D., Moltschaniwskyj N.A. 2015. Combining statolith element composition and Fourier shape data allows discrimination of spatial and temporal stock structure of arrow squid (*Nototodarus gouldi*) // Canadian journal of fisheries and aquatic sciences. V. 72. — P. 1–9.

Iwata H. & Ukai Y. 2002. SHAPE: a computer program package for quantitative evaluation of biological shapes based on elliptic Fourier descriptors // J. Hered., V. 93: 384–385

Katugin O. N., Shevtsov G. A., Zuev M. A., Didenko V. D., Kulik V. V., Vanin N. S. 2013. *Beryteuthis magister*, Schoolmaster Gonate Squid. Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries // Part II. Oegopsid Squids. New-York: Nova Science Publishers. — P. 1–48.

Lombarte A., Rufno M.M., Sanchez P. 2006. Statolith identification of Mediterranean Octopodidae, Sepiidae, Loliginidae, Ommastrephidae and Enoploteuthidae based on warp analyses // Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. V. 86, 5041/1–8.

Zumholz K., A. Klugel T. Hansteen, Piatkowski U. 2007. Statolith microchemistry traces the environmental history of the boreoatlantic armhook squid *Gonatus fabricii* // Marine Ecology Progress Series. V. 333: 195–204.

УДК 597.587.9. (268.53)

Пространственное распределение и некоторые черты биологии чёрного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* в море Лаптевых в летне-осенний период 2015 г.

О.А. Мазникова¹, А.М. Орлов^{1,2,3,4}, А.О. Трофимова¹, И.И. Глебов⁵

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

² Институт проблем экологии и эволюции РАН (ИПЭЭ), г. Москва

³ Дагестанский государственный университет (ДГУ), г. Махачкала

⁴ Томский государственный университет (ТГУ), г. Томск

⁵ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток

e-mail: maznikovao@vniro.ru

Ключевые слова: черный палтус, *Reinhardtius hippoglossoides*, море Лаптевых, Арктика, пространственное распределение, численность, возрастной состав уловов.

Аннотация. По материалам донной траловой съемки на материковом склоне моря Лаптевых в летне-осенний период 2015 г. рассмотрено пространственное распределение и некоторые черты биологии черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides*.

Восточный сектор российской части Арктического бассейна, включающий моря Лаптевых, Чукотское и Восточно-Сибирское, до настоящего времени остается малоизученным и слабо затронутым хозяйственной деятельностью регионом. В последние годы активность проведения научно-исследовательских работ в Арктике существенно возросла, в том числе и в восточном ее секторе. В связи с тем, что море Лаптевых одинаково удалено от Тихого и Атлантического океанов, в нем сосуществуют биологические виды тихоокеанской и атлантической провинций (Карамушко, 2010).

В ходе научно-исследовательской экспедиции на НИС «ТИНРО» в море Лаптевых в августе–сентябре 2015 г. на материковом склоне был обнаружен черный палтус *Reinhardtius hippoglossoides*. Нахождение здесь черного палтуса, о присутствии и биологии которого в данном районе до настоящего времени имелись только отрывочные данные, несомненно, является одним из важнейших результатов проведенных исследований.

Ранее на континентальном склоне моря Лаптевых была отмечена лишь единственная достоверная поимка черного палтуса (78°10.6'–78°10.7' с.ш. 133°25.3'–133°26.1' в.д.) (Неелов, Чернова, 1994; Chernova, Neyelov, 1995). Информация о поимках чёрного палтуса в Восточно-Сибирском море (Кириллов, Черешнев, 2003) ошибочна. Фактически палтус был пойман в Чукотском море в районе с координатами 69°41'19" с. ш. и 171°27'19" з. д., а не на аваншельфе Восточно-Сибирского моря.

Цель данной работы — представление имеющихся данных по особенностям распределения и биологии черного палтуса на материковом склоне моря Лаптевых в летне-осенний период 2015 г.

Материалы и методы

Исследования в летне-осенний период (26.08–6.09.2015 г.) охватывали внешний шельф моря с выходом на верхнюю часть материкового склона (33–504 м). Общая обловленная площадь составила 30,5 тыс. км².

Учетные работы на исследованной акватории были проведены на НИС «ТИНРО» донным тралом типа ДТ/ТВ 27.1/24.4 с мягким грунтропом (поводцы 15 см и двойная цепь — 150 кг) и горизонтальным раскрытием 16 м. В качестве распорных средств использовались сферические доски площадью 4,3 м². Кутцевая часть трала была обшита изнутри 10-мм мелкоячейной вставкой длиной 8 м. Положение трала контролировалось прибором контроля хода трала «Simbia 110-2». Площадь облова каждого траления определялась с учетом пути, пройденного с нахождением трала на грунте от точки касания грунта до точки отрыва, и стандартного горизонтального раскрытия. Путь, пройденный судном с тралом от касания грунта до отрыва от него, определялся с помощью электронной картографической системы «ТРАНЗАС». Средняя скорость траления составляла 2,9 уз., продолжительность — 11–35 мин в зависимости от характера грунта. Всего выполнено 37 траловых станций. Диапазон охваченной исследованиями глубины составил 30–504 м. Расчет площадей, численности и биомассы вида производился методом сплайн-аппроксимации с применением программы «КартМастер v.4.1» (ВНИРО, Москва 2003–2008; Поляков А. В., Новочеркасск, 2003–2008) с использованием индивидуального коэффициента уловистости ($KY=0,4$). Карта распределения построена посредством программного пакета Surfer 13 (Golden Software Inc., 2002). Анализ данных проведён с использованием пакетов программ Microsoft Excel (Microsoft Corporation, 2016).

Возраст определяли по отолитам. Определение возраста у особей длиной до 30 см, а также и у более крупных особей, имеющих уплощённые отолиды, проводилось по целой структуре в падающем свете. У рыб, имеющих утолщенные отолиды, возраст определялся по поперечному их слому, проходящему через ядро, отшлифованному и прокаленному (Chilton, Beamish, 1982). Возраст определялся с помощью микроскопа МБС-10, шлифование проводилось на шлифовально-полировальной машине Grippo 2V Metkon. Возраст указывается как число полных лет.

Результаты и обсуждение

Полученные в ходе экспедиции данные позволяют расширить уже имеющиеся представления о биологии черного палтуса в море Лаптевых. На обследованном участке материкового склона моря Лаптевых, находящегося в зоне влияния трансформированных вод атлантического происхождения, была околонтурена лишь часть скопления вида. Палтус встречался только на материковом склоне в довольно узком батиметрическом диапазоне лишь в пяти результативных тралениях на глубинах 249–504 м (рис. 1). Максимальные уловы пришлись на изобаты 441–457 м (40 экз/30 мин), ниже по склону (496–504 м) они резко снижались (18–23 экз/30 мин), а на глубинах 345–350 м палтус не отмечался. Ввиду того, что черный палтус встречался в узком батиметрическом диапазоне и уловы были представлены преимущественно молодью, численность и биомасса составили соответственно 0,17 тыс. т. и 5,50 кг/км².

Всего было поймано 123 экз. палтуса с длиной тела FL 11,5–54,8 (рис. 2). Максимальная длина, отмеченная у самок, составила 53,7 см, а у самцов — 54,8 см. Зависимость массадлина для представителей исследуемого вида описывается зависимостью $W=3E-06FL^{3,3442}$, где W — масса тела, г; FL — длина тела, мм. Коэффициент достоверной аппроксимации $R^2=0,9953$. Известно, что черному палтусу свойственна четкая пространственная дифференциация особей разного возраста. На шельфе в период нагула обитает молодь, а в нижних отделах шельфа и на свале всегда преобладают зрелые особи (Шунтов, 1971; Фадеев, 1984; Смирнов, 2006; Мазникова и др., 2015). В период исследований палтус был представлен особями от 1 до 7 лет. В уловах доминировали особи возрастов 2 (14,6 %), 4 (29,2 %) и 5 (31,7 %) лет, рыбы в возрасте 3 лет составляли 11,4 % от всех отловленных особей. Малочисленными были рыбы в возрасте 1 (1,6 %) и 7 (2,4 %) лет, доля 6-летних рыб составила 8,4 %. (рис. 3).

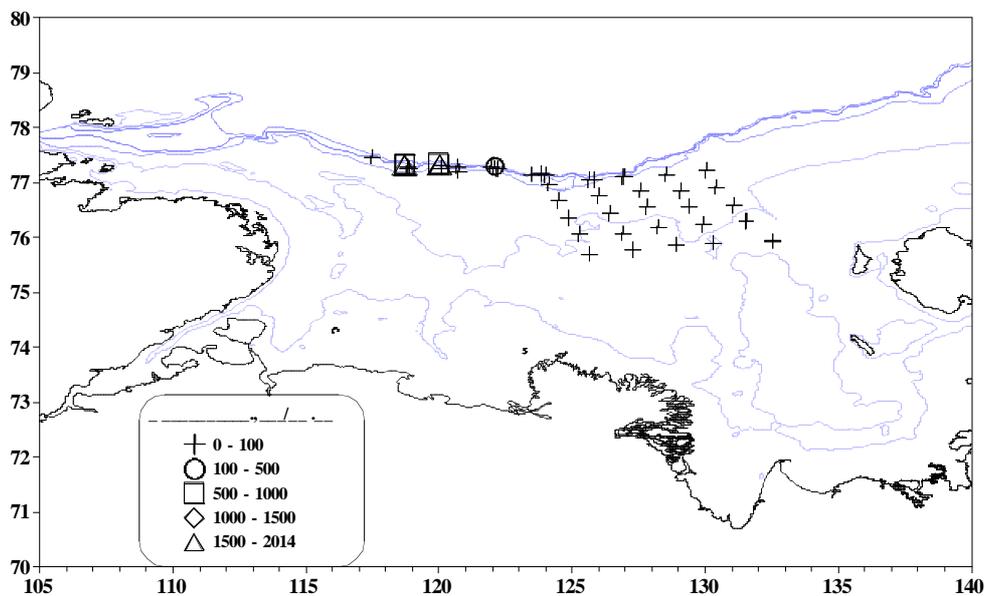


Рис. 1. Пространственное распределение уловов и численности (экз/км²) черного палтуса на материковом склоне моря Лаптевых в 2015 г.

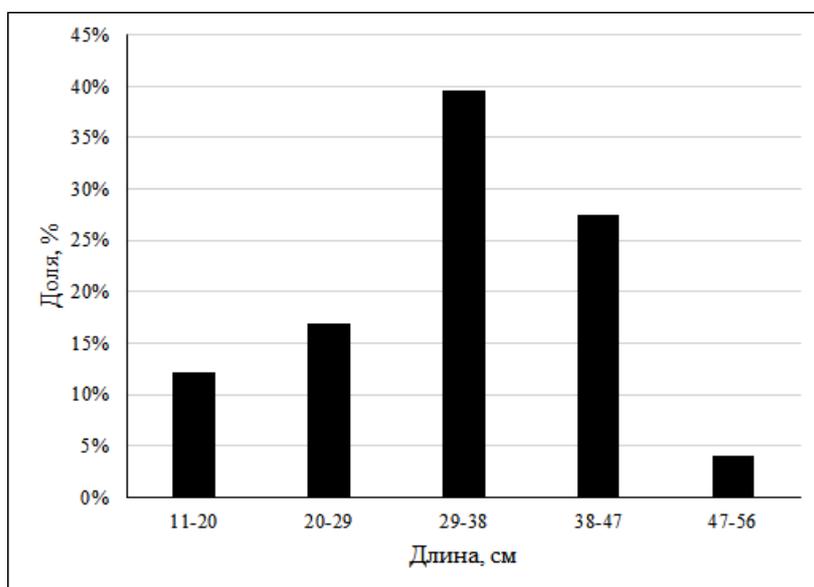


Рис. 2. Размерный состав черного палтуса в море Лаптевых

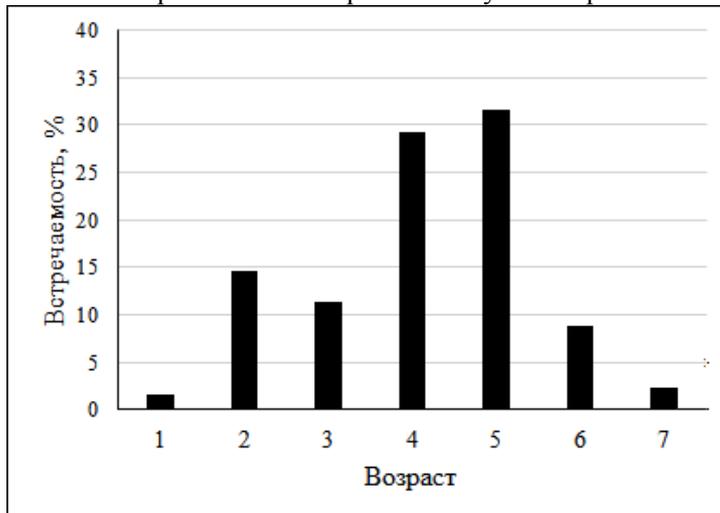


Рис. 3. Возрастной состав уловов черного палтуса в море Лаптевых

В сентябре 2015 г. в уловах черный палтус был представлен преимущественно неполовозрелыми рыбами, находящимися на II стадии зрелости гонад (65 экз. самок и 35 экз. самцов) и несколькими самцами с начальными признаками созревания гонад, на II-III и III стадиях зрелости самки в уловах отсутствовали (рис. 4). Самки численно преобладали над самцами (1:0,73).

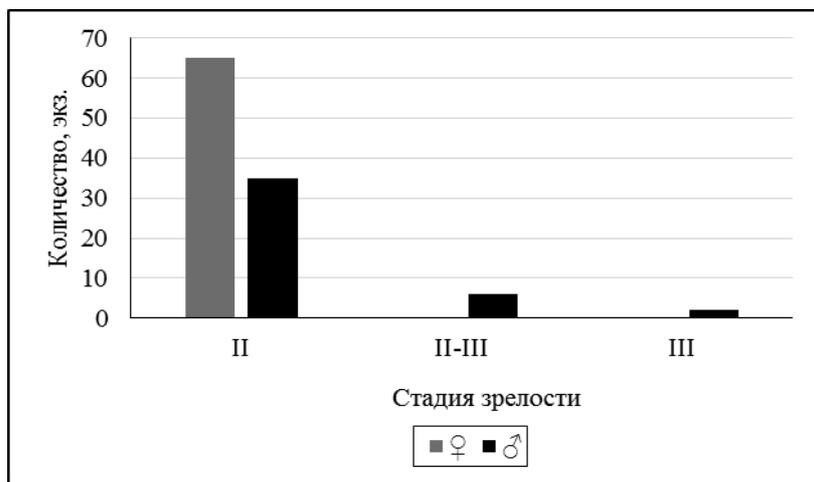


Рис. 4. Состояние зрелости гонад (по данным ПБА) черного палтуса в море Лаптевых 26.08–06.09.2015 г.

Не смотря на наличие особей с гонадами на III стадии зрелости, остается открытым вопрос о нересте палтуса в водах моря Лаптевых. Также остается открытым вопрос о существовании возвратных миграций чёрного палтуса из восточного сектора Арктики на нерестилища Баренцева и Берингова морей. Нерестовые миграции половозрелых особей черного палтуса через Восточно-Сибирское и Чукотское моря на берингоморские нерестилища, выглядят сомнительно из-за достаточно широкого и мелководного шельфа этих морей. Что же касается баренцевоморских нерестилищ, то они расположены достаточно далеко и тогда миграции палтуса должны быть очень протяженными. Но на примере пассивных миграций черного палтуса Берингова моря, Дьяковым (2011) было показано, что наименьшее расстояние от нерестилищ палтуса до районов поимки его молоди составляет 350 миль, наибольшее — 850 миль, средняя протяженность пассивных миграций икры и личинок составляет 600–700 миль.

С другой стороны, не исключена возможность размножения палтуса в бассейне Северного Ледовитого океана. Ранее в Карском море в желобе Святой Анны в 2008 и 2010 гг. на глубинах 400–700 м было отмечено присутствие в уловах незначительного количества самок и самцов черного палтуса со зрелыми и постнерестовыми гонадами на III и VI-III стадиях зрелости (Филина, Буданова, 2015). Однако, малочисленность таких особей позволяет сделать только предположение о возможности локального нереста в Карском море (Экосистема..., 2008). Вероятно, и поимка нескольких самцов с созревающими гонадами в море Лаптевых свидетельствует о возможности достижения отдельными экземплярами половой зрелости в восточном секторе Арктики.

Присутствие черного палтуса в море Лаптевых, вероятно, можно объяснить заносом икры и ранней пелагической молоди с нерестилищ Баренцева моря водами атлантического происхождения и дальнейшим ее перераспределением вдоль материкового склона по мере роста и локальном нересте на еще неизвестных нерестилищах. Возможно, исследованные нами экземпляры являются представителями норвежско-баренцевоморской популяции черного палтуса, восточная граница ареала которой до сих пор не установлена. Также благоприятному нагулу здесь способствуют довольно плотные скопления сайки *Boreogadus saida*, которая обеспечивает палтусу стабильную кормовую базу. В период исследований рацион черного палтуса состоял из сайки на 85–100 % (Глебов и др., 2016).

Литература

- Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики. — М.: WWF России. 2011. — 64 с.
- Глебов И.И., Надточий В.А., Савин А.Б., Слабинский А.М., Борилко О.Ю., Чульчиков Д.Н., Соколов А.С. 2016. Результаты комплексных биологических исследований в море Лаптевых в августе-сентябре 2015 г. // Изв. ТИНРО. Т. 187. — С. 72–88.
- Дьяков Ю.П. 2011. Камбалообразные (Pleuronectiformes) дальневосточных морей России (пространственная организация фауны, сезоны и продолжительность нереста, популяционная структура вида, динамика популяций). — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатНИРО. — 433 с.
- Карамушко О.В. 2010. Биоразнообразие и структура рыбной части сообществ арктических морей России // Природа морской Арктики: современные вызовы и роль науки: тез. докл. междунар. науч. конф. — Апатиты: КНЦ РАН. — С. 99–101.
- Кириллов А.Ф., Черешнев И.А. 2003. Аннотированный список рыбообразных и рыб морских и пресных вод Якутии // Вест. СВФУ им. М.К. Аммосова. Т. 3, № 4. — С. 5–14.
- Мазникова О.А., Афанасьев П.К., Датский А.В., Орлов А.М., Антонов Н.П., 2015. Распределение, биология и состояние запасов тихоокеанского черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides matsuii* по данным различных орудий лова в западной части Берингова моря и у восточного побережья Камчатки // Тр. ВНИРО. Т. 155. — М.: Изд-во ВНИРО — С. 31–55.
- Неелов А.В., Чернова Н.В. 1994. Предварительные сведения о рыбах, собранных в море Лаптевых в период экспедиции на л/к «Polarstern» в 1993 г. // Науч. рез-ты экспед. LAPEX-93. — СПб.: Гидрометеоздат. — С. 272–276.
- Смирнов О.В. 2006. Черный палтус норвежско-баренцевоморской популяции — Мурманск: ПИНРО. — 113 с.
- Фадеев Н.С. 1984. Промысловые рыбы северной части Тихого океана. — Владивосток: Дальневосточ. научн. центр ВНИЦ АН СССР. — 269 с.
- Филина Е.А., Буданова Л.К. 2015. О нахождении половозрелых особей черного палтуса *Reinhardtius hippoglossoides* (Pleuronectidae) в Карском море // Вопр. ихтиологии. Т. 55, № 1. — С. 114–118.
- Чернова Н.В. 2015. Ихтиофауна морских вод Новосибирских островов (охранная зона заповедника «Усть-Ленский») // Науч. тр. гос. природ. заповедника «Присурский». Т. 30. Вып. 1. — С. 271–276.
- Шунтов В.П. 1971. Некоторые закономерности распределения черного и стрелозубых палтусов в северной части Тихого океана // Изв. ТИНРО. Т. 75. — С. 3–36.
- Экосистема Карского моря: Монография / Под ред. Б.Ф. Прищепы. — Мурманск: ПИНРО, 2008. — 259 с.
- Chernova N.V., Neyelov A.V. 1995 Fish caught in the Laptev Sea during the cruise of RV «Polarstern» in 1993 // Berichte zur Polarforschung, № 176. — P. 222–227.
- Chilton D.E., Beamish R.J., 1982. Age determination methods for fishes studied by the ground fish program at the Pacific Biological Station // Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. V. 60. — 102 p.

УДК 597.5. (265.53)

Распределение, некоторые черты биологии и показатели обилия *Aptocyclus ventricosus* (Scorpaeniformes, Cyclopteridae) в Охотском море весной 2014–2016 гг.

О.А. Мазникова¹, П.О. Емелин²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток

e-mail: maznikovao@vniro.ru

Ключевые слова: *Aptocyclus ventricosus*, рыба-лягушка, Охотское море, пространственное распределение, вертикальное распределение, показатели обилия, нектон.

Аннотация. На материалах комплексных экспедиций на шельфе и континентальном склоне Охотского моря в весенний период 2014–2016 гг., рассмотрено пространственное распределение, некоторые черты биологии и показатели обилия рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus*.

В Охотском море ареал рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* охватывает всю его акваторию. Не являясь стайной рыбой, она образует скопления в период нагульных и нерестовых миграций. До настоящего времени было опубликовано относительно небольшое количество работ, касающихся ее жизненного цикла (Виноградов, 1950; Kobayashi, 1962; Yoshida, Yamaguchi, 1985; Токранов, Орлов, 2008; Мазникова, Курносков, 2015). Собранные в последние годы данные в комплексных траловых съемках ФГБНУ «ТИНРО-Центр» позволяют характеризовать некоторые черты жизненного цикла исследуемого вида.

Целью настоящей работы является анализ пространственного и вертикального распределения, изучение размерных характеристик, а также межгодовой динамики численности и биомассы рыбы-лягушки в Охотском море.

Материалы и методы

Материал был собран в ходе комплексных экспедиций на шельфе и континентальном склоне Охотского моря в весенний период 2014–2016 гг. на НИС «Профессор Кагановский» (таблица). Для районирования были использованы биостатистические районы осреднения данных по минтаю в Охотском море (Фадеев, 1987). Границы полигона исследований показаны на рис. 1. Все траления выполнялись круглосуточно разноглубинным канатным тралом РТ/ТМ 57/360.

Таблица. Количество тралений и объем собранного материала в 2014–2016 гг.

Год	Количество тралений	Площадь, тыс. км ²	Количество тралений с уловами рыбы-лягушки	Частота встречаемости, %	Количество ПБА
2014	282	711,63	94	33,33	224
2015	260	662,05	114	43,85	322
2016	265	669,72	107	40,38	282

Особи рыбы-лягушки из траловых уловов были подвергнуты полному биологическому анализу. Общая длина тела измерялась посредством стандартной мерной доски с точностью до 0,1 см. Для дальнейшей сопоставимости с данными промеров и вычисления численности размерных групп, полученные длины в миллиметрах округлялись до сантиметрового класса. Взвешивание каждой особи было произведено на специализированных весах «Marel» морского исполнения (эффект снижения погрешности в условиях качки, точность измерения до 1 г) производства Исландии, учитывалась масса тела без воды.

Показатели обилия — биомасса и численность на км², рассчитаны площадным методом с учетом коэффициента уловистости для рыбы-лягушки — 0,5. Подробное изложение методики первичного расчета параметров обилия представлено ранее (Нектон ..., 2003). Построение карт выполнялось в Golden Software Surfer 13. При построении среднемноголетней карты распределения биомассы, по данным каждой съемки методом Кригинга рассчитывались грид-файлы для одинаковой по площади координатной сетки. Эти грид файлы в последствии были усреднены за 3 года.

Существенное значение для достоверности результатов имеет способ экстраполяции фактических уловов (плотностей) на площадь исследований. Поскольку траления на разрезах располагались неравномерно, в связи с неоднородностью распределения нектона (главным образом минтая) и, кроме того, существенно различались уловы — мы сочли наиболее целесообразным определять расчетные численность и биомассу каждого вида нектона отдельно для площадей, принадлежащих каждому конкретному тралению, а затем суммировать эти величины по тем или иным районам и съемкам в целом. Для этого акватория каждой съемки

разбита на «микрорайоны» по количеству тралений. Площадь, принадлежащая каждому «микрорайону» траления, была рассчитана по полигонам Тиссена (полигоны Вороного) в ГИС QGIS 2.18. Очевидно, что с увеличением частоты тралений уменьшается принадлежащая каждому из них площадь, на которую экстраполируется результат. Этим ограничивается ошибка за счет случайных высоких и низких уловов, более адекватно оцениваются «вклад» в результаты по съемкам районов с изменчивыми уловами, иначе говоря, «вклад» каждого траления в суммарный результат «взвешивается» через принадлежащую данному тралению площадь района исследований. Работает схема: с увеличением неоднородности распределения нектона увеличивается частота тралений, но снижается «вес» каждого из них. Предложенный способ реализации метода площадей выглядит так:

$$N_p = \sum_{i=1}^n \frac{N_{i, \text{час}} \times S_i}{S_{i, \text{час}}}, \quad M_p = \sum_{i=1}^n \frac{M_{i, \text{час}} \times S_i}{S_{i, \text{час}}}, \quad \text{где}$$

N_p и M_p — расчетные численность и биомасса для биостатистического района или съемки;
 $N_{i, \text{час}}$ и $M_{i, \text{час}}$ — фактический улов i -того траления за 1 час в единицах численности и массы;
 S_i — обследованная площадь, принадлежащая i -тому тралению («микрорайону», рассчитанная как полигон Тиссена);
 $S_{i, \text{час}}$ — фактическая площадь облова i -того траления за 1 час;
 $\sum_{i=1}^n$ — суммирование по некоторому количеству тралений для биостатистического района или съемки.

Все представленные в работе биологические характеристики, такие как доли численности размерных групп, распределение по полу и стадиям зрелости, батиметрическое распределение — являются средневзвешенными величинами по величинам численности или биомассы, полученной для каждого «микрорайона» траления.

Вертикальное распределение биомассы рассчитано по следующему принципу:

$$M_i = \sum_{i=1}^n \frac{M_{\text{факт}}}{H}, \quad \text{где}$$

M_i — биомасса в вертикальном слое 1 м;
 $M_{\text{факт}}$ — фактическая биомасса (в пределах «микрорайона» траления);
 H — вертикальное раскрытие трала в метрах.

Биомассы в метровом слое были суммированы по всем тралениям, проведенным в выбранном диапазоне глубин, и далее ранжированы по заданным десятиметровым классам. Данные по среднемноголетнему вертикальному распределению являются средневзвешенными по величине биомассы усредненной за 3 года в выбранном диапазоне глубин. Для удобства восприятия данные приведены в процентах. Статистические расчеты и построение графиков проводилось в пакетах MS Excel 2016, СУБД MS Access 2010, Golden Software Grapher 9. Таксономические названия приведены в соответствии с The catalog of Fishes (Eschmeyer, Fong, 2017).

Результаты и обсуждения

Полученные в ходе комплексных экспедиций данные позволяют проанализировать пространственное и вертикальное распределение, размерный состав, а также межгодовую динамику показателей обилия рыбы-лягушки в водах Охотского моря.

На обследованной акватории в 2014–2016 гг. рыба-лягушка встречалась практически повсеместно. Наиболее многочисленна она была над глубоководной частью и склонах возвышенности Лебеда (ср. 13,52 кг/км²) и в районах о-вов Кунашир и Итуруп (ср. 13,29 кг/км²). В районах Северо-Западной и Юго-Западной Камчатки плотность скопления в среднем

составили 9,16 и 7,80 кг/км² соответственно (рис. 1). Оценки биомассы и численности рыбы-лягушки для различных биостатистических районов Охотского моря варьировали в значительной степени. Максимальные показатели обилия в весенний период отмечены в районе возвышенности Лебеда (1,28 тыс. т и 6,9 млн экз. — 2016 г.; 1,78 тыс. т и 11,3 млн экз. — 2015 г.), а минимальные для Охотского района (0,01 тыс. т в 2015 г. и 0,063 тыс. т в 2014 г.) и Северо-Восточного Сахалина (0,03 и 0,01 тыс. т в 2015 и 2016 гг. соответственно).

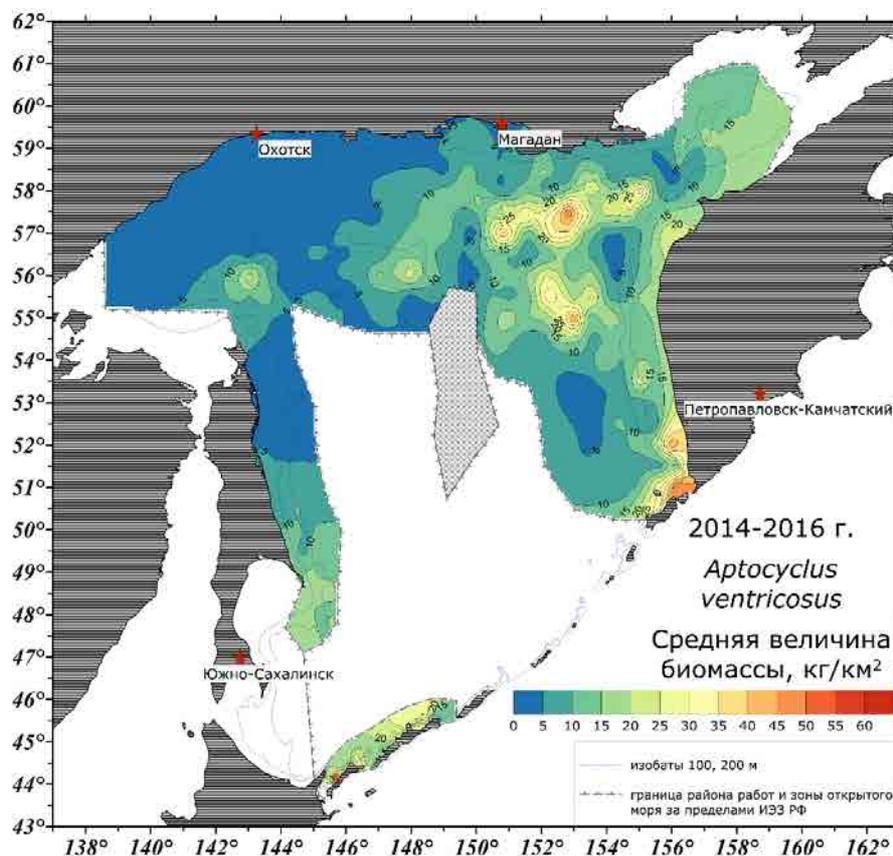


Рис. 1. Пространственное распределение биомассы рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (кг/км²) на шельфе и континентальном склоне Охотского моря в 2014–2016 гг.

Единой точки зрения на жизненный цикл вида не существует. Ряд авторов отмечают эврибатность вида (Ильинский, Радченко, 1992; Новиков и др., 2002), другие считают ее неретическим (Федоров и др., 2003) и даже мезобентальным видом (Orlov, 2005). Согласно опубликованным ранее данным, рыба-лягушка населяет прибрежные воды и придонные слои в диапазоне глубин от поверхности до 1700 м (Mecklenburg et al., 2002). По результатам тралений в Охотском море в весенний период батиметрический диапазон вида варьировал от 20 до 384 м (рис. 2). Наибольшая доля биомассы рыбы-лягушки на глубинах до 100 м (рис. 2,А) была учтена в слое 50–60 м (20–22 %). В диапазоне глубин 100–200 м (рис. 2,В) достаточно наибольшая биомасса была характерна для слоя 90–120 м (10–11 %) и у дна в слое 180–190 м (13 %). А над свалом глубин (рис. 2,С) наибольшая доля биомассы находилась в слое 180–230 м (7–9 %). Такое распределение биомассы обусловлено выходом особей на минимальные изобаты связи с нерестовыми миграциями в прибрежную зону. Анализ траловых уловов показывает, что рыба-лягушка чаще всего в весенний период встречалась совместно с 12 типичными и многочисленными видами ихтиофауны для диапазона глубин, где были отмечены ее уловы. Это были такие виды как: *Theragra chalcogramma*, (причем как взрослые особи, так и молодь), *Mallotus villosus*, *Limanda aspera*, *L. sakhalinensis*, *Leuroglossus schmidtii*, *Hippoglossoides elassodon*, *Hemilipidotus papilio*, *Eumicrotremus soldatovi*, *Careproctus rastrinus*, *Bothrocarina microcephala*.

Опубликованные ранее данные по размерному составу уловов рыбы-лягушки противоречивы. По сведениям разных авторов, предельные размеры вида варьируют от 18 см (Ко-

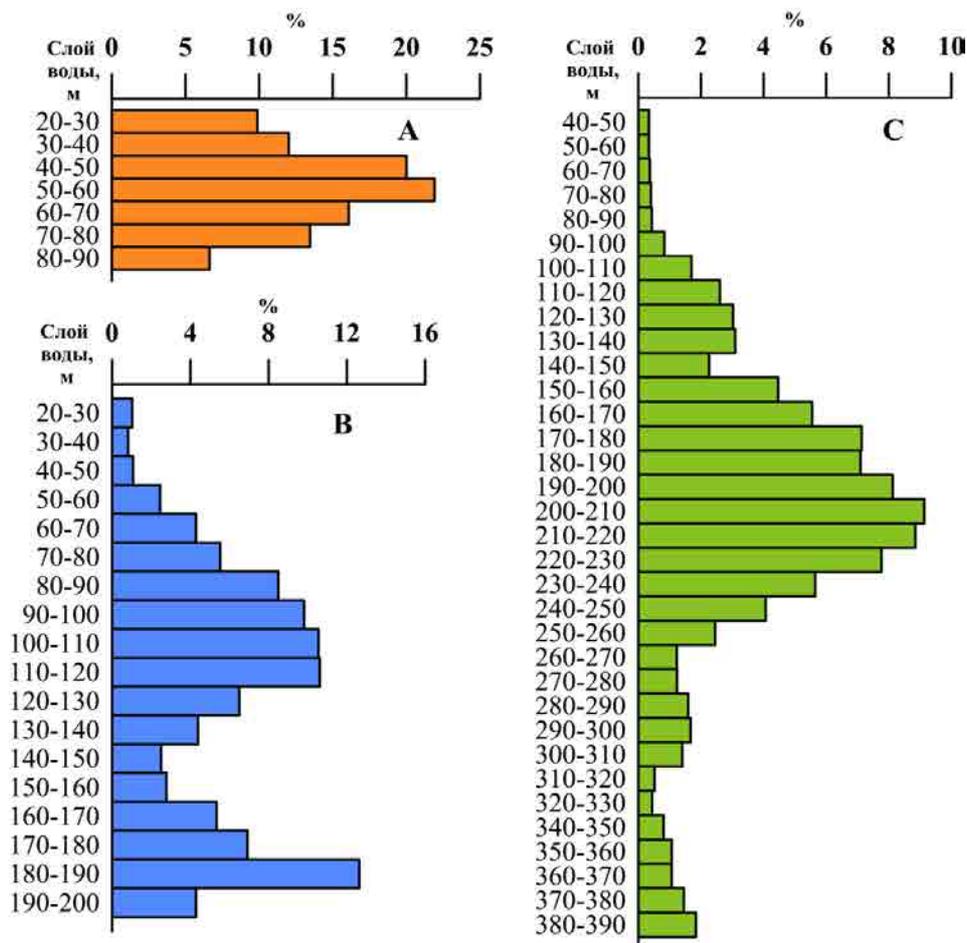


Рис. 2. Вертикальное распределение уловов рыбы-лягушки: А — глубины 0–100 м, В — диапазон глубин 100–200 м, С — за пределами изобаты 200 м

долов, 1994) до 44 см (Токранов, Орлов 2008). По результатам исследований в весенний период 2014–2016 гг. в Охотском море длина рыбы-лягушки варьировала от 7 до 38 см (ср. 22,5 см). Наиболее многочисленными были рыбы длиной 23–26 см (рис. 3). В пределах выделенных биостатистических районов имеются незначительные отличия в размерном составе уловов. Так за весь период исследований наиболее крупные особи отмечены в районе Восточного Сахалина (ср. 28–30 см), в зал. Шелихова (ср. 25,8–29,3 см) и Южно-Курильском р-не (ср. 26–30 см). В 2014–2015 гг. более мелкие особи отмечались над глубоководной частью возвышенности Лебеда (ср. 21–23 см), а в 2016 г. в р-не Северо-Восточного Сахалина (ср. 22 см). Зависимость масса–длина для представителей исследуемого вида описывается зависимостью $Y = 3E - 05X^{3,0291}$, где Y — масса тела, г; X — длина тела, см. Коэффициент достоверной аппроксимации $R^2 = 0,9268$. Ранее Токрановым и Орловым (2008) было показано, что с увеличением глубины размеры рыбы-лягушки уменьшаются. Наши данные не подтверждают данное предположение. Особи различного размера встречались практически во всех горизонтах тралений в пределах указанного батиметрического диапазона.

В период проведения исследований рыба-лягушка совершала нерестовые миграции в прибрежье и была представлена следующими стадиями зрелости: II, II-III, IV, IV-V и VI-II. За весь период наблюдений наиболее многочисленными были рыбы на II стадии зрелости гонад — от 38 % (в 2016 г.) до 50,6 % (в 2015 г.) от всех проанализированных рыб. Также довольно многочисленными были рыбы на стадии III-IV (19,8 % в 2014 г.) и IV (13,6 % в 2015 г. и 25,5 % в 2016 г.), на долю рыб на стадии VI-II пришлось всего лишь от 1,2 % (2014 г.) до 3,5 (2015 г.) соответственно. Соотношение полов было близко 1:1.

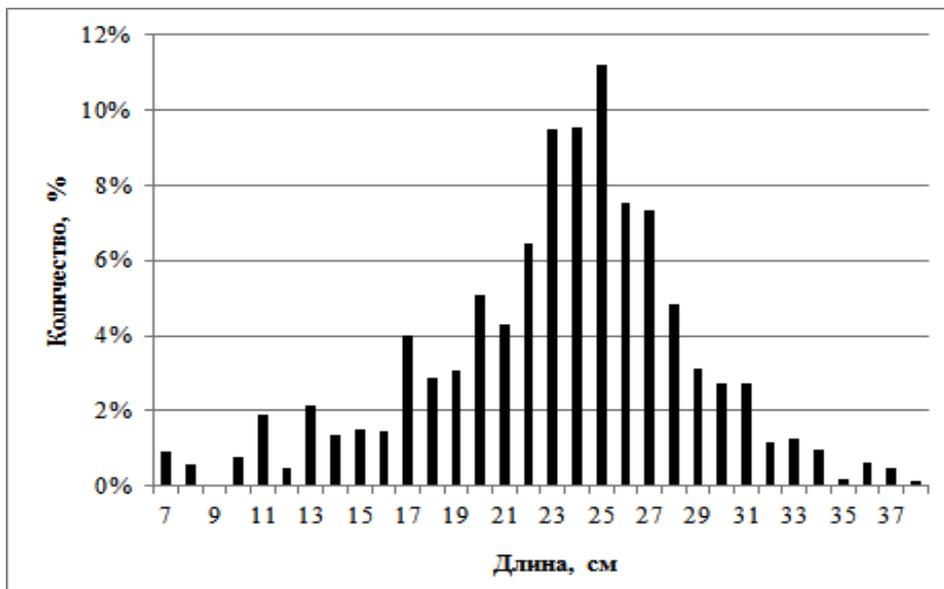


Рис. 3. Размерный состав уловов рыбы-лягушки в зимне-весенний период 2014–2016 гг.

Литература

- Виноградов К.А. 1950. К биологии тихоокеанского пинагора в камчатских водах // Природа. № 3. — С. 69–70.
- Ильинский Е.Н., Радченко В.И., 1992. Распределение и миграции рыбы-лягушки в Беринговом море // Биология моря. № 3–4. — С. 19–25.
- Мазникова О.А., Курносоев Д.С. 2015. Распределение и некоторые черты биологии рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1769) в северной части Охотского моря весной 2014 г. // Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания: Материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. И.Б. Бирмана. Звенигород, 19–25 апреля 2015 г. — М.: Изд-во ВНИРО, 2015. — С. 81–?????
- Нектон Охотского моря. Таблицы численности, биомассы, соотношения видов / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2003. — 416 с.
- Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. 2002. Рыбы Приморья. — Владивосток: Дальрыбвтуз. — 552 с.
- Орлов А.М., Токранов А.М. 2008. Особенности распределения, некоторые черты биологии и динамика уловов рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Cyclopteridae) в прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана // Вопр. ихтиологии. Т. 48. № 1. — С. 86–101.
- Фадеев Н.С. 1987. Нерестилища и сроки размножения минтая в северной части Охотского моря // Популяционная структура, динамика численности и экология минтая. — Владивосток: ТИНРО. — С. 5–22.
- Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В. и др., 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. — Владивосток: Дальнаука. — 204 с.
- Eschmeyer W.N., Fong J.D. Accessed on 01.04.2017. The catalog of Fishes online <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>.
- Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K., 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: Amer. Fish. Soc., XXXVII+1037 p.+40 pl.
- Orlov A.M., 2005/ Bottom trawl-caught fishes and some features of their vertical distribution in the Pacific waters off the north Kuril Islands and south-east Kamchatka, 1993–1999 // Aqua. J. Ichtyol. Aquat. Biol. V. 9, № 4. — P. 139–160.
- Yoshida H., Yumaguchi H. 1985. Distribution and feeding habits of the pelagic smooth lumpsacker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas) in the Aleutian basin // Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. V. 36. № 4. — P. 200–209.

Особенности распределения и некоторые черты биологии рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* Pallas, 1769 (Scorpaeniformes, Cyclopteridae) в Беринговом море

О.А. Мазникова¹, А.А. Сомов²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

²Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
e-mail: maznikovao@vniro.ru

Ключевые слова: *Aptocyclus ventricosus*, рыба-лягушка, Берингово море, пространственное распределение, возраст, численность, биомасса.

Аннотация. На материалах 1876 пелагических и донных тралений на северо-западном шельфе, в глубоководных котловинах Берингова моря, а также прикамчатских водах Тихого океана рассмотрено пространственное распределение, некоторые черты биологии, динамика численности и биомассы рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus*.

Рыба-лягушка *Aptocyclus ventricosus* — широкобореальный тихоокеанский вид, распространённый от побережья Корейского п-ова до бух. Провиденция в Анадырском заливе и дальше на юго-восток до пр. Мэтъесон (Британская Колумбия) у берегов Канады. Численность рыбы-лягушки в дальневосточных морях и прилегающих тихоокеанских водах повсеместно высокая, но промыслом она не используется, попадает как прилов в тралы при добыче донных видов рыб. Экосистемные исследования, проводимые ФГБНУ «ТИНРО-Центр» в дальневосточных морях с 1980-х гг., показали, что этот вид может занимать значительную долю по биомассе в составе ихтиоценоза эпипелагиали в ряде глубоководных котловин Берингова моря (Ильинский, Радченко, 1992). До настоящего времени опубликованные данные о различных сторонах биологии рыбы-лягушки в литературе остаются недостаточными для описания жизненного цикла вида (Виноградов, 1950; Yoshida, Yamaguchi, 1985; Орлов, Токранов, 2008; Соломатов, Орлов, 2015; Мазникова, Курносов, 2015). Собранные в последние годы данные в комплексных траловых съёмках «ТИНРО-Центра» позволяют расширить уже имеющиеся представления о биологии рыбы-лягушки в Беринговом море.

Цель настоящей работы — обобщить и проанализировать имеющиеся данные по пространственному распределению, биологии, динамике численности и биомассы рыбы-лягушки в водах Берингова моря.

Материалы и методы

В настоящей работе использованы данные из базы данных «Траловая макрофауна пелагиали северной Пацифики 1979–2009 гг.», а также архивные материалы Регионального центра данных (РЦД) ФГБНУ «ТИНРО-Центр» для рейсов, выполненных в 2010–2015 гг. Всего было проанализировано 1876 тралений, выполненных разноглубинными и донными тралами с различными значениями горизонтального и вертикального раскрытий. Выделены 4 района осреднения информации: сопредельные воды Тихого океана (СЗТО) — 188 тралений, Командорская котловина (КК) — 617 тралений, Алеутская котловина (АК) — 880 тралений, северо-западный шельф Берингова моря (СЗБМ) — 191 траление. Лишь в части тралений были выполнены анализы и промеры, их количество составило соответственно 616 и 3358 экз. Промеры длины тела (*FL*) выполнены посредством стандартной мерной доски с точностью до 1 см; взвешивание произведено на специализированных весах «Marel» морского исполнения 3–6 кг (эффект снижения погрешности в условиях качки) производства Исландии (рис. 1, таблица).

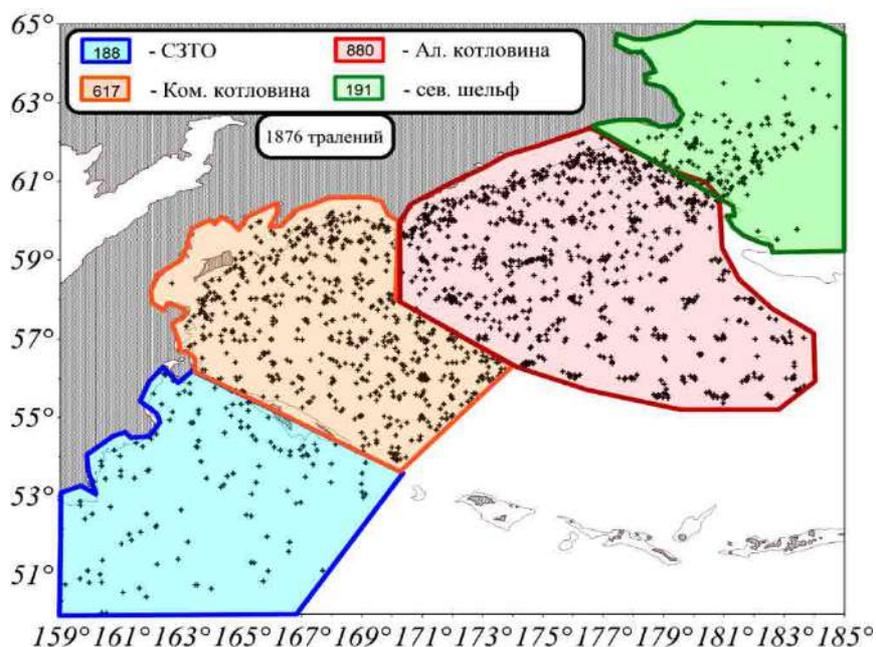


Рис. 1. Карта-схема районов осреднения биостатистической информации

Таблица. Распределение тралений по изобатам за период исследований 1979–2015 гг.

Диапазон глубин	СЗТО	КК	АК	СЗБМ	Вся акватория
0–100	116	293	318	120	847
100–200	14	130	194	54	392
200–300	19	13	34	11	77
300–400	34	124	190	4	352
400–500	1	3	9	2	15
600–700	0	1	8	0	9
700–800	1	35	100	0	136
800–900	2	3	3	0	8
>900	1	15	24	0	40
Все глубины	188	617	880	191	1876

Показатели обилия — биомасса и численность на квадратный километр (км^2), рассчитаны площадным методом с учетом коэффициента уловистости для рыбы-лягушки — 0,5. Подробная методика расчета представлена в обобщающих монографиях (Нектон ..., 2006, Макрофауна..., 2012). Распределение данных биомассы и численности не соответствует нормальному распределению, поэтому для расчета средних величин данные были подвергнуты логарифмическому преобразованию. Построение карт выполнялось в ГИС QGIS 2.18, статистические расчеты и построение графиков в пакетах Statistica 10, MS Excel 2016. При построении среднеголетних карт распределения биологических показателей, данные первоначально были осреднены для каждой трапеции размером $0,5^\circ$ широты и 1° долготы, и затем уже по центроидам этих трапеций методом Кригинга рассчитывались грид-файлы.

Результаты и обсуждение

В дальневосточных морях, прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана основная часть жизненного цикла рыбы-лягушки проходит в глубоководных котловинах и присваловых районах. На нерест же она мигрирует в прибрежные районы.

Опубликованные ранее немногочисленные данные по размерно-весовым характеристикам рыбы-лягушки весьма противоречивы. При описании данных характеристик необходимо учитывать тот факт, что особи данного вида при попадании в трал заглатывают воду и, оценка массы тела вследствие этого, существенно превышает реальный показатель (Ильинский, Радченко, 1992). В своей работе Yoshida и Yamaguchi (1985) для рыб из Алеутской котловины указывают изменчивость линейных размеров рыб в пределах 9–36 см с доминированием рыб двух размерных групп: 10–12 и 21–26 см. По данным Ильинского и Радченко (1992) в западной и центральной частях Берингова моря данный вид имел длину 8–37 см, но имелись достоверные региональные отличия: на шельфе, в эпи- и мезопелагиали средние значения длины составили 26,2, 22,8 и 23,1 см соответственно.

Размерный ряд рыбы-лягушки на исследуемой акватории формировали рыбы с длиной тела от 2 до 38 см (рис. 2). Большая часть всех промеренных рыб (81,8 %) принадлежала размерной группе 12–38 см, что соответствует возрастам старше 3+. Порядка 15,4 % совокупности пришлось на размерную группу 7–19 см (возраст 2+), наименьшее количество (2,8 %) составили особи размерной группы 2–9 см (возраст 1+). Однако, для выделенных районов имеются отличия в размерно-возрастной структуре.

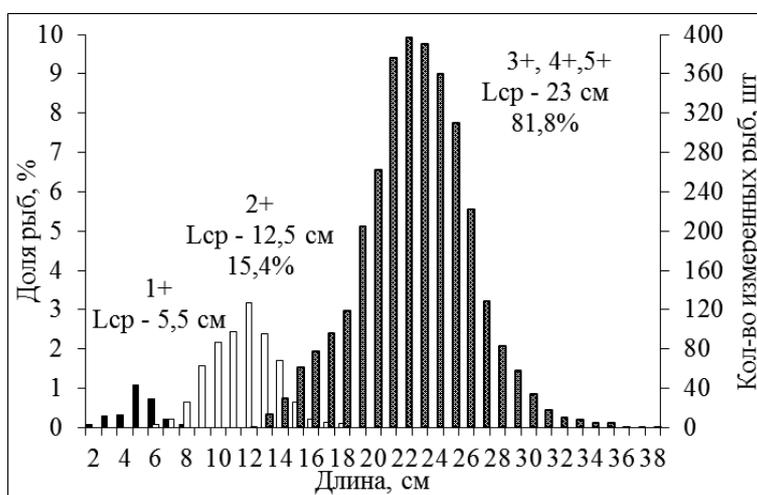


Рис. 2. Размерный состав рыбы-лягушки в водах Берингова моря и сопредельных водах Тихого океана

Так, в сопредельных водах Тихого океана длина рыб варьировала от 4 до 34 см с преобладанием рыб возраста 1+ и 2+ (6–13 см). В Алеутской котловине длина рыб варьировала от 2 до 36 см с преобладанием рыб 20–27 см (86,3 %). Рыбы возраста 1+ были немногочисленны (1,8 %). В водах Командорской котловины в уловах отсутствовали рыбы с длиной до 3 см и более 32 см. Здесь доминировали особи с длиной тела 10–12 см и 20–26 см. На северо-западном шельфе моря в уловах полностью отсутствовали рыбы с длиной тела до 16 см, т.е. рыбы возраста 1+ и 2+. Основу уловов формировали особи с длиной тела 22–30 см (95,2 %). Зависимость масса–длина для представителей исследуемого вида описывается зависимостью $Y = 0,1851 X^{2,5457}$, где Y — масса тела, г; X — длина тела, см. Коэффициент достоверной аппроксимации $R^2 = 0,9429$.

Максимальные по плотности концентрации за весь период исследований находились в северо-западной части Алеутской котловины и в нейтральной зоне что полностью совпадает с полученными ранее данными (Ильинский, Радченко, 1992). Среднемноголетние показатели обилия составили здесь 11,6 кг/км² и 26,3 экз/км². Данный факт свидетельствует о наличии здесь постоянного ядра концентраций рыбы-лягушки (рис. 3). Довольно плотные скопления отмечены и в районе северо-западного шельфа (9,9 кг/км² и 9,7 экз/км²). Плотность скоплений в Командорской котловине была значительно ниже (3,7 кг/км² и 11,7 экз/км²). Наиболее разреженные скопления наблюдались в водах СЗТО (1,4 кг/км² и 9,4 экз/км²). По сравнению с численностью, градиент биомассы выражен сильнее — увеличение от СЗТО к Алеутской котловине почти в 10 раз по биомассе и всего 2,5 раза по численности. Это

связано с увеличением средней индивидуальной массы от юго-запада к северо-востоку. Наибольшая средняя масса (1,02 кг) зафиксирована на северо-западном шельфе что может быть связано с нахождением здесь нерестовых особей.

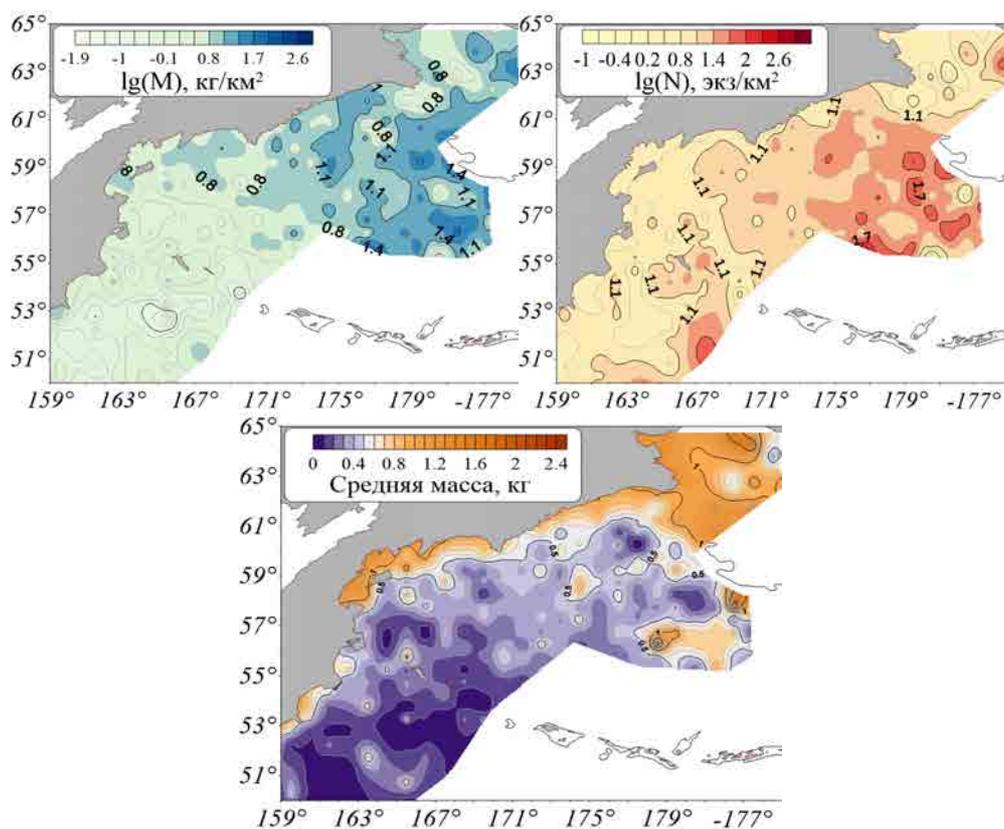


Рис. 3. Пространственное распределение биомассы (слева), численности (справа) и средней массы рыбы-лягушки за 1979–2015 гг.

Биомасса и численность вида значительно варьируют в сезонном аспекте (рис. 4). Максимальные численность и биомасса в батиметрическом слое 0–1000 м отмечены в весенний (19,54 экз/км² и 9,27 кг/км²) и зимний периоды (29,26 экз/км² и 8,52 кг/км²) что связано с преднерестовыми и нерестовыми миграциями рыб. В период нагула особей в глубоководных котловинах моря, т.е. летом и осенью, численность и биомассы различаются незначительно — 5,40 кг/км² и 11,91 экз/км² против 5,90 кг/км² и 17,60 экз/км².

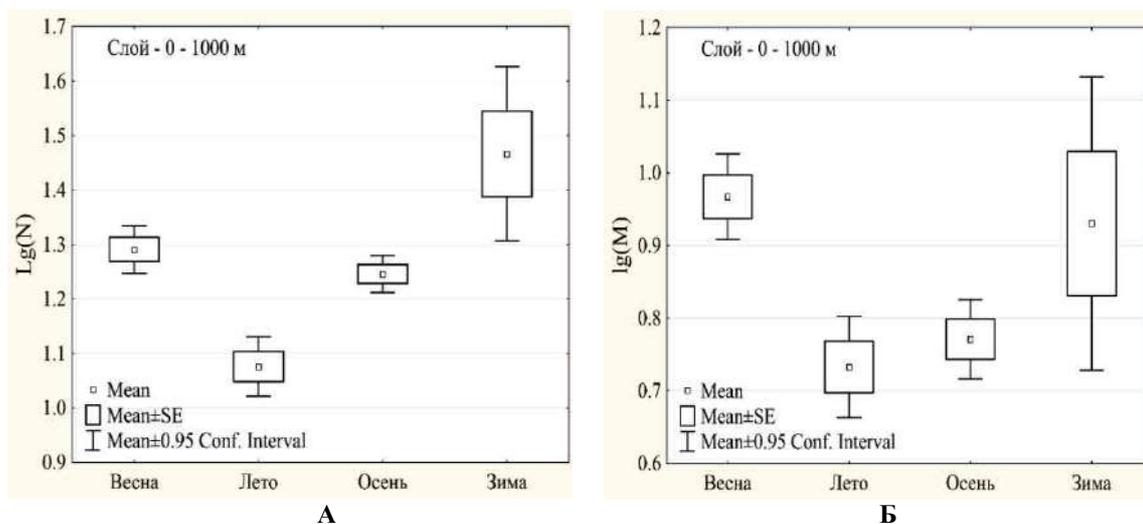


Рис. 4. Распределение численности (А) и биомассы (Б) по сезонам в батиметрическом диапазоне 0–1000 м

Одной из особенностей рыбы-лягушки является ее высокая экологическая пластичность. Согласно опубликованным ранее данным, батиметрический диапазон исследуемого вида составляет от 0 до 1700 м (Федоров и др., 2003; Mecklenburg et al., 2002 и др.). По результатам донных и пелагических тралений в Беринговом море батиметрический диапазон вида варьировал от 0 до 900 м (рис. 5).

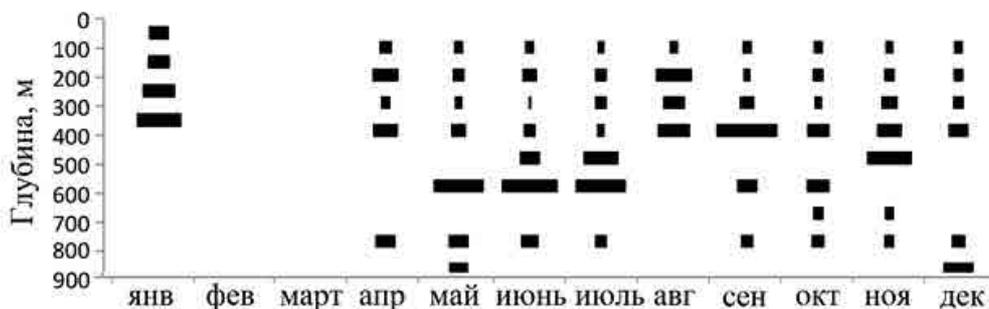


Рис. 5. Сезонные изменения глубины обитания рыбы-лягушки 1979–2015 гг., толщина столбцов обозначает долю (%) для данного диапазона глубин

Глубины обитания даже в пределах одной акватории варьируют в зависимости от сезона года что объясняется миграционным циклом вида. Анализ распределение численности рыбы-лягушки в зависимости от глубины обитания показывает, что наибольшие концентрации рыбы-лягушки с мая по июль зафиксированы на изобатах 500–600 м (до 92 экз/км²). Вероятно, на данных глубинах происходит нагул не участвующих в нересте особей или уже отнерестившихся самок. В августе и сентябре максимальное количество особей отмечается на изобатах 100–200 (27 экз/км²) и 300–400 м (81,3 экз/км²) соответственно. Данное распределение, напротив, объясняется постепенным отходом молоди за границу шельфа, обратными миграциями самок от нерестилищ и постепенным их перераспределением в водах глубоководных котловин. С октября по декабрь максимальные по плотности скопления были локализованы на изобатах 400–500 м (до 64,6 экз/км²) что также характерно для нагульного периода этих рыб (рис. 5). В январе наблюдается постепенное увеличение численности к изобатам 300–400 м (52,1 экз/км²).

На исследованной акватории в разные сезоны рыба-лягушка была представлена следующими стадиями зрелости: II, III, IV и VI-II. За весь период наблюдений наиболее многочисленными были рыбы на II стадии зрелости гонад — более 50 % проанализированных рыб. Также довольно многочисленными были рыбы на стадии III — 42 %, на долю рыб в стадии VI и VI-II пришлось всего 6 и 2 % соответственно.

Анализ уловов показывает, что в разные сезоны соотношение полов изменялось незначительно. Так, в Алеутской котловине численно преобладали самки, причем их количество в зависимости от сезона варьировало незначительно (от 51,6 летом до 58,1 % осенью), за исключением зимнего периода, здесь доминировали самцы (58,1 % против 41,9 % соответственно). В водах Командорской котловины самки также численно превосходили самцов. Наибольшее их количество отмечено в летний период (83,3 %). В сопредельных водах Тихого океана, напротив, в весенний период отмечалось преобладание самцов (84,6 %), а в осенний — самок (60,0 %). На северо-западном шельфе исследования проводились лишь в летне-осенний период. Здесь так же отмечено доминирование самок (81,1 % от всех отловленных особей).

Литература

- Виноградов К.А. 1950. К биологии тихоокеанского пинагора в камчатских водах // Природа. № 3. — С. 69–70.
- Ильинский Е.Н., Радченко В.И. 1992. Распределение и миграции рыбы-лягушки в Беринговом море // Биол. моря. № 3–4. — С. 19–25.
- Мазникова О.А., Курносов Д.С. 2015. Распределение и некоторые черты биологии рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Pallas, 1769) в северной части Охотского моря весной 2014 г. //

Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания: материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. И.Б. Бирмана Звенигород, 19–25 апреля 2015 г. — М.: Изд-во ВНИРО, 2015. — С. 41.

Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы 1982–2009 гг. / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2012. — 479 с.

Нектон западной части Берингова моря. Таблицы численности, биомассы и соотношения видов / под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. — Владивосток: ТИНРО-Центр, 2006. — 416 с.

Орлов А.М., Токранов А.М. 2008. Особенности распределения, некоторые черты биологии и динамика уловов рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Cyclopteridae) в прикурильских и прикамчатских водах Тихого океана // *Вопр. ихтиологии*. Т. 48. № 1. — С. 86–101.

Соломатов С.Ф., Орлов А.М. 2015. Особенности распределения и некоторые черты биологии рыбы-лягушки *Aptocyclus ventricosus* (Cyclopteridae) в российской зоне Японского моря // *Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания: материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения проф. И.Б. Бирмана*. Звенигород, 19–25 апреля 2015 г. — М.: Изд-во ВНИРО, 2015. — С. 59.

Федоров В.В., Черешнев И.А., Назаркин М.В. и др., 2003. Каталог морских и пресноводных рыб северной части Охотского моря. — Владивосток: Дальнаука. — 204 с.

Mecklenburg C.W., Mecklenburg T.A., Thorsteinson L.K., 2002. Fishes of Alaska. Bethesda, Maryland: Amer. Fish. Soc., XXXVII+1037 p.+40 pl.

Yoshida H., Yumaguchi H. 1985. Distribution and feeding habits of the pelagic smooth lumpsucker, *Aptocyclus ventricosus* (Pallas) in the Aleutian basin // *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* V. 36. № 4. — P. 200–209.

УДК 597.169

Паразитофауна рыб озера Бытошь

Е.О. Маркова

Всероссийский научно-исследовательский институт пресноводного рыбного хозяйства (ФГБНУ «ВНИИПРХ»), п. Рыбное, Дмитровский р-н, Московская обл.
e-mail: vniprh@mail.ru, lab.ihitopat@mail.ru

Ключевые слова: паразитофауна, ихтиофауна, оз. Бытошь, анализ, заражение.

Аннотация. Представлены результаты паразитологического анализа рыб (экстенсивность и интенсивность инвазии, индекс обилия) из оз. Бытошь в Брянской области.

Работы, направленные на изучение фауны паразитов рыб, специфичности, зависимости от факторов среды, имеют огромное значение при мониторинге водоемов. Накоплен огромный фактический материал, характеризующий фауну паразитов рыб естественных водоемов в различных её аспектах (Догель, 1933; Изюмова, 1977; Судариков и др., 2002; Судариков и др., 2006; Семенова и др., 2007; Иванов и др., 2012).

Е.Н. Павловский (1934, 1937) и В.А. Догель (1947, 1962) на огромном фактическом материале показали, как сложны и многообразны связи паразитов с хозяевами (окончательными и промежуточными) — средой I и II порядка — это та среда, в которой живут хозяева паразитов и проходят свои отдельные стадии развития многие паразиты. Уровень воды в водоеме, характер течения, прозрачность и мутность воды, температура, химизм воды, её газовый состав оказывают влияние не только на хозяев паразитов (рыб и беспозвоночных животных), но и на самих паразитов, на стадиях их развития, которые протекают во внешней среде (Изюмова, 1977).

Цель работы — провести фаунистический анализ паразитов рыб из озера Бытошь.

Бытошское водохранилище (или озеро Бытошь) расположено на северной окраине пгт. Бытошь Дятьковского района Брянской области (рис. 1). Водоохранилище вытянуто с

северо-северо-востока на юго-юго-запад более чем на 2,5 км при ширине до 400 м в средней и до 250–300 м в нижней частях. Площадь водного зеркала — 1700 тыс. м², объем воды — около 4240 тыс. м³. Водоем образован в результате строительства плотины на р. Бытошинка в 1911 г., впадающей слева в 7 км ниже по течению в р. Ветьма (левый приток р. Десна), за более чем 100-летний период водоем практически превратился в озеро.



Рис. 1. Озеро Бытошь

В летние месяцы прозрачность воды не превышает 50 см, цвет воды на фоне белого диска интенсивно желтый. Это свидетельствует о наличии в воде значительного количества водорослей и минеральных взвесей, а также об антропогенном воздействии на озеро. Нижняя правобережная часть водохранилища используется в качестве поселкового пляжа. Водохранилище используется жителями для летнего отдыха: организация пляжа (в южной части) и базы отдыха (северо-восточная часть), а также рыбалки.

Ихтиофауна представлена 3 семействами рыб: Карповые Cyprinidae, Окуневые Percidae и Щуковые Esocidae. Большую долю составляют карповые, из них часто встречающиеся виды: лещ *Abramis brama*, плотва *Rutilus rutilus*, сазан *Cyprinus carpio*, красноперка *Scardinius erythrophthalmus* и др. (<http://knigilib.net/book/322-tochnye-i-estestvennye-nauki-vestnik-4-2012/22-vodokhranilishha-severo-vostoka-bryanskoj-oblasti-i-ix-rekreacionnoe-ispolzovanie.html>).

Материал был собран в 2016 г. (лето, осень) в ФГБНУ «ВНИИ пресноводного рыбного хозяйства» в рамках Госзадания по теме: «Осуществление Государственного мониторинга водных биологических ресурсов Тамбовской, Липецкой, Белгородской и Брянской областей, включая наблюдения, сбор, обработку и обобщение информации за распределением, численностью, качеством и воспроизводством водных биологических ресурсов, а также средой их обитания в 2016 году».

Объем обследованного материала в течение года составил 22 экз. рыб (табл. 1 и 2).

Таблица 1. Объем собранного материала в летний период 2016 г. для паразитологического анализа, экз.

Вид рыб	Количество рыб
Жерех <i>Aspius aspius</i>	1
Окунь <i>Perca fluviatilis</i>	2
Плотва <i>Rutilus rutilus</i>	1
Лещ <i>Abramis brama</i>	3
Золотой карась <i>Carassius carassius</i>	4
Всего	11

Таблица 2. Объем собранного материала в осенний период 2016 г. для паразитологического анализа, экз.

Вид рыб	Количество рыб
Щука (<i>Esox lucius</i>)	1
Окунь (<i>Perca fluviatilis</i>)	7
Плотва (<i>Rutilus rutilus</i>)	2
Красноперка (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	1
Всего:	11

Паразитологическому исследованию рыба подвергалась согласно общепринятым в ихтиопаразитологии методам (Быховская-Павловская, 1985; Регламент ЕС..., 2004; СанПиН 3.2.3215–14 «Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации»), идентификацию паразитов проводили по Определителям паразитов... (1984; 1985; 1987); а также были использованы международные стандарты (Ветеринарно-санитарный кодекс водных животных, Руководство по водным животным). При оценке безопасности объектов рыболовства для потребителей и выявлении в мышцах метацеркарий трематод сем. *Opisthorchidae* использовали методику компрессорного обследования скелетной мускулатуры для последующего подсчета гельминтов (Беэр, 2005).

Зараженность рыб паразитами оценивали по встречаемости или экстенсивности (Э.И., %), по зараженности (интенсивности инвазии средней И.И. ср., экз/рыбу), по амплитуде заражения (А.И.И., экз/рыбу) и индексу обилия (И.О., экз/рыбу).

В летний период рыбу исследовали в июле. У рыб обнаружены паразиты, относящиеся к 4 классам: Моногенеи Monogenea, Трематоды Trematoda, Ракообразные Crustacea и двустворчатые Моллюски Bivalvia.

Встречаемость паразитов и интенсивность заражение рыб в летний период представлены в табл. 3.

Таблица 3. Зараженность паразитами рыб озера Бытошь в 2016 г. (лето)

Вид рыб (масса)	Вид паразита	Э.И., %	И.И. ср. (экз/рыбу)	А.И.И. (экз/рыбу)	И.О. (экз/рыбу)
Жерех (732,8 г)	<i>Dactylogyrus</i> sp.	Единичные			
Окунь (122–438,5 г)	<i>Tyloデルphys clavata</i>	100	125,0	50,0–230,0	125
	<i>Ichthyocotylurus platycephalus</i>	100	11,5	9,0–14,0	11,5
	<i>Postodiplostomum brevicaudatum</i>	50	1,0	–	0,5
	<i>Ergasilus sieboldi</i>	50	1,0	–	0,5
	Bivalvia*	100	180,0	60,0–300,0	180
Плотва (41,7 г)	Паразиты не обнаружены				
Лещ (74,3–104,2 г)	<i>Tyloデルphys clavata</i>	66,6	133,5	59–208	89,0
	<i>Diplostomum</i> sp.	33,3	3,0	–	1
	<i>Ergasilus sieboldi</i>	100	3,0	1,0–5,0	3,0
Карась золотой (107,2–367,0 г)	<i>Ergasilus sieboldi</i>	50	1,5	1–2	0,75
* Паразиты определены до класса.					

В осенний период паразиты были обнаружены только у карповых рыб — плотвы и красноперки, и представлены одним классом Trematoda (р. *Diplostomum* и р. *Postodiplostomum*) (табл. 4).

Таблица 4. Зараженность паразитами рыб озера Бытошь в 2016 г. (осень)

Вид рыб (масса)	Вид паразита	Э.И., %	И.И. ср. (экз/рыбу)	А.И.И. (экз/рыбу)	И.О. (экз/рыбу)
Щука (218,7 г)	Паразиты не обнаружены				
Окунь (53,5–74,3 г)	Паразиты не обнаружены				
Плотва (44,2 64,3 г)	<i>Postodiplostomum cuticola</i>	100,0	8,0	1,0–15,0	88,0
	<i>Diplostomum</i> sp.	100,0	59,0	6,0–42,0	59,0
Красноперка (52,1 г)	<i>Diplostomum</i> sp.	–	8,0	–	88,0

Гельминты из класса Monogenea (*Dactylogyrus* sp.) обнаружены на жабрах жереха в летний период. Они имеют прямой жизненный цикл, без промежуточных хозяев. Паразиты откладывают яйца, которые током воды выносятся в водоем, где и происходит их дальнейшее развитие. Вылупившиеся из яйца личинки оседают вначале на поверхности тела, затем переползают на жабры.

У 50 % окуней на жабрах обнаружены паразитические ракообразные (*Ergasilus sieboldi*). Эргасилусы — теплолюбивые паразиты. С апреля по сентябрь при температуре воды выше 14 °С у самок периодически образуются яйцевые мешки. Из яиц, находящихся в них, через 3–6 сут (при 25–20 °С) выклеваются свободноживущие личинки — науплиусы, которые после нескольких линек превращаются в копеподитов. Копеподитные самки после совокупления закрепляются на жабрах рыбы, а самцы погибают (<http://www.activestudy.info/ergazilez-ryb/>).

Кроме того, у окуня были обнаружены *Ichthyocotylurus platycephalus*, *Postodiplostomum brevicaudatum* и *Tylodelphys clavata*, которые относятся к классу трематод. Жизненный цикл их сложный: взрослые гельминты обитают в кишечнике рыбадных птиц. Достигшие половой зрелости гельминты продуцируют яйца, которые с экскрементами птиц попадают в воду. В воде в яйцах развиваются личинки, они внедряются в промежуточного хозяина — брюхоногих моллюсков, а затем — в рыбу. Наибольшая инвазия отмечена в стекловидном теле глаз метацеркариями *Tylodelphys clavata* (И.И. до 230 экз/рыбу), несмотря на высокое заражение внешних изменений в глазах не обнаружено.

У окуня было выявлено высокое заражение личинками двусторчатых моллюсков (глохидиями) (до 300 экз/рыбу), которые были прикреплены к жаберным лепесткам рыбы. Развитие моллюсков (*Bivalvia*) проходит при участии промежуточных хозяев — рыб. Из оплодотворенных яиц, находящихся в жаберной полости моллюска, формируются личинки — глохидии. В момент приближения рыбы моллюск выталкивает глохидиев через выводной сифон в воду, и они прикрепляются к жабрам, плавникам и кожным покровам рыбы (<http://www.activestudy.info/lichinki-mollyuskov-gloxidii-parazity-ryb/>).

У леща выявлено 3 вида паразитов: *Tylodelphys clavata*, *Diplostomum* sp. и *Ergasilus sieboldi*. Два первых локализовались в стекловидном теле и хрусталике глаз, наибольшая инвазия отмечена *T. clavata* (И.И. до 208 экз/рыбу). Паразитический рачок *E. sieboldi* на жабрах встречался у 100% лещей, но А.И.И. им была невысокой (1–5 экз/рыбу).

У золотого карася обнаружен один вид паразитов — *E. sieboldi*. Индекс обилия составлял 0,75 экз/рыбу.

У плотвы в летний период паразитов не выявлено. В осенний период заражение плотвы метацеркариями трематод *Postodiplostomum cuticola* составило 100 % (А.И.И. 1–15 экз/рыбу при И.О. = 8 экз/рыбу).

У красноперки в осенний период обнаружены метацеркарии трематод *Diplostomum* sp. (И.И. = 8 экз/рыбу).

Основными факторами, определяющими состав паразитов в оз. Бытошь, являются наличие промежуточных и дефинитивных хозяев, гидрологические и экологические особенности водоема.

В оз. Бытошь в летне-осенний период у рыб выявлены 8 видов паразитов.

У карповых рыб 5 видов паразитов, которые были представлены: моногенеями — 1, трематодами — 3, паразитическими рачками — 1.

У окуня 5 видов паразитов, представлены: трематодами — 3, паразитическими рачками — 1 и двустворчатыми моллюсками — 1.

У золотого карася 1 вид — паразитический рачок.

У щуки в обследованной выборке паразитов не обнаружено.

Выявлены 2 часто встречающихся паразитарных сообществ (инфрасообщества): *Diplostomum* sp. + *Tylodelphys clavata*; *Ichthyocotylurus platycephalus* + *Tylodelphys clavata*.

Распределение по хозяевам показало, что наибольшее число видов обнаружено у леща — 3 и у окуня — 5.

При оценке компонентных сообществ паразитов были выделены автогенные (паразиты рыб, водных млекопитающих, беспозвоночных, существующие в пределах данного водоема) и аллогенные виды (паразиты птиц и наземных млекопитающих, покидающие пределы водоема на определенной фазе развития) (Русинек, 2007).

В обследованном водоеме отмечено преобладание аллогенных видов паразитов (более 63 %), что указывает на возможность развития эвтрофикации.

Литература

Безр С.А. 2005. Биология возбудителя описторхоза. М.: Тов-во науч. изданий КМК, — 336 с.

Быховская-Павловская И.Е. 1985. Паразиты рыб. Руководство по изучению. — Л.: Наука, — 131 с.

Догель В.А. 1933. Проблемы исследования паразитофауны рыб. Фаунистические исследования. Тр. Ленингр. об-ва естествоисп. Т. 62, Вып. 3. — С. 247–268.

Ветеринарно-санитарный кодекс водных животных /Aquatic Animal Health Code / OIE – 15th ed — Paris, France, 2012. — 293 с.

Иванов В.М., Семенова Н.Н., Калмыков А.П. 2012. Гельминты в экосистеме дельты Волги. Т. 1. трематоды. Монография. Отв. ред. Н.А. Литвинова. — Астрахань: ГП АО Издательско-полиграфический комплекс «Волга». — 255 с.

Изюмова Н.А. 1977. Паразитофауна рыб водохранилищ СССР и пути ее формирования. — Л.: Наука. — 284 с.

Лабораторный практикум по болезням рыб / В.А. Мусселиус, В.Ф. Ванятинский, А.А. Вихман и др. // Под ред. В.А. Мусселиус. — М.: Легкая и пищевая пром-ть, 1983. — 296 с.

Метацеркарии трематод — паразиты пресноводных гидробионтов Центральной России: Метацеркарии трематод — паразиты гидробионтов России. Т. 1 / В.Е. Судариков, А.А. Шигин, Ю.В. Курочкин, В.В. Ломакин, Р.П. Стенько, Н.И. Орлова // Отв. ред. В.И. Фрезе. — М.: Наука, 2002. — 298 с.: ил.

Метацеркарии трематод — паразиты рыб Каспийского моря и дельты Волги: Метацеркарии трематод — паразиты гидробионтов России. Т. 2 / В.Е. Судариков, В.В. Ломакин, А.М. Атаев, Н.Н. Семенова // Отв. ред. С.А. Безр. — М.: Наука, 2006. — 183 с.: ил.

Определитель паразитов пресноводных рыб. Под ред. О.Н. Бауера. В 3-х томах. — Л.: Изд-во Наука. 1984, Т. 1. — 428 с.; Т. 2, 1985. — 425 с.; Т. 3, 1987. — 583 с.

Регламент ЕС №853/2004 Европейского Парламента и Совета от 29 апреля 2004 г. «Гигиенические правила для пищевой продукции животного происхождения». Официальный бюллетень Европейского Союза L. 139 от 30 апреля 2004. [www.http://msk.fishqua-lity.ru/documents/56](http://msk.fishqua-lity.ru/documents/56)

СанПиН 3.2.3215-14 «Профилактика паразитарных болезней на территории Российской Федерации» [http://medsestrarb.ru/...](http://medsestrarb.ru/)

Санитарными правилами 1.2.731-99 «Безопасность работы с микроорганизмами III-IV групп патогенности и гельминтами» <http://files.stroyinf.ru/data2/1/4293847/4293847330.htm>.

Семенова Н.Н., Иванов В.П., Иванов В.М. 2007. Паразитофауна и болезни рыб Каспийского моря: Монография. Астрахан. гос. техн. ун-т. — Астрахань: Изд-во АГТУ. — 558 с.

Русинек О.Т. 2007. Паразиты рыб озера Байкал (фауна, сообщества, зоогеография, история формирования). — М.: Товарищество научных изданий КМК. — 571 с.

<http://www.activestudy.info/ergazilez-ryb/>

<http://www.activestudy.info/lichinki-mollyuskov-gloxidii-parazity-ryb/>

<http://knigilib.net/book/322-tochnye-i-estestvennye-nauki-vestnik-4-2012/22-vodoxranilishha-severo-vostoka-bryanskoj-oblasti-i-ix-rekreacionnoe-ispolzovanie.html>

Выделительная система плероцеркоида *Pyramicocephalus phocarum* (Cestoda) из печени беломорской трески

А.Р. Мустафина

Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Москва)

e-mail: alfia_xx@bk.ru

Ключевые слова: паразитология, плероцеркоид, выделительная система.

Аннотация. В настоящей работе рассматривается выделительная система плероцеркоида *Pyramicocephalus phocarum* (Cestoda: Diphyllbothriidae), паразитирующего в печени беломорской трески. С помощью методов трансмиссионной электронной, сканирующей электронной и световой микроскопии удалось рассмотреть некоторые части выделительной системы и выявить их ультраструктурные особенности. Описаны центральные каналы, периферические каналы, каналцы и пламенные (терминальные) клетки. Центральные каналы располагаются в центральной паренхиме и сообщаются с периферическими каналами в кортикальной паренхиме; их выстилка состоит из нескольких морфологически отличимых слоев. Канальцы расположены в зоне субтегумента и локализируются внутриклеточно. Самый терминальный отдел выделительной системы — пламенные (терминальные) клетки, которые располагаются чаще всего в субтегументальной зоне. Они одиночные и несут микроворсинки внутреннего круга верши и реснички ресничного пламени.

Введение

Плероцеркоид *Pyramicocephalus phocarum* (Fabricius, 1780) — паразит печени беломорской трески *Gadus morhua* L., относится к отряду Diphyllbothriidae (Kuchta et al., 2008). Выделительная система представителей дифиллоботриид состоит из пламенных клеток, центральных и периферических каналов, капиллярной сети в сколексе и мочевого пузыря с порой на конце тела (Куперман, 1988). В статье Lidroos 1982 г. исследовали архитектуру выделительной системы родственного вида *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch, 1824) и обнаружили те же элементы выделительной системы, а также установили направление тока жидкости в них. Важно отметить, что выделительная система цестод, согласно Lindroos (1982), может нести распределительную функцию. Данных по строению выделительной системы *P. phocarum* в научной литературе нет.

Целью работы было изучение особенностей архитектуры и ультраструктуры элементов выделительной системы плероцеркоида *P. phocarum*.

Материал и методы

Плероцеркоиды были собраны из печени беломорской трески на Беломорской биологической станции им. Н.А. Перцова в 2015 и 2016 гг. Черви были зафиксированы в 2,5 % глютаровом альдегиде на 0,1 М фосфатном буфере с сахарозой и в 1 % растворе оксида осмия. Отмытых от фиксаторов червей проводили по спиртам восходящей концентрации, а затем спирт замещали ацетоном. Для световой и трансмиссионной микроскопии кусочки червей из ацетона переводили в эпоксидную смолу марки Epon и термостатировали при 37 °С и 60 °С. Полученные блоки резали на полутонкие срезы на микротоме LKB и Leica толщиной около 500 нм, снимали на стекло и окрашивали метиленовым синим. Для трансмиссионной микроскопии, ультратонкие срезы толщиной около 70 нм монтировали на бленды, контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца, просматривали на трансмиссионном микроскопе JEOL JEM-1011. Для сканирующей электронной микроскопии зафиксированных и проведенных через спирт и ацетон червей высушивали в аппарате для сушки в критической точке с последующим напылением проводящего слоя. Препараты просматривали на сканирующем микроскопе JEOL JSM.

Результаты

Выделительная система плероцеркоида *P. phocarum* содержит пламенные (терминальные) клетки, направленные в каналцы капиллярной сети, периферические каналы и центральные каналы. Центральные каналы занимают латеральное положение в теле и в сколексе, и соединяются между собой латеро-латеральными анастомозами. Пара центральных выделительных каналов тесно ассоциирована с нервными стволами, располагается проксимально от главных нервных стволов и тянется по всей длине тела в центральной паренхиме. Стенка каналов представляет собой погруженный эпителий, цитоплазматическая часть которого подстигается мощной мышечной обкладкой (рис. 1, *C*). Безъядерная цитоплазматическая часть стенки канала дифференцирована на 2 слоя. Апикальный слой экскреторного эпителия несет микроворсинки, обращенные в просвет канала, представлен электронно-плотной гомогенной цитоплазмой толщиной от 0,16 до 1,1 мкм. Базальный слой толщиной около 0,5 мкм содержит палочковидные тела.

Цитоны погруженного эпителия центральных выделительных каналов связаны с цитоплазматической частью отростками и так же содержат палочковидные тела, митохондрии и ядра, богатые зухроматином. Отростки проходят через однослойную мышечную обкладку толщиной до 1,2 мкм.

Стенка канала складчатая; в просвете канала встречаются участки, лишенные микроворсинок.

С центральными каналами выделительной системы сообщаются периферические каналы. Они располагаются преимущественно в кортикальной паренхиме и образуют разветвленную сеть без слоя подстилающей мускулатуры. Внутренняя поверхность каналов несет короткие округлые микроворсинки (рис. 1, *B*). Выстилка морфологически состоит из трех слоев. Апикальный электронно-плотный слой, несущий микровилли на поверхности, обращенной

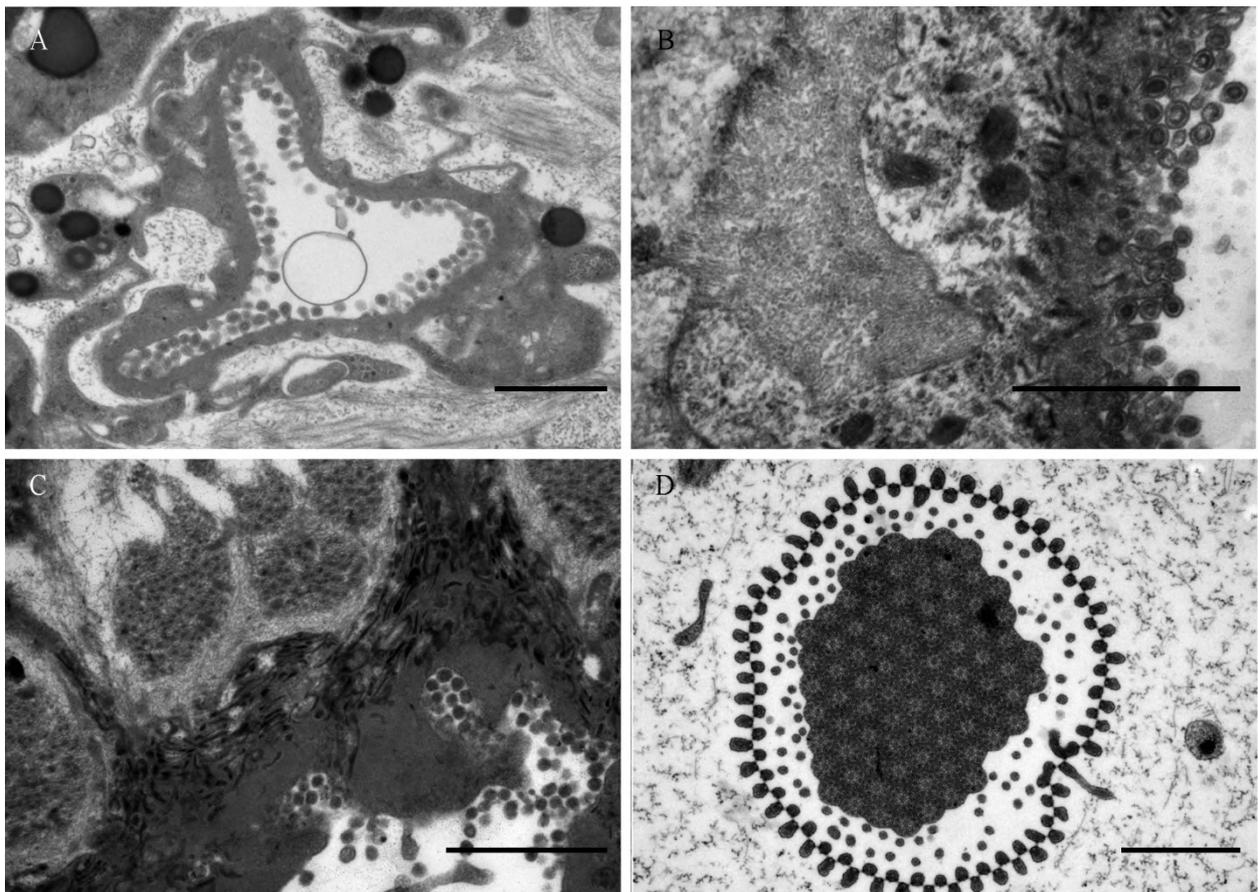


Рис. 1. Элементы выделительной системы плероцеркоида *P. phocarum*:
A — каналец; B — периферический канал; C — стенка центрального канала;
D — ресничное пламя цитозита и верша. Масштаб 1 мкм

в просвет канала, однороден без органоидов, 0,3 мкм. Средний электронно-плотный слой содержит большое количество палочковидных тел, ориентированных поперечно поверхности стенки канала; толщина слоя около 0,3 мкм. Базальный слой светлый, содержит митохондрии, единичные микротрубочки, двумембранные включения с зернистым содержимым. Базальная мембрана складчатая; толщина слоя около 0,8 мкм.

Кроме периферических каналов, в зоне субтегумента обнаружены тонкие внутриклеточные каналы с микроворсинками (рис. 1,А). Цитоплазма клеток, образующих каналы, светлая, заполнена гликогеновыми гранулами и липидными включениями. Клетка имеет многочисленные отростки, внутри которых находятся каналы. Стенка каналов отличается по ультраструктуре от цитоплазмы всей клетки: цитоплазма однородная, относительно плотная и не содержит гранул гликогена и липидных включений. Внутренняя поверхность канала несет короткие шаровидные микровиллы. Диаметр каналов варьирует от 0,35 до 2,5 мкм. Нередко в полости каналов наблюдаются обширные выпячивания светлой цитоплазмы, не несущие микровилл.

Терминальными отделами выделительной системы являются пламенные клетки (рис. 1,Д). Они располагаются одиночно преимущественно в субтегументальной области, но могут встречаться и в центральной паренхиме. Цитоплазма циртоцита электронно-плотная, часто имеет ламеллярные отростки. Ядро клетки богато гетерохроматином. Цитоплазма циртоцита образует 1 круг микроворсинок верши, в центре которого располагаются более тонкие микроворсинки и пучок ресничек ресничного пламени. Количество ресничек в пучке достигает нескольких десятков. Формула микротрубочек ресничек стандартная 9*2+2. Вокруг микроворсинок циртоцита располагается второй (внешний) круг микроворсинок верши, образованный клеткой стенки канала. Микроворсинки внутреннего и внешнего круга верши на прилежащих соединены друг с другом электронно-плотным матриксом.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 15-04-02645.

Литература

- Куперман Б.И. 1988. Функциональная морфология низших цестод: Онтогенетический и эволюционный аспекты. — Л.: Наука. — 167 с.
- Kuchta R., Scholz T., Brabec J., Bray R.A. 2008. Suppression of the tapeworm order Pseudophyllidea (Platyhelminthes: Eucestoda) and the proposal of two new orders, Bothriocephalidea and Diphyllbothriidea // International Journal for Parasitology. Vol. 38. N. 1. — P. 49–55.
- Lindroos P., Gardberg T. 1982. The excretory system of *Diphyllbothrium dendriticum* (Nitzsch 1824) plerocercoids as revealed by an injection technique // Parasitology Research. Vol. 67. N. 3. — P. 289–297.

УДК 597.423:639.3

Сравнение размера икорных зёрен у стерляди и гибрида стерляди с белугой — стербела

Л.Ш. Насырова

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет (ФГБОУ ВПО «СПбГАУ»),
г. Санкт-Петербург
e-mail: lenotschka1993@mail.ru

Ключевые слова: осетровые, осетроводство, икорные зёрна, стерлядь, стербел.

Аннотация. У впервые созревших самок стерляди и гибрида стерляди с белугой (стербела), выращенных в ООО «Кармановский рыбхоз», определяли величину (массу) икорных зёрен в овулировавшей икре. У стерляди масса икринок варьировала от 5,0 до 8,6 мг (в среднем 6,2 мг), у стербела — от 8,8 до 14,3 мг (в среднем 10,8 мг). Зёрна икры стербела имеют промежуточный размер между материнским и отцовским видами.

В начале нынешнего столетия в России сформировалось новое направление товарного осетроводства — икорное [Подушка, Теркулов, 2013]. В отличие от практики предыдущих лет для получения икры-сырца самок осетровых теперь не убивают, а получают от них половые продукты прижизненно. Это даёт возможность эксплуатировать производителей в течение долгих лет, получая от них икру многократно.

Размер зёрен является важной характеристикой икорного сырья, особенно при посоле зернистым переделом. Более ценными считаются зёрна крупного размера [Макарова, 1952]. Известно, что размер икорных зёрен у осетровых рыб не является постоянным на протяжении их жизни. Икру с наиболее мелкими зёрнами продуцируют молодые, впервые созревающие самки [Дойников, 1936].

Целью настоящей работы было сравнение размеров икорных зёрен у впервые созревших самок стерляди *Acipenser ruthenus* L. и гибрида стерляди с белугой *Huso huso* (L.) — стербела. Материал собран в ООО «Кармановский рыбхоз» в конце января 2017 г. Самки стерляди имели возраст 5 лет и среднюю массу 1,2 кг, самки стербела 7 лет и 8,0 кг, соответственно. Рыба в «Кармановском рыбхозе» выращивается в садках, установленных на водоёме-охладителе Кармановской ГРЭС. Сезон получения икры в данном хозяйстве длится с декабря по апрель. Производителей перевозят из садков в цех с регулируемой температурой воды, выдерживают при нерестовой температуре в течение 1–3 сут и инъецируют сурфагоном по принятой в рыбхозе схеме (Подушка, Армянинов, 2008). Овулировавшую икру получают прижизненным методом (Подушка, 1999) и используют для приготовления пищевого продукта — пастеризованной зернистой икры «Кармановская».

В практике осетроводства размеры икорных зёрен принято характеризовать числом икринок, содержащихся в граммовой навеске. Величина, обратная числу икринок в грамме, характеризует массу одного икорного зерна. Для исследования брали столовой ложкой пробы овулировавшей икры индивидуально от каждой рыбы. В лабораторных условиях пробы переносили на фильтровальную бумагу для впитывания овариальной жидкости. После этого на 5-граммовых аптекарских весах отвешивали 1 грамм икринок и переносили их в пузырьки с 4%-ным формалином. После нескольких часов пребывания в формалине икринки теряли клейкость. Их помещали в чашку Петри и подсчитывали. Результаты подсчётов представлены в таблице.

Как видно из материалов таблицы, икорные зёрна оказались значительно мельче у стерляди, чем у стербела. Различия статистически достоверны ($P > 0,999$). Такой результат не вызывает удивления и является прогнозируемым, поскольку стербел получен в результате гибридизации стерляди с белугой — видом, продуцирующим икринки крупного размера. В 1 г зрелой икры белуги содержится 35–40 зёрен (Мильтштейн, 1972). Таким образом, гибрид имеет икринки промежуточной величины между материнским и отцовским видами.

Таблица. Масса икорных зёрен у впервые созревших самок стерляди и стербела

Вид / гибрид	Количество зёрен в 1 г		Масса одного зерна, мг		Количество рыб
	lim	M±m	lim	M±m	
Стерлядь	116–201	164,4±4,38	5,0–8,6	6,2±0,19	16
Стербел	70–113	93,0±1,78	8,8–14,3	10,8±0,22	23

Наши данные подтверждают результаты, полученные ранее В.Д. Крыловой (1970), которая сравнивала овулировавшие икринки выращенного в прудах гибрида стерлядь×белуга и диких производителей белуги и стерляди из р. Дон в нерестовый период. По данным этого автора, у белуги в одном грамме насчитывается в среднем 44 икринки (от 42 до 47 у разных самок), у стерляди — 136 (114–155) и у стербела — 77 (67–88).

В нашем исследовании использованы впервые созревшие самки, как стерляди, так и стербела. По данным рыбоводов «Кармановского рыбхоза», количество икорных зёрен в граммовой навеске у крупных многократно созревавших самок стерляди, может достигать 80 шт.,

т.е. при последующих циклах созревания самки стерляди продуцируют более крупную икру. Что касается стербела, то такие данные в рыбхозе отсутствуют. Однако в собранном нами материале имеются данные по шести самкам стербела, созревшим в 2017 г. повторно (предыдущее созревание было в 2016 г.). Вопреки ожиданиям, икорные зёрна этих рыб оказались в среднем мельче, чем у впервые созревших самок. В граммовых навесках у них насчитывалось от 96 до 106 икринок (в среднем $102,3 \pm 1,43$), а масса икорных зёрен варьировала от 9,4 до 10,4 мг (в среднем $9,8 \pm 1,14$). Различия статистически не достоверны. Следует отметить, что большинство самок стербела, дававших икру в 2016 г., к нерестовому сезону 2017 г. готовы не были и для получения икры не использовались. Лето 2016 г. было очень жарким, и с целью предотвращения замора и гибели рыб в садках кормление осетровых на месяц прекращали. Вероятно, в этом кроется причина пропуска нереста большей частью повторно созревающих самок стербела и мелких размеров икорных зёрен у созревших рыб.

Вторым фактором, повлиявшим на размер икорных зёрен исследованных объектов, могло стать календарное время получения икры. У самок рыб, зимующих с яичниками IV стадии зрелости, рост ооцитов не прекращается даже при низкой температуре (Подушка, Запорожец, 1984). Поэтому есть все основания предполагать, что при получении икры от самок стерляди и стербела не в конце января, а в конце марта-апреле, размер икорных зёрен мог быть выше.

Стербел впервые был получен и испытан как объект товарного осетроводства ещё в 1950-е гг. (Николюкин, 1972). Однако интерес к этому гибриду, как к продуценту икры-сырца для посола, возник лишь в последние годы в связи с падением численности белуги и возникшим в связи с этим дефицитом белужьей икры для получения реципрокного гибрида — бестера, который достаточно хорошо изучен и популярен среди рыбководов. На основании литературных источников и настоящего исследования можно сделать вывод, что икорные зёрна у стербела крупнее, чем у стерляди, но мельче, чем у белуги. Поэтому при посоле зернистым переделом икра этого гибрида предпочтительнее икры стерляди.

Благодарность

Автор благодарит руководство и рыбководов ООО «Кармановский рыбхоз» за предоставленную возможность пребывания на рыбхозе и помощь в сборе материала для настоящей работы.

Литература

Дойников К.Г. 1936. Материалы по биологии и оценке запасов осетровых рыб Азовского моря. Работы Доно-Кубанской научной рыбохозяйственной станции. Вып. 4. — С. 1–214.

Крылова В.Д. 1970. Ранние этапы развития гибрида второго поколения между белугой и стерлядью // Труды ВНИРО. Т. 76. — С. 231–237.

Макарова Т.И. 1952. Как приготовить икру осетровых. — М.: Пищепромиздат. — 52 с.

Мильштейн В.В. 1972. Осетроводство. — М.: Пищевая промышленность. — 128 с.

Николюкин Н.И. 1972. Отдаленная гибридизация осетровых и костистых рыб (Теория и практика). — М.: Пищевая промышленность. — 336 с.

Подушка С.Б. 1999. Получение икры у осетровых рыб с сохранением жизни производителей // Научно-технический бюллетень лаборатории ихтиологии ИНЭНКО. Вып. 2. — СПб. — С. 4–19. Доступно через: <http://sevrjuga.narod.ru/Literatura/ikra.doc> Дата обращения: 15.02.2017.

Подушка С.Б., Армянинов И.В. 2008. Опыт формирования и эксплуатации икорно-товарного стада стерляди в Кармановском рыбхозе // Осетровое хозяйство. № 1. — С. 2–5. Доступно через: <http://sevrjuga.narod.ru/Literatura/Statja182.doc> Дата обращения: 15.02.2017.

Подушка С.Б., Запорожец В.Н. 1984. Изменение размеров ооцитов и плодовитости самок плотвы при длительной задержке сроков нереста / Редколлегия журнала «Вестник ЛГУ. Биология». Л. — 8 с. — Деп. в ВИНТИ 07.08.1984 г. № 5756-84 Деп. Доступно через: <http://sevrjuga.narod.ru/Literatura/Statia82.doc> Дата обращения: 15.02.2017.

Подушка С.Б., Теркулов М.А. 2013. 10 лет икорно-товарному осетроводству России // Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство: Материалы Международной научно-технической конференции (заочная). 3–4 декабря 2013 г. — Воронеж. — С. 117–118. Доступно через: http://vsuet.ru/science/conference2013/conf2013-12-03_sbornik.pdf Дата обращения: 15.02.2017.

Сезонная и суточная динамика дрефта в лососевой р. Умба (Кольский п-ов)

А.М. Николаев, М.Ю. Алексеев

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ФГБНУ «ПИНРО»), г. Мурманск
e-mail: nikolaev@pinro.ru

Ключевые слова: дрефт, Кольский полуостров, река Умба, приток Вяла, реофильные беспозвоночные, сезонная динамика, суточная динамика.

Аннотация. Исследовали суточную динамику дрефта беспозвоночных гидробионтов и ее сезонную изменчивость на выростных участках (ВУ) молоди атлантического лосося (семги) в р. Умба (бассейн Белого моря). Одновременно изучали динамику питания молоди. Установили, что показатели численности и биомассы дрефта изменялись как в течение суток, так и в зависимости от сезона. Максимальные количественные показатели суточной миграции беспозвоночных отмечали в темное время суток, а сезонной — в апреле. Суточная динамика доминирующих групп организмов демонстрировала выраженную синхронность. Состав пищевого комка молоди семги в той или иной мере повторял распределение организмов в пробах дрефта. Показатель наполненности желудков у подавляющего большинства исследуемых пестряток был высоким, что свидетельствовало о достаточном развитии кормовой базы. Сопоставление полученных результатов с ретроспективными данными позволили утверждать, что с момента прекращения молевого лесосплава в 1993 г. фауна беспозвоночных в р. Умба полностью восстановилась. Высокие показатели дрефта в апреле подтвердили правильный выбор времени выпуска искусственно выращенных годовиков семги.

Введение

Дрефт беспозвоночных организмов играет очень важную роль в речной экосистеме и является основным источником питания молоди многих реофильных видов рыб, в т.ч. и молоди атлантического лосося.

Известно, что изменение численности дрефта в течение суток является отражением закономерных вертикальных миграций бентических беспозвоночных. Так, поднимаясь в толщу воды, они перераспределяются по руслу реки, используя энергию потока. Это облегчает территориальное расселение беспозвоночных по всему дну в период вегетационного периода (Леванидова, Леванидов, 1962).

Принято считать, что сигнальным фактором для вертикальной миграции представителей фауны реофильных беспозвоночных служит изменяющаяся освещенность, и в условиях нормальной смены светлого и темного времени суток основная масса организмов дрейфует ночью, превышая численность дневной миграции в десятки, а порой и сотни раз, за исключением рек с высокой мутностью воды, где разница в численности ночной и дневной миграции выражена не резко (Ключарека, 1963; Леванидова, Леванидов, 1965). Однако, в северных широтах при отсутствии привычной ритмики смены дня и ночи численность мигрирующих организмов меняется незначительно, но все равно пик миграции приходится на ночное время суток (Задорина, 1987), что можно объяснить биологической необходимостью в перемене биотопа.

Несмотря на большое количество проведенных комплексных исследований дрефта беспозвоночных на ряде рек Кольского п-ова специалистами разных организаций в разное время (Задорина, 1987а; Задорина, 1987б; Шубина и др., 1990 и др.), эти данные были собраны в годы, когда на реке осуществлялся молевой лесосплав. В этой связи представляет интерес изучение современного состояния реофильной бентофауны, населяющей исследуемый водоток, спустя почти четверть века после окончания лесосплава, в целях оценки восстановительной способности биоценоза р. Умба.

Немаловажную роль в сохранении популяции атлантического лосося р. Умба играет ежегодно проводимый выпуск молоди в возрасте годовика (1.), выращенной Умбским рыбноводным заводом (УРЗ). Контрольные обловы показали, что выживаемость «заводских» пестряток в реке по-прежнему остается невысокой, что, возможно, обусловлено недостаточным развитием кормовой базы в период выпуска.

Перечисленные причины определили цель работы, которая заключалась в оценке суточной динамики дрефта и её сезонной изменчивости для установления адекватных сроков выпуска молоди семги, выращиваемой в условиях УРЗ.

Материалы и методы

Отбор проб дрефта для оценки суточной и сезонной динамики осуществляли в нижнем течении р. Умба на перекате в районе УРЗ с периодичностью в 3 ч в течение суток в апреле за неделю перед выпуском молоди в естественную среду, в августе и в октябре 2014 г. Дополнительно отбирались разовые летние пробы в притоке Вяла на участках, где воздействие лесосплава на бентофауну в 80-х гг. XX столетия было наиболее выражено.

Сбор материала производился по общепринятым методикам (Шустов, Широков, 1980) стандартной ловушкой с площадью водозаборной рамки $0,5 \times 0,2$ м, с мешком из газа № 19, длиной 0,9 м. Пробы дрефта фиксировались 70 % этанолом. Камеральную обработку и определение беспозвоночных организмов до таксона проводили с использованием стандартных методик (Определитель пресноводных беспозвоночных..., 1977). Данные по динамике относительной численности основных наиболее массовых групп организмов (Diptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) для удобства восприятия представлены графически.

Молодь семги отлавливалась с использованием электроловильного аппарата. Интенсивность питания определялась по степени наполнения желудков по пятибалльной шкале (Методическое пособие ..., 1974).

Результаты и обсуждения

Результаты обработки проб показали, что основными группами бентических организмов, определяющими общий снос в р. Умба были личинки хирономид и мошек (вместе Diptera), поденок, веснянок и ручейников. Показатели численности и биомассы дрефта в р. Умба по каждому временному интервалу в исследуемый период приведены в таблице, где полужирным курсивом выделены основные пики количественных показателей за сутки в каждом сезоне.

Из таблицы видно, что общие численные показатели суточной динамики дрефта беспозвоночных постепенно снижались с весны к осени. Так, общая численность за сутки в апреле составила 2,37 экз/м³, в августе — 1,49 экз/м³, в октябре — 1,01 экз/м³, а биомасса — 6,42; 4,12 и 2,05 мг/м³ соответственно.

В апреле, в период наиболее массового дрейфа личинок беспозвоночных, суточная динамика доминирующих групп организмов демонстрировала выраженную синхронность. Выделили три пика, наибольший из которых приходился на ночные часы (23:00–2:00), а два меньших — на периоды 11:00–14:00 и 17:00–20:00 соответственно (рис. 1).

Наименьшие показатели численности наблюдались в утренний период (с 05:00 до 08:00). Наибольшее значение биомассы пришлось также на ночной период у представителей отряда Plecoptera и, при численности 0,09 экз/м³, составила 3,07 мг/м³, что занимало более 70 % от общей биомассы за данный временной интервал и около 40 % от общей биомассы за сутки.

Наполнение желудков у диких пестряток семги (исследовали 20 экз.), отловленных в этот период, составило 2–3 балла, что свидетельствовало об их высокой пищевой активности. Содержимое пищевого комка повторяло распределение организмов в пробах дрефта.

Таблица. Количественные показатели дрефта в р. Умба в 2014 г.

Апрель			Август			Октябрь	
Временной интервал	Численность, экз/м ³	Биомасса, мг/м ³	Временной интервал	Численность, экз/м ³	Биомасса, мг/м ³	Численность, экз/м ³	Биомасса, мг/м ³
14:00–17:00	0,150	0,394	15:00–18:00	0,213	0,370	0,072	0,137
17:00–20:00	0,336	0,769	18:00–21:00	0,150	0,289	0,299	0,454
20:00–23:00	0,257	0,378	21:00–00:00	0,148	0,308	0,178	0,370
23:00–02:00	0,579	4,177	00:00–03:00	0,361	1,222	0,102	0,301
02:00–05:00	0,301	1,125	03:00–06:00	0,329	1,250	0,081	0,178
05:00–08:00	0,125	0,239	06:00–09:00	0,079	0,211	0,148	0,227
08:00–11:00	0,236	0,225	09:00–12:00	0,069	0,127	0,083	0,211
11:00–14:00	0,382	1,114	12:00–15:00	0,137	0,345	0,049	0,171
Итого за сутки	2,366	8,420	Итого за сутки	1,486	4,123	1,012	2,049

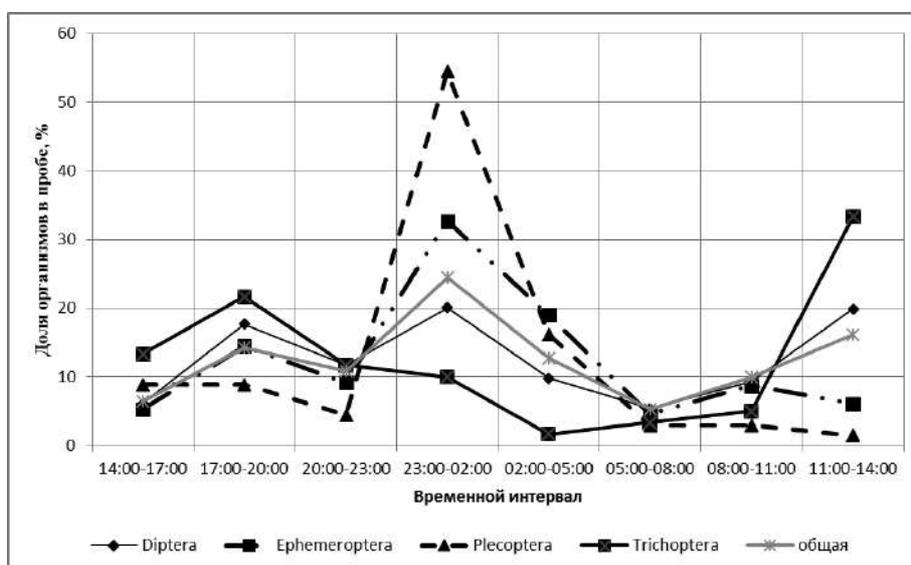


Рис. 1. Суточная динамика дрефта в р. Умба в апреле 2014 г.

В августе численные показатели дрефта снизились по сравнению с таковыми в апреле примерно в 2 раза. Однако, основной пик миграции беспозвоночных отмечался снова в ночное время суток и более протяженно (с 00:00 до 06:00), а наименьшие показатели численности также отмечались в утреннее время (с 06:00 до 12:00) (рис. 2).

Наибольшие значения биомассы здесь наблюдались у представителей отрядов Trichoptera (0,57 мг/м³ в период 00:00–03:00) и отряда Plecoptera (0,54 мг/м³ в период 03:00–06:00) и составили примерно по 45 % от общей биомассы за временной интервал.

Наполнение желудков у диких пестряток семги (исследовано 8 экз.), как и в апреле, было высоким и составило 3–4 балла. В содержимом пищевого комка количественно преобладали ручейники, поденки и часто встречались веснянки.

В октябре численные показатели дрефта также снизились по сравнению с таковыми в августе почти вдвое. Распределение суточной динамики в этот сезон характеризовалось лишь одним пиком в вечернее время суток (18:00–21:00) за счет массовой миграции представителей отрядов Diptera (Simuliidae) и Ephemeroptera, занимая около 42 и 48 % соответственно от общей численности в данный временной интервал и около 12 и 14 % соответственно от общей численности дрефта за сутки (рис. 3). У них же наблюдались наибольшие значения биомассы с показателями 0,17 и 0,20 мг/м³ соответственно. Наименьшая численность отмечалась в дневное время (с 12:00 до 15:00).

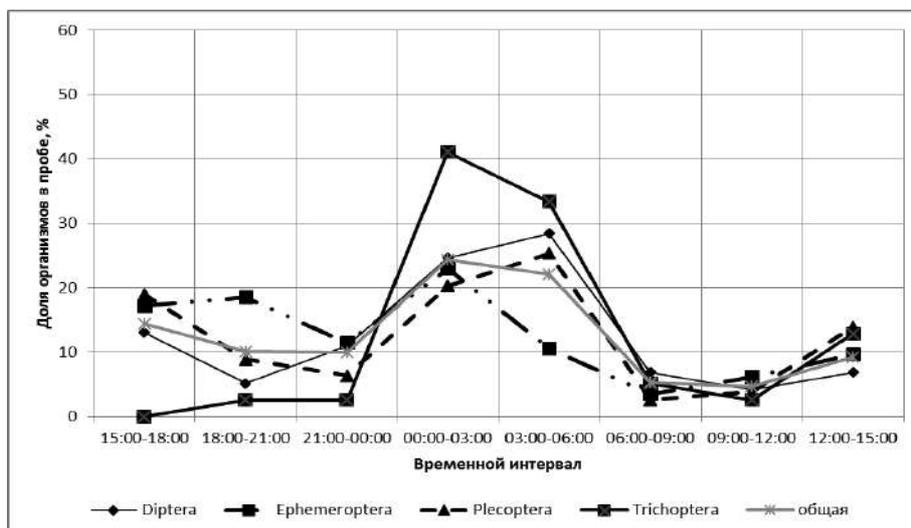


Рис. 2. Суточная динамика дрефта в р. Умба в августе 2014 г.

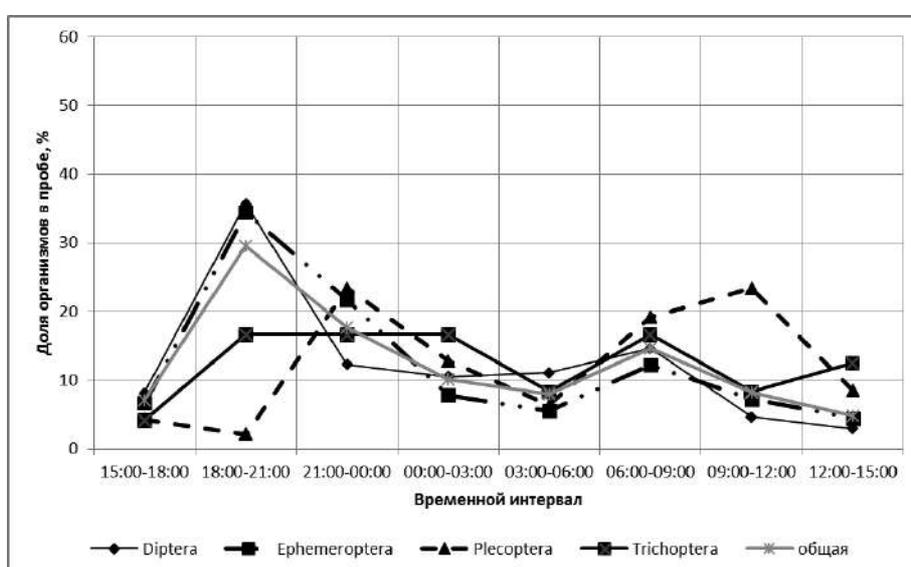


Рис. 3. Суточная динамика дрефта в р. Умба в октябре 2014 г.

Наполнение желудков молоди (исследовано 15 экз.) составило 3–4 балла, а содержимое вновь повторяло распределение организмов в пробах дрефта с преобладанием здесь поденок и ручейников.

В дрефте, отобранном в притоке Вяла в августе, присутствовали представители 11 таксонов. По численности преобладали хирономиды, по массе — веснянки. Из амфибиотических организмов встречались мошки, ручейники и поденки. Из наземных беспозвоночных — пауки и муравьи. Присутствовало небольшое количество ракообразных, олигохеты и нематоды. Общая численность составила 7,63 тыс. экз. м²/ч, общая биомасса — 2,78 г м²/ч. Для сравнения: количественные показатели дрефта на разных участках р. Умба в 1986 г. составляли от 1,56 до 5,22 тыс. экз. м²/ч (Задорина, 1987б). Наблюдаемое в последнее время качественное разнообразие и высокие количественные показатели фауны реофильных беспозвоночных свидетельствуют о восстановлении биоценоза, пострадавшего в свое время от молевого лесосплава.

Заключение

Основными группами бентических организмов, определяющими общий снос в р. Умба являлись личинки хирономид, мошек, поденок, веснянок и ручейников. Суточная динамика доминирующих групп организмов демонстрировала выраженную синхронность. В плане се-

зонной динамики общие количественные показатели суточной миграции беспозвоночных демонстрировали практически двукратное снижение относительно предыдущего сезона. Максимальные показатели наблюдались весной (апрель).

Наибольшие показатели численности и биомассы отмечены в ночное время в апреле и в августе, а также в вечернее — в октябре, т.е. во всех случаях пики миграций донных организмов приходились на темное время суток.

Сопоставление полученных результатов с ретроспективными данными свидетельствует о восстановлении фауны беспозвоночных в притоке Вяла, который долгое время подвергался антропогенному воздействию в форме молевого лесосплава.

Во всех случаях состав пищевого комка из желудков молоди семги в той или иной мере повторял распределение организмов в пробах дрефта. Выявленные высокие показатели дрефта в апреле наряду с высокой интенсивностью питания молоди семги подтверждают, что весенний период является оптимальным сроком выпуска искусственно выращенной молоди с УРЗ.

Литература

Задорина В.М. 1987а. Суточная динамика дрефта водных беспозвоночных в реках Кольского полуострова // Биол. внутрен. вод : Информ. бюл. № 73. — С. 22–25.

Задорина В.М. 1987б. Характер сезонной динамики численности беспозвоночных в дрефте рек бассейна Белого моря // Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря : тез. Докл. III регион. конф. / Секция по Белому морю Ихтиол. комис. Кн. 1. — Кандалакша. — С. 164–167.

Ключарева О.И. 1963. О скате и суточных вертикальных миграциях донных беспозвоночных Амура // Зоол. журн. Т. 42. Вып. 11. — С. 1601–1612.

Леванидова И.М., Леванидов В.Я. 1962. К вопросу о миграции донных беспозвоночных в толще воды дальневосточных рек // Изв. ТИНРО. Т. 48. — С. 178–189.

Леванидова И.М., Леванидов В.Я. 1965. Суточная миграция донных личинок поденок в реке Хор // Зоол. журн. Т. 44. Вып. 3. — С. 373–389.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. 1974 / Под ред. Е.В. Боруцкого. — М.: Наука. — 254 с.

Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР. 1977 / Под ред. Л.А. Кутиковой, Я.И. Старобогатова. — Л.: Гидрометеиздат. — 510 с.

Шубина В.Н., Лоскутова О.А., Мартынов В.Г. 1990. Суточный ритм летнего дрефта донных беспозвоночных в лососевых реках Кольского полуострова // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Европейского севера : Тез. докл. — Сыктывкар. — С. 60.

Шустов Ю.А., Широков В.А. 1980. Методика изучения дрефта беспозвоночных в реке // Гидробиол. журн. Т. 16. № 3. — С. 100–102.

УДК: 597.593.4:577.118; 262.81

Содержание меди, цинка и марганца в организме сингиля *Liza aurata* (Risso, 1810)

А.А. Николенков, В.А. Чаплыгин

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: kaspnirh@mail.ru

Ключевые слова: биоаккумуляция, микроэлементы, кефаль, сингиль, Каспийское море.

Аннотация. В статье описано содержание меди, цинка и марганца в органах и тканях сингиля, выловленных в Каспийском море. В результате исследования было установлено, что максимальное содержание меди аккумулировалось в печени, цинка — в селезенке, а марганца — в жабрах.

Каспийское море — уникальный водоем, который населяют ценные виды рыб, такие как осетровые, сельдевые, а так же кефали. На Каспии встречаются 3 вида кефалей. Самым многочисленным видом является сингиль — ценный промысловый вид, а так же объект любительского и спортивного рыболовства (Иванов, Комарова, 2008).

Одной из веских причин снижения биологического ресурсного потенциала Каспийского моря является загрязнение воды тяжелыми металлами. Рыбы занимают в биоценозе водоема верхний трофический уровень и играют исключительно важную роль в миграции тяжелых металлов (Vazquez et al., 2007). Аккумулируясь в тканях рыб в концентрациях превышающих ДУ (допустимые уровни, СанПиН, 2.3.21078-01), тяжелые металлы представляют собой опасность для человека.

Медь, цинк и марганец относятся к эссенциальным элементам, необходимым для нормального функционирования организмов. Однако в избыточных количествах они становятся токсикантами, вызывая нарушения метаболических процессов, что приводит к патологиям развития, а иногда и к смерти рыб (Воробьев, 1979а).

Кумуляция вредных веществ тканями рыб создает угрозу влияния на организм человека через рыбные продукты, употребляемые в пищу. В связи с этим целью исследования являлось определение содержания меди и цинка в органах и тканях сингиля.

Образцы проб органов и тканей сингиля были отобраны в научно-исследовательских экспедициях ФГБНУ «КаспНИРХ» в августе–сентябре 2015–2016 гг.

Определение микроэлементов выполнялось атомно-абсорбционным методом (Прайс, 1976; ГОСТ 30178-96 «Сырье и продукты пищевые...») на аппарате Hitachi 180-50 AAS. В качестве газа использовался ацетилен, окислитель — воздух. Настройку аналитических условий производили согласно инструкции по эксплуатации аппарата.

В качестве исследуемых органов у рыб отбирали жабры, мышцы, печень, гонады, желудок и селезенку. Всего анализу подвергнуто более 150 проб органов и тканей.

Цифровые данные обрабатывались с помощью программного продукта Microsoft Office Excel 2010, и представлены как среднее арифметическое.

Медь. Физиологическая активность меди связана с включением её в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. В организме рыб одной из важных функций меди является её участие в синтезе гемоглобина. Наибольшее содержание Cu было обнаружено в печени сингиля 282,27 мг/кг с.в. (сухого вещества) у самок, и 250,65 мг/кг с.в. у самцов (рис. 1). Это вызвано тем, что клетки печени — гепатоциты, играют важную роль в обмене меди, тем самым объясняя высокое содержания этого металла в печени (Воробьев, 1979б). Медь активно участвует в процессах кроветворения и тканевого дыхания, её роль основывается на том, что металл входит в состав окислительных ферментов (Войнар, 1960). По сравнению с печенью медь концентрируется в других органах в меньшем количестве. Так, в селезенке самцов содержание её было в 13,2 раза меньше, чем в печени, у самок — в 21,7 раза соответственно.

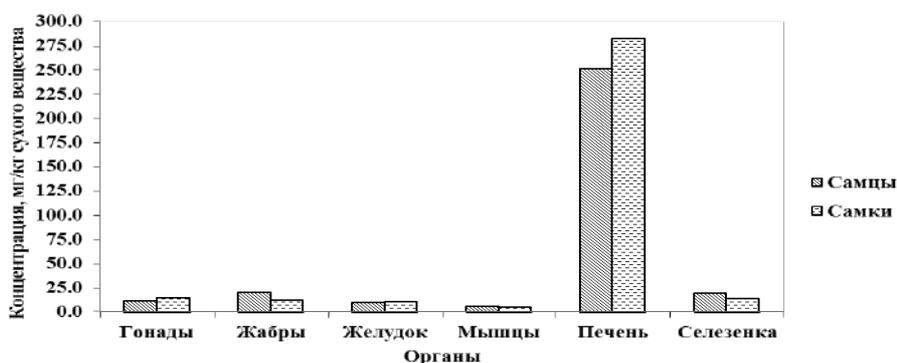


Рис. 1. Содержание меди в органах и тканях сингиля

В жабрах исследованных рыб наблюдалась такая же картина распределения, что и в селезенке (рис. 1). Наименьшая концентрация меди была обнаружена в мышцах. У самцов со-

держание исследуемого металла не превышало 5,85 мг/кг с.в., у самок — 4,6 мг/кг с.в., что согласуется с литературными данными на примере белого амура в работе Бичаревой (Бичарева, 2009).

Цинк. Большую роль в обменных процессах в организме рыб играет цинк. Как микроэлемент он входит в состав дыхательного фермента, что обеспечивает выведение CO_2 из организма, в составе инсулина — активирует ферменты, влияет на интенсивность углеводного, белкового и жирового обменов, а также окислительно-восстановительных процессов. Цинк относится к числу активных микроэлементов, влияющих на рост и нормальное развитие организма (Метелев, 1987). При недостатке цинка появляется гипогонадизм, задерживается рост, возникает инсулиновая недостаточность, а так же нарушается метаболизм. Пища с большим содержанием фитиновой кислоты препятствует всасыванию солей цинка из кишечника, что приводит к недостатку этого металла (Малышева, 1981).

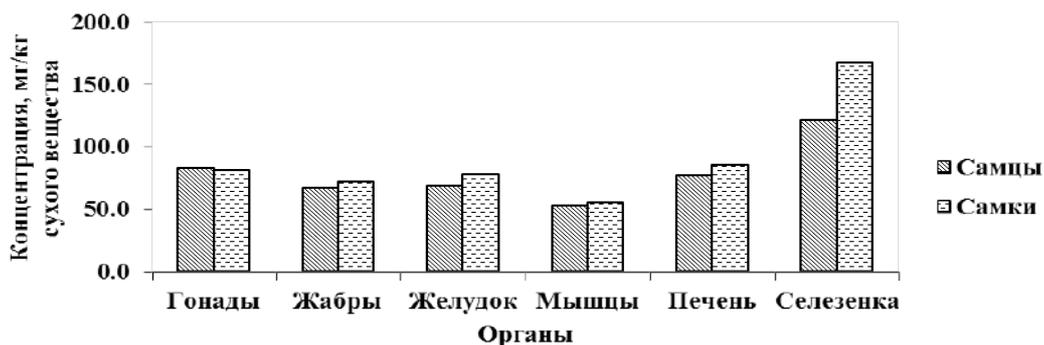


Рис. 2. Содержание цинка в органах и тканях сингиля

Роль цинка определяется необходимостью для нормального развития, полового созревания, роста, вкусовосприятия и обоняния, а так же поддержания репродуктивной функции и нормального течения процессов заживления ран (Малышева, 1981).

Так как цинк активно участвует в процессе кроветворения (Воробьев, 1979б), его максимальное содержание фиксировали в селезенке самок — 167,47 мг/кг с.в. У самцов этот показатель был несколько ниже — 121,0 мг/кг с.в. Сравнительно близкие концентрации этого микроэлемента были отмечены в гонадах, печени и желудке (рис. 2). Минимальное содержание было обнаружено в мышцах.

Марганец. Участвуя в биологическом катализе и стимулируя белковый, углеводный и жировой обмены, марганец оказывает значительное влияние на размножение и кроветворение рыб (Войнар, 1960б). Этот элемент связан с ферментами, гормонами и витаминами.

Максимальное содержание Mn было обнаружено в жабрах, как у самцов, так и у самок, и составило 25,0 мг/кг с.в. (рис. 3)

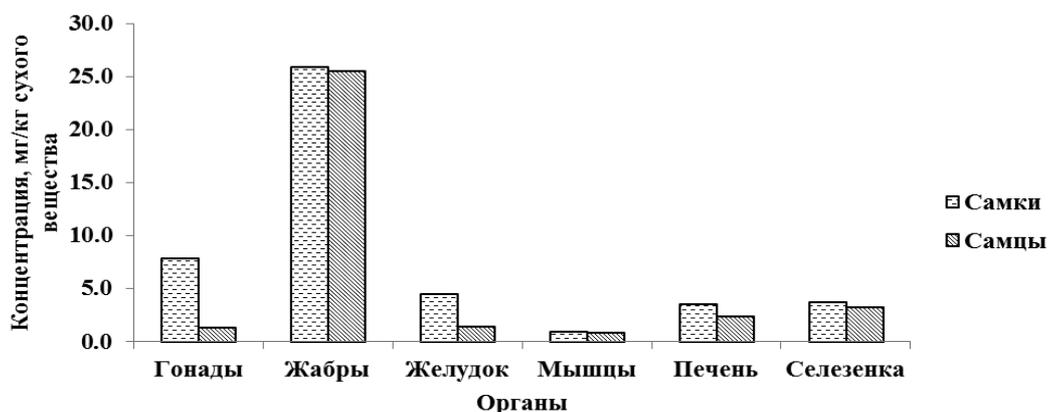


Рис. 3. Содержание марганца в органах и тканях сингиля

Концентрация этого элемента в гонадах самок была в 6,5 раз больше, что связано с потребностью Mn в период созревания гонад, наименьшая — в мышцах (< 1 мг/кг с.в.).

Результаты проведенных исследований показали, что распределение элементов в организме сингиля неравномерно, и зависит от половых различий, а так же от физиологической потребности органа в конкретном металле. В наибольшем количестве металлы концентрировались в печени, селезенке и жабрах.

Литература

- Бичарева О.Н.* 2009. Особенности содержания меди, цинка и марганца в органах и тканях белого амура // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. № 1. — С. 115–118.
- Войнар А.И.*, 1960. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. — М.: Высшая школа — С. 95–136.
- Воробьев В.И.* 1979а. Микроэлементы и их применение в рыбоводстве. — М.: Пищевая промышленность. — 183 с.
- Воробьев В.И.* 1979б. Применение микроэлементов в рыболовстве. — М.: Пищевая промышленность. — 183 с.
- ГОСТ 30178-96 Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. — М.: Стандартинформ, 2010. — 8 с.
- Иванов В.П., Комарова Г.В.* 2008. Рыбы Каспийского моря (Систематика, биология, промысел). — Астрахань: Изд-во АГТУ. — 256 с.
- Мальжеева Т.Д.* 1981. Метаболизм цинка у карпа при различных экологических условиях: дис. ... канд. биол. наук. — Киев: Изд-во инст. Гидробиологии. — С. 195.
- Метелев В.В.* 1987. Водная токсикология. — М.: Колос. — 230 с.
- Прайс В.* 1976. Аналитическая атомная спектроскопия. — М.: Мир. — 355 с.
- Vazquez F.G., Sharma V.K., Mendoza Q.A., Hernandez R.* 2007. Metals in fish and shrimp of the Campeche sound, Gulf in Mexico // Bull. Environ. Contam. And Toxicol. 67, N 5. — P. 756–762.

УДК: 591.524.12. (262.5:1-16)

Современное состояние кормового зоопланктона северо-западной части Чёрного моря

И.В. Олефир

Институт морской биологии национальной академии наук Украины (ИМБ НАНУ),
г. Одесса
e-mail : your_choices@ukr.net

Ключевые слова: СЗЧМ, кормовая база рыб, зоопланктон, кормовой зоопланктон, Copepoda, Cladocera, *Mnemiopsis leidyi*, *Noctiluca scintillans*.

Аннотация. Работа соотносится с важнейшей проблемой современного состояния и перспектив развития кормовой базы рыб и является злободневной. Сделан краткий обзор исследований по кормовому зоопланктону за период до 2000 г. Выявлены основные условия формирования кормовой базы СЗЧМ. Обобщены результаты исследований зоопланктона СЗЧМ в целом и кормового в частности за 2000–2012 гг., выполненные Одесским филиалом Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского. Исследование включает анализ таксономических групп, количественный и качественный состав зоопланктона за период с 2000 по 2014 г. Дается предварительная оценка его состояния за этот период и краткая сравнительная характеристика состояния зоопланктона, в том числе, кормового, за периоды до 2000 г. и после.

Современные проблемы и перспективы развития рыбохозяйственного комплекса напрямую связаны с состоянием зоопланктона и, прежде всего, кормового.

Изучение зоопланктона Чёрного моря, как базы пелагических рыб, было начато Кусморской (1950, 1955, 1957), Шмелёвой (1958), в дальнейшем оно было продолжено другими

исследователями, в т.ч. Коваль (1984), которые доказали, что именно мелководная и опресненная (5–10 ‰) северо-западной часть Чёрного моря (СЗЧМ) является основной нагульной областью для планктоноядных рыб. Большой вклад в изучение условий формирования кормовой базы рыб внесли исследования сотрудников Института биологии южных морей (Александров, Зайцев, 1998; Полищук, 1998; Воробьёва и др., 2004).

Пробы зоопланктона отбирали на НИС «Профессор Водяницкий» и НИС «Спрут» с лодки и на прибрежных станциях наблюдения в СЗЧМ с помощью модифицированной сети Джеди и фиксировали 4 % раствором формальдегида. Камеральная обработка проб проводилась по общепринятой методике ИМБ.

Зоопланктон является важнейшей составляющей кормовой базы пелагических планктоноядных рыб, таких как шпрот, хамса и др. Кормовой зоопланктон северо-западной части Чёрного моря представлен в основном представителями таксонов Copepoda и Cladocera. Как отмечает ряд исследователей, с началом процесса эвтрофирования СЗЧМ значительно увеличилась доля некормовой ночесветки *Noctiluca scintillans* и резко начала снижаться численность кормовых видов зоопланктона. Так, например, встречаемость представителей рода *Acartia* уменьшилась с 10 до 3 %, а *Penilia avirostris* с 7 до 2 % (Воробьёва и др., 2004). В 1979 г. доля *Noctiluca scintillans* в общей биомассе зоопланктона была на уровне 67 % в среднем за год. Летом того же года ночесветка составляла 95 %, а кормовой зоопланктон — 1,7 % от общей биомассы всего зоопланктона (рисунок).

Начиная с 1988 г. произошли катастрофические изменения в составе зоопланктона в связи с массовым развитием гребневика-вселенца *Mnemiopsis leidy*. В летне-осенний период 1990 г. общая биомасса зоопланктона в СЗЧМ составила 42 млн т. Резко снизилась и численность кормового зоопланктона, в результате чего уменьшились запасы промысловых пелагических рыб, таких как тюлька и хамса.

На основании многолетних исследований, проводимых Одесским филиалом, за 5 лет (1996–2000 гг.) численность зоопланктона на СЗЧМ шельфе по сравнению с периодом гипертрофирования (1982 и 1986 гг.) снизилась в 9 раз, при этом возросла роль меропланктона, который частично восполнил кормовую базу пелагических рыб (Воробьёва и др., 2004).

С начала 2000-х гг. на развитие зоопланктона северо-западной части Чёрного моря влияли следующие антропогенные факторы: эвтрофирование, развитие гребневика *Mnemiopsis leidy* и медузы *Aurelia aurita*, которые являются агрессивными хищниками. Вследствие этого значительно снизилась численность кормового и выросла роль некормового зоопланктона, основную долю которого составляет ночесветка. Биомасса некормового зоопланктона и, соответственно, доля ночесветки в общей биомассе всего зоопланктона возросла в несколько раз в сравнении с 50–60 гг. прошлого века.

После снижения и стабилизации общего эвтрофирования СЗЧМ на протяжении начала 2000-х годов качественный и количественный состав зоопланктона данной части Чёрного моря был достаточно стабилен и в небольшой степени зависел от количества эвтрофных стоков и периодических вспышек численности гребневика.

Исследования развития зоопланктона в 2007–2008 гг. на разных участках СЗЧМ показали тенденцию снижения численности основной составляющей некормового зоопланктона-ноктилюки в данном регионе по сравнению с началом 2000 гг. Впервые был обнаружен *Evadne tergestina*, который в годы наибольшего эвтрофирования и пресса хищников вообще выпадал из сообщества зоопланктонтов. Численность и биомасса как кормового, так и некормового зоопланктона и в эти годы зависела от эвтрофирования и развития гребневика, численность которого недостаточно эффективно контролируется *Beroe ovata*. Также, периодически проявлялась тенденция к обеднению видового состава зоопланктона во всём регионе (Отчёт ОФ ИнБИОМ, 2007).

На рисунке сравнительная диаграмма показывает, что за большой временной отрезок с конца 1970-х до 2007 гг. тенденция превалирования некормового зоопланктона сохранилась, хотя доля кормового зоопланктона летний сезон увеличилась.

В 2009 г. состав зоопланктона на исследуемых территориях включал в себя 37 таксонов, самыми массовыми были представители Crustacea и Rotatoria (Отчёт ОФ ИнБИОМ, 2009).

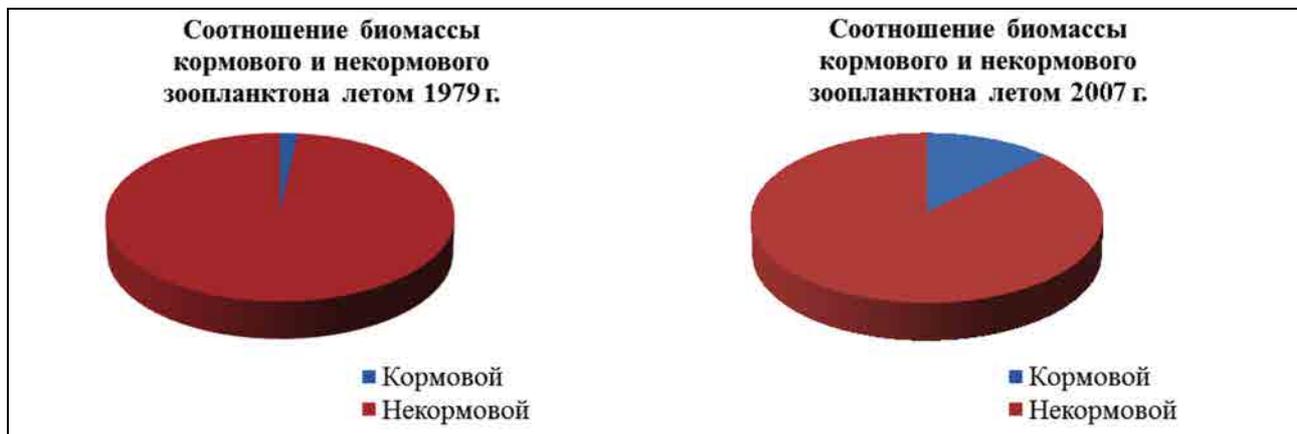


Рис. 1. Сравнительная диаграмма биомассы кормового и некормового зоопланктона

В целом, основываясь на исследованиях 2005–2012 гг., можно отметить, что видовая структура как кормового, так и не кормового зоопланктона в этот период не претерпела сильных изменений и может быть охарактеризована относительно богатым видовым разнообразием, составляя в сумме более 130 видов. Придунайский район имел более высокое видовое разнообразие по сравнению с Одесским регионом. Не смотря на относительное видовое постоянство, наблюдается значительное снижение развития численности зоопланктона практически на всех уровнях. В Одесском регионе численность ночесветки уменьшилась в 6 раз, а представителей рода *Rotatoria* — в 13 раз. Численность же Cladocera и Copepoda осталась на уровне 1980–1990-х гг. В этот период отмечалось резкое снижение численности таких индикативных видов трофности, как некормовая *Noctiluca scintillans* и кормового *Pleopis polyphemoides*, что ещё раз может служить свидетельством снижения трофности СЗЧМ в настоящее время (Отчёт ОФ ИнБЮМ, 2012).

В 2013–2014 гг. по количественному и видовому составу с большим преимуществом доминировал кормовой зоопланктон, который был представлен представителями Cladocera, Copepoda, Appendicularia и меропланктоном (Larvae). Самыми массовыми и многочисленными среди кормового зоопланктона были представители Cladocera: *Penilia avirostris*, *Pleopis polyphemoides*, *Pleopis tergestina* и Copepoda: *Acartia clausi*, *Centropages ponticus*, *Oithona davisae*, *Oithona similis*. В 2013 г. численность первых составила 1188,02 экз/м³, вторых — 2539,3 экз/м³, биомасса — 31,6 мг/м³ и 22,04 мг/м³, соответственно. Суммарная биомасса этих двух таксонов была меньше, чем таковая *Noctiluca scintillans* (таблица).

Некормовой зоопланктон был представлен двумя таксономическими группами Mastigophora и Stenophora, которые составляли более 50 % от суммарной биомассы всего зоопланктона. Следует отметить, в 2013 г. практически всю массу некормового зоопланктона составляла ночесветка, чья биомасса была на уровне 80 мг/м³ при численности 209,9 экз/м³.

В 2014 г. в общем такая ситуация сохранилась, однако возрос вклад Stenophora в биомассу некормового зоопланктона

Таблица. Соотношение численности и биомассы кормового и некормового зоопланктона в 2013 г.

Таксоны	Численность, экз/м ³	Биомасса, мг/м ³
<i>Noctiluca scintillans</i>	209,93	79,96
Cladocera	1188,06	31,58
Copepoda	2539,26	22,04

Ситуация на побережье Одесского залива с гребневиком *M. leidy* в 2013–2014 гг. изменилась в лучшую сторону. В нескольких пробах обнаружены особи *B. ovata*, и лишь в одной пробе было обнаружено незначительное количество гребневиков, из чего можно сде-

лать вывод, что по крайней мере на Одесском побережье, в 2013–2014 гг. численность гребневика мнемипсиса достаточно эффективно контролировалось поедаящим его *Beroe ovata*. Это означает, что негативное влияние этого вселенца на кормовой зоопланктон в этом регионе было минимальным.

Исходя из анализа современного состояния зоопланктона северо-западной части Чёрного моря, можно сделать следующие выводы: кормовой зоопланктон северо-западной части Чёрного моря представлен в основном представителями Copepoda и Cladocera. С начала процесса эвтрофирования и развития гребневика мнемипсиса значительно снизилась численность кормового зоопланктона и возросла роль меропланктона, частично восполнившего кормовую базу пелагических рыб, при этом возросла роль некормового зоопланктона, особенно ночесветки. В период 2013–2014 гг. кормовой зоопланктон с большим преимуществом доминировал по количественному и видовому составу, некормовой — по доле и биомассе. Негативное влияние гребневика на кормовой зоопланктон в этом регионе было минимальным, т.к. достаточно эффективно контролировалось поедаящим его *Beroe ovata*. Начиная с 2000-х гг. качественный и количественный состав зоопланктона северо-западной части Чёрного моря был стабилен и зависел в небольшой степени от количества эвтрофных стоков и периодических всплесков численности гребневика *Mnemiopsis leidyi*.

Литература

Александров Б.Г., Зайцев Ю.П. 1998. Биоразнообразие придунайского района Черного моря в условиях эвтрофирования // Экосистема взморья Украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт. — С. 304–322.

Воробьёва Л.В., Виноградов А.К., Нестерова Д.А., Синегуб И.А., Настенко Е.В., Гарлицкая Л.А. 2004 г. Условия формирования кормовой базы рыб в северо-западной части Чёрного моря в 1980–2000 гг. // Экология моря. СНТ. Вып. 65. — С. 5–14.

Коваль Л.Г. 1984. Зоо- и некрозоопланктон Черного моря. — Киев: Наукова думка. — 128 с.

Кусморская А.П. 1950. О зоопланктоне Черного моря / Тр. Аз.-Чер. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Вып. 14. — С. 177–214.

Кусморская А.П. 1955. Сезонные и годовые изменения зоопланктона Черного моря / Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. Вып. 6. — С. 158–192.

Кусморская А.П. 1957. Состояние кормовой базы черноморской хамсы и ее молоди 1953–1954 гг. / Аннот. к работам ВНИИ рыб. хоз-ва и океанографии. — М.: МРХ. — С. 12–15.

Отчёт Одесского филиала Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины о деятельности в 2007 году. — С. 1–6.

Отчёт Одесского филиала Института биологии южных морей им. А. О. Ковалевского Национальной академии наук Украины о деятельности в 2009 году. — С. 2–16.

Отчёт Одесского филиала Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины о деятельности в 2012 году. — С. 13–18.

Полищук Л.Н., Настенко Е.В. 1998. Некоторые особенности современного развития зоопланктона северо-западной части Черного моря и входящего в ее состав придунайского приустьевоего района / Экосистема взморья украинской дельты Дуная. — Одесса: Астропринт. — С. 203–246.

Шмелёва А.А. 1958. Состояние зоопланктона северо-западной части Черного моря в летний период 1956 г. // Тр. АзЧерНИРО. Вып. 17. — С. 115–117.

Влияние условий выращивания в прудах на адаптационные возможности выпускной молоди русского осетра и севрюги на ОРЗ Азово-Донского района

А.А. Павлюк, Е.В. Горбенко

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»), г. Ростов-на-Дону
e-mail: pavlyuk_a_a@azniirkh.ru

Ключевые слова: условия выращивания, стандартная масса, молодь, терморезистентность, эвригалийность, жизнестойкость, темп роста.

Аннотация. В работе рассмотрены кормовые условия прудов, используемых для выращивания молоди осетра и севрюги на ОРЗ Азово-Донского района в современный период (2013–2016 гг.). Выявлены некоторые причины низкой продуктивности прудового фонда. Представлены темпы роста массы тела молоди осетра и севрюги в зависимости от условий выращивания. Дана характеристика структуры выпускной молоди, а также приведено описание результатов проведенных опытов по определению качества молоди методом функциональных нагрузок. Анализ полученных данных показал, что молодь осетра севрюги искусственных генераций, полученная от производителей из РМС, выращенная комбинированным методом на ОРЗ в Азово-Донском районе при достижении нормативного за более длительный период выращивания на заключительном прудовом этапе выращивания сохраняет высокую пластичность характерную для осетровых видов рыб.

В настоящее время пополнение популяций проходных видов осетровых рыб в бассейне Азовского моря осуществляется практически только за счет молоди искусственных генераций. В настоящее время ввиду относительно малых объемов выпускаемой молоди, вопрос о ее адаптации к естественным условиям водоемов на этапе выпуска, получение и выращивание жизнестойкой молоди в условиях промышленного разведения и сегодня не теряет своей актуальности. Как известно, молодь осетровых видов рыб по своей природе обладают высокими адаптационными возможностями. Формирование качества молоди при искусственном воспроизводстве проходит под воздействием многих факторов. В этой связи немаловажным фактором являются условия выращивания молоди на основе управления биотехнологическим режимом, направленным на формирование кормовых и гидрохимических условий в периоды выращивания молоди.

Материалы и методы

В данной работе представлены обобщенные данные, полученные в ходе выполнения мониторинга эффективности искусственного воспроизводства проходных осетровых видов рыб в Азово-Донском районе, представленном на протяжении длительного времени одним предприятием — ФГБУ Азово-Донской филиал «Главрыбвода» ОРЗ «Донской». На заводе воспроизводят и выращивают комбинированным методом молодь русского осетра и севрюги азовской популяции с последующим ее выпуском в р. Дон ниже Кочетовского гидроузла. Поэтапный ввод в эксплуатацию прудов на ОРЗ позволил провести наблюдения за условиями выращивания молоди осетровых видов рыб в водоемах различных сроков использования. В ходе исследований регулярно отслеживались условия выращивания — гидрохимические и кормовые. У молоди на этапе выпуска методом функциональных нагрузок оценивались адаптационные возможности: солеустойчивость в гипертоническом растворе (12 ‰) и термоустойчивость (перепад до +32 °С и +10 °С) (Лукьяненко, 1987).

Результаты и обсуждение

В процессе многолетней эксплуатации прудового фонда наблюдается ряд изменений, оказывающих негативное влияние на условия выращивания молоди осетровых видов рыб и

на их качество в конечном счете. В последние годы на ОРЗ в ходе мониторинговых исследований было выявлено снижение общей продуктивности прудов. Отмечается снижение видового разнообразия кормовых организмов, а также не достаточные значения биомассы, что за частую связано с нарушением биотехники эксплуатации прудов. Выполнение в неполном объеме течение ряда лет мелиоративных работ по поддержанию продуктивности прудов стало основной причиной ухудшения условий выращивания молоди осетровых видов рыб. Деструктуризация почв ложа затрудняет управление балансом биогенных веществ, что не позволяет сформировать оптимальное соотношения азота к фосфору в течение вегетационного периода, снижая продуктивность фитопланктона, лимитирует развитие кормового зоопланктона. Кроме того, пруды на ОРЗ в Азово-Донском районе сильно заражены листоногими ракообразными (*Apus cancriformis* Schaff, *Leptestheria* sp.). В результате своей жизнедеятельности они распыляют грунты (идет сильное взмучивание), что дополнительно снижает развитие фито и зоопланктона, значительно ухудшая условия выращивания. Внесение при залитии небольших доз минеральных удобрений и кормовых дрожжей как правило стимулирует не рост кормовых организмов, а развитие листоногих ракообразных, численность которых в начале вегетации прудов достигает от 50 до 60 % от общего количества зоопланктона. Интродукция маточного стада *D. magna*, проводимая в первые дни после залития не имеет должного эффекта. На рис. 1 представлена динамика качественного состава зоопланктона за период выращивания молоди осетра и севрюги (среднее за 4 года).

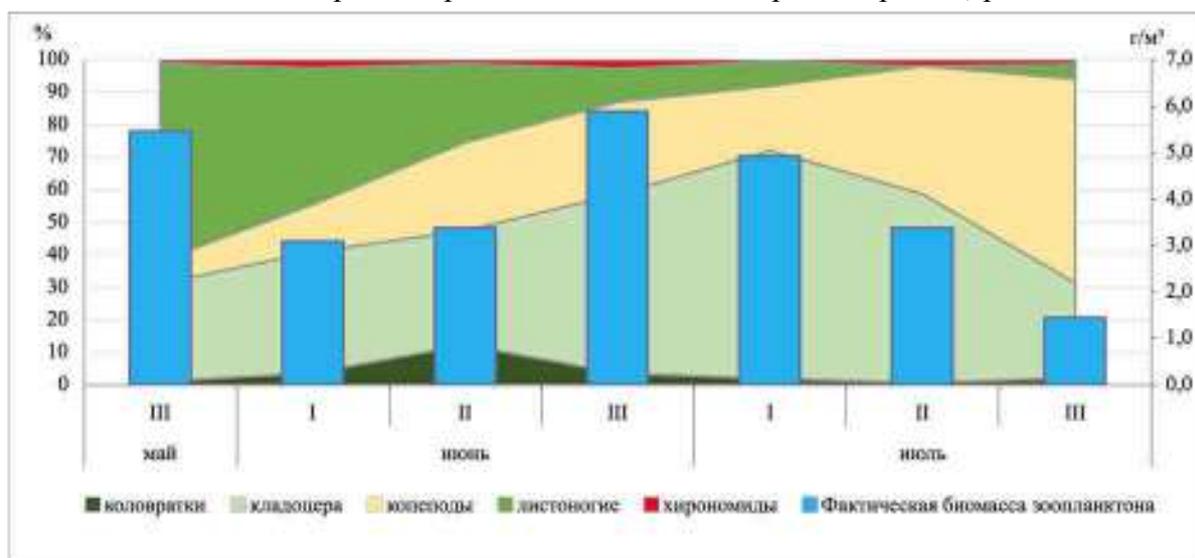


Рис. 1. Качественный состав зоопланктона и его биомасса в прудах с молодь осетра и севрюги по декадам выращивания

Качественный состав зоопланктона в первой половине выращивания молоди осетра и севрюги характеризуется слабовыраженным развитием клadoцера, при этом доля высокопродуктивных форм *D. magna*, *D. pulex* остается низкой на протяжении всего периода вегетации пруда. Развитие личинок хирономид Chironomidae вследствие позднего залития прудов без учета сроков их массового лета также очень низкое, их доля в зоопланктонном сообществе не превышает 3,0 %. В результате остаточная масса кормового зоопланктона не могла сохраняться на уровне 10,0–15,0 г/м³ в течение всего периода выращивания молоди осетра и севрюги (Горбачева, 1996).

На формирование гидрохимических условий в прудах при выращивании молоди проходных осетровых видов рыб в последнее время существенно влияют не только климатические условия региона. Прудам, не подвергающимся ежегодным агро-мелиоративным мероприятиям труднее нивелировать загрязненность поступающей воды, в них менее интенсивно происходят процессы самоочищения, что в итоге с годами привело к снижению их продуктивности. Позднее заливание прудов, значительная фильтрация и отсутствие подкачки воды в течение периода выращивания приводят к их зарастанию и излишнему прогреванию толщи

воды. В результате при отсутствии мер, направленных на улучшение гидрохимических параметров, пруды становятся более восприимчивы к негативным факторам, что отрицательно сказывается на условиях выращивания молоди осетровых видов рыб.

Для краткой сравнительной характеристики условий выращивания нами были рассмотрены несколько временных интервала (2005, 2007 и 2013–2016 гг.), отличающих между собой по значениям совокупности ряда показателей, отображающих биотические и абиотические составляющие среды. Фактические значения данных показателей приведены в таблице.

Таблица. Данные биотических и абиотических показателей в 2005, 2007, 2013–2016 гг.

Показатели	Условия выращивания	
	благоприятные (2005, 2007 гг.)	неблагоприятные (2013–2016 гг.)
Температура воды при выращивании, °С	<u>21,0</u> 14,0–25,0	<u>24,0</u> 20,0–30,0
Сумма теплонакопления за период выращивания	<u>1000</u> 960–1150	<u>1660</u> 1271–1950
Содержание растворенного в воде кислорода, включая придонные слои	<u>9,5</u> 4,8–11,0	<u>6,0</u> 2,0–8,9
Остаточная биомасса кормового зоопланктона	<u>20,3</u> 9,5–30,0	<u>4,1</u> 1,1–8,9

Примечание. Числитель — среднее; знаменатель — min–max.

Совокупность выше указанных факторов обуславливают различную скорость массонакопления у молоди осетра и севрюги. На рис. 2 приведены средние темпы роста молоди осетровых видов рыб за период 2005, 2007 гг., когда в прудах на ОРЗ «Донской» складывались благоприятные условия для выращивания, в этот период молодь достигала выпускной массы в нормативные сроки (35–45 сут) и за последние годы работы завода (2013–2016 гг.), когда при выращивании молоди в прудах складывались напряженные условия по температурному, кислородному и кормовому режимам.

Низкий темп роста массы тела у молоди осетра и севрюги, обусловленный формированием неблагоприятных условий приводит к значительному увеличению сроков ее выращивания, превышающие нормативные. Таким образом, выращивание захватывает период высоких летних температур, при которых происходят негативные для молоди процессы: возникают значительные суточные колебания растворенного в воде кислорода от 12 мг/л в дневные часы до 2,5 мг/л в предутренние часы, растут значения перманганатной окисляемости. При высо-

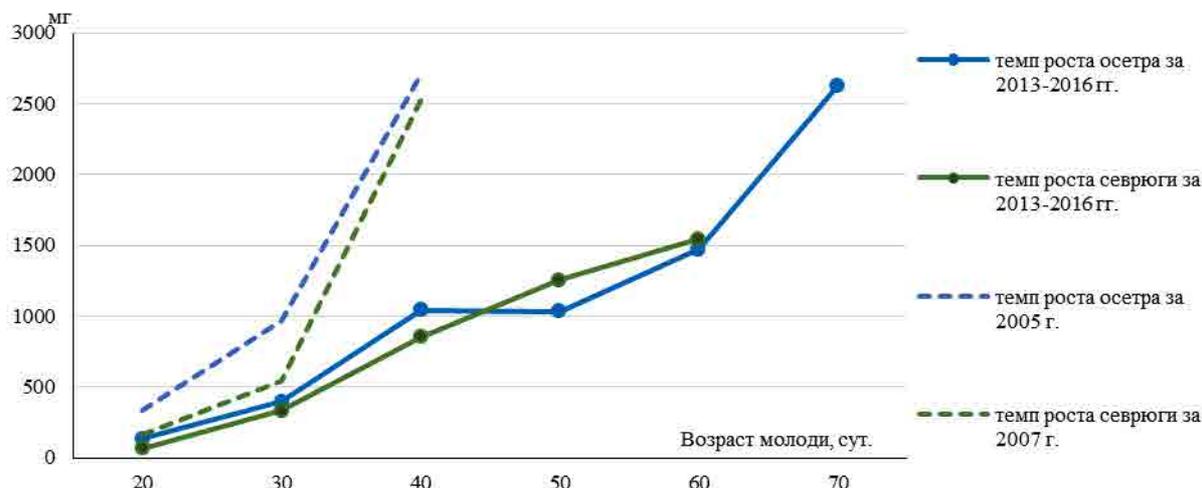


Рис. 2. Темпы роста молоди осетра и севрюги при разных условиях выращивания

ких температурах воды негативные изменения происходят и в зоопланктонном сообществе — наступает летняя депрессия, значительно снижается биомасса кормовых организмов.

Формирование в течение периода выращивания условий не способствующих полной реализации ростового потенциала у молоди осетровых видов рыб приводит к возникновению значительной ее разнокачественности по массе на этапе выпуска в естественный водоем. На рис. 3 приводится соотношение весовых групп молоди осетра искусственных генераций за последние 4 года, когда при выращивании складывались неблагоприятные условия, и за период 2005, 2007 гг., когда условия были благоприятны.

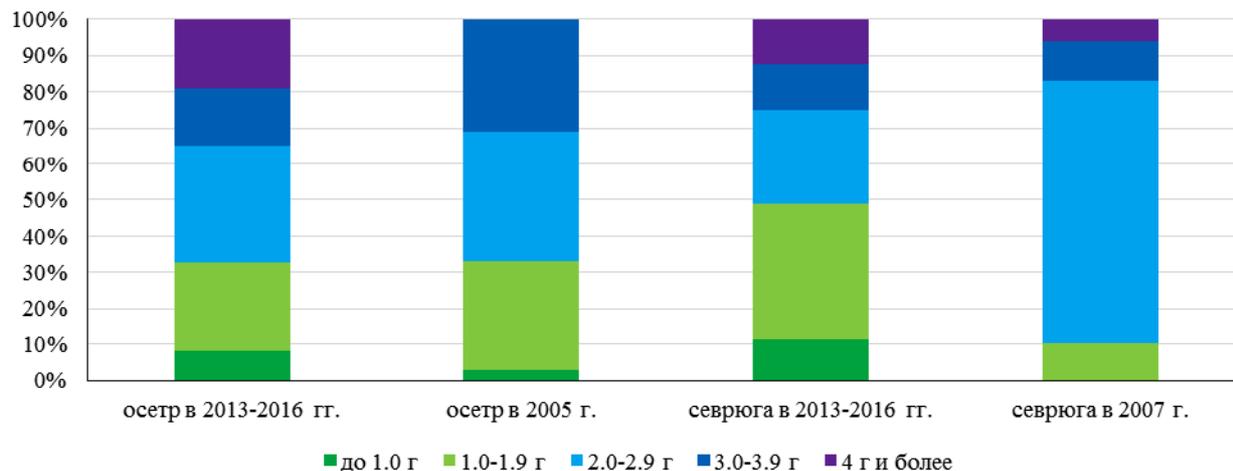


Рис. 3. Структура массы молоди русского осетра и севрюги, выращенной прудовым методом на ОРЗ Азово-Донского района

Как видно из приведенных на рис. 3 данных, распределение молоди по разным массовым группам при напряженных условиях выращивания очень велико, нет четко выраженной модальной группы.

На этапе выпуска в естественный водоем у молоди ежегодно оцениваются адаптационные возможности, известно, что наиболее высоки они у молоди, достигшей нормативного веса тела в нормативные сроки (Лукьяненко, 1987). Молодь, выращенная при благоприятных условиях при проверке адаптационных возможностей показала 100 % выживаемость.

Анализ многолетних данных показал, что низкие значения биомассы кормового зоопланктона и, соответственно не высокий темп роста, обуславливают сверхнормативное выращивание молоди и ее длительное пребывание в нестабильных гидрохимических условиях. Проверка качества молоди, полученной от производителей из РМС, которая в течение выращивания испытывала воздействие ряда негативных факторов очень важна для возможности прогнозирования ее выживания в естественном водоеме на этапе выпуска и адаптации к окружающим условиям, которые в настоящее время имеют свойство резко меняться. Анализ и обобщение информации, получаемой нами в ходе проверки адаптационных возможностей молоди на этапе выпуска позволили выявить сохранение эвригалийности и терморезистентности у молоди осетра и севрюги, достигших нормативной массы.

В ходе проверки толерантности молоди осетра и севрюги к гипертоническому раствору 12 ‰ было выявлено в частности, что молодь осетра и севрюги, имеющие массу ниже нормативной или близкой к ней, хуже адаптируется к данной солености. У таких особей через 1–2 ч после перевода в гипертонический раствор наблюдалось покраснение жаберного аппарата, за тем наступал летальный исход. В целом время угнетения, когда большая часть молоди держится у дна, переворачивается и интенсивно дышит составляло от 2 до 6 ч, после чего происходила адаптация. Наиболее быстро это происходило у особей, имеющих массу близкую к нормативной. У них раньше наступала плавательная активность после «залегания» у дна, чем у особей, имеющих крайние значения массы тела. Около 30 % особей совершали прыжки из воды — вероятно испытывая дискомфорт стремились уйти из этой зоны. За время опыта (12-часовая экспозиция) выживаемость молоди осетра и севрюги варьировала от 70 до 100 %, при этом наиболее устойчивой оказывалась молодь севрюги.

Исследования терморезистентности молоди севрюги и русского осетра, выращенных в прудах при неблагоприятных экологических условиях, показали низкую выживаемость особей, которые не набрали стандартную массу тела даже за сверхнормативный период выращивания. Особенно остро на перевод в воду температурой + 32 °С реагировала молодь осетра, она опускалась на дно, переворачивалась, частота дыхания при этом снижалась. Пребывание в «горячей» воде в течение 30 мин не выдерживали, в основном, особи с низкими значениями массы тела, которые составляли 85 % общего отхода за время опыта. Особи с нормативной и сверхнормативной массой тела также пребывали в угнетенном состоянии в течение всего времени опыта, однако их выживаемость была выше, чем у особей с низкими значениями массы тела. При переводе в воду температурой +10 °С молодь осетра и севрюги сначала впадала в оцепенение и падала на дно, однако в отличие от «горячей» воды она не переворачивалась, и частота дыхания не менялась. Через 5–10 мин наступала адаптация и возобновлялось активное плавание. Отход за время опыта также в основном был представлен особями с недостаточной массой, однако он был меньше, чем при переводе молоди в воду с высокой температурой. Средняя выживаемость молоди в опытах на функциональные нагрузки представлена на рис. 4.

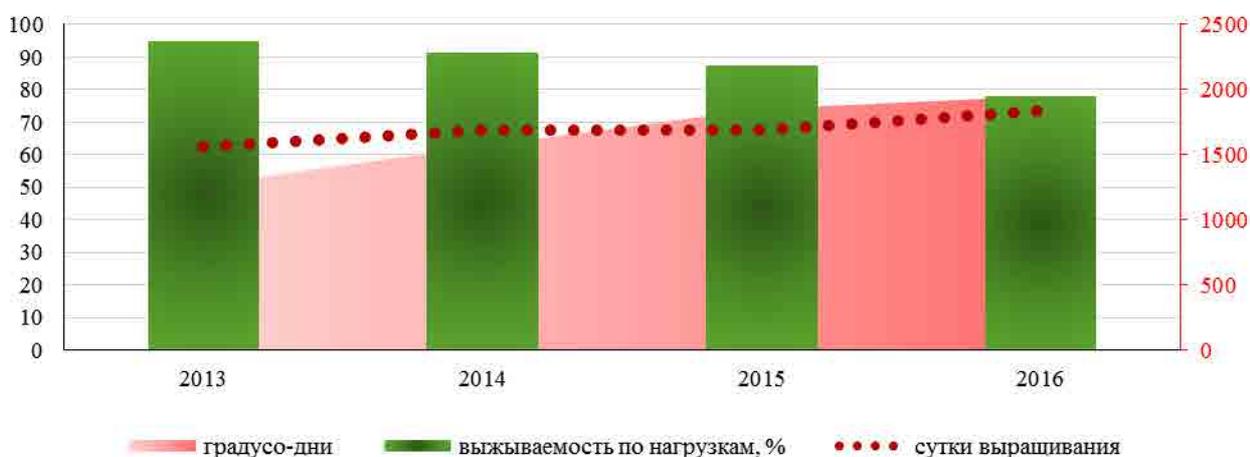


Рис. 4. Выживаемость молоди осетра и севрюги в опытах на функциональные нагрузки

Заключение

В последние годы произошло ухудшение условий выращивания молоди проходных осетровых на ОРЗ Азово-Донского района в результате снижения эффективности эксплуатации прудового фонда. Не выполнение в полном объеме агро-мелиоративных мероприятий в межрыбоводный (осенний период) и рыбоводный сезоны негативно влияет на формирование биотических и абиотических параметров условий выращивания, что приводит к удлинению сроков достижения нормативного веса молодью и снижает ее качество.

Обобщая результаты полученных данных можно сказать, что наибольшая ослабленность функционального состояния наблюдалась только у молоди осетра и севрюги, имеющих массу тела ниже нормативной. Однако эта весовая группа широко представлена в структуре выпускной молоди (около 30 %), что говорит о необходимости проведения мелиоративных мероприятий по повышению продуктивности прудов. Выполнение работ по агро-мелиорации и формированию кормовой базы позволит создавать условия благоприятные для выращивания, при которых молодь сможет полностью реализовать свои высокие ростовые возможности и достичь нормативного веса в оптимальные сроки, сохраняя высокие адаптационные возможности.

Литература

Горбачева Л.Т., Крапивина Л.А. К вопросу о повышении биологической продуктивности осетровых прудов Азово-Донского района // Основные проблемы рыбного хозяйства и охрана рыбохозяйственных водоемов Азовского бассейна: Сб. науч. тр. АзНИИРХ. — Ростов-на-Дону: Полиграф, 1996 г. — С. 333–336.

Лукьяненко В.И., Касимов Р.Ю., Кокоза А.А. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых // Ин-т биологии внутренних вод. АН СССР. — Волгоград, 1987. — 229 с.

Филогеография осетровых *Acipenseridae* в реках Сибири

М.А. Побединцева^{1,2}, И.Г. Кичигин¹, С.А. Романенко^{1,2}, А.И. Кулемзина¹,
Н.В. Воробьева¹, Н.А. Сердюкова¹, Е.А. Интересова³, М.А. Корентович⁴, В.Ф. Зайцев³,
А.И. Макунин¹, А.С. Графодатский^{1,2}, В.А. Трифонов¹

¹Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, г. Новосибирск,

²Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,

³Новосибирский филиал ФГБНУ Госрыбцентр, г. Новосибирск,

⁴ФГБНУ Госрыбцентр, г. Тюмень

e-mail: marob@mcb.nsc.ru

Ключевые слова: стерлядь, сибирский осетр, мтДНК, филогенетический анализ, генетическое разнообразие.

Аннотация. Осетрообразные (*Acipenseriformes*), включая стерлядь *Acipenser ruthenus* и сибирского осетра *A. baerii*, являются древнейшим отрядом класса Лучеперых рыб. Этот отряд в литературе часто называют «живыми ископаемыми», поскольку, ископаемые формы осетрообразных относятся к позднему меловому периоду возрастом 100 млн лет. К семейству осетровых *Acipenseridae* относится 25 современных видов. Многие из них обитают на территории России и находятся на грани вымирания в связи с интенсивным выловом, а так же с антропогенным воздействием, в частности, строительством плотин. Понимание генетической структуры популяций данных видов необходимо для качественного мониторинга и проведения охранных мероприятий. Получение последовательностей контрольного района мтДНК методом секвенирования по Сэнгеру позволило провести филогенетический анализ и выделить основные гаплогруппы для каждого вида. Обнаруженное разнообразие митохондриальных гаплотипов стерляди и сибирского осетра имеет значительные отличия в разных регионах, что свидетельствует о сложной структуре популяций данных видов.

В России численность многих ценных промысловых видов рыб снижается в результате хозяйственной деятельности человека, браконьерства, ухудшения экологических условий (Pikitch et al., 2006). По всей стране проводятся различные рыбоохранные мероприятия, направленные на восстановление популяций. Но на данный момент абсолютно непонятно, какой эффект на естественные популяции они оказывают и какую экономическую пользу приносят.

Так, например, ценными в промысле являются рыбы семейства осетровых. Считают, что происхождение этого вида можно отнести к Триасовому периоду (Berg, 1948). К современному семейству осетровых относится 25 видов, все занесены в Красную книгу, многие виды находятся на грани исчезновения. На территории России обитает 11 видов. Для всех видов осетровых рыб характерно позднее половое созревание, не ежегодный выход на нерест и наличие жестких экологических требований (Решетников, 2002). В последние годы активно развивается аквакультурное разведение таких видов осетровых, как стерлядь и сибирский осетр, что усиливает необходимость контролировать состояние популяций этих видов рыб.

Стерлядь *Acipenser ruthenus* имеет относительно небольшие размеры, является пресноводным видом, распространена в реках Евразии от Дуная до Енисея (Решетников, 2002). Благодаря удобству разведения в аквакультурах и своим небольшим размерам, именно стерлядь может быть выбрана референсным видом для изучения геномов других осетровых рыб.

Другой вид — сибирский осетр *A. baerii* — имеет более крупные размеры, а ареал его распространения — от Обь-Иртышского бассейна до рек Якутии (Колымы, Индигирки). Является проходным видом (Решетников, 2002). Хотя многие зоологи и выделяют несколько подвидов *A. baerii*, имеется лишь небольшое количество генетических данных для подтверждения этой гипотезы ввиду малой численности вида и сложности сбора материала (Doukakis et al., 1999).

Но, несмотря на древнее происхождение, большую промышленную ценность и интересные биологические особенности, эти рыбы очень слабо изучены. Описание генетической структуры популяций, оценка генетического разнообразия, а так же сравнение популяций стерляди и сибирского осетра в бассейнах рек Сибири будут способствовать формированию действенной стратегии охраны и рациональной эксплуатации данных видов.

Были собраны 247 образцов стерляди *A. ruthenus* с 23 точек в Обь-Иртышском бассейне. На р. Енисей 38 образцов с 2 точек, 10 образцов из рыбного хозяйства, имеющие происхождение из Камы (бассейн Волги), 1 образец из Астрахани (Нижняя Волга), 3 образца из рыбного хозяйства, имеющие происхождение из Енисея, 4 образца, выращенных в рыбном хозяйстве ФГБНУ «Госрыбцентр» на Иртыше.

Получены 189 особей сибирского осетра *A. baerii* из 15 регионов в Обь-Иртышском, Енисейском, Ленском бассейнах, а также в Яне и Колыме.

Секвенированием по Сэнгеру были получены последовательности контрольного района митохондриальной ДНК. Анализ полученных данных и их сравнение с опубликованными ранее данными позволили выявить в исследованных выборках стерляди и сибирского осетра 61 и 43 гаплотипов, соответственно (все гаплотипы стерляди были описаны впервые, тогда как у сибирского осетра впервые описано 35 гаплотипов). С помощью филогенетического анализа было выделено 11 основных гаплогрупп стерляди и всего две гаплогруппы сибирского осетра, представленных с разной частотой в разных районах.

Изучение разнообразия митохондриальных гаплотипов обоих видов показало значительные межрегиональные отличия, что свидетельствует об их сложной популяционной структуре. Выявлено, что популяция стерляди в Обь-Иртышском бассейне характеризуется высоким генетическим разнообразием, и внутри Обь-Иртышского бассейна отсутствует изоляция между локальными популяциями стерляди. При этом установлено, что популяции Обь-Иртышского бассейна и Енисея изолированы (скорее всего, как и рек других бассейнов). Для сибирского осетра установлено, что генетическое разнообразие является наиболее высоким в Обь-Иртышском бассейне, а популяции Енисея и Лены обладают меньшим разнообразием и схожи по гаплотипическому составу. Это подтверждает гипотезу о возможности выделения восточных популяций в отдельный подвид *A. baerii stenorhynchus*.

Литература

- Решетников Ю.С. 2002. Атлас пресноводных рыб России. — Изд-во Наука, 2002.
- Berg L.S. 1948. On the position of the Acipenseriformes in the system of fishes // Tr Zool Instituta 7:7–57.
- Doukakis P., Birstein V.J., Ruban G.I., Desalle R. 1999. Molecular genetic analysis among subspecies of two Eurasian sturgeon species, *Acipenser baerii* and *A. stellatus* // Mol Ecol 8:S117–S127. doi: DOI 10.1046/j.1365–294X.1999.00816.x
- Pikitch E.K., Doukakis P., Lauck L., Chakrabarty P., Erickson D.L. 2006. Status, trends and management of sturgeon and paddlefish fisheries (Vol. 6, pg. 233, 2005) // Fish Fish 7:78–79. doi: 10.1111/j.1467–2979.2005.00190.x

УДК 639.2.081.7; 681.883.072

Особенности вертикального распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины по данным гидроакустических исследований 2015–2016 гг.

В.И. Поляничко

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
E-mail: vladimir.polyanichko@tinro-center.ru

Ключевые слова: научный эхолот, тралово-акустическая съемка, распределение, плотность скоплений, время суток, миграции, акустические изображения, шум судна, поведение рыб, реакция избегания.
Аннотация. Современная научная гидроакустическая аппаратура позволяет производить не только поиск скоплений рыбы, но и осуществлять количественную оценку их плотности. Представлены вертикальные распределения, а также характерные акустические изображения скумбрии и сардины-

иваси в северо-западной части Тихого океана в летний период по результатам тралово-акустических съемок ФГБНУ «ТИНРО-Центр» в 2015–2016 гг.

Введение

Обнаружение значительных концентраций дальневосточной сардины *Sardinops melanostictus* и японской скумбрии *Scomber japonicus* в ходе комплексных съёмов 2015–2016 гг. в прикурильских водах северо-западной части Тихого океана (СЗТО) открывает перспективу возобновления их массового промысла российскими рыбаками в летне-осенний период. В связи с этим было целесообразно осветить некоторые особенности суточного вертикального распределения этих видов рыб, которые были выявлены в ходе съёмов с помощью прецизионной гидроакустической аппаратуры. Кроме этого, в работе представлены характерные акустические изображения (эхограммы) сардины и скумбрии и рассчитанные эхоинтеграционным методом количественные характеристики скоплений в различное время суток, которые, также могут быть будут полезны для дальневосточных рыбаков, утративших навыки лова этих быстрых приповерхностных рыб, или впервые осваивающих их промысел.

Материалы и методы

В качестве основного гидроакустического средства измерений использовался калиброванный научный эхолот EK60 Simrad с размещенными под килем судна антеннами частотой 38 и 120 кГц. Регистрация и накопление гидроакустических данных производились круглосуточно с использованием программы ER60 в формате RAW Simrad. Для визуализации и вторичной обработки накопленных файлов эхограмм использовалось программное обеспечение SALTSE (Убарчук, Ермольчев, 2015). Программа рассчитывает и сохраняет в форматах, пригодных для дальнейшей обработки, значения коэффициента обратного поверхностного рассеяния S_A , численности и биомассы рыб по элементам сетки с задаваемым размером отдельного элемента сетки 0,01–1 миль по дистанции и 1 м по глубине.

Для оценки численности использовалась частота 38 кГц и следующие зависимости силы цели (TS) от длины рыб (L) на этой частоте:

- дальневосточная сардина *Sardinops melanostictus* — $TS = 20\log(L) - 72,6$ (Porteiro et al., 1996);
- скумбрия *Scomber japonicus*, *Scomber australasicus* — $TS = 20\log(L) - 73,8$ (Svellingen et al., 2008).

Вместе с эхолотом EK60 использовался гидролокатор кругового обзора SH90 Simrad для регистрации и оценки плотности быстрых пелагических рыб в приповерхностном слое.

Вертикальное распределение и миграции. Анализ эхограмм и траловых уловов позволил идентифицировать характерные акустические изображения «чистых» и смешанных скоплений японской скумбрии и дальневосточной сардины в различное время суток.

В дневное время суток скопления сардины и скумбрии регистрировались эхолотом в виде разрозненных плотных косяков или групп косяков в приповерхностных горизонтах до 30 м, активно избегающих шумовое поле судна. Японская скумбрия в дневное время образовывала мелкие подвижные косяки высокой плотности высотой 3–6 м и горизонтальной протяженностью 12–30 м (рис. 1,А). Рассчитанная эхоинтеграционным методом биомасса косяков скумбрии варьировала от 1,8 до 49,1 т (в среднем 14,3 т).

Косяки дальневосточной сардины в дневное время тоже плотные, но имели большее вертикальное развитие 8–15 м и горизонтальную протяженность 60–120 м (рис. 1,Б). Обитали в тех же горизонтах, что и скумбрия, часто образуя смешанные агрегации в градиентных зонах (рис. 1,Б). Биомасса дневных косяков сардины варьировала от 96,4 до 261,3 т (средняя 204,9 т).

Косяки рыб обычно рассеиваются ночью, когда освещённость уменьшается до уровня, при котором особи не могут осуществлять совместные синхронные движения в стае и их возможности сохранять косячное поведение уменьшаются (Blaxter, Hunter, 1982). Однако такое рассеяние высоко изменчиво. Например, в наших наблюдениях японская скумбрия в ночное время рассеивалась до дисперсных слоев в виде сплошных лент (часто в форме «каленвал»)

или прерывистых скоплений переменной плотности, которые состояли из небольших косячков и групп рыб на фоне разреженного слоя выше термоклина (рис. 1,Г). Плотность таких слоев в единицах биомассы составляла от 138 до 904,7 т/миля² (средняя — 497,8 т/миля²).

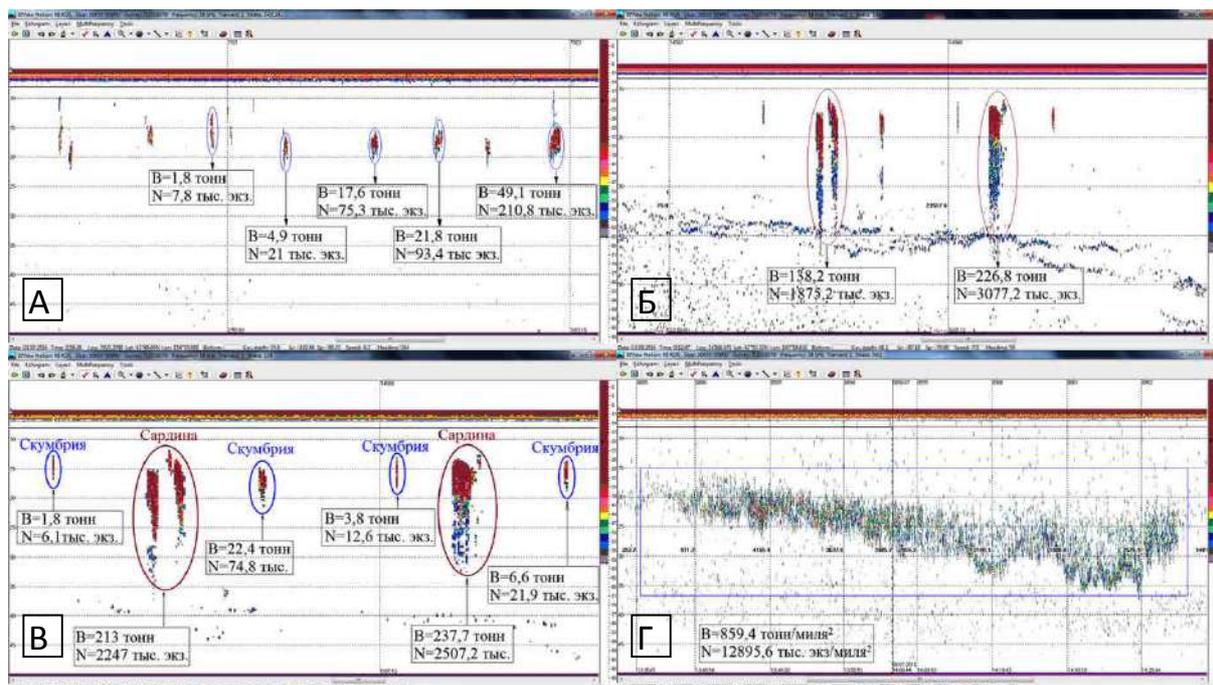


Рис. 1. Фрагменты эхограмм с оценками численности и биомассы косячков:
 А — японская скумбрия (день); Б — дальневосточная сардина (день); В — смешанные скопления сардины и скумбрии (день); Г — японская скумбрия (ночь)

Дальневосточная сардина ночью, как правило, сохраняла косячное состояние стай, но, при этом, изменялось агрегатное состояние скопления от плотного до дисперсного: структура косячков становилась более рыхлой и увеличивалась их горизонтальная протяженность — до 120–260 м (рис. 2). Эти косячноподобные агрегации имели примерно такую же биомассу, что и дневные косяки.

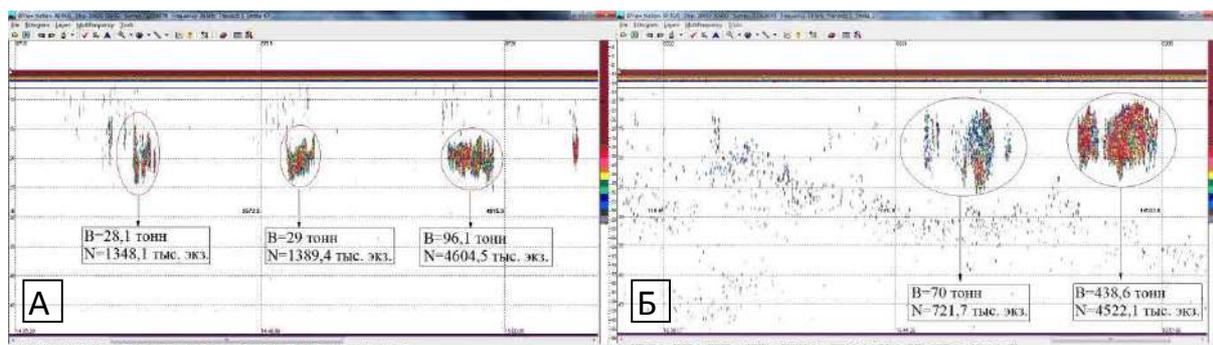


Рис. 2. Фрагменты эхограмм дальневосточной сардины с оценками численности и биомассы косячков, темное время суток: А — молодь 13–16 см; Б — взрослые особи

Пребывание рыб в плотных косяках днем и их разреженное состояние ночью, естественно, отражалось на результатах эхоинтеграционных и траловых оценок их плотности. В светлое время суток гидроакустические оценки численности на галсах съемки варьировали от 0 до 40 млн экз /миля² (рис. 3) при стандартном отклонении 6550 тыс. экз/миля². В сумерки, с переходом плотных подвижных косячков к формации рассеянных рыб, разброс значений плотности снижался: стандартное отклонение составило уже 850 тыс. экз/миля². Ночью, когда наблюдалось разреженное состояние скоплений рыб, получены наиболее стабильные результаты измерений численности (минимальное стандартное отклонение — 380 тыс. экз/миля²).

Видимо, данные условия являются оптимальными для тралово-акустических съемок, поскольку позволяют выполнять оценку численности с минимальной погрешностью.

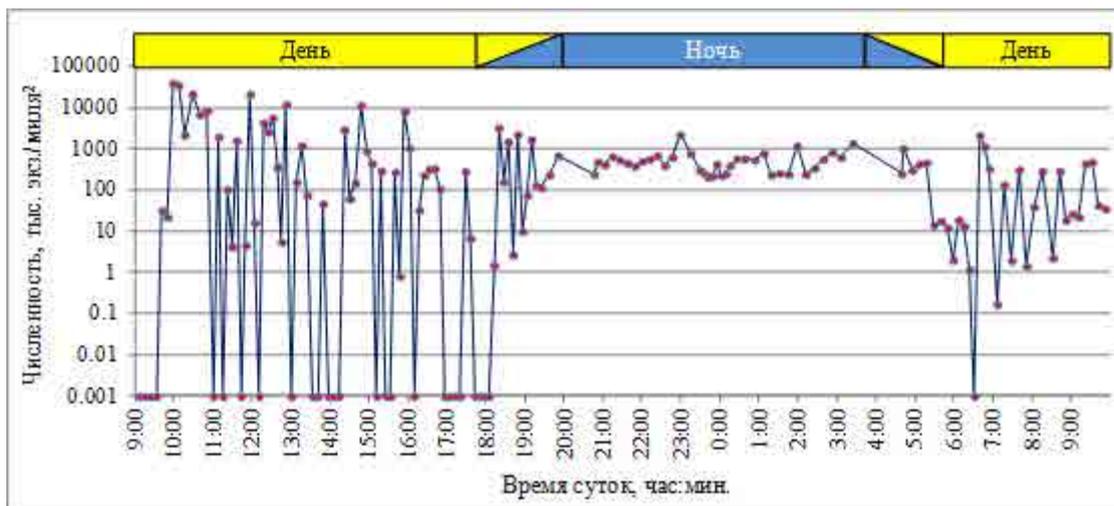


Рис. 3. Суточное распределение эхоинтеграционных оценок плотности скоплений дальневосточной сардины и скумбрии в СЗТО, 2016 г.

Как известно, в вечерние сумерки многие виды рыб вместе с кормовыми организмами совершают вертикальные перемещения в приповерхностные горизонты, вызванные необходимостью обеспечения круглосуточной доступности пищевых ресурсов (Базаров, 2007). Однако в отличие от кормовых объектов и мезопелагических видов рыб, совершающих крупномасштабные вертикальные миграции в течение суток, диапазон вертикальных перемещений абсолютного большинства лососей, сардины, скумбрии и других стайных пелагических рыб в СЗТО ограничен пределами верхнего термически квазиоднородного слоя (ВКС) и, как правило, не превышает 35 м. Несмотря на это, центр концентрации преданадромных лососей, например, по данным гидроакустических измерений ночью на несколько метров выше, чем днем, т.е. их суточное вертикальное распределение подчиняется типичному образу поведения пелагических рыб. Сардина и скумбрия в темное время суток не перемещались к поверхности. Даже наблюдалась некоторая обратная тенденция смещения центра концентрации в более глубокие горизонты ночью, связанная с рассеянием рыб. Это хорошо видно на картах, иллюстрирующих вертикальное распределение сардины и скумбрии в СЗТО в течение суток (рис. 4, 5). Характерно преобладание плотных разрозненных косяков в слое 10–20 м днём и более широкое вертикальное (до 30 м) и менее разобценное горизонтальное развитие скоплений в темное время суток.

Рассматривая распределение скумбрии и дальневосточной сардины по горизонтам обитания, необходимо отметить, что свыше 95 % численности этих рыб в периоды съемок 2015–2016 гг. (т.е. и днем и ночью) было зарегистрировано в пределах слоя до 30 м (рис. 6). Суточные вертикальные перемещения были выражены слабо. В светлое время суток ядро скоплений

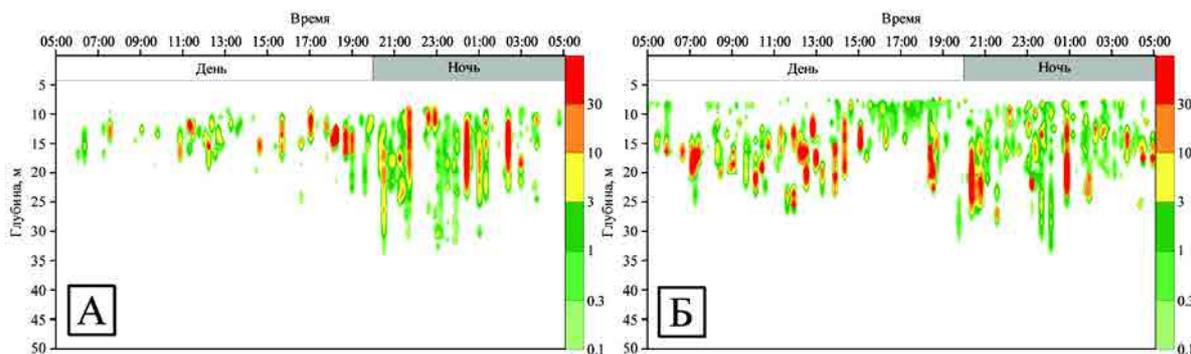


Рис. 4. Суточное вертикальное распределение дальневосточной сардины в СЗТО (плотность в единицах s_A ($\text{м}^2/\text{миля}^2$): *A* — июль–август 2015 г; *B* — июль–август 2016 г.

находилось в пределах слоя 10–20 м, где было зарегистрировано свыше 80 % численности рыб. В темное время слой обитания скумбрии и сардины несколько расширился за счет рассеяния рыб, при этом центр концентрации смещался в более глубокие горизонты: у сардины незначительно (меньше 1 м) и на 3 м у скумбрии.

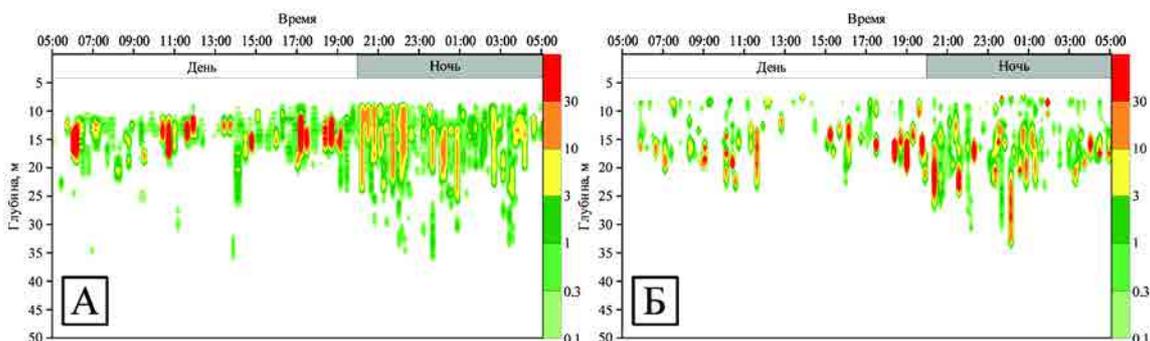


Рис. 5. Суточное вертикальное распределение японской скумбрии в СЗТО (плотность в единицах s_A ($m^2/mиля^2$): *A* — июль–август 2015 г; *B* — июль–август 2016 г.

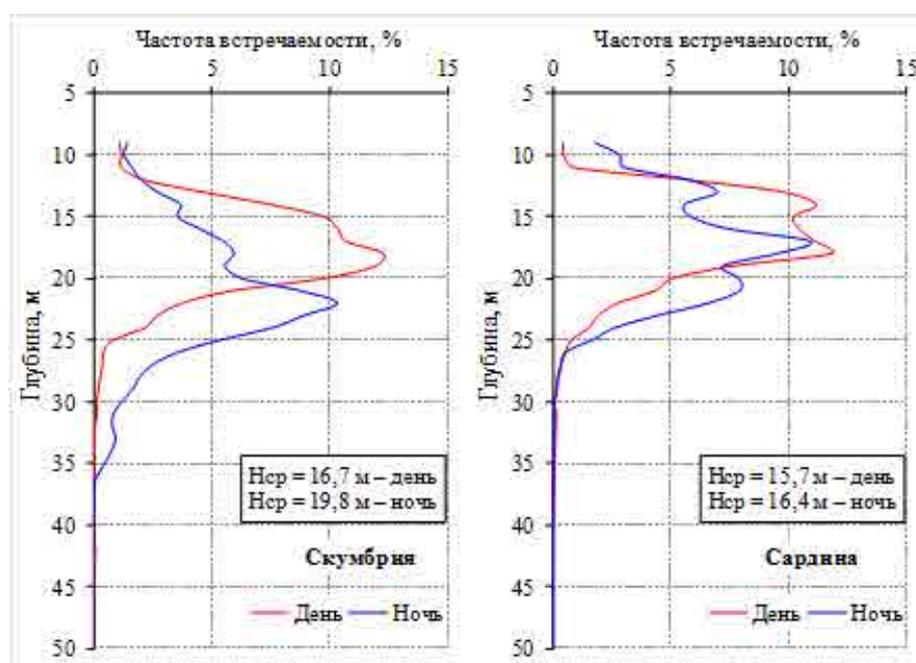


Рис. 6. Вертикальное распределение японской скумбрии и дальневосточной сардины в светлое и темное время суток в СЗТО в июле–августе 2016 г.

Влияние шумового поля судна. Сардина и скумбрия по своему поведению стайные подвижные рыбы. Они способны в течение сумерек рассеиваться на больших акваториях и на рассвете быстро собираться в плотные косяки, обладая чувствительными органами слуховой рецепции.

Дальневосточная сардина, как и другие сельдевые виды рыб, относится к «слуховым специалистам», т.е. обладают высокой чувствительностью к звуку в наиболее широком диапазоне частот. Это связано с тем, что плавательный пузырь сельдевых имеет прямой контакт с внутренним ухом (Denton, Vlaхter, 1976). Сельдевые имеют большое сходство в слуховых способностях (рис. 7,А). У скумбрии слуховые способности несколько хуже: слуховой порог выше, а диапазон воспринимаемых частот уже (рис. 7,Б). Вместе с тем, среди скумбриевых *Scomber japonicus*, благодаря наличию плавательного пузыря, имеет самый широкий диапазон воспринимаемых звуков.

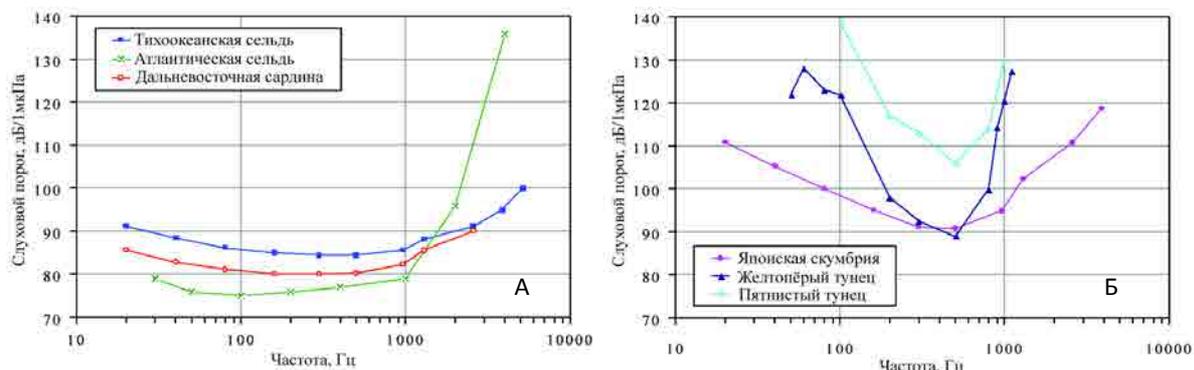


Рис. 7. Аудиограммы рыб сгруппированные по представителям семейств: *А* — сельдевые, *Б* — скумбриевые

Исследования показали, что обитающие в приповерхностных горизонтах стайные объекты проявляют реакцию избегания на приближающееся судно (Коротков, 1998). Реакция сопровождается уходом рыб с траектории движения судна, увеличением скорости движения и заглублением стай. Дистанция реагирования рыб на шум судна по данным различных исследователей существенно варьирует от 40 до 500 и более метров (чаще от 100 до 200 м) в зависимости от вида (слуховых способностей рыб), времени суток, сезона (физиологического состояния рыб), типа судна (уровня шума) и условий окружающей среды (Кузнецов, Вологдин, 2009). Известно также, что рыбы в косяках более реактивны, чем в рассеянном состоянии (Gerlotto et al., 2004). Поэтому наблюдаются различия в активности рыб в дневное и ночное время суток.

Наблюдения за траекториями движения отдельных стай и косяков на приближение судна с помощью гидролокатора кругового обзора Simrad SH90 показали, что они реагируют на него, но не все. Из массива записанных при горизонтальном сканировании гидролокатора (4–6°) файлов эхограмм выявлено около 30 % случаев избегания рыбами судна. В большинстве из них разрозненные стаи и косяки, обнаруженные на курсовых углах судна на расстоянии до 600 м, уходили от него в сторону (проявляли отрицательную реакцию) с дистанций от 100 до 250 м (рис. 8). Иногда косяки рыб уходили с траектории движения судна на довольно высокой скорости — до 1,8 м/с. Однако чаще всего косяки медленно смещались со скоростью от 0,2 до 1,2 м/с относительно судна (в среднем 0,7 м/с).

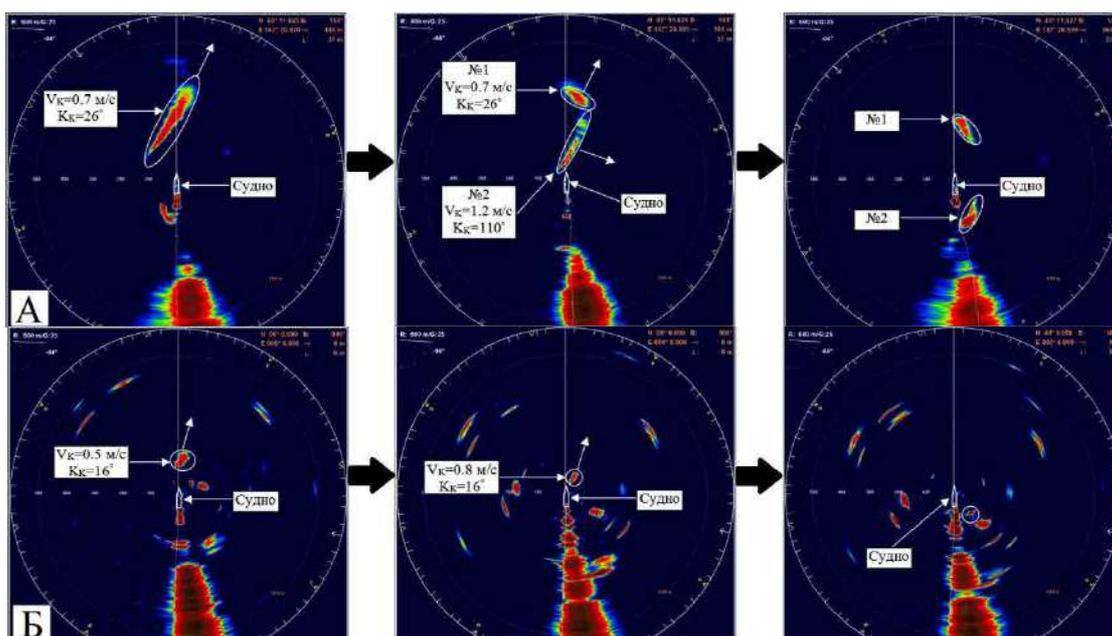


Рис. 8. Фрагменты эхограмм гидролокатора кругового обзора Simrad SH90 в СЗТО

Направления движения (ухода) косяков относительно курса судна варьировали от 16° до 110° . Часто крупные косяки при приближении судна разделялись и двигались с разными скоростями в разных направлениях. Например, на рис. 8,А видно, что после разделения один из косяков двигался вперед по курсу судна, а другой — вправо. На расстоянии от судна 30–80 м некоторые косяки занывривали на 3–5 м, а на кормовых углах обзора вновь поднимались на прежний горизонт. Обычно дистанция обхода судна косяками рыб не превышала 50 м.

Имеются также некоторые косвенные признаки, подтверждающие влияние шумового поля судна на распределение и оценки сардины и скумбрии в СЗТО. Во-первых, на картах суточного вертикального распределения (рис. 4, 5), скопления, имеющие косячное состояние днем, регистрируются эхолотом заметно реже, чем ночью (особенно у скумбрии), что является следствием их более высокой подвижности и реакции на судно в светлое время.

Избегательное поведение иллюстрирует также график изменения регистрируемой эхолотом плотности скоплений сардины и скумбрии в течение суток (рис. 3). Высокий разброс измеряемых эхолотом значений плотности приповерхностных рыб днем показывает возможность погрешности в эхоинтеграционных оценках их запасов. Аналогичные последствия влияния шума судна, видимо имеют и траловые оценки. Например, во время съемки средние уловы скумбрии на 1 час траления в 2015 г. составили 1037 кг днем и 2994 кг ночью; в 2016 г. — 986 кг днем и 3005 кг ночью. Разница очевидна.

Абсолютное большинство рыб (свыше 95 %) учтено в пределах приповерхностного слоя до 30 м. В течение суток меняется структура скоплений сардины и скумбрии от плотной до дисперсной и их горизонтальная протяженность. Суточные вертикальные миграции к поверхности отсутствуют, а скумбрия в темное время может рассеиваться в более глубокие горизонты вплоть до слоя термоклина.

Учитывая характеристики суточного распределения агрегаций и их избегательного поведения, установлено, что наиболее подходящим для выполнения тралово-акустических съемок и промысла сардины и скумбрии в СЗТО, является ночное время.

Литература

- Базаров М.И. 2007. Суточные вертикальные миграции рыб пресных водоемов в нагульный период: Дис. ... канд. биол. наук. — Борок. — 141 с.
- Коротков В.К. 1998. Реакции рыб на трал, технология их лова. — Калининград: МАРИНПО. — 398 с.
- Кузнецов М.Ю., Вологдин В.Н. 2009. Гидроакустические шумы промысловых и научно-исследовательских судов и их влияние на поведение и оценки запасов рыб (обзор и перспективы исследований) // Изв. ТИНРО. Т. 157. — С. 334–355.
- Убарчук И.А., Ермольчев В.А. 2015. Программа для ЭВМ «SALTSE» (Scattering Area Coefficient, Length and Target Strength Estimation). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613954. — 1 с.
- Blaxter J.H.S., Hunter J.R. 1982. The biology of the clupeoid fishes // *Advances in Marine Biology*. Vol. 20. — P. 1–223.
- Denton E., Blaxter J., 1976. The mechanical relationships between the clupeid swimbladder, inner ear and the lateral line // *J. Mar. Assoc. U.K.* Vol. 56. — P. 787–807.
- Gerlotto F., Castillo J., Saavedra A., Barbieri M. A., Espejo M., Cotel P. 2004. Three-dimensional structure and avoidance behaviour of anchovy and common sardine schools in central southern Chile // *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 61. — P. 1120–1126.
- Porteiro C., Carrera P., Miquel J. 1996. Analysis of Spanish acoustic surveys for sardine, 1991–1993: abundance estimates and inter-annual variability // *ICES Journal of Marine Science*. № 53. — P. 429–433.
- Svelling I.K., Charouki N., Benchrifi S. 2008. Target strength of chub mackerel (*Scomber japonicus*) in Moroccan waters measured in situ // *Symposium on Science and the Challenge of Managing Small Pelagic Fisheries on Shared Stocks in Northwest Africa*. Presentation — Casablanca, Morocco. 11–14 March. — 16 p.

Распределение каспийских килек в глубоководной части Каспийского моря по результатам гидроакустической съемки в 2016 г.

Т.В. Помогаева, И.Б. Балченков, Д.Д. Асейнов

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: pomogatyana@mail.ru

Ключевые слова: гидроакустические исследования, каспийские кильки, плотность скоплений килек, сила цели, Средний Каспий, западная часть Каспийского моря.

Аннотация. В данной работе рассматривается пространственное распределение каспийских килек по результатам летней гидроакустической съемки 2016 года. Распределение дается по трем размерно-возрастным группам: личинки каспийских килек, молодь килек и взрослые рыбы.

В июле 2016 г. гидроакустическая съемка килек Среднего Каспия проводилась одновременно со световой конусной съемкой. Гидроакустические исследования проводились на акватории Среднего Каспия с глубинами от 50 до 700 м по прилагаемой схеме галсов (рис. 1) с помощью гидроакустического комплекса ЕК-60 фирмы «Simrad» (Норвегия), со стационарно установленными антеннами с расщепленным лучом на 38 и 120 кГц. Обработка гидроакустической информации проходила с помощью постпроцессинговой программы Simrad BI-60. Карты распределения построены в ArcView Gis 3.1.

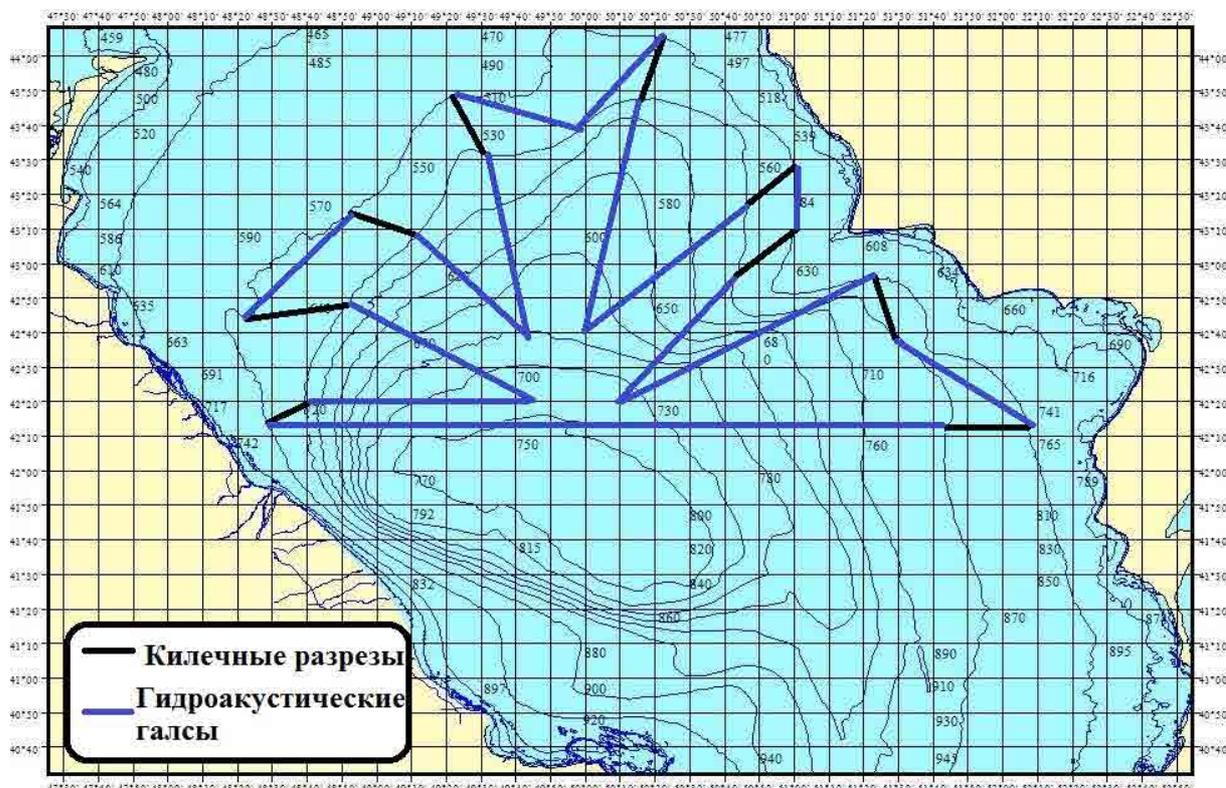


Рис. 1. Схема летней гидроакустической съемки

Расчеты выполнялись с использованием уточненных сил целей каспийских килек, полученных в 2014 г. совместно с сотрудниками лаборатории промышленной гидроакустики и

подводных исследований ПИНРО. Учитывались размерно-весовые характеристики трёх видов каспийских килек (обыкновенная, анчоусовидная, большеглазая), выловленных различными способами: конусным подхватом, донным тралом, разноглубинным тралом. Использовались следующие уравнения:

$$TS = 20\log L - 72,9; \quad (1)$$

$$TS = 20\log L - 70,8 \quad (2)$$

для молоди килек (1) и взрослых рыб (2), где L — длина рыбы.

В данной съемке было принято допущение: к взрослым рыбам отнесены кильки длиной 11 см, к молоди — кильки длиной 4 см, к личинкам — длиной 2,5 см.

Личинки каспийских килек распределялись преимущественно у дагестанского побережья, над глубинами от 50 м до больших глубин (рис. 2). Максимальные плотности личинок (свыше 50 т/миля²) отмечены в верхнем 20-метровом горизонте над глубинами от 100 до 300 м.

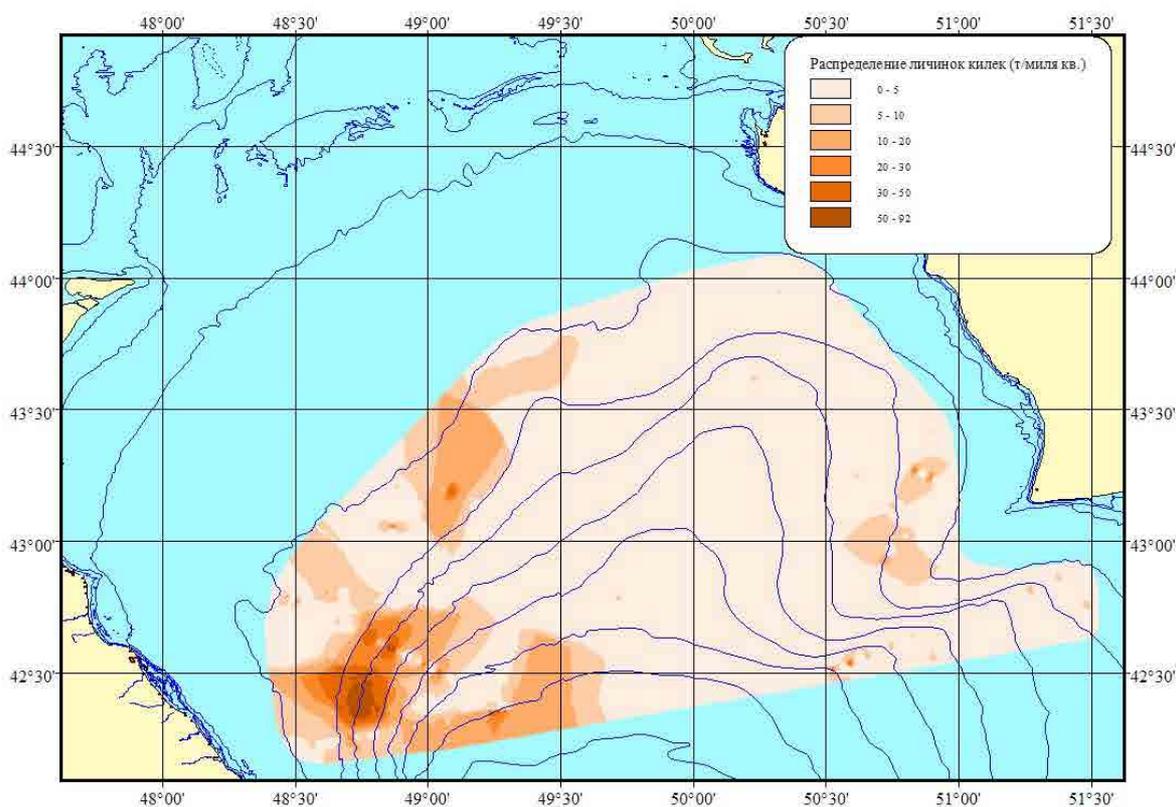


Рис. 2. Распределение личинок каспийских килек в июле 2016 г.

Высокая плотность молоди каспийских килек (свыше 100 т/миля²) была отмечена единично, на траверзе Избербаша (рис. 3). Достаточно плотные концентрации (30–50 т/миля²) преобладали в юго-западной части акватории.

Максимальные концентрации взрослых килек (свыше 100 т/миля²), также как и личинок, и молоди, были отмечены в западной части Среднего Каспия, над глубинами от 50 до 700 м (рис. 4).

По результатам гидроакустических исследований в июле 2016 г. наиболее плотные концентрации каспийских килек распределялись в западной части Среднего Каспия, над глубинами более 100 м, в верхнем 50-метровом слое. Следует отметить, что плотности скоплений свыше 50 т/миля² можно рассматривать как промысловые и можно рекомендовать для работы добывающему флоту.

Выражаем благодарность разработчикам программы SALTSE Ермольчеву Вячеславу Александровичу и Убарчуку Игорю Анатольевичу, а также сотрудникам лаборатории промысловой гидроакустики и подводных исследований ФГБНУ «ПИНРО».

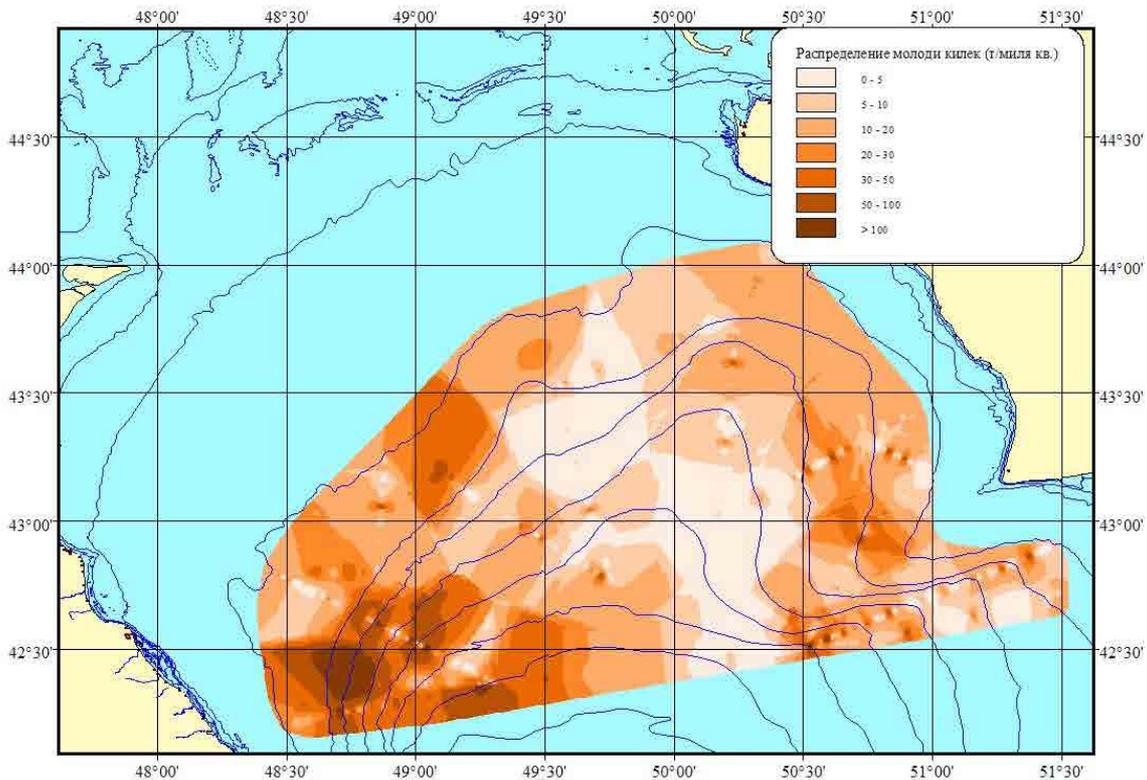


Рис. 3. Распределение молоди каспийских килек в июле 2016 г.

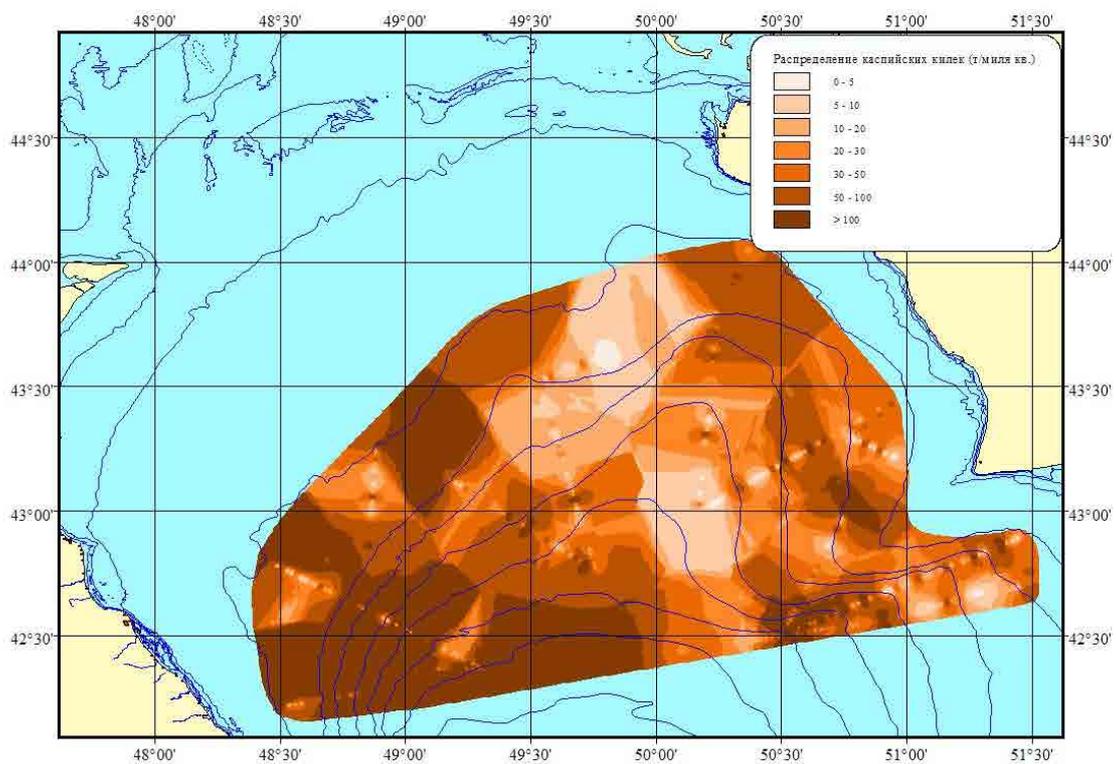


Рис. 4. Распределение взрослых каспийских килек в июле 2016 г.

Литературы

Помогаева Т.В. 2014. Особенности использования постпроцессинговой программы VI-60 (SIMRAD) для определения биомассы каспийских килек по горизонтам в Северо-Западной части Каспийского моря / Т.В. Помогаева, И.Б. Балченков, А.В. Смирнов // Современное состояние

биоресурсов внутренних вод: Материалы докладов II Всерос. конф. с междунар. участием (6–9 ноября 2014 г., Борок, Россия): В 2 т., Т. 2. — М.: ПОЛИГРАФ-ПЛЮС. — С. 458–463.

Помогаева Т.В. 2016. Особенности пространственного распределения каспийских килек в западной части Каспийского моря по результатам гидроакустических исследований / Т.В. Помогаева, И.Б. Балченков, Д.Д. Асейнов // Современное состояние биоресурсов внутренних водоемов и пути их рационального использования: Материалы докладов Всерос. конф. с междунар. участ., посвящ. 85-летию Татар. отд. ГОСНИОРХ (Казань, 24–29 октября 2016 г.). — Казань: ГОСНИОРХ. — 872 с.

УДК 597.556.333.1:591.4(262.5)

Морфобиологическая характеристика бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) водоемов различной галинности Крымского полуострова

Р.Е. Прищена¹, А.В. Савчук²

¹Институт морских биологических исследований им. А.О. Ковалевского РАН (ФГБНУ «ИМБИ РАН», г. Севастополь)

²Малая академия наук города Севастополя (ГБОУ ЦДОД «Малая академия наук г. Севастополя»), г. Севастополь
e-mail: prishchera.raisa@yandex.ru

Ключевые слова: бычок-кругляк, пластические и меристические признаки, морфометрический анализ, достоверные различия, инвазии.

Аннотация. Исследованы морфобиологические особенности бычка-кругляка некоторых водоемов Крымского полуострова (зал. Самарчик и р. Салгир) по пластическим и меристическим признакам в разные сезоны 2014 и 2015 гг. Доказаны различия в меристических признаках для самцов бычка-кругляка из указанных районов; оценен половой диморфизм внутри популяции бычка-кругляка из р. Салгир.

Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) — представитель понто-каспийского фаунистического комплекса, эвригалинная рыба из семейства бычковых. Кругляк распространен в пределах Мраморного моря и впадающих в него пресных водоемов, а также Черного и Азовского морей вдоль побережий и в эстуариях. Эвригалинность бычка-кругляка позволяет ему расширить свое место обитания вверх к истокам рек (например, Днепр) (Световидов, 1964; Смирнов, 1986). В конце XX в. кругляк проник в речные системы Европы и Северной Америки и образовал там устойчивые популяции, о чем свидетельствуют обобщенные данные (Смирнов, 2001).

У Черноморского побережья Крымского полуострова бычок-кругляк распространен практически повсеместно, и является одним из массовых видов в прилове промысловых вентерей, используемых для добычи креветок в зарослях трав Каркинитского залива (Карпова и др., 2016). Как известно, популяция — это элементарная единица промыслового запаса, а рациональное изъятие природных ресурсов должно опираться на основные принципы концепции популяционных систем. В речных системах Крыма кругляк образовал устойчивую популяцию в результате проникновения вместе с днепровскими водами во время работы Северо-Крымского канала (Карпова, 2015). Работы по выделению отличий между группировками бычка-кругляка ранее проводились для заливов Азовского моря, где данный вид является промысловым (Заброда, Дирипаско, 2009), но для кругляка из водоемов Крымского полуострова разной галинности подобные работы отсутствуют. Учитывая способность бычковых рыб образовывать локальные морфологически отличающиеся группировки, была поставлена цель работы — сравнить образцы бычка-кругляка из различных районов крымского региона (зал. Самарчик и р. Салгир). Кроме этого, принимая во внимание отсутствие данных по половому диморфизму образовавшейся популяции бычка-кругляка в р. Салгир, одной из задач

работы было определение морфологических отличий между самцами и самками кругляка из указанного района.

Районами исследования являлись зал. Самарчик, образованный р. Самарчик, впадающей в Каркинитский залив (Крым, Раздольненский район) и р. Салгир в районе с. Новогригорьевка (Крым, Нижнегорский район). Сбор ихтиологического материала проводился в рамках экспедиционных исследований ФГБУН ИМБИ в июле и октябре 2014 и ноябре 2015 гг. Облов проводили с помощью ручного сачка (река Салгир) и промыслового вентеря для добычи креветок, ячеей 8 мм (залив Самарчик). В дальнейшем материал был зафиксирован с помощью 4%-го раствора формальдегида и отправлен в коллекцию гидробионтов ИМБИ РАН для последующих морфологических исследований. Всего было подвергнуто морфометрическому анализу 22 самца бычка-кругляка из зал. Самарчик и 40 экз. бычков из р. Салгир (10 самок и 8 самцов в июле и 11 самок и 11 самцов в октябре). Промеры выполнялись по стандартным методикам (Правдин, 1966). Всего изучено 37 пластических и 8 меристических признаков. Для дальнейшей обработки промеры на теле и голове кругляка переведены в индексы признаков, выраженных в % от стандартной длины (SL) и длины головы (HL). Математическая обработка данных осуществлялась с помощью программного пакета Microsoft Excel 10. Сравнение средних значений проводили на основе t-критерия Стьюдента про 1%-ном уровне значимости.

В целом самцы из зал. Самарчик укладывались в размерный ряд от 71,7 до 122,4 мм (указана стандартная длина), в среднем — $94,73 \pm 3,327$ мм. Индексы признаков кругляка из этого района отличались между собой при коэффициенте вариации $var \geq 10$ по 11-ти промерам на теле и 5-ти на голове. Вероятно, такое различие связано с разноразмерностью отобранных бычков. Меристические признаки оказались менее вариабельными. Размерно-частотная характеристика самцов кругляка из зал. Самарчик представлена на рис. 1. Видно, что в этой выборке у рыб преобладали меньшие размерные классы.

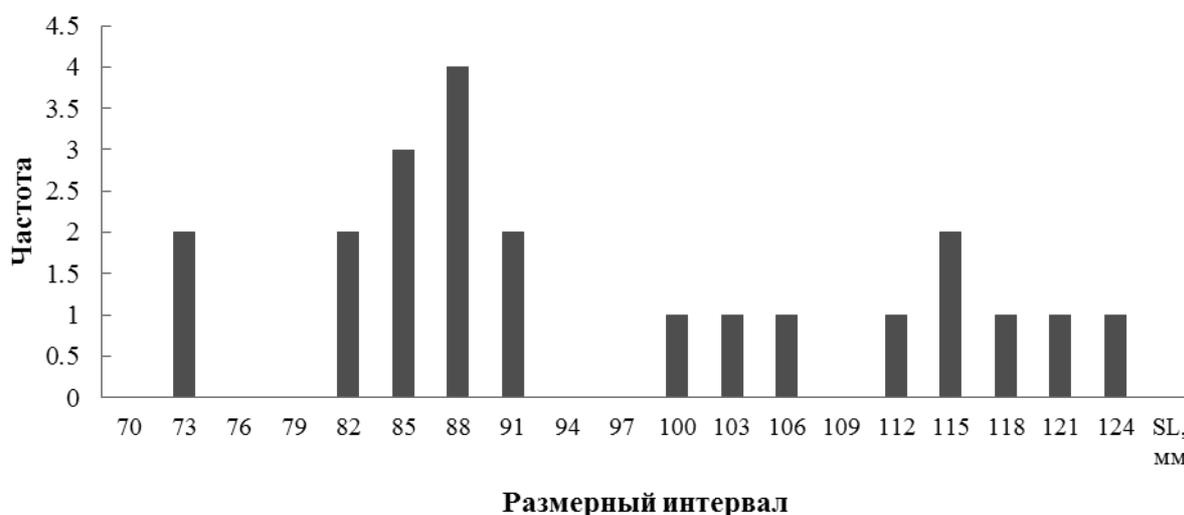


Рис. 1. Размерно-частотная характеристика самцов бычка-кругляка (зал. Самарчик, ноябрь 2015 г.)

Кругляки из Салгира (июльская проба 2014 г.) имели следующие размерные характеристики: самки имели стандартную длину в среднем $65,75 \pm 2,629$ мм (от 49,5 до 76,0 мм), и индексы их признаков внутри группы отличались при $var \geq 10$ по 4-м промерам на теле (толщина хвостового стебля, постдорсальное расстояние, высота второго спинного плавника, высота анального плавника) и 5-ти промерам на голове (длина рыла, ширина лба, длина верхней и нижней челюстей, расстояние между глазом и углом рта). Самцы были длиной от 62,2 до 81,3 мм (в среднем $68,94 \pm 2,48$ мм), и наибольшие вариации в индексах были отмечены для 3-х признаков на теле (толщина хвостового стебля, постдорсальное расстояние, длина хвостового стебля) и 3-х признаков на голове (горизонтальный диаметр глаза, ширина лба, расстояние между глазом и углом рта). Меристические признаки у обеих групп рыб оставались

менее вариабельными. Размерно-частотная характеристика самцов и самок бычка-кругляка из р. Салгир, отобранных в июле 2014 г., представлена на рис. 2. В целом, самцы были крупнее самок, причем для первых зафиксированы максимальные размеры, а у последних преобладали большие размерные классы.

Сравнение самцов и самок кругляка из июльской пробы 2014 г. показало практически полное отсутствие полового диморфизма у этой группы рыб. Достоверные отличия при $\text{diff} > 2,6$ отмечены по двум пластическим признакам (длина анального плавника и длина головы, причем у самцов оба эти признака были выше, чем у самок) и по одному меристическому признаку (число лучей в грудном плавнике — этот показатель был выше у самок). Практически полное отсутствие отличий в индексах признаков самцов и самок кругляка в этой пробе можно объяснить сходством в размерах исследуемых экземпляров.

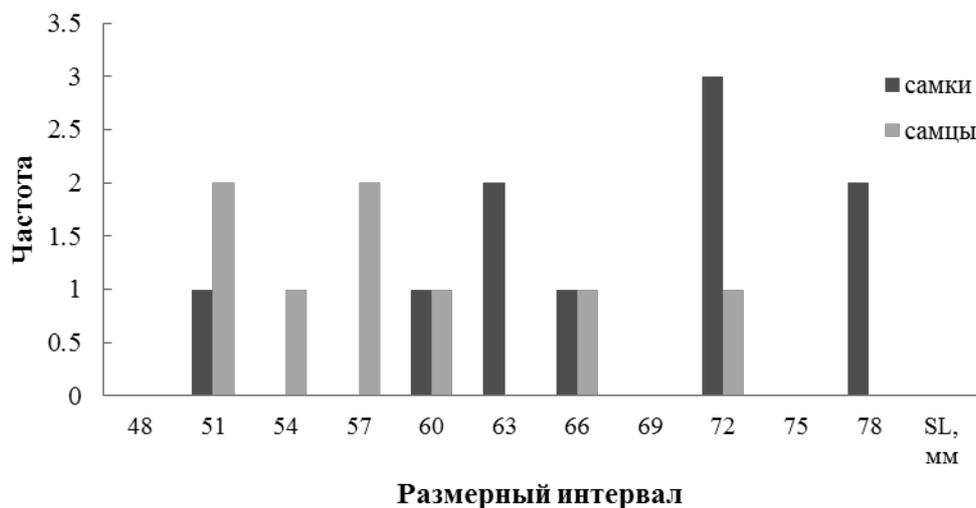


Рис. 2. Размерно-частотная характеристика самцов и самок бычка-кругляка (р. Салгир, июль 2014 г.)

В октябре 2014 г. самцы бычка-кругляка из р. Салгир имели стандартную длину в среднем $65,26 \pm 3,528$ мм (от 55,5 до 90,8 мм). Внутри выборки индексы признаков бычков отличались при $\text{var} \geq 10$ по 4-м на теле (наибольшая толщина тела, высота 1-го спинного плавника, высота 2-го спинного плавника и высота анального плавника) и 2-м на голове (ширина лба, расстояние между глазом и углом рта). Самки имели размеры от 53,3 до 75,2 мм (в среднем $61,8 \pm 1,953$ мм) и индексы их признаков отличались по 3-м на теле (толщина хвостового стебля, длина основания 1-го спинного плавника, высота анального плавника) и 2-м на голове (горизонтальный диаметр глаза и ширина лба). Меристические признаки у обеих групп рыб оставались менее вариабельными. Размерно-частотная характеристика самцов и самок бычка-кругляка в октябре 2014 г. представлена на рис. 3. Самцы были несколько крупнее, и для них были зафиксированы крайние значения, но в целом отличий по половому критерию не наблюдалось.

Сравнение самцов и самок из октябрьского улова выявило достоверные отличия только по 3-м признакам на теле рыб: у самцов было выше и толще тело, а также расстояние от кончика рыла до основания грудного плавника у них было больше. Для признаков на голове бычков, а также для меристических признаков достоверных отличий выявлено не было.

Далее было проведено попарное сравнение самцов и самок бычков июльского и октябрьского уловов 2014 г. из р. Салгир. У самцов бычка-кругляка в октябре был длиннее хвостовой стебель, выше 1-й и 2-ой спинной плавники, шире брюшной и длиннее хвостовой плавники. В июле у самцов основание 1-го спинного и анального плавников было длиннее. Достоверных отличий по признакам на голове самцов, а также по меристическим признакам выявлено не было. Сравнение самок показало, что в июле у них было толще тело, больше расстояние между основаниями брюшного и анального плавников, длиннее основание 1-го спин-

ного плавника, а также шире заглазничное расстояние и больше челюсти; в октябре у самок был длиннее хвостовой стебель, выше анальный плавник и длиннее голова. Что касается меристических признаков, в октябре у самок насчитывалось большее количество лучей в хвостовом плавнике.

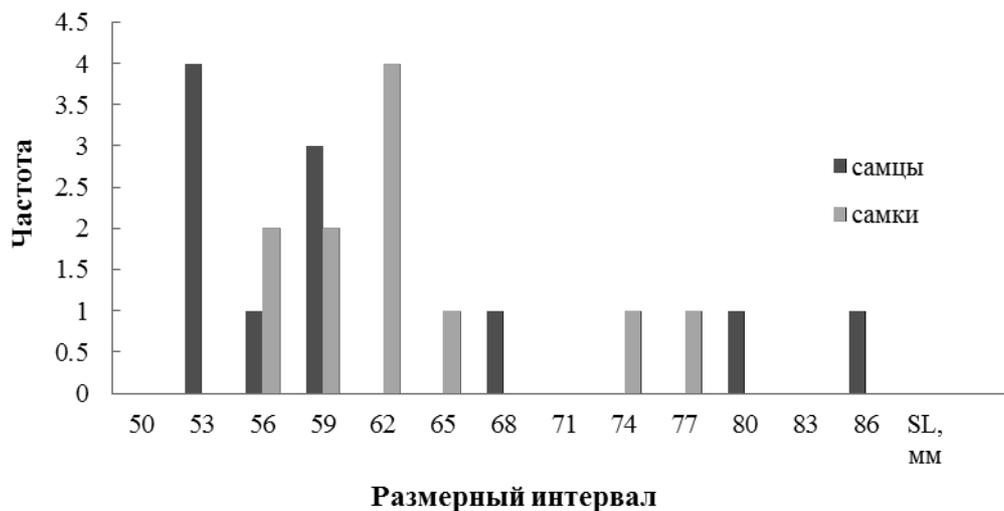


Рис. 3. Размерно-частотная характеристика самцов и самок бычка-кругляка (р. Салгир, октябрь 2014 г.)

Попарное сравнение самцов кругляка из р. Салгир и зал. Самарчик выявило достоверные различия по ряду признаков. При анализе июльской выборки кругляка из Салгира и пробы из зал. Самарчик было обнаружено, что у последних были толще тело и хвост, выше 2-й спинной и анальный плавники, шире брюшной плавник и длиннее голова. У бычков из Салгира в июле было длиннее основание 1-го спинного плавника. При сравнении признаков на голове обнаружилось, что у бычков из реки горизонтальный диаметр глаза был больше. По меристическим признакам достоверные отличия обнаружены только для числа лучей во 2-м спинном плавнике — у бычков из Салгира этот показатель был выше.

При сравнении самцов кругляка из зал. Самарчик и октябрьской пробы из р. Салгир выявлено, что у первых выше и толще тело и хвост, выше 2-й спинной и анальный плавники, шире основание грудного и брюшного плавников. У бычков из Салгира были длиннее хвостовой стебель и основание 1-го спинного плавника, грудного плавника и хвостовой плавник. У бычков из зал. Самарчик были шире лоб и расстояние между глазом и углом рта, а у бычков из Салгира — больше горизонтальный диаметр глаза. Достоверные отличия по меристическим признакам доказаны для количества лучей во 2-м спинном плавнике — их число больше у бычков из Салгира.

Таким образом, не выявлено существенных межполовых отличий по пластическим и меристическим признакам для сирмана бассейна Азовского моря: самцы и самки бычка сирмана из наших уловов 2015 г. имели отличия в трех индексах на теле, и не имели достоверных отличий в индексах на голове и меристических признаках.

Данное исследование является начальным этапом изучения бычка сирмана бассейна Азовского моря, как важного промыслового объекта, и будет продолжено, в том числе с учетом рыб из других районов моря.

Таким образом, выявлены отличия по пластическим признакам между бычком-кругляком из зал. Самарчик и р. Салгир. Доказаны различия по 11-ти пластическим и 1-му меристическому признаку между бычками из залива и июльской пробой из реки и по 16-ти пластическим и 1-му меристическому признаку между кругляком из залива и октябрьской пробой из реки. Не выявлено существенных межполовых различий между кругляком из р. Салгир: в июле между самцами и самками доказаны отличия по двум пластическим и одному меристическому признаку, а в октябре — по 3-м пластическим.

Данное исследование является начальным этапом изучения кругляка из водоемов различной галинности Крымского полуострова и будет продолжено, в том числе с учетом бычков из других районов.

Литература

Заброда Т.А., Дирипаско О.А. 2009. Оценка половых различий в морфологических признаках бычка-кругляка *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) Азовского моря // Вісник Запорізького національного університету: Збірник наукових праць. Біологічні науки. — Запоріжжя: Запорізький національний університет. — С. 41–47.

Карпова Е.П., Болтачев А.Р., Аблязов Э.Р., Прищепина Р.Е. 2016. Сообщества рыб Каркинитского залива // Морские биологические исследования: достижения и перспективы: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 145-летию Севастопольской биологической станции (Севастополь, 19–24 сентября 2016 г.) / Под общ. ред. А.В. Гаевской. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. Т. 2. — С. 86–89.

Карпова Е.П. 2015. Чужеродные виды рыб в пресноводной ихтиофауне Крыма // Российский журнал биологических инвазий. № 3. — С. 47–60.

Правдин И.Ф. 1966. Руководство по изучению рыб. — М.: Пищевая промышленность. — 376 с.

Световидов А.Н. 1964. Рыбы Чёрного моря. — М.: Наука. — 550 с.

Смирнов А.И. 2001. Бычок-кругляк *Neogobius melanostomus* (Pisces, Gobiidae) за пределами ареала: причины, степень распространения, возможные последствия // Вестник зоологии. № 35(3). — С. 71–77.

Смирнов А.И. 1986. Фауна Украины. В 40-томный. Т. 8. Рыбы. Вып. 5. Окунеобразные (бычководные), скорпенообразные, камбалообразные, присоскопорообразные, удильщикообразные. — Киев: Наукова Думка. — 320 с.

УДК 575.113

Применение методов высокопроизводительного секвенирования и молекулярной цитогенетики для изучения геномов осетрообразных

Д.Ю. Прокопов^{1,2}, Л.С. Билтуева¹, Н.В. Воробьева¹, С.А. Романенко^{1,2},
В.Р. Беклемишева¹, Д. А. Андреюшкова^{1,2}, А.И. Макунин¹, А.С. Дружкова¹, Н.А. Сердюкова¹,
А.В. Кудрявцева³, А.С. Комиссаров⁴, С.Ф. Кливер⁴, А.С. Графодатский^{1,2}, В.А. Трифонов¹

¹ Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН, г. Новосибирск

² Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск

³ ФГБУН Институт молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта, г. Москва

⁴ Центр геномной биоинформатики им. Добржанского, СПбГУ, г. Санкт-Петербург
e-mail: dprokopov@mcb.nsc.ru

Ключевые слова: стерлядь, сибирский осётр, FISH, микродиссекция, секвенирование

Аннотация. Отряд осетрообразных *Acipenseriformes* — реликтовая группа рыб, включает в себя 27 ныне живущих видов, населяющих воды Северного полушария. Данный таксон представляет значительный интерес с точки зрения эволюции геномов благодаря базальному положению среди лучеперых рыб, наличию видов с различным уровнем пloidности, одними из самых низких скоростей молекулярной и морфологической эволюции среди всех известных позвоночных, наличию межвидовой гибридизации. Использование методов сравнительной геномики, цитогенетики и молекулярной биологии помогают лучше понять организацию генома осетрообразных. Использование микродиссекции хромосом и флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH) позволяет выявлять хромосомные перестройки, а так же хромосомы и их районы, находящиеся в диплоидном, триплоидном и переходном состояниях, что указывает на явление диплоидизации генома осетрообразных. Использование данных секвенирования нового поколения с последующим кластерным анализом позволяет выявить повторённые

последовательности ДНК, которые в дальнейшем могут использоваться как хромосомоспецифичные маркеры.

Стерлядь *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758 и сибирской осетр *Acipenser baerii* Brandt, 1869 являются ценными промысловыми видами рыб. Изучение биологии данных видов (в т.ч. описание их хромосомных наборов) необходимо для понимания закономерностей видообразования осетровых, возможностей улучшения аквакультуры и определения стратегии охраны данных видов. Изучение осетровых рыб затруднено из-за того, что они имеют высокую фрагментированность генома, в котором мелкие слабо отличимые друг от друга хромосомы составляют примерно половину набора.

Кариологически осетрообразные делятся на три группы: первая включает в себя виды, имеющие 112–146 хромосом (в настоящее время известно 9 таких видов, к ним относится в т.ч. стерлядь), вторая группа включает в себя 7 видов с 240–270 хромосомами (в эту группу входит сибирский осётр), в третьей группе находится один вид (тупорылый осётр) с 360–370 хромосомами (Vasil'ev, 2009).

Считается, что геном предков позвоночных претерпел два раунда (1R и 2R) полногеномной дупликации (WGD, whole-genome duplication). Костистые рыбы прошли ещё один раунд WGD (3R, или TSGD, teleost-specific genome duplication). Кроме того, ещё один раунд полногеномной дупликации известен для некоторых костистых рыб, например, для лососёвых (4R, или SaGD, salmonids genome duplication) (Braasch, 2012). Большое число хромосом у осетрообразных объясняется некоторыми исследователями множественными событиями полногеномной дупликации. Некоторые исследователи относят всех осетровых с ~120 хромосомами к тетраплоидам (или функциональным диплоидам — аллополиплоидным организмам, расщепление признаков у которых происходит как у диплоидов), виды, имеющие ~250 хромосом относят к октаплоидам (или функциональным тетраплоидам), а виды с ~360 хромосомами — к додекаплоидам (или функциональным гексаплоидам). Однако отсутствие мультивалентов в мейозе подтверждает то, что большинство видов осетрообразных с большим количеством хромосом являются функциональными диплоидами.

Некоторые авторы предполагают, что вероятнее всего, возникновение полиплоидности у осетровых напрямую связано с событиями межвидовой гибридизации. В таком случае все ныне существующие осетрообразные являются потомками предковых аллоплоидов. Для некоторых видов осетровых показано явление спонтанной полиплоидизации (то есть актам автополиплоидизации внутри популяции) — у сахалинского осетра, сибирского осетра, стерляди и белого осетра, поэтому автополиплоидия не может быть исключена из механизмов появления полиплоидии у данного таксона (Trifonov, 2016).

Хромосомный пэйнтинг позволяет визуализировать с большой чувствительностью и специфичностью отдельные хромосомы в метафазных и интерфазных клетках, а также идентифицировать как количественные, так и структурные хромосомные перестройки. При использовании хромосомного пэйнтинга были представлены свидетельства одновременной частичной тетраплоидности и частичной диплоидности генома стерляди как на уровне хромосом, так и на уровне отдельных хромосомных сегментов.

Повторенные последовательности ДНК составляют большую часть генома эукариот и являются важными маркерами для цитогенетических исследований эволюции, идентификации хромосомных перестроек и организации генома. Повторенные последовательности ДНК обладают высокой скоростью изменчивости, что может использоваться для идентификации не только видов, но и отдельных популяций.

Было произведено секвенирование геномов самца и самки стерляди на платформе секвенирования нового поколения Illumina HiSeq и были идентифицированы повторенные последовательности ДНК с помощью программы Lyrebird.

Предполагалось, что локализация таких повторов с помощью флуоресцентной *in situ* гибридизации (FISH) поможет обнаружить хромосомоспецифические маркеры для осетровых рыб.

При помощи метода FISH на хромосомах стерляди было локализовано 16 из всех идентифицированных повторов. Причем 10 из них локализируются на множестве мелких хромосом, наблюдается полиморфизм внутри популяции по характеру их распределения. Три из 16 повторов локализируются в перицентромерной области хромосомы 14. При колокализации с зондами 18S и 28S рДНК было выяснено, что три повтора локализируются на хромосомах, несущих кластеры рибосомных генов.

Особенный интерес представляет картина локализации повтора Arut434, лежащего в нетипичных для сателлитной ДНК интерстициальных областях девяти крупных хромосом. Благодаря этому повтору становится возможным различать паралогичные макрохромосомы, неразличимые по ним по GTG-рисунок, ни с помощью микродиссекционных пэинтинг-проб. Было обнаружено 6 хромосомоспецифичных повторов для 15 хромосом стерляди, которые в дальнейшем могут быть использованы для идентификации хромосом.

С помощью микродиссекции отдельных хромосом стерляди с последующей амплификацией при помощи WGA-kit были получены более тридцати проб, позволяющих точно идентифицировать хромосомы стерляди. В результате были выявлены как хромосомы, представленные в диплоидном состоянии, так и хромосомы, представленные в виде двух паралогичных пар (Romanenko, 2015).

Для изучения организации генома сибирского осетра были использованы микродиссекционные хромосомоспецифичные библиотеки стерляди и повторенные последовательности, выявленные по результатам секвенирования стерляди. Обнаружилось, что большинство хромосомоспецифичных проб стерляди при гибридизации на метафазные хромосомы сибирского осетра выявляет в два раза больше сайтов локализации сигнала, что указывает на дубликацию генома осетра относительно генома стерляди. Так, например, микродиссекционная проба хромосомы 6 стерляди локализуется на двух парах хромосом сибирского осетра, а микродиссекционная проба р-плеча крупной метацентрической хромосомы, локализуемая на двух паралогичных хромосомах стерляди, выявляет 4 района локализации у сибирского осетра. Однако при локализации некоторых проб были обнаружены и другие межхромосомные перестройки, так, например, микродиссекционная проба, локализуемая на крупной метацентрической хромосоме и крупной акроцентрической хромосоме стерляди, у сибирского осетра выявляет районы локализации на крупной метацентрической хромосоме, субметацентрической хромосоме и трёх парах акроцентрических хромосом, что указывает на множественные события дубликаций и делеций, происходящих в эволюции данного организма.

Литература

- Braasch I., Postlethwait J.H.* 2012. Polyploidy in fish and the teleost genome duplication // *Polyploidy and Genome Evolution*. — Berlin: Springer. — P. 341–383.
- Romanenko S.S., Biltueva L.S., Serdyukova N.A., Kulemzina A.I., Beklemisheva V.R., Gladkikh O.L., Lemskaya N.A., Interesova E.A., Korentovich M.A., Vorobieva N.V., Graphodatsky A.S., Trifonov V.A.* 2015. Segmental paleotetraploidy revealed in sterlet (*Acipenser ruthenus*) genome by chromosome painting // *Molecular Cytogenetics*. V. 8. № 1. — P. 90
- Trifonov V.A., Romanenko S.S., Beklemisheva V.R., Biltueva L.S., Makunin A.I., Lemskaya N.A., Kulemzina A.I., Stanyon R., Graphodatsky A.S.* 2016. Evolutionary plasticity of acipenseriform genomes // *Chromosoma*. V. 125. № 4. — P. 661–668.
- Vasil'ev V.P.* 2009. Mechanisms of polyploid evolution in fish: Polyploidy in Sturgeons // *Biology, Conservation and Sustainable Development of Sturgeons*. — Netherlands: Springer. — P. 97–117.

Влияние гидрологического режима р. Волги на концентрацию молоди сельди-черноспинки в период покатной миграции

О.В. Пятиколова

Каспийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «КаспНИРХ»), г. Астрахань
e-mail: iatikopova.olga@yandex.ru

Ключевые слова: молодь сельди-черноспинки, покатная миграция, концентрация, объем стока.

Аннотация: В работе представлены материалы по наблюдению за покатной миграцией молоди сельди-черноспинки в р. Волге в разные по водности годы. Оценено влияние гидрологического режима реки в этот период на количественный показатель — концентрацию (экз/100 м³), который позволяет учитывать фактические сезонные вариации количества молоди в уловах на объем воды.

Введение

На формирование численности проходной сельди-черноспинки большое влияние оказывает гидрологический режим р. Волга, где происходит ее икрометание, вылупление и покатная миграция молоди к местам нагула в Каспийском море. Полученные материалы позволяют определить интенсивность нереста производителей, дают актуальную информацию при прогнозировании уловов.

Икрометание проходной сельди-черноспинки в Волге начинается во второй половине мая, при температуре воды 13–16 °С. Основной нерест проходит при температуре 18–22 °С (июнь, июль). Нерестовые миграции проходной сельди-черноспинки проходят одной, двумя, а иногда и тремя волнами (Водовская, 2001).

Материал и методика

Наблюдения за скатом молоди сельди-черноспинки проводились по системе суточных станций (Павлов, 1979; Инструкции по сбору и первичной обработке материалов ..., 2011) на стационарном учетном створе, расположенном в нижней нерестовой зоне р. Волга у с. Замьяны (о. Гусиный), с начала июня до конца августа. Пробы отбирались в светлое (12:00) и темное (23:00) время суток. Для оценки эффективности нереста сельди-черноспинки применялся показатель количества скатившихся личинок (экз.) и среднего расхода воды в период наблюдения (м³/с) (Фомичев, Тарадина, 2006).

Гидрологические показатели были предоставлены лабораторией водных проблем и токсикологии ФГБНУ «КаспНИРХ».

Результаты

Были рассмотрены результаты наблюдений в маловодный 2015 г., с объемом стока за II квартал 65,4 км³, когда окончание половодья наступило в I декаде июня, и в многоводный 2016 г., объем стока был равен 126,8 км³, половодье закончилось в III декаде июня (таблица).

Таблица 1. Гидрологические характеристики половодий в дельте р. Волга в 2015–2016 гг.

Год	Сток р. Волга за II кв., км ³	Дата окончания половодья
2015	65,4	9.06
2016	126,8	22.06

Уровень воды в Волге в начале июня (I–II декады) в 2015 г. был ниже в 1,4–1,6 раза, чем в 2016 г. (рис. 1).

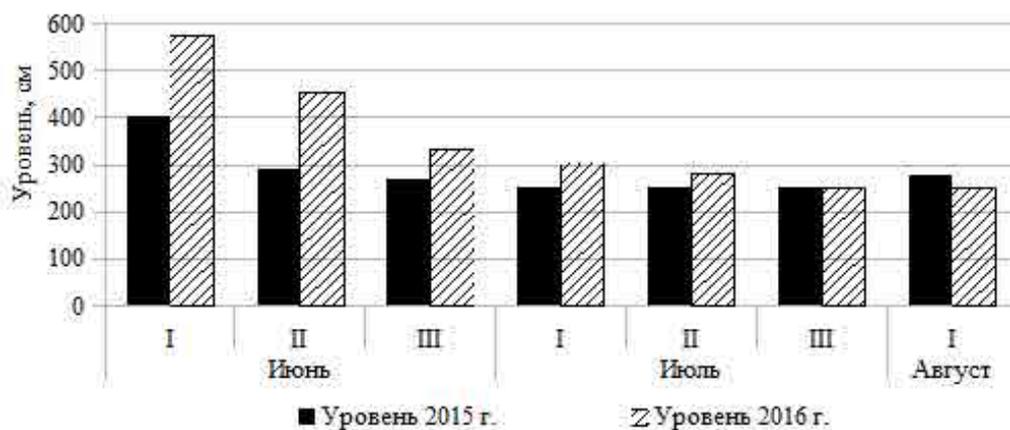


Рис. 1. Уровень воды в Волге в период покатной миграции молоди сельди-черноспинки в 2015–2016 гг.

Наблюдения за скатом молоди проходной сельди, проводимые по системе суточных станций на стационарном учетном створе в нижней нерестовой зоне Волги у с. Замьяны (о. Гусиный), позволили получить данные по динамике покатной миграции в различные по водности годы. При этом, использование показателя концентрации (экз/100 м³) позволяет учитывать фактические сезонные вариации количества молоди в уловах на объем воды.

Анализ полученных данных в исследуемые годы показывает, что начало ската молоди сельди-черноспинки в Волге наблюдалось с первой декады июня и продолжалось до конца августа. Первые экземпляры молоди сельди-черноспинки появлялись в уловах, как правило, в начале июня. Увеличение их концентрации наблюдалось в период наступления межени.

Так, в маловодный 2015 г. количество молоди в начале ската составило 80 экз/100 м³. Увеличение среднесуточных концентраций молоди сельди-черноспинки отмечалось во II декаде июня, когда их количество достигло 158 экз/100 м³, и I декаде июля со значениями концентрации 160 экз/100 м³. Увеличение концентрации молоди наблюдалось и в I декаде августа — 133 экз/100 м³ (рис. 1).

В многоводном 2016 г., в начале покатной миграции, количество молоди составляло 15 экз/м³. Максимальное количество в скате было учтено в третьей декаде июня — 377 экз/м³ (рис. 2).

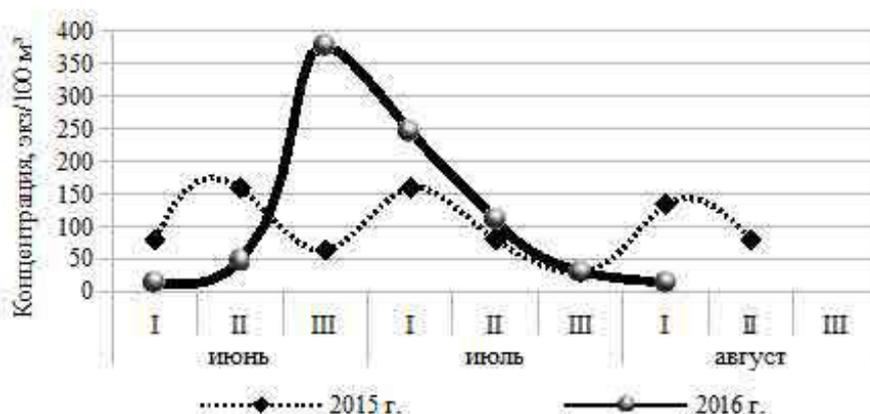


Рис. 2. Динамика среднесуточных концентраций молоди сельди-черноспинки в 2015 и 2016 гг., экз/м³

Интенсивная покатная миграция молоди сельди-черноспинки в июне в 2015 году была на декаду раньше, чем в 2016 г. Значения максимальных среднесуточных концентраций в это время были в 2,4 раза выше, чем в 2016 г. В маловодном 2015 г. так же отмечались увеличения среднесуточных концентраций в I декаде июля и I декаде августа.

Выводы

Результаты исследований показали, что скат молоди сельди-черноспинки в разные по водности годы проходит неоднозначно. В 2015 г. с объемом стока Волги за второй квартал $65,4 \text{ км}^3$ наблюдаются три пика ската молоди, что позволяет предположить подход производителей к местам нереста в несколько этапов. Поскольку в маловодные годы вода в Волге прогревается до оптимальных температур, как для начала нереста, так и для массового икрометания, значительно быстрее, чем в годы с более высоким объемом стока.

В 2016 г. когда объем стока р. Волга за второй квартал составил $126,8 \text{ км}^3$, отмечался один пик ската, что стало следствием одноэтапной нерестовой миграции производителей. В многоводные годы более продолжительный прогрев воды в реке способствует продвижению производителей сельди-черноспинки выше нижней границы ее нерестового ареала и одновременному нересту.

Литература

Водовская В.В. 2001. Экологические аспекты биологии проходной сельди Каспия. — Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. — 74 с.

Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Под ред. Г.А. Судакова. — Астрахань: КаспНИРХ, 2011. — С. 26–38, 83–87.

Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. — М.: Наука. — 319 с.

Фомичев О.А., Тарадина Д.Г. 2006. Оценка численности покатной молоди полупроходных и речных рыб в водоемах дельты Волги // Современное состояние и пути совершенствования научных исследований в Каспийском бассейне (Астрахань, 16–18 мая 2006 г.): мат. докладов. — Астрахань: КаспНИРХ. — С. 233–236.

УДК 668.393.51

Пищевые волокна из морских водорослей в продуктах здорового питания

Т.В. Родина, Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: podkor@vniro.ru

Ключевые слова: пищевые волокна водорослей, функциональные пищевые продукты.

Аннотация. Показаны разработки и перспективы в технологии функциональных пищевых продуктов (ФПП) здорового питания населения с применением полисахаридов (каррагинана, альгината и агара) и пищевых волокон из водорослей.

Пищевые волокна — вещества растительного происхождения разнообразные по строению и составу, к которым относятся крахмалы, целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза, пектиновые вещества, камеди, слизи, инулин, гуар, альгинат, агар, каррагинан. Известно, что потребность взрослого человека в пищевых волокнах составляет 20–50 г в сутки. Недостаток пищевых волокон в питании способствует возникновению у человека сердечно-сосудистых, желудочно-кишечных и метаболических нарушений. Регулярное употребление пищевых волокон в составе диет улучшают моторные функции кишечника, понижают уровень холестерина и регулируют содержание глюкозы в крови (Шендеров, 2008). В связи с этим использование пищевых волокон в рецептурах продуктов здорового питания является актуальным. Морские водоросли могут быть полноценными источниками растворимых пищевых воло-

кон, таких как агар, альгинат, каррагинан, так и нерастворимых — клетчатка или как её ещё называют — альгулёза.

В пищевой промышленности агар применяют в качестве гелеобразователя в основном в кондитерском производстве. Каррагинаны используются при изготовлении кондитерских изделий, желе, джемов, кремов, заливных, соусов, майонезов, теста, большой группы молочных, мясных и рыбных продуктов. Они являются регуляторами их реологических свойств, улучшают органолептические показатели (консистенцию, сочность) и обеспечивают стабильность готовых пищевых продуктов при хранении (Кадникова, Талабаева, 2005). Растворимые в воде альгинаты широко применяют в качестве загустителей, стабилизаторов и эмульгаторов (Нечаев, Кочеткова, Зайцев, 2002). В технологии мясных и рыбных продуктов с целью обогащения их «грубыми» пищевыми волокнами применяют нерастворимые, такие как клетчатка (Рогов и др., 2009).

Для повышения эффективности использования агарофитов разработана комплексная технология их переработки, включающая процесс получения агара и «грубых» пищевых волокон. «Грубые» пищевые волокна из агарофитов содержат в своем составе 80 % клетчатки и не более 15 % белка (Патент РФ № 2435787; Патент РФ № 2445780).

На основании данных химического состава, показателей безопасности и функциональных свойств пищевых волокон, полученных из водорослевых остатков, рекомендуется применять их в качестве наполнителя, водоудерживающей пищевой добавки, источника клетчатки и водорастворимого полисахарида при изготовлении низкокалорийных диетических продуктов на основе рыбных фаршей (Игнатова, Подкорытова, 2012).

Пищевые волокна из агарофитов были использованы при получении изделий: палочки рыбные и сосиски рыбные с использованием фарша рыбы, состоящего на 60 % из трески и на 40 % из горбуши. Исследования химического состава рыбных изделий показали, что содержание в них жира составляет менее 5 %. Низкое содержание жира и незначительная энергетическая ценность «палочек рыбных» позволяют отнести их к среднекалорийным продуктам, а сосиски рыбные — низкокалорийным, что обуславливает возможность их использования в диетическом питании (Игнатова, Подкорытова, Слапогузова, 2014).

На основании проведенных исследований показана возможность применения агара и пищевых волокон водорослей в технологии рыбных фаршевых изделий. Разработаны технологические схемы получения диетических продуктов и техническая документация на «Палочки рыбные диетические с пищевыми волокнами» (ТУ9266-006-00472124), «Сосиски рыбные диетические с агаром» (ТУ9266-007-00472124) и ТИ к ним. Новизна технических решений защищена патентом РФ № 2459456 «Диетический продукт».

При создании пищевых продуктов на основе мяса макруруса с высокими показателями качества, в т.ч. органолептическими, одновременно отвечающими требованиям теории сбалансированного питания, необходимо применять новые технологические приёмы, улучшающие функционально-технологические свойства мышечных тканей. В связи с тем, что белки мяса макруруса обладают высокой гидрофильностью, что обуславливает их обводненность и, как следствие, слабую консистенцию, для регулирования реологических свойств фаршей из мяса макруруса и обогащения продукта водорастворимыми пищевыми волокнами применяли гидроколлоиды морских водорослей, относящиеся к группам гелеобразователей и загустителей. При разработке рецептуры паштета из фарша макруруса использовали альгинаты и каррагинаны, а также нерастворимые пищевые волокна, полученные из красных водорослей *Gracilaria*, для придания продукту заданных структурно-механических свойств. Функциональный пищевой продукт (ФПП) имел хороший вкус и запах в связи с чем, показана целесообразность применения в качестве структурообразователей гидроколлоиды (альгинат и каррагинан), которые позволяют без изменения вкусовых свойств изделия создать продукт по органолептическим характеристикам полностью соответствующий изделию типа «паштет».

Разработанные пастообразные продукты по химическому составу удовлетворяют суточную потребность человека: в белке на 10–15 %, в жирах на 21–26 %, что позволяет отнести данные виды продуктов к разряду ФПП, так как содержание в них биологически

усвояемых функциональных ингредиентов не превышают 50 % средней суточной потребности (Родина, Игнатова, 2013). Проведенные исследования позволили разработать научно-обоснованные рекомендации по применению альгината, каррагинана и пищевых волокон из водорослей при изготовлении пастообразных пищевых продуктов функционального назначения из фарша макруруса и ставриды ТУ 9271-050-00472124 «Полуконсервы — паштет из макруруса и ставриды» и ТИ.

При разработке технологии получения каррагинана из красных водорослей р. *Carparhycus*, был получен гидрогель каррагинана, который перспективно использовать в технологии желейной продукции (Игнатова, Подкорытова, 2007).

При изготовлении желейных продуктов на основе гидрогеля каррагинана применяли сухие концентраты, представляющие смесь ароматизатора, красителя и лимонной кислоты. Было показано, что для производства 100 г желейного продукта со вкусом малины, ананаса, персика на основе гидрогеля каррагинана, полученного из *Carparhycus*, необходимо использовать 52 г гидрогеля с содержанием 2,9 % сухих веществ, 50 г сахара, 5 г вкусового ароматизатора, 0,5 г агара, 0,6 г лимонной кислоты и 45 г воды. При оценке органолептических характеристик дегустаторами была отмечена незначительная затяжистая консистенция продукта, что характерно для гелей каррагинана. Полученный желейный продукт не имел стекловидного излома, который характерен для мармелада, но в тоже время его нельзя отнести к желе, т.к. он обладал достаточно большой прочностью. По органолептическим характеристикам продукт на основе гидрогеля каррагинана занимает промежуточное положение между желейной продукцией и мармеладом (Игнатова, Подкорытова, 2014). Отличительная характеристика полученного продукта на основе гидрогеля каррагинана заключается в уменьшенном содержании (на 20 %) сахара по сравнению с желейно-мармеладными изделиями, полученными ранее, в составе которых входит до 70 % сахара (Кадникова, Талабаева, Подкорытова, 2005). Пониженное содержание сахара в разработанном желейно-каррагинановом продукте соответствует концепции государственной политики в области здорового питания населения на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р.

Таким образом, показано, что при применении полисахаридов из водорослей (каррагинана, альгината и агара) в рецептуре пищевых продуктов улучшаются их реологические свойства (повышается вязкость и образуется плотная гелевая структура).

Показана целесообразность применения растворимых и нерастворимых пищевых волокон из водорослей при создании рецептур функциональных пищевых продуктов (ФПП) для производства продукции здорового питания.

Литература

Игнатова Т.А. 2007. Изучение химического состава красных водорослей каррагинофитов и получение из них каррагинана / Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова // Живые системы и биологическая безопасность населения: Материалы VI Международной научной конференции студентов и молодых учёных. — М.: МГУПБ. — С. 25–27.

Игнатова Т.А. 2012. Получение пищевых волокон из отходов переработки красных водорослей-агарофитов/ Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова // Рыбная промышленность. № 1. — С. 13–17.

Игнатова Т.А. 2014а. Использование гидрогелей каррагинанов в технологии желейных продуктов / Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: Материалы III Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 ч. — Владивосток: Дальрыбвтуз. Ч. II. — С. 58–63.

Игнатова Т.А. 2014б. О возможности применения агара и пищевых волокон водорослей в технологии рыбных фаршевых изделий / Т.А. Игнатова, А.В. Подкорытова, З.В. Слапогузова // Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли» (Владивосток, 24–26 ноября 2014 года). — Владивосток: Дальрыбвтуз. — С. 261–266.

Кадникова И.А. 2005а. Каррагинаны в пищевой промышленности / И.А. Кадникова, С.В. Талабаева // Рыбная промышленность. № 2. — С. 34–35.

Кадникова И.А. 2005б. Технология желеино-мармеладных продуктов с каррагинаном и его гидрогелем из хондруса / И.А. Кадникова, С.В. Талабаева, А.В. Подкорытова // Рыбная промышленность. № 1. — С. 34–36.

Нечаев А.П. 2002. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.И. Зайцев. — М.:Издательство «Колос». — 256 с.

Патент 2445780 РФ, МПК8 А 23 L 1/0532. Способ получения пищевых волокон из водорослевого сырья / А.В. Подкорытова; Т.А. Игнатова; Т.В. Родина; Ю. И. Чимиров; Федеральное Государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». № 2010146763/13; Заяв. 18.11.2010. Оpubл. 27.03.2012, Бюл. № 9. — 6 с.

Патент 2459456 РФ, МПК8 А 23 L 1/325. Диетический продукт / А.В. Подкорытова; Т.А. Игнатова; З.В. Слапогузова; Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». № 2011108970/; Заяв. 11.03.2011. Оpubл. 27.08.2012, Бюл. № 24. — 6 с.

Патент 2435787 Российская Федерация, МПК8 С 08 В 37/12. Способ модификации агара / Подкорытова А.В.; Игнатова Т.А.; Буй Минь Ли; Тран Тхи Тхан Ван; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии». — № 2010120013/13; Заявл. 20.05.2010. Оpubл. 10.12.2011, Бюл. № 34. — 6 с.

Рогов И.А. 2009. Биотехнология мяса и мясопродуктов: курс лекций/ И.А. Рогов, А.И. Жаринов, Л.А. Текутьева, Т.А. Шепель — М.: ДеЛи принт. — 296 с.

Родина Т.В. 2013. Разработка пастообразных пищевых продуктов функционального назначения из фарша макруруса / Т.В. Родина, Т.А. Игнатова // Актуальные вопросы рационального использования водных биологических ресурсов: Материалы Первой Научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии, посвященной 100-летию со дня рождения проф. П.А. Моисеева. Звенигород. — М.: Изд-во ВНИРО — С. 384.

Шендеров Б.А. 2008. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома / Б.А. Шендеров. — М.: ДеЛи принт. — 319 с.

УДК 582.26 - 119.2 : 582.272 (571.64)

Химический состав *Saccharina japonica*, добываемой в прибрежной зоне Западного Сахалина, и рекомендации по её использованию

А.Н. Рощина, Т.В. Родина, А.В. Подкорытова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: roshchina_90@mail.ru

Ключевые слова: бурые водоросли, ламинария, химический состав, минеральный и аминокислотный состав.

Аннотация. В статье представлены результаты исследований химического состава и технических показателей образцов бурой водоросли *Saccharina japonica*, добытой в прибрежной зоне западного Сахалина в промысловый сезон в 2015 г. Обсуждаются вопросы заготовки сырья, его пищевой и биологической ценности, возможности использования.

Введение

Несмотря на разнообразие бурых водорослей, обитающих в морях России, промысловыми считаются только их некоторая часть. По биомассе, плотности поселения, технологической ценности и доступности для промысла практическое значение имеют около 40 видов бурых водорослей, главным образом, ламинариевые. Наибольшую популярность и коммерческую значимость из ламинариевых водорослей имеет ламинария японская *Laminaria japonica* (= *Saccharina japonica*). Эта природная двухлетняя ламинария технологична в обработке и является высококачественным сырьём для производства пищевых, лечебно-

профилактических продуктов и лекарственных средств (Подкорытова, 2005). Заросли ламинарий встречаются почти повсеместно вдоль побережья Дальнего Востока (Кизеветтер, 1966; Суховеева, Подкорытова, 2006). Сахалино-Курильский регион считается одним из богатейших как по видовому составу бурых водорослей, так и по объёму ресурсов промысловых водорослей в прибрежных зонах дальневосточных морей. Общий запас промысловых ламинариевых водорослей превышает 716 тыс. т. Промысловыми видами бурых водорослей в Сахалино-Курильском регионе являются: *Saccharina japonica* (= *Laminaria japonica*), *Saccharina kurilensis* (= *Cymathaera japonica*), *Saccharina angustata* (= *Laminaria angustata*), *Saccharina bongardiana* (= *Laminaria bongardiana*) (Евсеева, 2016). Произрастая в условиях, совершенно отличных от условий жизни наземных растений, морская капуста (ламинария) имеет весьма своеобразный химический состав сухого вещества (Кизеветтер, 1966). В связи с этим цель данной работы — исследовать химический состав *S. japonica* и его изменения в течение заготовительного сезона с мая по август на западном побережье о. Сахалин.

Материалы и методы

В качестве объектов исследований использовали промысловые водоросли семейства ламинариевых (*Laminariaceae*): сахарина японская (*S. japonica*). Образцы ламинарии для исследований отбирали один раз в месяц (с мая по август в 2015 г.) в прибрежной зоне Западного Сахалина. Заготовку водорослей проводили в период промыслового сезона в Татарском проливе, западное побережье о. Сахалин. Ламинарию заготавливали на глубине 1,5–3,0 м с помощью водолазов (ИП Г. Сотников), промывали в морской воде и перевозили наземным транспортом к месту переработки ООО «НИКА» (г. Анива), где после их инспекции и обработки, высушивали в тепловых сушилках в течение 8–10 ч при температуре 60–800 °С. Для проведения химических анализов были отобраны средние пробы по 5 кг от каждой партии заготовленных сушёных слоевищ. Образцы были измельчены до кусочков размером 0,1–0,5 мм, подготовлена средняя проба, которая хранилась в банке с притертой пробкой.

Сушёные образцы водорослей исследовали стандартными методами на содержание воды, минеральных веществ, азотистых веществ, йода по ГОСТ 26185-84. Определение набухаемости (КГ), определение содержания альгиновой кислоты, выхода альгината натрия (Подкорытова, Кадникова, 2009). Определение аминокислотного состава были выполнены на аминокислотном анализаторе модель L-8800 фирмы «Хитачи» (Япония). Содержание макро- и микроэлементов осуществляли с помощью масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой МС-ИСП, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно связанной плазмой АЭС-ИСП на квадрупольном масс-спектрофотометре Nexion 300D и атомно-эмиссионном спектрофотометре Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США). Определение моносахаридного состава ламинарий проводили методом ГЖХ после полного кислотного гидролиза биомассы (Усов и др., 2001).

Результаты и обсуждение

Химический состав морских водорослей зависит от многих факторов, таких как: род, вид, возраст, место и внешние условия произрастания, физиологическое состояние и др.

Анализ химического состава *S. japonica*, добытой в прибрежной зоне Западного Сахалина показал, что в составе углеводов преобладает альгиновая кислота — структурный полисахарид, который имел до определённого времени основное значение при переработке макрофитов. В настоящее время немаловажное значение приобрёл тот факт, что в ламинарии содержится биологически активный сульфатированный полисахарид фукоидан. Содержание его достигает почти 3 % в сухой биомассе, что определяет высокую биологическую ценность этого сырья. Содержание маннита изменяется в пределах от 8,7 до 18,06 %. Этот низкомолекулярный углевод обладает рядом биологических активностей и, кроме того, придаёт специфический приятный слегка сладковатый вкус ламинарии (табл. 1).

Сохранение свежедобытой морской капусты от порчи достигается путём её высушивания. Содержание воды в высушенных, заготовленных образцах колеблется в пределах от 9,21 до 13,92 %, при этом состояние слоевищ оцениваются как твёрдые, жёсткие и ломкие,

имеющие чистую гладкую поверхность тёмно-оливкового цвета. Это свидетельствует о возможности длительного хранения сроком минимум до 3-х лет при соблюдении необходимых требований к условиям хранения.

Таблица 1. Химический состав ламинарии *S. japonica*

Описание образца, дата отбора проб	Содержание, г/100 г продукта							Выход альгината натрия, %
	сумма веществ		азотистые вещества (Nx6,25)	йод	маннит	фукоидан	альгиновая кислота	
	минеральных	органических						
ССС*, 15.05.2015 г.	31,58	68,42	6,05	0,175	–	–	29,03	32,94
ССС*, 26.05.2015 г.	30,49	69,51	7,48	0,177	8,70–18,00	1,28	29,11	33,13
ССС*, июнь 2015 г. Естественная сушка	30,83	69,17	5,38	0,184	–	–	29,54	39,32
ССС*, 20.08.2015 г. (р-н Холмска на гл. 2–3 м)	30,62	69,38	5,07	0,280	–	–	30,80	35,51
ШСС**, 20.08.15 г. (р-н Холмска на гл. 1–1,5 м)	28,47	71,53	4,76	0,231	17,3–18,06	1,70–2,90	31,50	36,24
Сушеные слоевища, Китай, 04-05. 2015 г.	30,42	69,58	–	0,116	–	–	19,36	21,83

Примечания: * сыро-сушёные слоевища; ** шинкованные сыро-сушёные.

Полученные данные КГ находятся в диапазоне от 7,6 до 10,9, и это говорит о том, что слоевища действительно выросли в естественной природной среде, заготовлены без каких-либо дополнительных технологических обработок.

Азотистых веществ в исследуемых образцах ламинарии обнаруживается от 4,76 до 7,48 %, при этом прослеживается небольшая потеря белка, вероятно связанной с дополнительной технологической обработкой — шинковкой слоевищ.

Данные химического состава по содержанию альгиновой кислоты и выхода альгината натрия показывают, что все они пригодны для производства этих ценных гидроколлоидов (табл. 1).

При определении пищевой и биологической ценности водорослей обычно учитывают состав органических и минеральных веществ, а так же их соотношение. Особое значение имеют аминокислотный состав и количественное содержание маннита, альгиновой кислоты, свободных аминокислот, наличие биогенных элементов (Подкорытова, 2005).

Ламинария, как и все морские водоросли, обладает способностью аккумулировать из воды океанов многочисленные химические макро- и микроэлементы, в особенности такие как: кальций, натрий, калий, магний, йод и др. Ламинариевые водоросли богаты минеральными веществами, в состав которых входят все биогенные жизненно необходимые макро- и микроэлементы (табл. 2).

Из представленных данных видно, что сахалинская ламинария характеризуется очень высоким содержанием калия (6,8 % в мае и 2,6 % в августе) и кальция (1,01 % в мае и в августе — 1,74 %). В связи с этим слоевища ламинарии по консистенции не будут слишком жесткими и их наиболее рационально использовать для приготовления кулинарной продукции и консервов разнообразного ассортимента. А так же благодаря достаточному количеству магния (0,2–0,6 %) в ламинарии, продукция из неё произведёт на организм человека положительный эффект, т.к. магний отвечает за расслабление мышц, выведение токсинов, улучшение притока крови к сердцу. Дефицит этого микроэлемента нарушает пищеварение и замедляет рост, ведет к быстрой утомляемости, тахикардии, бессоннице. А вот избыток макроэлемента — это почти всегда развитие мочекаменной болезни.

Таблица 2. Микро- и макроэлементный состав биомассы ламинарии *S. japonica*

Наименование элемента	Символ	Содержание, г/100 г продукта	
		ССС** 26.05.2015 г.	ШСС***20.08.2015 г.
Кобальт *	Co	0,0000054	0,0000081
Никель	Ni	0,0000525	0,00019
Свинец	Pb	0,000003	0,0000359
Йод *	I	3,866	2,1665
Кремний	Si	0,008485	0,00745
Мышьяк	As	0,005425	0,002724
Хром *	Cr	0,0000784	0,0000722
Алюминий	Al	0,000586	0,000719
Олово	Sn	0,0000266	0,0000017
Бор	B	0,0147	0,005226
Медь *	Cu	0,0000507	0,0000694
Литий	Li	0,0000697	0,0000304
Фосфор *	P	0,2197	0,1056
Стронций	Sr	0,0404	0,0297
Железо *	Fe	0,011	0,0234
Цинк	Zn	0,001184	0,001649
Ванадий	V	0,00009	0,000119
Кадмий	Cd	0,0000335	0,0000415
Ртуть	Hg	0,0000065	0,0000014
Марганец	Mn	0,000246	0,000242
Селен *	Se	0,000159	0,0000922
Кальций *	Ca	1,0134	1,7477
Натрий *	Na	2,0201	3,8460
Калий *	K	6,8091	2,6232
Магний *	Mg	0,6510	0,2045

Примечания: * жизненно необходимые микро- и макроэлементы; ** сыро-сушёные слоевища; *** шинкованные сыро-сушёные слоевища.

Количество ванадия в ламинарии составляет в мае 0,9 мг/кг и повышается до 1,19 мг/кг в августе. Благодаря присутствию ванадия в ламинарии при употреблении её в пищу или в качестве пищевых добавок (БАД) и специализированных пищевых продуктов (СПП), стабилизируется в организме человека уровень холестерина, а значит, снижается вероятность развития атеросклероза, уменьшаются опухоли, а также отеки, улучшается зрение, лучше работают печень и почки. Ванадий регулирует количество гемоглобина и глюкозы в крови.

Содержание большинства из минеральных веществ в организме ничтожно, например, селена, но отсутствие хотя бы очень незначительной части любого жизненно необходимого элемента приводит к серьёзным заболеваниям. Некоторые микроэлементы могут быть синергистами или антагонистами йода. Например, медь является синергистом йода, и совместное применение солей меди и йода при профилактических мероприятиях зоба оказывает в два раза лучший эффект, чем только йода. С другой стороны, марганец препятствует накопле-

нию йода щитовидной железой и вызывает авитаминоз. Кобальт тоже способствует лучшему усвоению йода и, кроме того, усиливает кроветворное действие меди и железа. В зависимости от степени дефицита вышеуказанных микроэлементов может наблюдаться эндемия зоба легкой и тяжелой формы. Особая роль принадлежит микроэлементу селену, так как селен и йод участвуют в метаболизме тиреоидных гормонов щитовидной железы. Содержание селена составляет 159–922 мкг на 100 г, что позволяет использовать морскую капусту в качестве источника данного элемента. Таким образом, очевидно, что натуральная морская капуста содержит три необходимых составляющих для устранения йоддефицита в организме человека: йод, микроэлементы и аминокислоты, участвующие в синтезе гормонов щитовидной железы, что обосновывает их использование в качестве средства для профилактики и лечения заболеваний щитовидной железы (Подкорытова, 2004).

Согласно СанПин 2.3.2. 1078 «Водоросли морские», допустимые уровни токсичных элементов (не более мг/кг): ртуть — 0,1; свинец — 0,5; мышьяк — 5,0; кадмий — 1,0 и радионуклидов: цезий — 200; стронций — 100. В исследуемых образцах определено содержание указанных токсичных элементов, которое не превышает ПДК.

Азотистые соединения бурых водорослей мало различаются между собой по составу аминокислот, однако наблюдаются значительные различия в их содержании. Из общего ряда ламинариевых водорослей естественных популяций по содержанию аминокислот заметно выделяется ламинария японская.

В составе белка водорослей разные авторы обнаруживают от 15 до 24 индивидуальных аминокислот (АК). В исследуемых образцах ламинарии преобладающими аминокислотами являются: глутаминовая (1,4–1,7 %) и аспарагиновая (0,8–0,9 %) кислоты, а также аланин (0,5 %), серин (0,3 %), аргинин (0,2–0,4 %), тирозин (0,2 %) от общего содержания АК (табл. 3).

Таблица 3. Аминокислотный состав белка биомассы ламинарии *S. japonica*

Наименование аминокислоты	Символ	Содержание аминокислоты, г/100 г продукта	
		ССС* 26.05.2015 г.	ШСС** 20.08.2015 г.
Заменимые аминокислоты			
Аспарагиновая кислота	Asp	0,8	0,9
Треонин	Tre	0,2	0,3
Серин	Ser	0,3	0,3
Глутаминовая к-та	Glu	1,7	1,4
Пролин	Pro	0,3	0,3
Глицин	Gly	0,3	0,4
Аланин	Ala	0,5	0,5
Гистидин	His	0,1	0,1
Аргинин	Arg	0,2	0,4
Тирозин	Tyr	0,2	0,2
Незаменимые аминокислоты			
Фенилаланин	Phe	0,2	0,3
Лизин	Lys	0,2	0,4
Валин	Val	0,1	0,1
Метионин	Met	0,1	0,1
Изолейцин	Ile	0,2	0,3
Лейцин	Leu	0,4	0,6
Цистин	Cys	0,3	0,4
Сумма		6,1	7,0
<i>Примечания:</i> * сыро-сушёные слоевища; ** шинкованные сыро-сушёные.			

Количество незаменимых аминокислот невелико — лизина, валина, метионина, фенилаланина, лейцина содержится от 0,1 до 0,4 %. Морская капуста синтезирует свободные аминокислоты (САК), которые легко усваиваются организмом. Свободные аминокислоты, а особенно глутаминовая кислота, содержание которой 1,7 % для сыро-сушёных майских слоевищ и 1,4% для сыро-сушёной шинкованной, добытой в августе, формирует вкусовые качества, а так же выполняет определённые физиологические функции в растениях, участвуя в развитии репродуктивных органов. Известно, что глутаминовая кислота необходима для нормального функционирования организма человека. Она участвует в обменных процессах центральной нервной системы, улучшает функции головного мозга.

Присутствие аминокислот тирозина и фенилаланина показано, как необходимость для синтеза гормонов щитовидной железы — тироксина и тиронина. В организме человека синтез гормонов щитовидной железы невозможен даже при достаточном поступлении йода в отсутствие этих аминокислот. Тирозин не является незаменимой аминокислотой, и синтез его происходит при наличии другой аминокислоты — фенилаланина. В связи с этим для нормального функционирования щитовидной железы в организм человека должны поступать эти АК — тирозин или фенилаланин.

Таким образом, содержание аминокислот в заготовленных сушёных образцах ламинарии находится на высоком уровне, что очень важно для приготовления высококачественной пищевой продукции.

Выводы

Результаты исследований химического состава *Saccharina japonica*, добытой в промысловый сезон в прибрежной зоне западного Сахалина показал, что сушёные слоевища являются ценным источником минеральных микро- и макроэлементов, аминокислот, в т.ч. глутаминовой кислоты, маннита, альгиновой кислоты и её производных — альгинатов, йода, фукоидана и других биологически активных веществ.

При высушивании сырья (температура 60–800 °С, продолжительность сушки 8–10 ч) потери полезных веществ не наблюдаются.

Морские водоросли семейства ламинариевых природных популяций двухлетние растения представляют несомненную промышленную ценность для производства различных видов пищевой продукции, биологически активных веществ, функциональных пищевых продуктов, БАД, и гидроколлоидов.

Литература

Евсеева Н.В. 2016. Современное состояние ресурсов ламинариевых водорослей Сахалино-Курильского региона и рекомендации по их эксплуатации // Материалы 4 Международной научно-технической конференции. Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана. Ч. 1. — Владивосток: Дальрыбвтуз. — С. 88–92.

Кизеветтер И.В., 1966. Промысел и обработка морских растений в Приморье. — Владивосток: Дальневосточное книжное издательство. — 99 с.

Подкорытова А.В. 2005. Морские водоросли-макрофиты и травы. — М.: Изд-во ВНИРО — 175 с.

Подкорытова А.В. 2004. Обоснование использования морских бурых водорослей в качестве источника йода и других биологически активных веществ // Прикладная биохимия и технология гидробионтов: Труды ВНИРО, Т. 143. — М.: Изд-во ВНИРО. — С. 136–142.

Суховеева М.В., Подкорытова А.В. 2006. Промысловые водоросли и травы морей Дальнего Востока: биология, распространение, запасы, технология переработки: Монография. — Владивосток: ТИПРО-Центр. — 243 с.

Усов А.И., Смирнова Г.П., Клочкова Н.Г. 2001. Биоорганическая химия. Т. 27. — С. 450–454.

Развитие аквакультуры в России до 2025 года

Д.А. Сибирин

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: dasibirin@gmail.com

Ключевые слова: аквакультура, товарное выращивание, продовольственная безопасность
Аннотация. В работе рассматриваются отдельные аспекты развития аквакультуры в России до 2025 г. и пополнения ресурсно-сырьевой базы рыбоводства.

Введение

Многие десятилетия считалось, что сырьевые ресурсы Мирового океана неисчерпаемы. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО) мировой вылов водных объектов (без аквакультуры и водорослей) за последние 65 лет увеличился почти в 5 раз — с 18,7 млн т в 1950 г. до 92,6 млн т в 2015 г. и стабилизировался на этой отметке.

По состоянию на 2015 г. 28,8 % запасов мировых водных биоресурсов являются чрезмерно используемыми, а оставшиеся 71,2 % используются практически полностью. Таким образом, естественно воспроизводимые запасы океанической рыбы и рыбы во внутренних водоемах не имеют значительного потенциала роста.

Глобальной целью является обеспечение питанием дополнительно еще порядка 1 млрд человек к 2025 г., при этом объем пищевой рыбной продукции должен вырасти на 30–35 % по сравнению с 2015 г. Задача России в обеспечении питанием дополнительно еще 5,5 млн жителей к 2025 г., в соответствии с чем по сравнению с 2015 г., объем пищевой рыбной продукции в России должен вырасти не менее чем на 262 тыс. т, т.е. на 4,7 %.

Актуальные задачи и меры развития

Наиболее перспективными видами для развития аквакультуры на территории Российской Федерации являются: белый амур, толстолобик, карп, сазан, семга, лосось атлантический, сиви нераспределенные. Объемы товарного выращивания этих видов рыб в 80-х гг. прошлого столетия были на достаточно высоком уровне, и согласно уточненным данным за 2014 г. и проведенному анализу имеется потенциал по его восстановлению и увеличению (таблица).

Таблица. Данные по объемам товарного выращивания за 1985 г. и 2014 г.

Вид ВБР	1985 г.	2014 г.	Потенциал по восстановлению	
	т	т	т	%
Сиви нераспределенные	21 400	3 503	28 097	88,91
Карп, сазан	101 000	58 218	47 782	42,36
Толстолобик, белый амур	69 900	41 512	22 388	35,04

Также стоит отметить возможность и потенциал товарного выращивания семги, лосося атлантического до уровня более 22500 т.

Для восстановления и пополнения ресурсно-сырьевой базы рыбоводства должно быть предусмотрено:

- создание научно-производственных кластеров развития аквакультуры со специализированными технологическими центрами для разведения и выращивания в морских прибрежных акваториях возобновляемых ценных видов водных биоресурсов;

- обеспечение эффективного развития аквакультуры во внутренних водных объектах Российской Федерации на основе создания и внедрения инновационных технологий улучшения генофонда производителей;
- развитие био- и нанотехнологий с целью создания новых видов кормовых продуктов для их дальнейшего использования в аквакультуре;
- изготовление пищевой продукции аквакультуры, обеспечивающих пищевую безопасность и качество в процессе ее производства, транспортировки и хранения;
- доработка правил выделения участков для организации рыбоводства (Акимов, 2013).

Выводы

Государство обязано рационально распорядиться национальными водными биоресурсами для укрепления национальной, экономической и продовольственной безопасности Российской Федерации.

Должны быть разработаны показатели бюджетных расходов на производство рыболовной продукции с целью обеспечения оптимального уровня государственных расходов на содержание рыболовных предприятий по искусственному воспроизводству водных биоресурсов.

Развитие пастбищного рыбоводства должно быть осуществлено на базе научно-производственных центров с дальнейшей их трансформацией в акватехнопарки, сформированные на территориях с имеющимся комплексом научных, образовательных и производственных предприятий сходного профиля, расположенных на внутренних водоемах и на прибрежных территориях Российской Федерации (Материалы..., 2015).

Литература

Материалы Госсовета по вопросам развития рыбохозяйственного комплекса — 2015. — С. 24–30.

Акимов Е.Б. 2013. Развитие аквакультуры как важнейшее направление рыбного хозяйства. — ФГБОУВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина». — С. 52–56.

УДК 631.155:639.28+595.383.1(269.4)

Система регулирования промысла антарктического криля: современное состояние, проблемы и перспективы

Д.О. Сологуб

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: sologub@vniro.ru

Ключевые слова: антарктический криль, регулирование промысла, АНТКОМ, сезонные волны миграций.

Аннотация. В настоящее время управление промыслом антарктического криля осуществляется Комиссией по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ) с помощью установления общего допустимого улова (ОДУ), а также дополнительных пространственных ограничений вылова. Увеличение неопределенности в оценках биомассы криля и воздействия промысла на морскую экосистему Антарктики привело к установлению Мер по сохранению, существенно ограничивающих промысловый потенциал запасов антарктического криля. Действующая система регулирования промысла криля рассматривается с позиции новых данных по его распределению и горизонтальным миграциям. Разработаны научно обоснованные предложения по оптимизации существующей схемы управления промыслом антарктического криля с помощью установления сезонных ограничений вылова

наряду с действующими в настоящее время пространственными ограничениями. Установление дифференцированных ограничений вылова криля в периоды высокой и низкой численности с одной стороны существенно расширяет возможности добывающего флота в период, когда вылов полностью компенсируется притоком криля с водами Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) и не оказывает негативного влияния на популяции зависимых видов. С другой стороны предлагаемая схема управления запасом обеспечивает жесткое ограничение промысла в периоды наибольшей уязвимости антарктических морских экосистем.

Ресурсы антарктического криля активно эксплуатируются, начиная с 1960-х гг., когда впервые был осуществлен промысел криля судном АтлантНИРО РТ-202 «Муксун» (Буруковский, Ярогов, 1965). В последующие годы благодаря выполнению масштабных рыбохозяйственных исследований Советский Союз занимал лидирующие позиции в мировой добыче антарктического криля, вылов которого превышал 500 тыс. т в год. Такое увеличение вылова требовало разработки международной системы регулирования промысла антарктического криля для предотвращения возможного влияния промысла на морскую экосистему Антарктики.

Совместные научно-исследовательские работы по ряду международных программ создали условия для подписания в мае 1980 г. в рамках договора об Антарктике Конвенции по сохранению морских живых ресурсов Антарктики. Эта Конвенция определяет порядок сохранения и рационального использования морских живых ресурсов Антарктики, основываясь на принципе экосистемного подхода. Одновременно с принятием конвенции, которая вступила в силу 7 апреля 1982 г., для реализации ее положений была создана Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики (АНТКОМ) и Научный Комитет, являющийся консультативным органом Комиссии (Лукин и др., 2002; CCAMLR, 2013). В составе Комиссии ежегодно созываются рабочие группы, призванные реализовать принципы не только сохранения, но и рационального использования ресурсов Антарктики, путем разработки соответствующих Мер по сохранению (Constable, 2002; CCAMLR, 2013). В настоящее время система регулирования промысла, реализуемая в рамках АНТКОМ, признана одной из наиболее эффективных и включает установление общего допустимого улова (ОДУ), а также дополнительных ограничений на вылов для различных пространственных единиц управления.

В последние годы отмечается увеличение неопределенности оценок и прогнозов величины биомассы криля и его промыслового запаса. Это связано с тем, что последняя крупномасштабная съёмка по оценке запаса криля в Атлантическом секторе Антарктики была выполнена более 15 лет назад — в 2000 г. За прошедшее с момента проведения съёмки время распределение и величина биомассы криля могли существенно измениться. Кроме того, высокая неопределённость сохраняется и в оценках потребления криля основными группами консументов, а также в оценках естественной и промысловой смертности. В условиях недостаточного количества научных данных Научным Комитетом АНТКОМ был принят ряд Мер по сохранению, направленных на снижение возможных рисков от крупномасштабного промысла антарктического криля. Меры по сохранению № 51-01 (CCAMLR, 2010) и 51-07 (CCAMLR, 2011) определяют максимальную величину ОДУ криля в Атлантическом секторе Антарктики в размере 5,61 млн т, и устанавливают ограничение на вылов в промысловых подрайонах в размере 620 тыс. т. При этом в подрайоне 48.1 (Ю. Шетландские о-ва) вылов криля ограничен величиной 155 тыс. т, в подрайонах 48.2 (Ю. Оркнейские о-ва) и 48.3 (о. Ю. Георгия) — по 279 тыс. т. В подрайоне 48.4 (Ю. Сандвичевы о-ва) ограничение на вылов криля составляет 93 тыс. т. Установление порогового ограничения вылова криля и его распределение по подрайонам было выполнено с целью предотвращения локального перелова и негативного воздействия на популяции видов-потребителей криля [Constable, Nicol, 2002; Hewitt et al., 2004a]. Действующие в настоящее время Меры по сохранению существенно ограничивают промысловый потенциал запасов антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики.

Результаты анализа сезонной динамики численности криля и распределения функциональных групп популяции, выполненные автором, позволили установить, что сезонные изме-

нения численности криля в Атлантическом секторе Антарктики обусловлены пассивными горизонтальными миграциями, имеющими характер сезонных волн. В период прохождения сезонных волн миграции последовательно через подрайоны 48.1, 48.2 и 48.3 в указанных подрайонах наблюдается высокая численность криля. В период между волнами миграции численность криля снижается (Сологуб, 2015). Полученные результаты позволяют рассмотреть существующую систему управления промыслом антарктического криля с позиции новых данных по его распределению и горизонтальным миграциям, а также разработать альтернативную схему управления промыслом, учитывающую наличие сезонных волн миграций криля в Атлантическом секторе Антарктики.

Согласно разработанным представлениям о сезонных волнах миграций криля в январе–феврале в период выполнения тралово-акустической съемки АНТКОМ 2000 г. волна миграции антарктического криля достигала подрайона 48.3, при этом в подрайоне 48.1 продолжалось поступление скоплений из Тихоокеанского сектора Антарктики с водами АЦТ. Съемкой были охвачены подрайоны 48.1, 48.2, 48.3 и 48.4 (SC-CCAMLR, 2000; Trathan et al., 2001), а оцененная величина биомассы антарктического криля составила 60,3 млн т (SC-CCAMLR, 2010). Исходя из этого, суммарная биомасса скоплений антарктического криля, перемещавшаяся в течение промыслового сезона 1999–2000 гг. через подрайоны 48.1–48.4, составляла не менее 60,3 млн т. Учитывая, что перемещение скоплений криля через промысловые подрайоны осуществляется в течение 5–7 месяцев (период высокой численности), интенсивность поступления криля в каждый из промысловых подрайонов составляет около 250–450 тыс. т в сутки. Исходя из этого, минимальная суточная биомасса скоплений криля в каждом промысловом подрайоне в период высокой численности составляет около 250 тыс. т.

Принимая во внимание полученную величину суточного притока криля, необходимо оценить, какое количество из этого поступающего криля необходимо видам-потребителям криля. Согласно оценкам, выполненным Эверсоном (Everson, 1984), ежегодное потребление криля основными группами консументов в Южном океане находится в пределах от 100 до 200 млн т в год. В подрайонах 48.1–48.3 потребление криля оценивается в пределах от 16 до 32 млн т в год (Everson and de la Mare, 1996). По данным Хевитта с соавторами (Hewitt et al., 2004b) потребление криля основными группами консументов в подрайоне 48.1 составляет около 2614,4 тыс. т, в подрайоне 48.2 — 2095,1 тыс. т, а в подрайоне 48.3 — 10513,7 тыс. т. Оценки потребления криля, выполненные разными авторами, основаны на результатах полевых наблюдений и получены, исходя из численности основных групп видов-потребителей криля и их дневного рациона. Очевидно, что интенсивность потребления криля разными видами не одинакова в течение всего года. Можно предположить, что большая часть потребления приходится на период антарктической весны и лета. При этом величина ежесуточного потребления криля основными группами консументов может находиться в пределах от 30 до 60 тыс. т в сутки в каждом из подрайонов 48.1–48.3. Сравнение максимальных оценок ежесуточного потребления криля консументами и минимальных оценок суточного притока показывает, что в каждом из подрайонов 48.1–48.3 от 70 до 200 тыс. т криля в сутки (что составляет от 0,1 до 0,4 % от общей биомассы криля в подрайонах 48.1–48.3) не используется видами-потребителями криля и аккумулируется в промысловых скоплениях или выносятся за пределы подрайонов с потоками основных течений. Таким образом, величина суточного вылова криля в каждом из промысловых подрайонов 48.1, 48.2 и 48.3 в размере 0,1 % от биомассы в период высокой численности криля не окажет негативного воздействия на популяции видов-потребителей, поскольку будет компенсироваться притоком новых особей с потоками течений.

Возможно ли достижение суточного вылова в размере 0,1 % от биомассы криля? В настоящее время максимальные зарегистрированные суточные уловы антарктического криля были получены в течение промыслового сезона 2009–2010 гг. норвежским судном «Saga Sea», применяющим технологию непрерывного лова, и составили 900 т (SC-CCAMLR, 2011). Для достижения суточного вылова криля равного 0,3 % от биомассы криля в подрайонах 48.1–48.3 (70 тыс. т в сутки при текущей величине биомассы 60,3 млн т) необходимы усилия 70–80 судов, работающих в границах одного из промысловых подрайонов с эффективностью

около 900 т в сутки. Рассмотрение межгодовой динамики промысла показывает, что средние суточные уловы антарктического криля существенно ниже и составляют около 100 т в сутки, а количество судов на промысле во всех подрайонах в настоящее время не превышает 19 (Касаткина и др., 2014). Учитывая существующее состояние промысла, достижение уровня вылова способного оказать негативное воздействие на антарктическую экосистему (0,1 % от биомассы криля в Атлантическом секторе Антарктики) в ближайшие годы маловероятно.

В течение периода между волнами миграции приток криля с водами Антарктического циркумполярного течения (АЦТ) практически прекращается, а плотность скоплений постепенно снижается за счет потребления криля консументами и его выноса за пределы промысловых подрайонов. В этот период промысел сосредоточен на скоплениях, задержавшихся на участках со сложной гидродинамической структурой, а также на скоплениях, выносимых в промысловые районы с водами Антарктического прибрежного течения (АПТ) и Круговорота Уэдделла. В условиях ограниченного пополнения скоплений криля с водами АЦТ локальный перелов может оказать негативное влияние на популяции зависимых видов. Очевидно, что именно в периоды низкой численности антарктического криля необходимо введение пространственных ограничений на величину его вылова.

Основываясь на данных по сезонной динамике численности антарктического криля и представлениях о его миграциях с потоками основных течений, можно предложить следующую схему управления промыслом криля. Для каждого промыслового подрайона необходимо установить сроки периодов высокой и низкой численности антарктического криля. В период высокой численности криля промысел следует ограничить величиной ОДУ, рассчитанной для всего Атлантического сектора Антарктики без подразделения по подрайонам. В период низкой численности следует ввести ограничение на вылов, исходя из темпов снижения численности криля, объемов его потребления основными группами консументов и фактического вылова криля в период высокой численности. Однако в настоящее время отсутствуют оценки биомассы криля в период низкой численности, а также данные о потреблении криля консументами в этот период. В связи с этим, целесообразно введение временных ограничений на вылов криля по подрайонам 48.1, 48.2 и 48.3, исходя из ретроспективных данных по вылову.

Согласно результатам исследований сезонной динамики уловов антарктического криля и распределения промысловых скоплений (Сологуб, 2015), в подрайоне 48.1 период высокой численности продолжается около 7 месяцев с декабря по июнь, период низкой численности — 5 месяцев с июля по ноябрь. При этом в период низкой численности криля в подрайоне 48.1 плотные промысловые скопления сохраняются в водах АПТ на шельфе Антарктического полуострова и в проливе Брансфилд. В подрайоне 48.2 период высокой численности антарктического криля составляет около 7 месяцев с января по июль, период низкой численности продолжительностью около 5 месяцев отмечается с августа по декабрь. Период высокой численности криля в подрайоне 48.3 продолжается около 6 месяцев с марта по август, а период низкой численности — 6 месяцев с сентября по февраль. Учитывая сроки периодов высокой и низкой численности криля в каждом подрайоне, промысловый сезон в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 был разделен на три промысловых периода (А, В и С) (рисунок).

Промысловый период А соответствует периоду высокой численности криля, промысловые периоды В и С — низкой численности криля. Промысловый период А продолжается с 1 декабря по 31 июля в подрайоне 48.1, с 1 января по 31 июля в подрайоне 48.2 и с 1 марта по 31 июля в подрайоне 48.3. Сроки промыслового периода В одинаковы во всех трех подрайонах — с 1 августа по 30 ноября. Промысловый период С устанавливается в начале промыслового сезона только для подрайонов 48.2 (с 1 по 31 декабря) и 48.3 (с 1 декабря по 28/29 февраля). Установление промыслового периода С обусловлено тем, что промысловый сезон в Атлантическом секторе Антарктики начинается с декабря, в то время как в подрайоне 48.2 продолжается период низкой численности, а в подрайоне 48.3 период низкой численности продолжается до конца февраля.

Несложно заметить, что промысловые периоды А, В и С в предлагаемой системе управления отличаются по срокам от периодов высокой и низкой численности, определенных,

исходя из особенностей сезонной динамики численности и сезонных волн миграций криля (рисунок). Окончание периода высокой численности криля в подрайоне 48.1 отмечается в июне, в подрайоне 48.2 — в июле, а в подрайоне 48.3 — в августе, однако, период А заканчивается в июле во всех трех рассматриваемых подрайонах. Такие изменения были внесены с целью оптимизации предлагаемой схемы управления промыслом и распределения промысловых усилий. В подрайоне 48.1 после окончания периода высокой численности криля, в водах АЦТ, промысловые скопления сохраняются к югу о. Мордвина (Элефант) и в проливе Брансфилд, что позволяет продлить период А в этом подрайоне по июль включительно. Несмотря на то, что в августе в подрайоне 48.3 продолжается период высокой численности криля, продление промыслового периода А может привести к локальному перелову вследствие перераспределения флота из других промысловых подрайонов, где в августе устанавливаются ограничения максимального возможного вылова (период В). Кроме того, известно, что образование промысловых скоплений на промысловых участках подрайона 48.3, в водах о-ва Ю. Георгия происходит не ежегодно вследствие межгодовой динамики гидрологических условий (Масленников, 1972; Saunders et al., 2007). В связи с этим, промысловый период А в подрайоне 48.3 нецелесообразно распространять на август.

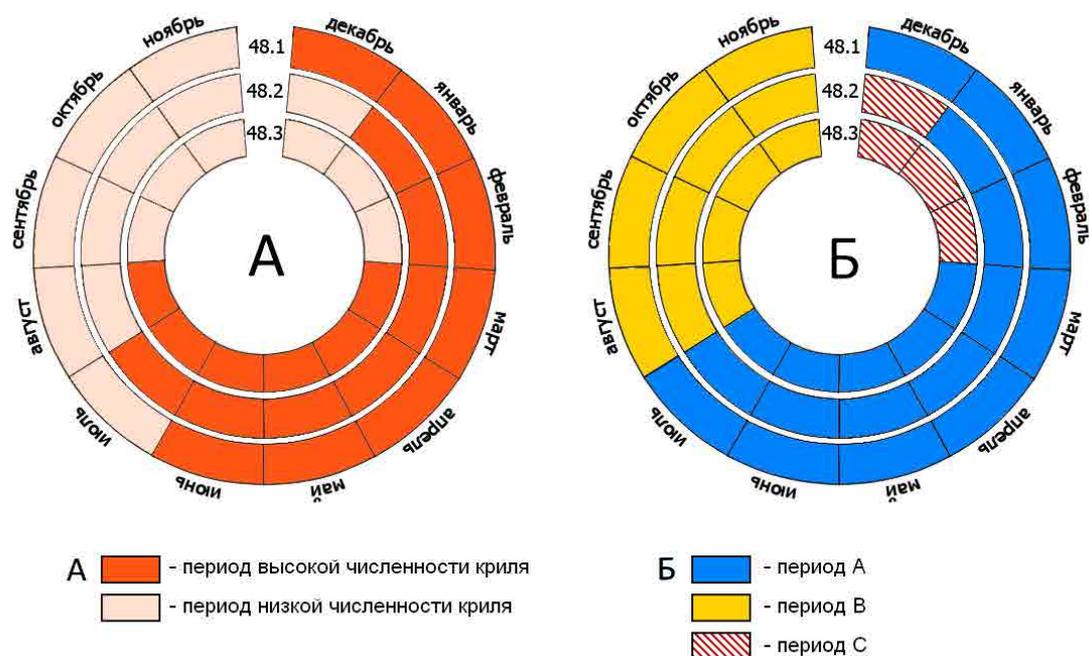


Рисунок. Схема сезонных изменений численности и управления промыслом антарктического криля в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 Атлантического сектора Антарктики: А — периоды высокой и низкой численности криля; Б — промысловые периоды А, В и С, согласно предлагаемой автором системе управления промыслом

Для каждого из промысловых периодов определяется величина ОДУ. В период А для подрайонов 48.1, 48.2 и 48.3 величина максимального суммарного вылова устанавливается в размере ОДУ в Атлантическом секторе Антарктики, определенного, исходя из оцененной биомассы криля с помощью общей модели прогнозирования состояния запаса (GYM). В настоящее время величина ОДУ криля в Атлантическом секторе Антарктики установлена в размере 5,61 млн т. Для каждого из подрайонов (48.1, 48.2, 48.3) в промысловый период В величина максимального суммарного вылова определяется, исходя из ретроспективных данных о величине максимального вылова, достигнутого в каждом из этих подрайонов в период низкой численности криля. Согласно данным, представленным в статистическом бюллетене АНТКОМ (CCAMLR, 2015), начиная с сезона 1975/76 гг., максимальный зафиксированный вылов криля в период низкой численности в подрайонах 48.1 и 48.2 составляет около 40 тыс. т, в подрайоне 48.3 — 80 тыс. т. Исходя из этого, рекомендуется установить величину ОДУ кри-

ля в период В (TAC_B) в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3 в объеме 40 тыс. т, 40 тыс. т и 80 тыс. т соответственно. Суммарная величина вылова криля в подрайонах 48.1–48.3 в промысловый период В при этом составит 160 тыс. т. После получения научных данных о величине биомассы криля в период низкой численности в подрайонах 48.1–48.3, а также о величине потребления криля основными группами консументов, возможно изменение ограничения на вылов в этих подрайонах в промысловый период В.

Величина ОДУ криля в промысловый период С (TAC_C) в каждом из подрайонов 48.2 и 48.3 определяется по формуле:

$$TAC_C = TAC_B - C_B,$$

где TAC_B — величина ОДУ антарктического криля в период В в подрайонах 48.2 и 48.3; C_B — фактический вылов криля в промысловый период В предыдущего промыслового сезона в подрайонах 48.2 и 48.3.

Кроме подрайонов 48.1, 48.2 и 48.3 потенциальным промысловым значением обладает подрайон 48.4, в котором до настоящего времени регулярный промысел криля отсутствует. Данных немногочисленных научно-исследовательских работ недостаточно для определения периодов высокой и низкой численности криля и разработки системы управления промыслом криля в подрайоне 48.4. В связи с этим представляется целесообразным ограничить максимальный возможный вылов в подрайоне 48.4 действующей в настоящее время величиной в 93 тыс. т до накопления необходимого количества данных.

Предлагаемая схема управления промыслом в отличие от действующей в настоящее время учитывает современные представления о горизонтальных миграциях антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики, а также о пространственно-временной динамике распределения биомассы криля. Установление дифференцированных ограничений на вылов криля в периоды высокой и низкой численности с одной стороны существенно расширяет возможности добывающего флота в период, когда вылов полностью компенсируется притоком криля с водами АЦТ и не оказывает негативного влияния на популяции зависимых видов. С другой стороны предлагаемая схема управления обеспечивает жесткое ограничение промысла в периоды наибольшей уязвимости антарктических морских экосистем. Кроме того, данная схема управления промыслом сохраняет возможность изменения мер ограничения вылова при получении новых научных данных.

Литература

Буруковский Р.Н., Ярогов Б.А. 1965. Изучение антарктического криля с целью организации его промысла // Антарктический криль. Биология и промысел. — Калининград: Изд-во АтлантНИРО. — С. 5–18.

Касаткина С.М., Петров А.Ф., Шуст К.В., Урюпова Е.Ф., Сытов А.М. 2014. Характеристика современного промысла антарктического криля *Euphausia superba* (период с 2003 по 2013 г.) в Атлантической части Антарктики (АЧА) // Рыбное хозяйство. №5. — С. 69–72.

Лукин В.В., Клоков В.Д., Помелов В.Н. 2002. Система Договора об Антарктике // Правовые акты, комментарии. — СПб.: Гидрометеиздат. — 400 с.

Масленников В.В. 1972. О влиянии динамики вод на распределение *Euphausia superba* Dana в районе о-ва Южная Георгия // Труды ВНИРО. Т. LXXV. Вып. I. — С. 107–117.

Сологуб Д.О. 2015. Распределение размерно-возрастных групп и горизонтальные миграции антарктического криля в Атлантическом секторе Антарктики // Промысловые беспозвоночные: VIII Всероссийская научная конференция по промысловым беспозвоночным: Материалы докладов. — Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ». — С. 142–145.

CCAMLR. 2013. Basic Documents. CCAMLR, Hobart, Australia. — 163 p.

CCAMLR. 2010. Report of the Twenty-Ninth Meeting of the Commission, Hobart, Australia, 25 October–5 November 2010. — 175 p.

CCAMLR. 2011. Report of the Thirtieth Meeting of the Commission, Hobart, Australia, 24 October–4 November 2011. — 190 p.

CCAMLR. 2015. Statistical Bulletin, Vol. 27 (Database Version). www.ccamlr.org/en/document/data/ccamlr-statistical-bulletin-vol-27

Constable A.J. 2002. CCAMLR ecosystem monitoring and management: Future work // CCAMLR Science, Vol. 9. — P. 233–256.

Constable A.J., Nicol S. 2002. Defining smaller-scale management units to further develop the ecosystem approach in managing large-scale pelagic krill fisheries in Antarctica // CCAMLR Science. Vol. 9. — P. 117–131.

Everson I. 1984. Marine interactions / Laws R.M. (editor) // Antarctic ecology. London: Academic Press, Vol. 2. — P. 783–819.

Everson I., de la Mare W.K. 1996. Some thoughts on precautionary measures for the krill fishery // CCAMLR Science. Vol. 3. — P. 1–11.

Hewitt R.P., Watkins J.L., Naganobu M., Sushin V., Brierley A.S., Demer D., Kasatkina S., Takao Y., Goss C., Malyshko A., Brandon M.A., Kawaguchi S., Siegel V., Trathan P.N., Emery J., Everson I., Miller D.G. 2004a. Biomass of Antarctic krill in the Scotia Sea in January/February 2000 and its use in revising an estimate of precautionary yield // Deep-Sea Res. Part II. Vol. 51. — P. 1215–1236.

Hewitt R.P., Watters G., Trathan P.N., Croxall J.P., Goebel M.E., Ramm D., Reid K., Trivelpiece W.Z., Watkins J.L. 2004b. Options for allocating the precautionary catch limit of krill among small-scale management units in the Scotia sea // CCAMLR Science. Vol. 11. — P. 81–97.

Saunders R.A., Brierley A.S., Watkins J.L., Reid K., Murphy E.J., Enderlein P., Bone D.G. 2007. Intra-annual variability in the density of Antarctic krill (*Euphausia superba*) at South Georgia, 2002–2005: within-year variation provides a new framework for interpreting previous ‘annual’ estimates of krill density // CCAMLR Science. Vol. 14. — P. 27–41.

SC-CCAMLR. 2000. Report of the Nineteenth Meeting of the Scientific Committee (SC-CCAMLR-XIX), Hobart, Australia, 23–27 October 2000. — 522 p.

SC-CCAMLR. 2010. Report of the Twenty-Ninth Meeting of the Scientific Committee (SC-CCAMLR-XXIX), Hobart, Australia, 25–29 October 2010. — 426 p.

SC-CCAMLR. 2011. Report of the Thirtieth Meeting of the Scientific Committee (SC-CCAMLR-XXX), Hobart, Australia, 24–28 October 2011. — 460 p.

Trathan P.N., Watkins J.L., Murray A.W.A., Brierley A.S., Everson I., Goss C., Priddle J., Reid K., Ward P., Hewitt R., Demer D., Naganobu M., Kawaguchi S., Sushin V., Kasatkina S.M., Hedley S., Kim S., Pauly T. 2001. The CCAMLR-2000 Krill Synoptic Survey: a description of the rationale and design // CCAMLR Science. Vol. 8. — P. 1–24.

УДК 551.464.628; 574.55; 262.54

Роль кремниевой кислоты в развитии фитопланктона в Азовском море за период 2010–2016 гг.

И.Н. Солоха

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),
г. Ростов-на-Дону
e-mail: lab.gidrochimiya@mail.ru

Ключевые слова: Азовское море, кремниевая кислота, развитие фитопланктона.

Аннотация. В работе проведена оценка влияния сезонной динамики кремниевой кислоты на развитие фитопланктона в Азовском море за период с 2010 по 2016 гг. Установлено, что снижение речного стока р. Дон в весенний период приводит к снижению содержания кремниевой кислоты, как в Таганрогском заливе, так и в собственно море.

Кремнекислота относится к числу важнейших биогенных элементов и является постоянным компонентом химического состава природных вод. Соединения кремния необходимы для жизни и развития фитопланктона. Пространственное распределение и сезонная динамика кремнекислоты в Таганрогском заливе и в собственно Азовском море формируется под воздействием речного стока, продукционных процессов и процессов седиментации. В течение вегетационного периода процесс потребления кремнекислоты фитопланктоном может снижать ее содержание до минимальных значений — менее 100 мг/м³ (Александрова, Баскакова, 2010).

Целью данной работы явилось изучение влияния кремниевой кислоты на развитие фитопланктона в Азовском море и Таганрогском заливе за период с 2010 по 2016 гг.

Растворенный кремний представлен в воде в виде кремниевых и поликремниевых кислот. Биологическая роль кремния определяется тем, что на его основе строит свои скелеты один из самых многочисленных в Азовском море видов фитопланктона — диатомовые водоросли. Изменчивость биогенной основы продуктивности Азовского моря определяется целым рядом факторов, среди которых ведущая роль принадлежит поступлению биогенных веществ с речным стоком (Дон, Кубань), на долю которых приходится более 50 % от внешних источников.

В связи с резким уменьшением водности Дона с 2010 г. (16 км^3) относительно многоводных лет 2004–2006 гг. (26 км^3) среднее содержание кремниевой кислоты в Таганрогском заливе весной снизилось в 3 раза (рис. 1).

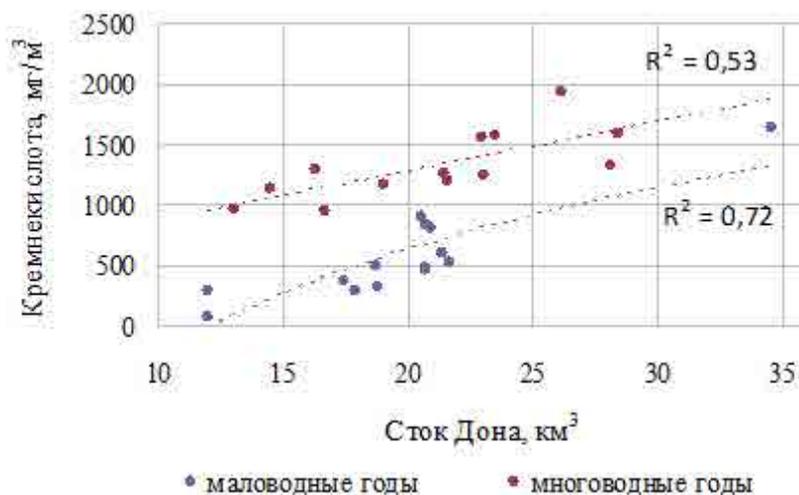


Рис. 1. Зависимость содержание кремния от речного стока в воде Таганрогского залива

Влияние речного стока, приносящего кремний в Таганрогский залив в период 2010–2016 гг. ограничивалось восточным районом залива, в то время как в многоводный период 2004–2006 гг. концентрация кремния 1000 мг/м^3 фиксировалась даже в северном районе моря (рис. 2).

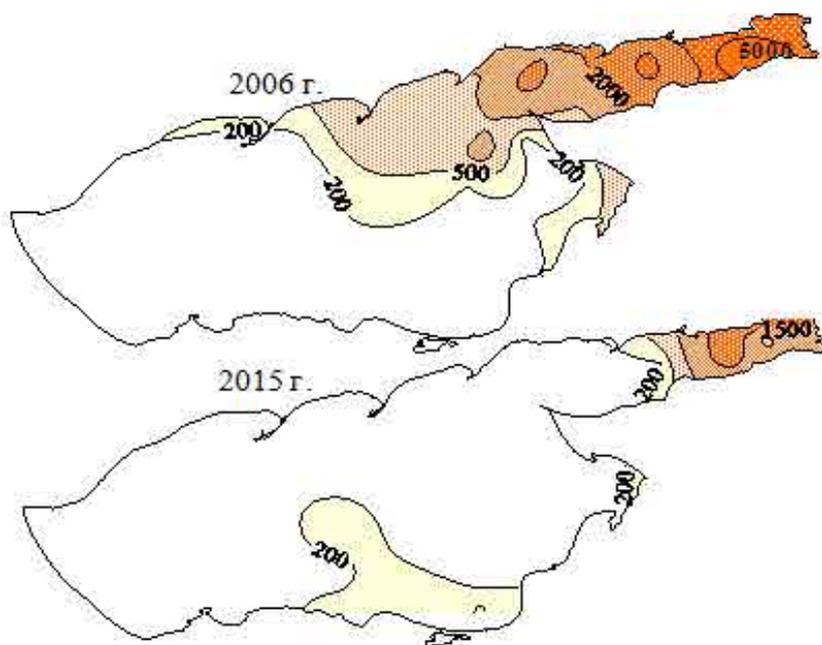


Рис. 2. Пространственное распределение кремниевой кислоты в Азовском море

Весенняя вегетация диатомовых водорослей сопровождается интенсивным потреблением кремния, что ведет к снижению концентрации кремниевой кислоты от 120 мг/м³ в собственно море и до 510 мг/м³ в Таганрогском заливе. Это свидетельствует о завершающейся гетеротрофной стадии сезонной сукцессии фитопланктона в температурном интервале от 2 до 7 °С. Если принять во внимание тот факт, что для развития диатомовых требуется концентрация кремния >500 мг/м³, то можно предположить, что продолжительность весенней вегетации диатомовых ограничивается исчерпанием кремния ниже пороговой концентрации, что подтверждается работами Г.Д. Макаровой (1970), А.М. Бронфмана (1979), З.В. Александровой (1998) и др.

В летний период происходит пополнение водной толщи кремнием за счет регенерации значительного его количества из материала разрушающихся створок диатомовых, образовавшегося в весенний период, продолжительностью 2–3 мес. При этом, концентрация кремния в собственно море и Таганрогском заливе возрастает в 5 раз и составляет 790–850 и 2080 мг/м³ соответственно. Летне-осенняя вегетация диатомовых в собственно море приводит к дефициту содержания кремнекислоты в собственно море (таблица).

Таблица. Сезонная динамика кремния и диатомовых водорослей в Азовском море

Период	Кремнекислота, мг/м ³				Биомасса диатомовых водорослей, г/м ³			
	Весна	Лето	Осень	Среднее	Весна	Лето	Осень	Среднее
ТАГАНРОГСКИЙ ЗАЛИВ								
2004–2006	1760	2080	2620	2150	1,3	2,1	2,6	2,0
2010–2016	510	2080	1740	1440	1,4	0,8	1,7	1,3
СОБСТВЕННО МОРЕ								
2004–2006	170	850	560	530	0,2	0,7	0,6	0,5
2010–2016	120	790	400	440	0,4	0,9	1,3	0,8

Обобщая результаты наблюдений за период 2010–2016 гг. приходим к выводу, что в при среднем стоке 16 км³ содержание кремнекислоты снижалось как в собственно море, так и в Таганрогском заливе. Увеличение концентрации кремниевой кислоты наблюдается летом (790 мг/м³ в собственно море, 2080 мг/м³ в Таганрогском заливе), когда скорость регенерации кремния превышает его потребление. Осенний период характеризуется увеличением уровня растворенного кремния, относительно летнего периода, вследствие деструкции органического кремнесодержащего вещества. Таким образом, диатомовые водоросли являются как потребителями кремния, так и его источником.

Литература

- Бронфман А.М., Дубинина В.Г., Макарова Г.Д. 1979. Гидрологические и гидрохимические основы продуктивности Азовского моря. — М.: Пищевая промышленность. — 288 с.
- Александрова З.В., Баскакова Т.Е. Основные закономерности формирования кислородного и биогенного режимов юго-восточного участка на акватории Азовского моря в районах проектируемого разведочного бурения ООО НК «Приазовнефть» // Науч.-техн. журнал «Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе», 2010. № 9. — С. 30–37.
- Александрова З.В., Семенов А.Д. и др. 1998. Режим кислорода и содержания биогенных веществ Азовского моря в многолетнем аспекте // Сб. науч. тр. Основн. пробл. рыбн. хоз. и охраны рыбохоз. водоемов Азово-Черноморск. бассейна. АзНИИРХ. — Ростов-на-Дону. — С. 34–48.
- Макарова Г.Д. 1970. Кислородный режим Азовского моря и условия его формирования в период зарегулированного стока р. Дон / В кн.: Химические ресурсы морей и океанов. — М. — С. 109–115.

О проблемах разработки процедуры управления с обратной связью для промысла криля

А.М. Сытов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: sytov@vniro.ru

Ключевые слова: Антарктика, АНТКОМ, управление с обратной связью, антарктический криль, *Euphausia superba*, промысел криля, потребители криля

Аннотация. Проведен обзор рабочих документов и литературных источников по проблемам разработки схемы управления с обратной связью для промысла криля, как одной из ключевых задач, решаемых Рабочей группой по экосистемному мониторингу и менеджменту и Научным Комитетом АНТКОМ (Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики). В условиях возрастающего интереса к промыслу криля, в частности в Подрайоне 48.1 (Антарктический полуостров и Юные Шетландские острова), беспокойность вызывает отсутствие достаточной адекватной информации в отношении пространственной и временной изменчивости распределения криля, оценки конкурентных отношений между промыслом и хищниками, питающимися крилем.

Разработка схемы управления с обратной связью промыслом (Feedback management — FBM) антарктического криля *Euphausia superba* является одной из ключевых задач, решаемых Научным Комитетом АНТКОМ (Комиссия по сохранению морских живых ресурсов Антарктики). Практическая реализация FBM рассматривается как составная часть разрабатываемых процедур пространственного квотирования вылова криля в районе 48. Проблема разработки FBM вызывает наибольшие дискуссии в рамках Рабочей группы по экосистемному мониторингу и менеджменту (WG-EMM).

Основными задачами FBM являются:

- понимание динамики и взаимосвязей криля в экосистеме;
- анализ потенциального воздействия промысла на ресурсы криля и зависимых от него хищников (морские млекопитающие, пингвины, рыбы и др.);
- оценка риска от реализации принимаемых схем управления промыслом на показатели промысловых судов.

Данные задачи требуют особого внимания и обсуждения на Научном Комитете АНТКОМ и его рабочих группах. Эти задачи были определены Научным Комитетом в 2015 г. в соответствии с предложениями Российской Федерации, представленными на XXXIII и XXXIV сессиях Научного Комитета (Анон., 2014а; Анон., 2015а).

Также в межсессионный период 2015–2016 гг. (по инициативе России) Рабочей группой WG-EMM был предпринят анализ доступных данных акустических съемок, экосистемных индексов СЕМР (Программа АНТКОМ по экосистемному мониторингу — CCAMLR Ecosystem Monitoring Program) и данных промысла. Целью анализа было обсуждение современного состояния изученности установленных задач FBM (Отчет..., 2015а).

В связи с тем, что в настоящее время подрайон 48.1 является основным подрайоном современного промысла криля (рис. 1), а также в плане установления в нем морского охраняемого района (МОР) большое внимание было уделено проблеме управления промыслом в данном подрайоне по задачам FBM.

По инициативе ряда стран (Великобритания, ЕС, США и Новая Зеландия) были подготовлены предложения в отношении необходимости пересмотра условий промысла в подрайоне Антарктического полуострова (48.1), а именно: снижение величины регионального вылова, изменения его пространственного размещения и смещения сезона промысла (Анон., 2014b; Анон., 2015с).

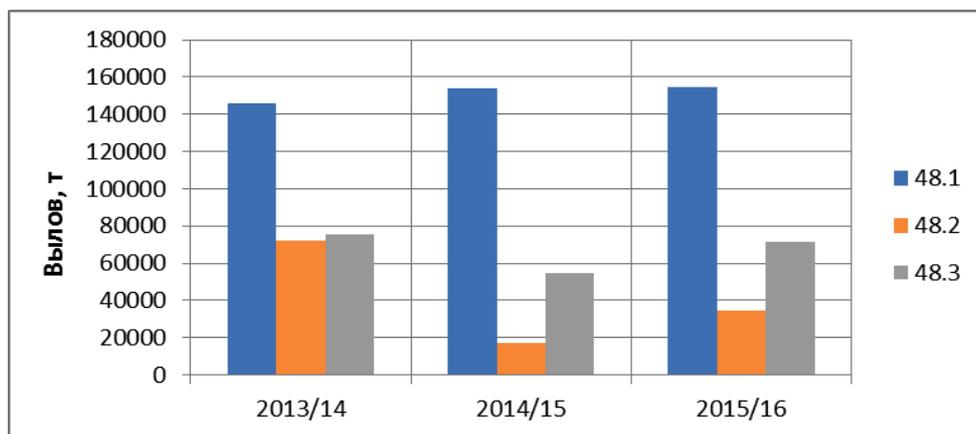


Рис. 1. Вылов антарктического криля в подрайонах 48.1, 48.2 и 48.3

Российские специалисты придерживаются позиции, что подход к управлению должен обеспечивать гибкость пространственного квотирования вылова с учетом интересов стран океанического лова, выступая против любых необоснованных попыток ухудшения условий промысла криля в подрайонах моря Скоттия под надуманным предлогом влияния промысла на ресурсы криля и зависимых хищников (Anon., 2014a; Anon., 2015a).

Предпринятый специалистами стран-членов АНТКОМ анализ не выявил ни одного научно обоснованного свидетельства негативного влияния промысла на ресурсы криля и зависимых хищников, включая период максимального исторического вылова криля, полученного в 80-е годы прошлого века. Доступная информация относится к различным пространственным и временным масштабам и не является адекватной для исследований рисков от воздействия разрабатываемых схем пространственного распределения вылова на показатели работы флота и для разработки критериев оценки конкурентных отношений между промыслом и хищниками, питающимися крилем.

Выявлено только наличие пространственного перекрытия районов промысла и зон откорма пингвинов в пр. Брансфилд (подрайон 48.1) (Anon., 2015c). Общая численность зависящих от криля хищников неизвестна, и это означает, что сейчас нельзя определить общее потребление криля хищниками (Отчет ..., 2016a).

По литературным данным потребности хищников очень значительны и несопоставимы с оценками биомассы криля по данным акустических съемок (таблица) и тем более с величиной современного промысла. Например, вылов в подрайоне о. Южная Георгия в 2006 г. составил 104 тыс. т (CCAMLR, 2016), в то же время годовые пищевые потребности популяции только одного золотоволосого пингвина *Eudyptes chrysolophus* здесь составляют 8,08 млн т (Trathan et al, 2006).

Оценка конкурентных отношений между промыслом и хищниками-потребителями также требует учета конкурентных отношений между отдельными группами хищников. Сказанное выше ставит под сомнение гипотезу о воздействии промысла криля на его ресурсы и потребителей криля (птиц и млекопитающих) через трофическую цепь и их конкурентные отношения.

Выводы

Ряд ключевых научных вопросов, связанных с управлением ресурсами криля остаются пока без ответа.

Во-первых, нет доказательств, что антарктическая экосистема подвергается опасности.

Во-вторых, отсутствует ясность в отношении ключевого вопроса разработки схемы пространственного квотирования вылова криля: возможно ли влияние промысла на ресурсы криля и состояние зависимых хищников при современном уровне промысла и, если да, то где и при каких условиях?

В-третьих, до настоящего времени не доказана сама возможность конкуренции между промыслом и потребителями криля.

Таблица. Потребности криля зависимыми хищниками по литературным данным

Потребитель	Примерное потребление ежегодно, т	Источник
Южный малый полосатик <i>Balaenoptera bonaerensis</i>	$35,5 \times 10^6$	Armstrong, Siegfried, 1991
Усатые киты	$175,1 \times 10^6$	Mackintosh, 1973
Южный малый полосатик <i>Balaenoptera bonaerensis</i>	140×10^6	Ichii, Kato, 1991
Южный малый полосатик <i>Balaenoptera bonaerensis</i>	75×10^6	Everson, 2000
Тюлень-крабод <i>Lobodon carcinophagus</i>	63×10^6	Sahrhage, 1989
Усатые киты, южный малый полосатик <i>Balaenoptera bonaerensis</i>	40×10^6	
Котики	130×10^6	
Усатые киты	190×10^6	Laws, 1977
Кергеленский морской котик <i>Arctocephalus gazella</i> , тюлень-крабод <i>Lobodon carcinophagus</i>	64×10^6	
Усатые киты	$3-53 \times 10^6$	Mori, 2005
Кергеленский морской котик <i>Arctocephalus gazella</i> , тюлень-крабод <i>Lobodon carcinophagus</i>	$24-73 \times 10^6$	
Кергеленский морской котик <i>Arctocephalus gazella</i>	$3,84 \times 10^6$	Boyd, 2002
Золотоволосый пингвин <i>Eudyptes chrysolophus</i>	$8,08 \times 10^6$	
Горбатый кит <i>Megaptera novaeangliae</i>	$790-995 \times 10^3$	Reilly et al., 2004
Донные рыбы	$23-29 \times 10^6$	
Мезопелагические рыбы	$5-32 \times 10^6$	Коек et al., 2012
Золотоволосый пингвин <i>Eudyptes chrysolophus</i>	$1,2 \times 10^5$ (зимой)	Nomian et al., 2014
Тюлень-крабод <i>Lobodon carcinophagus</i>	$23,1 \times 10^6$	Foreada, Trathan, 2009
Папуанский пингвин <i>Pygoscelis papua</i>	$45,9 \times 10^3$	Croxall, 1990
Антарктический пингвин <i>Pygoscelis antarctica</i>	$1,9 \times 10^3$	
Золотоволосый пингвин <i>Eudyptes chrysolophus</i>	$2,9 \times 10^6$	
Антарктический пингвин <i>Pygoscelis antarctica</i>	$6,8-19,2 \times 10^3$ (зимой)	Williams, 1990
Усатые киты	$175,1 \times 10^6$	Nicol et al., 2000
Котики, морские птицы, киты	$47,8 \times 10^6$	Nicol, 2014

В четвертых, для выполнения необходимых исследований отсутствует фактический материал, основанный на адекватных наблюдениях.

Следствием отсутствия ясности по указанным выше проблемам будут являться неверные выводы и научно необоснованные рекомендации по управлению ресурсами криля. Ограничение современного промысла криля пороговым уровнем в 620 тыс. т научно не обоснованно ни состоянием ресурсов криля, ни объемами современного промысла (Анон., 2015б; Анон., 2016б).

В связи с этим, вводить любые пространственные или временные ограничения не имеет смысла.

В ближайшее время следует провести комплексные экспедиционные исследования в Антарктической части Атлантики (АЧА), включающие акустические съемки, океанологические наблюдения, гидробиологические наблюдения, ихтиологические наблюдения.

Результатом этих исследований будет:

1. Оценка состояния ресурсов криля в АЧА.
2. Анализ закономерностей пространственно-временного распределения криля в зависимости от динамики и структуры водных масс.

3. Анализ распределения криля в традиционных районах промысла и выявление новых потенциальных участков промысла для возобновления российского промысла криля.

4. Разработка рекомендаций по возобновлению российского промысла криля, включая оценки ожидаемых показателей промысла в зависимости от используемых орудий лова и мощности судового технологического оборудования (вылов на час траления, суточный вылов).

5. Разработка предложений по процедурам управления ресурсами криля в контексте решаемых АНТКОМ задач с учетом интересов российского рыболовства.

Литература

Отчет Рабочей группы по экосистемному мониторингу и управлению. 2016а. WG-EMM-2016. Болонья, Италия. — 163 с.

Отчет тридцать четвертого совещания Научного комитета АНТКОМ. 2015а. SC-CAMLR – XXXIV. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 458 с.

Отчет тридцать пятого совещания Научного комитета АНТКОМ. 2016б. SC-CAMLR – XXXV. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 458 с.

Отчет тридцать четвертого совещания Комиссии АНТКОМ. 2015б. CCAMLR-XXXIV. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 236 с.

CCAMLR. 2016. Statistical Bulletin, Vol. 28. www.ccamlr.org

Anonymous. 2014а. Замечания и предложения к разработке схемы управления с обратной связью для промысла криля. Делегация Российской Федерации // SC-CAMLR-XXXIII/07. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 9 с.

Anonymous. 2015а. Замечания и предложения к разработке процедур управления промыслом криля в зоне Конвенции АНТКОМ. Делегация Российской Федерации // SC-CAMLR-XXXIV/11. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 6 с.

Anonymous. 2015б. Создание ограниченных по времени Особых районов научных исследований в морских районах, вновь обнажившихся в результате отступления или разрушения шельфовых ледников в подрайоне 48.1, подрайоне 48.5 и подрайоне 88.3. Делегация Европейского Союза // CCAMLR-XXXIV/21. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 13 с.

Anonymous. 2015с. Предохранительные сезонные ограничения на промысел *Euphausia superba* в районе 48. Делегация Европейского Союза // CCAMLR-XXXIV/22. Австралия, Хобарт: АНТКОМ. — 16 с.

Armstrong A.J., Siegfried W.R. 1991. Consumption of Antarctic krill by Minke whales, 1991 // Antarctic Science. V. 3. No. 1. — P. 13–18.

Boyd I.L. 2002. Estimating food consumption of marine predators: Antarctic fur seals and macaroni penguins. // Journal of Applied Ecology. V. 39. No. 1. — P. 103–119.

Croxall J.P. 1990. Food consumption by predators in CCAMLR integrated study regions, 1990. // WG-CEMP-90/31. Hobart: CCAMLR. — 43 p.

Everson I. 2000. Role of krill in marine food webs -the Southern Ocean. Krill biology, ecology and fisheries (Ed. Everson I.). Oxford, UK: Blackwell Science. — P. 202–227.

Foreada J., Trathan P.N. 2009. Krill consumption estimates for crabeater seals at the Antarctic Peninsula and the western Weddell Sea with special reference to SSMUs of Area 48.1. // WG-EMM-09/21. Hobart: CCAMLR. — 10 p.

Ichii T., Kato H. 1991. Food and daily food consumption of southern minke whales in the Antarctic // Polar Biology. V. 11. — P. 479–487.

Kock K.-H., Barrera-Oro E., Belchier M., Collins M.A., Duhamel G., Hanchet S., Pshenichnov L., Welsford D., Williams R. 2012. The role of fish as predators of krill (*Euphausia superba*) and other pelagic resources in the Southern Ocean // CCAMLR Science V. 19. — P. 115–169.

Laws R.M. 1977. Seals and whales of the Southern Ocean // Phil. Trans. R. Soc. Lon. B. V. 279. — P. 81–96.

Mackintosh N.A. 1973. Distribution of post-larvae krill in the Antarctic. // Discovery 95–156. Rep. V. — P. 36.

Mori M. 2005. Modelling the krill predator dynamics of the Antarctic ecosystem. PhD Thesis, University of Cape Town. — P. 302.

Nicol S. 2014. A look below the surface: Antarctic krill sustainability // AkerBioMarine Antarctic AS, Oslo, Norway.

Nicol S., A.J. Constable, T. Pauly. 2000. Estimates of circumpolar abundance of Antarctic krill based on recent acoustic density measurements // CCAMLR Science, V. 7. — P. 87–99.

Nomian R. et al. 2014. Do krill fisheries compete with macaroni penguins? Spatial overlap in prey consumption and krill catches during winter // WG-EMM-14/02. Hobart: CCAMLR. — 25 pp.

Reilly S. et al. 2004. Biomass and energy transfer to baleen whales in the South Atlantic Sector of the Southern Ocean // Deep Sea Research II, V. 51. — P. 1397–1409.

Sahrhage D. 1989. Antarctic krill fisheries: potential resources and ecological concerns // Marine invertebrate fisheries: their assessment and management (Ed. John F. Caddy). Wiley-Blackwell. — P. 768 .

Trathan P.N., Green C., Tanton J., Peat H., Poncet J., Morton A. 2006. Foraging dynamics of macaroni penguins *Eudyptes chrysolophus* at South Georgia during brood-guard // Marine Ecology-Progress Series. No 323. — P. 239–251.

Williams T.D. 1990. Foraging ecology and diet of Gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) at South Georgia during winter and the assessment of their winter prey consumption / WG-CEMP-90/16 Hobart: CCAMLR. — 38 p.

УДК 639.2/3(063)

Встречаемость язвенного некроза кожи у горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* у побережья о. Итуруп в 2016 г.

Т.Ю. Углова, Ю.Е. Барышникова, В.А. Карпов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва
e-mail: Tasha-ug@yandex.ru

Ключевые слова: горбуша, язвенный некроз кожи, о. Итуруп.

Аннотация. В настоящей работе проведен анализ данных встречаемости язвенного некроза кожи у горбуши, полученных в ходе экспедиционных исследований в акваториях заливов Простор, Курильский и у северного побережья о. Итуруп в 2016 г. Показана доля встречаемости производителей горбуши с признаками язвенного некроза кожи на протяжении нерестового хода.

Остров Итуруп является одним из районов воспроизводства тихоокеанских лососей (Углова, 2015). Его прибрежные воды входят в Южно-Курильскую зону, являющуюся уникальным регионом Мирового океана. Наиболее массовый вид тихоокеанских лососей — горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*. Основной её вылов сосредоточен на о. Итуруп, где добывается до 90 % всей горбуши южных Курильских островов.

В 2016 г. в течение нерестового хода были отмечены производители с язвенными поражениями на коже. Можно предположить, что это проявление язвенного некроза кожи.

Язвенный некроз кожи (ЯНК) лососевых достаточно тяжелое заболевание производителей, которое развивается, как правило, во время нерестового хода при температуре ниже 10 °С и выражается в виде специфических язв на теле рыб (Roberts, 1993; Estates, 2012). При присоединении вторичной инфекции к заболеванию может приводить к высокой смертности особей.

Возбудителем ЯНК является вирус, относящийся к пикорнавирусам, заражение которым происходит через контакт с водной средой (Головина и др., 2003; Гаевская, 2004; Estates, 2012).

Развитие язв происходит на не покрытых чешуёй участках тела, таких как: жаберные крышки, голова, а также в районе жирового плавника. Проявление клинической картины начинается с образования небольших пятен круглой формы, имеющих темный цвет и диаметр от нескольких миллиметров. Затем наблюдается присоединение вторичной инфекции, как правило, это грибки беловато-сероватого цвета, при этом контуры пораженного участка начинают увеличиваться и достигают нескольких сантиметров. Это приводит к функциональному изменению клеток слизистой оболочки и разрушению эпидермиса. При более запущенных случаях можно наблюдать повреждение базальной мембраны и некроз, который пе-

реходит на дерму и мышечную ткань. В среднем зараженность рыб достигает 20—40 %, в таких же пределах колеблется гибель. У заводских производителей отмечалась гибель до 100 % (Кох и др., 1980). Наиболее высокая экстенсивность заражения встречается у самых многочисленных видов, таких как горбуша (Бугаев, 2009).

В период исследований на протяжении всего нерестового хода мы наблюдали типичное проявления развития клинической картины язвенного некроза кожи у производителей горбуши. Причины возникновения массовых вспышек все еще неизвестны, что делает практически невозможным их прогнозирование. Чаще всего при наступлении «экстренного случая» приходится его только регистрировать. Особенно это касается случаев, когда отмечаются поражения простейшими, вызывающими лизис мускулатуры. Хотя, по мнению С.М. Коновалова (1985), фауна простейших не воздействует на хозяев летально даже при высокой степени инвазии (Швецова и др., 2009).

У самцов горбуши, пойманных в зал. Простор, доля встречаемости пораженных язвами производителей возрастала от начала к концу нерестового хода и достигала 25,7 % к концу первой декады сентября, затем следовал спад и незначительное повышение. В зал. Курильский доля встречаемости пораженной рыбы также изменялась с начала до середины нерестового хода имея тенденцию к увеличению. К середине сентября показатель зараженности рыб достиг своего максимума и составил 37,1 %. В выборках горбуши взятых с неводов, расположенных в северной части острова встречаемость пораженной язвами рыбы постепенно увеличивалась от первой декады августа, и к середине сентября и достигала 17,4 %, затем этот показатель снижался (рис. 1).

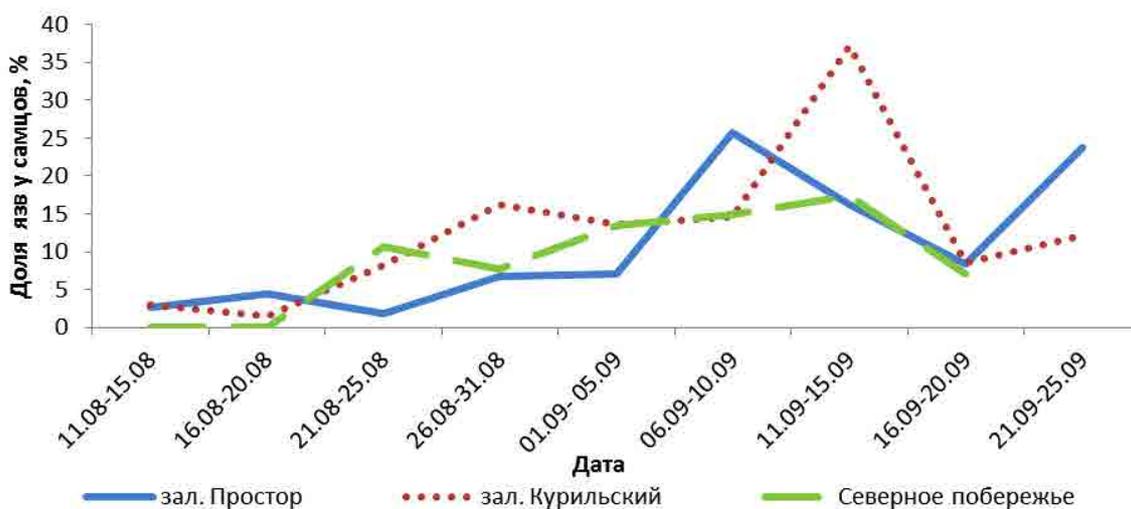


Рис. 1. Встречаемость язвенного некроза кожи у самцов горбуши в течение сезона промысла в разных районах о. Итуруп в 2016 г., %

У самок горбуши, выловленных в акватории острова во время преднерестовой миграции, наблюдалась схожая картина увеличения встречаемости язвенного некроза кожи с начала до середины нерестового хода. Так, в зал. Простор доля пораженных самок достигла максимума к середине сентября и составила 21 %, затем следовало резкое снижение. В зал. Курильский к 15 сентября встречаемость пораженных язвами производителей самок горбуши составило 16,9 %. В выборках горбуши, взятых с неводов расположенных в северной части острова, доля пораженных самок была самой высокой в первой декаде сентября и составила 22,9 % (рис. 2).

Локализация язв на коже отличалась у разных производителей горбуши: на одной особи встречалось от одной до нескольких язв с интенсивностью поражения от тонких, темного цвета колец или полуколец диаметром от нескольких миллиметров до поражения мускулатуры в тяжелых случаях (рис. 3–5).

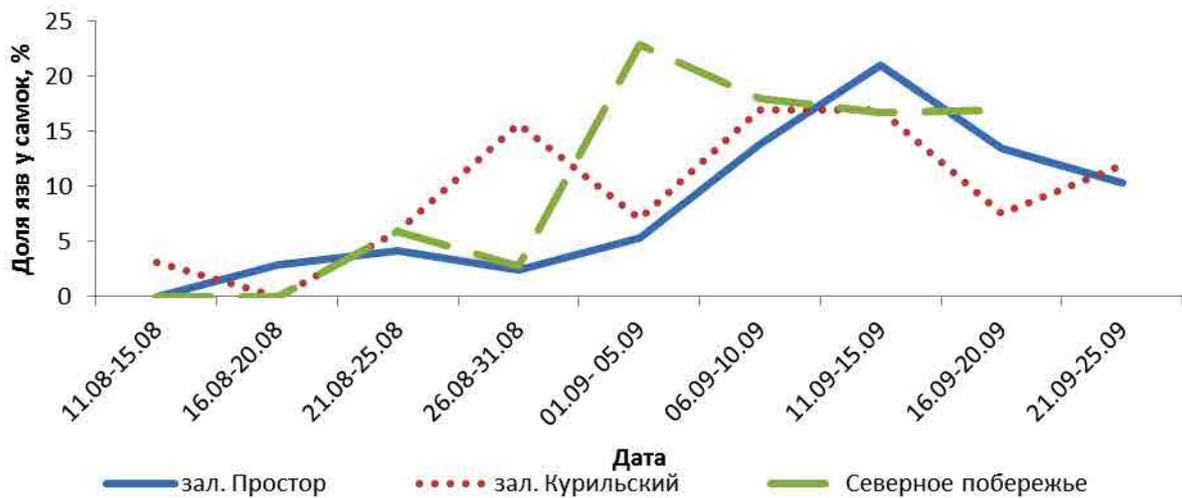


Рис. 2. Встречаемость язвенного некроза кожи у самок горбуши в течение сезона промысла в разных районах о. Итуруп в 2016 г.

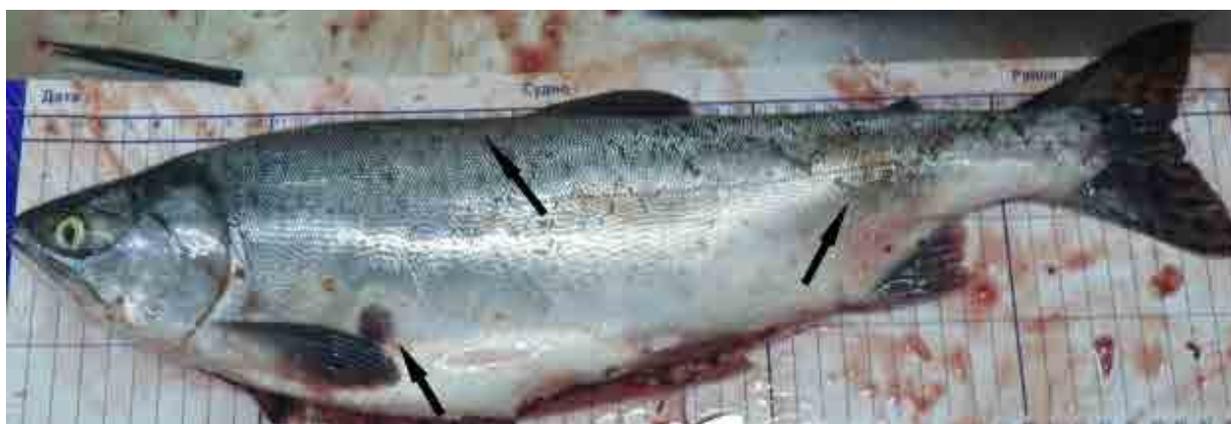


Рис. 3. Язвенные поражения кожи горбуши от тонких колец или полуколец до поражения и язва захватившая дерму

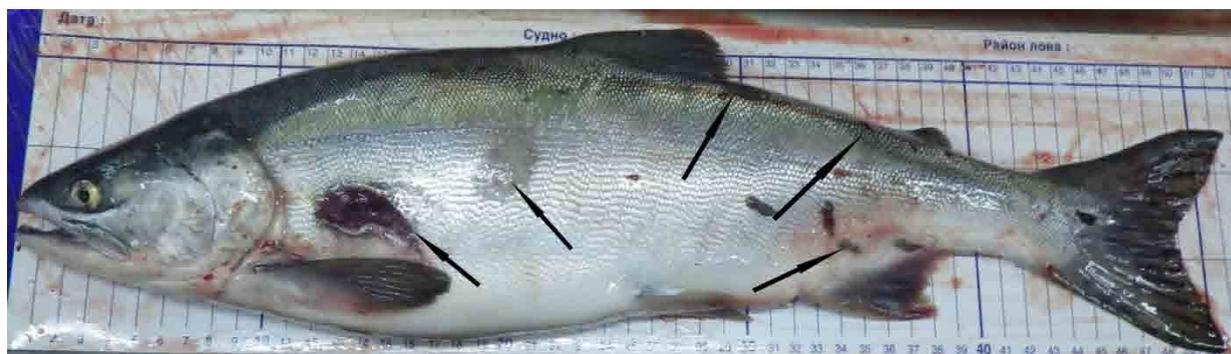


Рис. 4. Язвенные поражения кожи горбуши в виде тонких колец до поражения верхних слоев кожи, также поражение кожи лососевой вошью *Lepeophtheirus salmonis* и травма от укуса морского зверя



Рис. 5. Язвенное поражение кожи хвостового стебля у горбуши

Заключение

Паразиты являются полноправными сочленами биоценозов и под действием факторов окружающей среды тоже подвержены колебаниям численности. В работе отмечена вспышка язвенного некроза 2016 г., которую наблюдали у производителей горбуши, подошедших на нерест к побережью о. Итуруп. Из-за связанного с болезнью язвенного разрушения кожного покрова происходит присоединение вторичных бактериальных и грибковых инфекций, что, как правило, приводит к увеличению зоны поражения и степени тяжести протекания заболевания, и как следствие, может увеличить смертность производителей еще до захода в нерестовые реки.

Литература

- Бугаев А.В. Зараженность морскими вшами *Lepeophtheirus salmonis* (Caligidae) тихоокеанских лососей *Oncorhynchus* Spp. в прикамчатских водах Берингова моря и Тихого океана в период преднерестовых миграций 2004–2005 гг. // Исследования водных и биологических ресурсов Камчатки и Северо-Западной части Тихого океана. Сборник научных трудов. Вып. 12. 2009. — С. 48–57.
- Гаевская А.В. Паразиты и болезни морских и океанических рыб в природных и искусственных условиях. — Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика. 2004. — 237 с.
- Головина Н.А., Стрелков Ю.А., Воронин В.Н. Ихтиопатология. — М.: Мир. 2003. — 448 с.
- Кох В., Банк О. Йенс Г. Рыболовство. — М.: Пищевая промышленность. 1980. — 216 с.
- Углова Т.Ю. Исследования горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) у северного побережья острова Итуруп (Южные Курильские острова) в 2008–2014 годах // Комплексные исследования водных биологических ресурсов и среды их обитания. Материалы Второй научной школы молодых ученых и специалистов по рыбному хозяйству и экологии с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения И.Б. Бирмана. Звенигород, 19–25 апреля 2015 г. 2015. — С. 65.
- Швецова Л.С., Михайлов С.В., Мотора З.И. Особенности зараженности лососей в морской период жизни (по результатам исследований 2009 г.) // Бюллетень № 4 Реализации «концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». 2009. — С. 231–234.
- Estates A. Ulcerative Dermal Necrosis (UDN). The River Annan Trust & District Salmon Fishery Board. 2012. <https://www.riverannan.org/udn>
- Roberts R.J. 1993. Ulcerative dermal necrosis (UDN) in wild salmonids // Fisheries Research. V. 17 (1–2). — P. 3–14.

Опыт использования гидроакустического комплекса для количественного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Камчатки

Е.С. Фадеев, Е.А. Шевляков

Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «КамчатНИРО»), г. Петропавловск-Камчатский
e-mail: ltd-quest@mail.ru

Ключевые слова: гидроакустика, комплекс «NetCor», количественный учёт, производители, тихоокеанские лососи, р. Озерная, оз. Азабачье, р. Камчатка.

Аннотация. Получена количественная оценка численности производителей нерки *O. nerka* бассейнов р. Озерная и р. Камчатка. Выявлены особенности работы с комплексом на исследуемых водоемах, даны рекомендации по использованию комплекса «NetCor» для количественного учета тихоокеанских лососей в реках Камчатки. Проведен сравнительный анализ данных, полученных с помощью гидроакустического комплекса, авиаучетных работ и данных контрольных рыбопромышленных участков. Результаты работ по гидроакустической регистрации производителей тихоокеанских лососей с помощью комплекса «NetCor» показали, что мы способны получать оперативную информацию по количеству прошедших на нерестилище рыб. Эта информация отражает не только общее количество, но и динамику пропуска. Тем самым в таком крупном бассейне реки как р. Камчатка действует оперативная и слаженная система по введению пропускных дней как в заливе на морских неводах, так и на речных промышленных участках.

Для рационального ведения рыбного промысла необходим ежегодный мониторинг состояния запасов эксплуатируемых гидробионтов. Важным элементом мониторинга является оценка численности производителей, избежавших пресса промысла, которые будут составлять репродуктивную основу популяции. Величина захода производителей является производной промысла и вполне может служить инструментом управления промыслом лососей. Причем, как инструмент регуляции, оценка численности захода наиболее востребована при осуществлении промысла именно лососей, где ежегодная «конечность» (ограниченность) ресурса определяет как необходимость обеспечения оптимального пропуска, так и возможность максимального изъятия оставшегося количества рыб. Обычно с момента захода производителей в реку и до достижения ими нерестилищ, где они могут быть учтены визуально, проходит от недели (для малых и средних рек) до 20 и более дней (в крупных водотоках). Понятно, что столь протяженный промежуток времени сильно ограничивает возможности оперативного регулирования промысла и в условиях кратковременного рунного захода, характерного для лососей в целом, сводит на нет эффективность мер регулирования, связанных с ограничением промысла. Установка рыбоучетных заграждений в створе рек и тотальный подсчет производителей в ряде случаев решает перечисленные задачи, обеспечивая потребности как в оперативной информации о текущем пропуске, так и о его динамике. К ограничениям данного рода конструкций относится дороговизна установки и эксплуатации, наряду с отсутствием вышеупомянутой транспортной инфраструктуры, а также необходимость содержания научных групп по обеспечению учета. По той же причине (дороговизне и временном лаге движения лососей от устья до нерестилищ) не могут быть средством оперативного учета числа лососей, избежавших промыслового пресса, и авиаучеты.

Современные акустические системы учета, при наличии адекватного программного обеспечения способны удовлетворить существующие на сегодняшний день потребности в этой области (Шевляков, Дубынин, 2012).

Изучив рынок такой продукции, выбор был остановлен на отечественном гидроакустическом комплексе «NetCor», разработанный ООО «Промгидроакустика» (г. Петрозаводск). Комплекс снабжен платформами и может быть установлен в низовьях рек немногим выше последних рыбалок, или непосредственно в нерестовых водотоках. При этом оперативность

обработки информации составляет около суток, обслуживание комплекса не требует большого числа квалифицированных сотрудников — вполне достаточно одного оператора, обеспечивающего бесперебойное питание комплекса и обработку материалов.

Комплекс состоит из сети пространственно-разнесенных плавучих высокочастотных гидроакустических станций, передающих по радиоканалу информацию о подводной обстановке в виде цифрового представления огибающей эхосигнала на береговую контрольно-измерительную компьютеризированную станцию. Акустическое зондирование может осуществляться в горизонтальной или вертикальной плоскости под любым заданным углом к поверхности воды. Набор эхолотов образует неподвижную зону регистрации в выбранном для наблюдения сечении реки. Рыба, в своем естественном движении, пересекает эту зону и происходит её гидроакустическая регистрация.

Главная сложность состояла в разработке программного продукта, адекватного существующим особенностям нерестового хода тихоокеанских лососей, в частности, способного идентифицировать отдельных особей в совокупности в период их рунного хода в реках. Комплекс ранее не использовался для счета производителей тихоокеанских лососей.

Работы по гидроакустической регистрации производителей нерки в бассейне р. Озерная

Установка гидроакустического комплекса была предпринята в 2010 г. в истоке р. Озерная на научном пункте ФГБНУ «КамчатНИРО». Комплекс был установлен в непосредственной близости с рыбоучетным заграждением для визуального счета рыб. Тем самым мы смогли произвести калибровку и отработку программного обеспечения, сопоставив результаты счета на рыбоучетном заграждении с результатами счета комплекса.

В результате первичных наблюдений за поведением рыб в створе были сделаны выводы о необходимости смены его местоположения, поскольку наличие РУЗа определяло характер перемещения рыб в зоне учета, в т.ч. и многократные пересечения производителями акустического луча. РУЗ нарушает естественный ход рыбы, тем самым нивелируя базовое допущение, реализованное в программном пакете — о регистрации характеристик потока проходящих рыб. Был обследован участок реки в 3–4 км ниже по течению, который более подходил под условия поставленной задачи, в т.ч. и по профилю сечения реки. Обработка данных показала, что внедрение гидроакустического метода в практику рыбохозяйственных научных исследований возможно и целесообразно.

В 2011 г. программное обеспечение комплекса с учетом выявленных замечаний подверглось значительным доработкам. С этого года работы проводились на полигоне, расположенном в 3,5 км ниже по течению от заграждения на постоянной основе.

На полигоне установили плавучие платформы с излучателями, на берегу реки оборудовали контрольно-измерительную станцию. При установке экспериментальным путём определяли оптимальное положение плавучих платформ, направление и угол атаки акустических антенн. На рис. 1 показана схема установки гидроакустических станций комплекса «NetCor» в рабочем режиме с указанием направления и базового диапазона работы акустических антенн.

Результаты выполненных работ показали, что комплекс «NetCor» позволяет осуществлять количественную оценку производителей нерки разного размера в течение длительного времени. При этом нет ограничений для сбора данных ни по периоду, ни по состоянию погоды, что позволяет при необходимости проследить суточную динамику миграций.

Из опыта работ в 2010–2012 гг. можно отметить следующее.

- При регистрации рыб возникают некоторые трудности, связанные с влиянием акустической зоны тени на возможность обнаружения рыб, находящихся в непосредственной близости от грунта или поверхности воды. Поэтому необходимо своевременно находить оптимальный угол наклона и глубину погружения гидроакустической антенны — для более точного распознавания полезного сигнала во время обработки эхограмм.

- При проведении количественной оценки комплексом «NetCor» необходимо учитывать негативное влияние природных (колебания уровня воды, вынос пемзы из озера) и антропогенных (прохождение моторных лодок в зоне регистрации комплекса) факторов на работу гидроакустической системы.

- Принято считать, что погрешность гидроакустического метода может составлять до 30 %, причем с вероятностью недооценки выше, чем переоценки. В эту погрешность входят как ошибки этапа измерения, так и ошибки этапа интерпретации измерений в искомую численность. Различие в итоговых цифрах по учету производителей нерки комплексом «NetCor» и визуального счета на рыбоучетном заграждении в истоке р. Озерная составила 14 %. Это объясняется влиянием природных и антропогенных факторов при оценке количества производителей на рыбоучетном заграждении и с помощью гидроакустического комплекса.

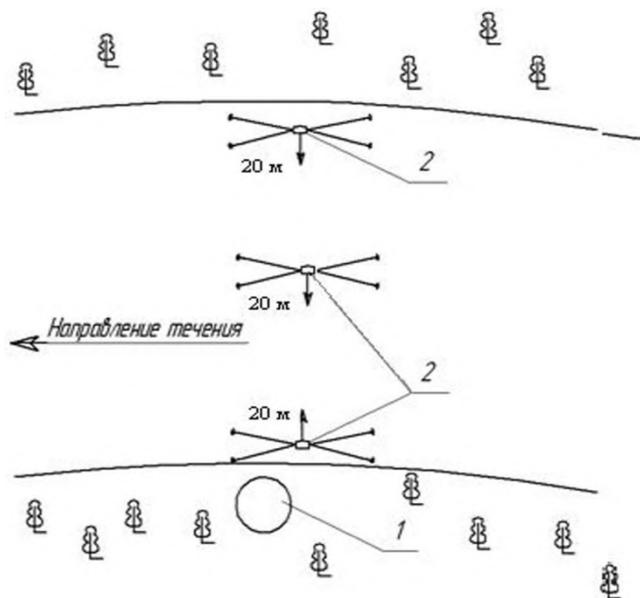


Рис. 1. Схема установки гидроакустических станций комплекса «NetCor» в р. Озерная:
1 — береговая контрольно-измерительная станция; 2 — плавучие гидроакустические станции

В период рунного хода половозрелой нерки было отмечено явление суточной миграции производителей вверх и вниз по течению в пределах участка реки близкого к истоку озера. В утренние и вечерние часы рыба, поднимающаяся на нерест в озеро, периодически мигрировала вниз по реке к месту установки гидроакустического комплекса. Это объясняется тем, что несколько ниже по течению от места установки платформ в реке есть яма с большей глубиной и относительно слабым течением. Комплекс не способен различать направление движения рыб. Используемый комплекс «ППВ-1», который планировали применять для решения проблемы суточной миграции производителей вверх–вниз по течению, не выполнил поставленной задачи. Дальность обзора установленной в воде видеокамеры не превышала трех метров, что при ширине реки более тридцати метров не достаточно для определения направления движения рыбы, а работа подсветки в ночное время может оказывать отпугивающее действие на гидробионтов. В результате этого может происходить многократная регистрация одного и того же объекта исследования.

Величина зарегистрированной гидроакустическим методом покатной молоди оказалась более чем в 17 раз ниже оценки численности методом контрольных обловов ловушкой. Характеристики комплекса «NetCor» (рабочая частота, уровень излучения, чувствительность на прием и направленность антенны) обеспечивают регистрацию и покатной молоди, и производителей нерки как контрастных целей на фоне реверберационных помех. Тем не менее, говорить о количественной оценке молоди используемым гидроакустическим комплексом в настоящее время можно только в отношении производителей.

Работы по гидроакустической регистрации производителей нерки в бассейне р. Камчатка

В результате успешно проведенных работ в бассейне р. Озерная, где в истоке озера находится РУЗ, исследования были перенесены в другой крупный бассейн — р. Камчатка.

Работы по гидроакустической регистрации лососей, мигрирующих на нерестилища, в период с 2014 по 2016 гг. проводили в двух основных притоках р. Камчатка — пр. Азабачья и в бассейне р. Еловка. С 2016 г. проводится контрольный облов на речном промышленном участке № 832 «Хваленка» (рис. 2).

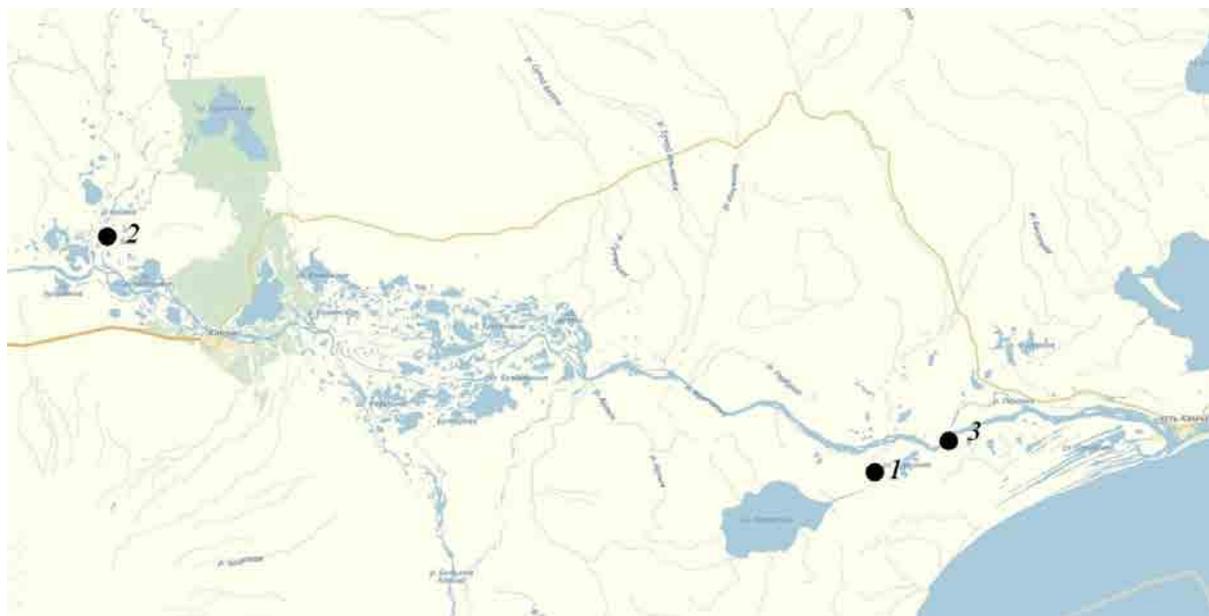


Рис. 2. Схема расположения полигонов для проведения гидроакустических работ и контрольных обловов: 1 — гидроакустический створ в пр. Азабачья; 2 — гидроакустический створ в бассейне р. Еловка; 3 — контрольный речной РПУ № 832 «Хваленка»

Места гидроакустических створов выбраны на основных путях миграции производителей нерки. Основная ее часть мигрирует в бассейне р. Еловка. Второе по численности стадо бассейна мигрирует в оз. Азабачье. Часть производителей составляет стадо, нерестящееся в верхнем течении р. Камчатка.

Работы по гидроакустической регистрации производителей в пр. Азабачья

Гидроакустический комплекс «NetCor» в пр. Азабачья устанавливается недалеко от биостанции «Радуга» ИБМ ДВО РАН. Полигон располагается примерно в 8 км от истока протоки оз. Азабачье и 3 км от слияния протоки с р. Камчатка. Исследования на этом полигоне проводятся с 2014 г. За три года работ была проведена калибровка аппаратуры в зависимости от силы цели регистрируемого объекта. Протока Азабачья является путем миграции на нерест в основном для одного вида тихоокеанского лосося — нерки, но, в протоке также мигрирует голец, микижа, карась и сазан. В связи с этим была проведена работа по исключению этих объектов из регистрации. Для этого по результатам биологического анализа выделили минимальные размеры производителей нерки и сопоставили с силой цели, которой соответствует данный размер, тем самым исключили из счёта мелкоразмерных особей указанных видов.

Полигон для регистрации производителей располагается в месте прижима реки. Грунт дна галечно-песчаный, не имеет водную растительность. Ширина протоки в этом месте составляет 30 м, что позволяет работать 3 платформами с удаленностью 10 м друг от друга. В процессе работ миграция производителей вверх–вниз по течению наблюдается только в период рунного хода ранней формы нерки. Расположение одной из платформ в центре русла позволяет исключить особей нерки, скатывающихся вниз по течению в период пред-

нерестового нагула. Замечено, что производители мигрируют вверх по течению у берега, так как течение там наиболее слабое, а скатываются вниз наоборот — ближе к центру русла протоки по течению. Тем самым оперативная обработка данных позволяет зарегистрировать такие передвижения и исключить ошибку, связанную с трехкратной фиксацией некоторых особей на эхограммах гидроакустического створа.

Комплекс имеет 2 способа счета: эхоинтегрирование и эхосчёт. В процессе работ используется, как правило, эхосчёт, но только в период рунного хода — эхоинтегрирование. Это связано с тем, что при эхосчёте программа обработки способна определить отдельные цели, находящиеся друг от друга на небольшом расстоянии. Если скопление большое, производители в нем находятся достаточно близко друг от друга, что выглядит как единое пятно в программе обработки. При этих условиях используется счет методом эхоинтегрирования (Фадеев, 2014).

Работы по гидроакустической регистрации производителей в бассейне р. Еловка

Работы в р. Еловка проводятся ниже впадения в неё рек Киревна и Тундровая и выше устья протоки Двенадцатой, впадающей в оз. Гренадерское. Выбор места створа обусловлен отсутствием протоков, соединяющих р. Камчатка с Еловкой в обход основного русла, т.е. обстоятельством исключающим заход в р. Еловка производителей в обход основного русла.

Ширина реки в месте и во время проведения учетных работ составляет 60–65 м. В осеннюю межень в этом месте обнажается коса, однако в июне и июле косы нет: непосредственно от берега идет резкий уклон до глубины 1,2–1,5 м, после чего на протяжении 21–23 м идет небольшой градиент с 1,5 до 2,4 м, затем незначительное поднятие до 2,0–2,1 м, после чего достаточно резкий свал до глубины 5,0 м. Течение в реке быстрое, в среднем около 5 км/ч, на месте проведения работ у приглубого берега даже выше, у мелкого несколько ниже.

Рекогносцировочные работы в р. Еловка начаты в 2014 г. Фактически установить комплекс, в связи со сложной морфологией русла и гидрологической обстановкой, удалось только в 2016 г.

Контрольный лов и соответствие уловов с данными пропуска

Так как гидроакустические створы в бассейне р. Камчатка не способны охватить всю нерку, мигрирующую в бассейн реки, проходил также контрольный лов на участке промышленного лова № 832 «Хваленка» в бассейне р. Камчатка. В дни, определенные как проходные, производилось до 2-х контрольных сплавов. Сплав осуществлялся с использованием стандартных сплавных промысловых сетей. Интервал между сплавами составлял 2 ч. Данные обловов усреднялись и в расчетах принимались как средний показатель улова на усилие. В промысловые дни статистика уловов собиралась из отчетов промысловых журналов. Параметры тони РПУ № 832 «Хваленка» позволяют осуществлять эффективное рыболовство в едином русле. Створ реки в пространстве тони относительно узок, не имеет ветвлений, и позволяет исключить обход объектов лова сетей, даже в период паводка. Участок располагается в 8 км от места слияния протоки Азабачья с р. Камчатка ниже по течению и является последним верхним эффективным РПУ в этой части русла. Удаление на 30 км от устья реки, наоборот, исключает привязку хода рыбы к морским приливным циклам.

Сопоставив данные гидроакустических наблюдений в пр. Азабачья с результатами контрольных уловов были получены следующие результаты.

1). Главная сложность оперативного регулирования промысла заключается во временном лаге, за время которого производители преодолевают расстояние от устья реки, где облавливаются, до нерестилищ, где могут быть учтены (Шевляков, Фадеев, 2015).

Гидроакустические работы в протоке Азабачьей позволяют существенно уточнить время прохождения производителями различных отрезков реки по пути следования, пропуск рыб в периоды разной интенсивности промысла (режим проходных дней), а также в разные периоды хода нерки. Для этого нами был проведен анализ промысла морскими ставными неводами и речными рыбопромышленными участками. Из него следует, что расстояние от

первых морских РПУ до РУЗ производители нерки преодолевают от 2 до 4 сут. Основная масса достигает рыбоучетного створа через 3 сут (Фадеев, Шевляков, Бирюков 2016).

2). Зная скорость преодоления производителями тихоокеанских лососей участков реки от устья до рыбоучетного створа, совместно с анализом данных по контрольным сплавам и пропуску производителей в пр. Азабачья, смогли получить представление о пропуске производителей всего бассейна р. Камчатка. Анализ промысла на участке № 832 «Хваленка» соотносится к пропуску производителей в протоке Азабачья в прямо пропорциональной зависимости. Данные авиаучетов и работы гидроакустического комплекса в бассейне р. Еловка позволяют вычислить ту часть, которая прошла выше, в р. Еловку и нерестилища Мильковского района.

Смоделировав эту взаимосвязь, теперь можем получать оперативные данные по пропуску, зная только вылов на контрольном участке реки.

Результаты работ по гидроакустической регистрации производителей тихоокеанских лососей с помощью комплекса «NetCog» показали, что мы способны получать оперативную информацию по количеству прошедших на нерестилище рыб. Эта информация отражает не только общее количество, но и динамику пропуска. Тем самым в таком крупном бассейне реки как р. Камчатка действует оперативная и слаженная система по введению пропускных дней как в заливе на морских неводах, так и на речных промышленных участках.

Современные гидроакустические системы мониторинга способны качественно предоставлять информацию по движению рыб вверх и вниз по реке, с ежедневным обновлением собранной и обработанной информации автоматически, со станции учета, без присутствия человека. В режиме реального времени доступ к этой информации поможет радикально улучшить управление, рассчитывать параметры для промысла и учитывать проходы рыб.

В настоящее время ведется работа по расширению работ на другие водотоки Камчатки, а также анализ и закупка более современной гидроакустической аппаратуры.

Литература

Фадеев Е.С. Опыт проведения гидроакустических работ по учету производителей тихоокеанских лососей (р. *Oncorhynchus*) в условиях бассейнов малых и средних рек (протока Азабачья, р. Кихчик) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сборник научных трудов. Вып. 34. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2014. — С. 89–94.

Фадеев Е.С., Шевляков Е.А., Бирюков А.М. Оценка пропуска производителей нерки в бассейне р. Камчатка с помощью гидроакустического комплекса «NetCog» // Бюл. № 11 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИНРО-Центр. 2016. — С. 150–157.

Шевляков Е.А., Дубынин В.А. План управления промыслом нерки р. Озерная // Вопросы рыболовства. 2012. Т. 13. №1(49). — С. 157–165.

Шевляков Е.А., Фадеев Е.С. Проблемы рационального рыболовства тихоокеанских лососей в бассейне р. Камчатка и Камчатском заливе, меры управления // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сборник научных трудов. Вып. 38. — Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. 2015. — С. 7–25.

УДК 593.953(265.54)

Рост серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* у берегов Приморья

М.О. Чалиенко

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр»), г. Владивосток
e-mail: yumbo@yandex.ru

Ключевые слова: серый морской еж, *Strongylocentrotus intermedius*, рост, возраст, Японское море, проективное покрытие водорослей.

Аннотация. В настоящей работе рассмотрены особенности роста *S. intermedius* в нескольких районах Северного Приморья (м. Поворотный — м. Золотой). Возраст морских ежей определялся по «регистрирующим структурам» (Мина, Клевезаль, 1976) на пластинках панцирей. Для описания роста животных применено уравнение Берталанфи. Установлено, что размерный состав ежей по районам достоверно различается, что в большей степени обусловлено локальными различиями в темпах роста. Анализ видового состава и распределения проективного покрытия водорослей показал, что на акваториях, где отсутствуют бурые водоросли, ежи растут медленнее.

Знание особенностей роста гидробионтов необходимо для достоверной оценки их промыслового запаса. Серый морской еж является одним из наиболее важных коммерческих объектов прибрежных вод Приморья. Несмотря на довольно длительный период промысловой эксплуатации этого ценного вида — более 20 лет, таким важным аспектам его биологии как рост и возрастная структура скоплений в отечественных исследованиях практически не было уделено внимания. До настоящего времени генеративный статус морских ежей в ресурсных исследованиях определяется по размеру панциря, такой подход не позволяет разделить тугорослых половозрелых ежей и молодь, что приводит к искажению реальной картины структуры популяций. В отечественной литературе о росте *S. intermedius* у берегов Приморья имеются данные по зал. Восток (Селин, 1993) и на акватории от м. Поворотный до зал. Ольги (Брегман, 2000), где возрастной состав скоплений определялся по размерно-частотным распределениям (метод «вероятностной бумаги»). Следует отметить, что для получения достоверных данных по росту ежей методом «вероятностной бумаги» необходимы большие выборки, представляющие все размерно-возрастные группы животных в конкретном поселении и их периодический сбор, что является весьма затруднительным. Кроме того, закономерное снижение приростов с увеличением возраста организмов, при значительных индивидуальных различиях размеров одновозрастных особей, затрудняет выделение старших возрастных групп этим методом (Брыков, 1975). Также были проведены лабораторные исследования роста *S. intermedius* на ранних стадиях онтогенеза до возраста 1 года (Найденко, Дзюба, 1982а). Одним из наиболее популярных методов определения возраста морских ежей в зарубежных исследованиях является подсчет возраста по регистрирующим структурам, представленным зонами роста на пластинках панцирей животных, образующимися в связи с сезонными различиями в интенсивности роста. Ранее подобные исследования возраста *S. intermedius* в водах Приморья не проводились.

Таким образом, целью настоящей работы было исследование особенностей роста серых морских ежей у северо-западного побережья Японского моря.

Материалы и методы

Материал для исследования размерно-возрастного состава скоплений *S. intermedius* был получен в ходе учетных водолазных съемок в 2015 и 2016 гг. в летне-осенний период, вдоль побережья северного Приморья (м. Поворотный – м. Золотой). Сбор проб проводился в прибрежной зоне от уреза воды до глубины 20 м. Районы сбора проб ежей представлены на рис. 1. У собранных особей измеряли диаметр панциря с точностью до 1 мм. Промысловыми считали *S. intermedius* размером более 45 мм. Для аппроксимации роста морских ежей также были использованы данные по возрасту ежей, собранных в 2001 г.

Индивидуальный возраст *S. intermedius* определяли путем подсчета концентрических полос роста на всех пластинках интерамбулакального ряда панцирей ежей, при этом нами было сделано допущение о том, что одна светлая и темная полосы роста образуются в течение года. Обработка пластинок проводилась по методу Йенсен (Jensen, 1969). Фрагменты панциря с внешней стороны зашлифовывали и обжигали над пламенем спиртовки. Затем пластинки помещали в спирт и просматривали под биноклем в отраженном свете. Объем обработанного материала приводится в табл. 1. Для анализа и статистической обработки данных использовались программы Statistica и Microsoft Excel. Карта-схема выполнена в ГИС MapInfo.

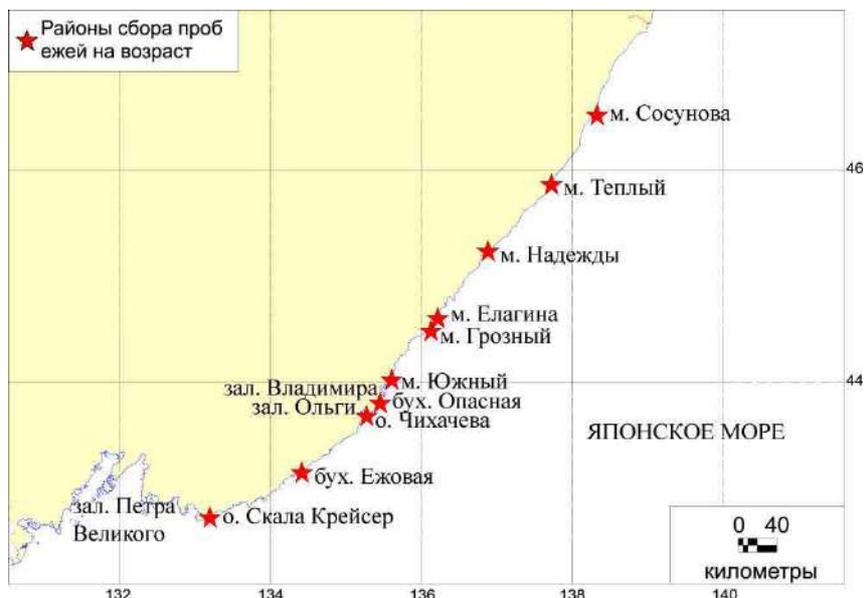


Рис. 1. Карта-схема районов сбора проб ежей на возраст

Таблица 1. Объем обработанного материала

Район	Количество, экз.
о. Скала Крейсер – м. Лисученко	195
бух. Ежовая	146
о. Чихачева	242
бух. Опасная	118
м. Южный	304
зал. Опричник – м. Грозный	206
м. Елагина	191
м. Надежды	117
м. Теплый	188
м. Сосунова	39

Результаты и обсуждение

Размерный состав *S. intermedius* на исследуемых акваториях достоверно различался. В районах бух. Ежовая, у о. Чихачева, м. Южный и у м. Надежды доминировали непромысловые особи (от 77 до 100 %), их средние размеры варьировали от 28 мм. У м. Южный до 40 мм в районе о. Чихачева (табл. 2). В бух. Ежовая и у о. Чихачева модальную группу составляли экземпляры размером от 35 до 45 мм. У м. Южный и м. Надежды преобладали ежи размером от 25 до 35 мм (рис. 2). В бух. Опасная средний размер животных также был довольно низким — 33 мм, однако размерный состав в отличие от предыдущих районов имел полимодальный характер с модами — 15–20 мм, 25–30 мм и 40–55 мм.

Наиболее крупные экземпляры были отмечены на самой северной станции сбора проб — у м. Сосунова, здесь особи непромысловых размеров не встречались, в основном были отмечены животные размером от 60 до 85 мм, здесь же зафиксирован максимальный размер *S. intermedius* — 89 мм. Также промысловые ежи преобладали в пробах на акватории о. Скала Крейсер — м. Лисученко со средним размером ежей 50 мм и в районе зал. Опричник — м. Грозный (48 мм). На акватории у м. Елагина соотношение промысловых и непромысловых ежей было примерно одинаковым, выделялись две модальные группы 25–30 мм и 60–65 мм.

Таблица 2. Размерные характеристики *S. intermedius* в районах сбора проб на возраст

Район	Количество, экз.	Среднее, мм	Min-Max, мм	Стандартное отклонение	Ошибка среднего	Доля непромысловых
о. Скала Крейсер – м. Лисученко	102	50	6–75	13	1,3	28
бух. Ежовая	177	37	10–58	10	0,7	83
о. Чихачева	108	40	5–72	8	0,8	77
бух. Опасная	56	33	13–59	14	2	75
м. Южный	52	29	18–43	6	0,9	100
зал. Опричник – м. Грозный	135	48	18–80	16	1,4	43
м. Елагина	112	42	6–69	18	1,7	56
м. Надежды	52	33	12–58	10	1,3	90
м. Теплый	93	45	13–82	13	1,3	56
м. Сосунова	35	74	60–89	8	1,4	0

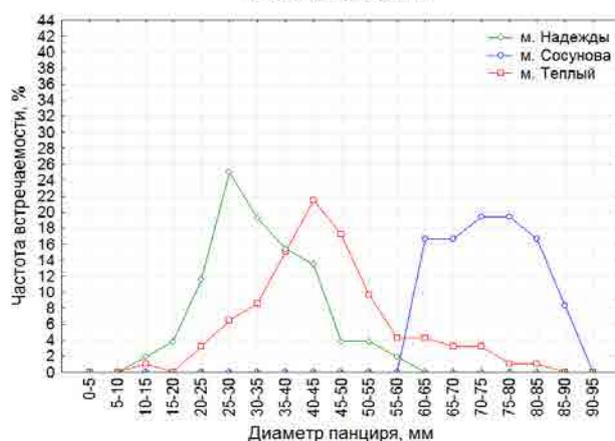
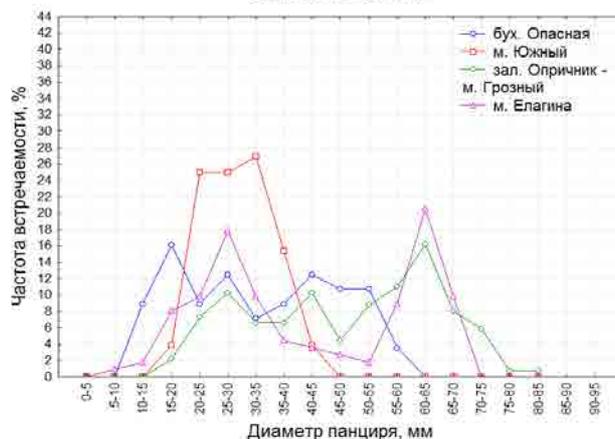
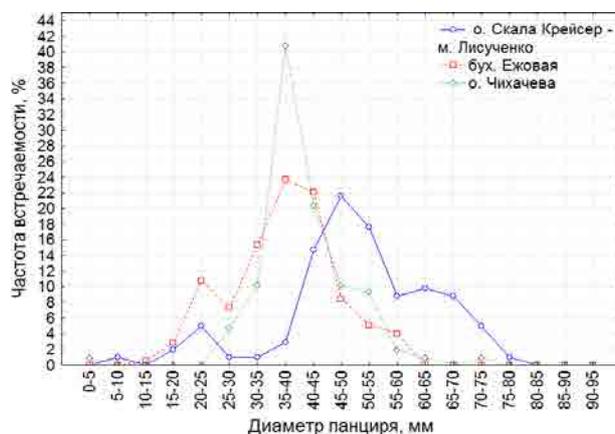


Рис. 2. Размерный состав *S. intermedius*

В материалах исследования возраст морских ежей варьировал от 1 года до 19 лет. Максимальный возраст *S. intermedius* был отмечен в районе м. Сосунова. В пробах преобладали особи в возрасте от 3 до 8 лет, доля старших возрастных групп была значительно ниже. У м. Сосунова в основном встречались ежи в возрасте от 9 до 12 лет. Пространственной дифференциации в распределении молодых и взрослых особей в широтном направлении на исследуемых акваториях отмечено не было. В каждом районе, за исключением акватории у м. Сосунова, в выборках были представлены как младшие, так и старшие возрастные группы. Исследования распределения возрастных групп по глубинам в настоящей работе не проводилось, однако анализ данных по размерному составу животных показал, что для непромысловых ежей оптимальным диапазоном обитания является глубина 3 м, где они преобладают как по частоте встречаемости, так и по средней плотности. Промысловые *S. intermedius* в отличие от непромысловых ежей были распространены по глубинам более равномерно, их частота встречаемости и средние плотности варьировали незначительно. Таким образом, из приведенных выше данных можно предположить, что молодые особи предпочитают более мелководные участки.

Анализ графиков зависимости величины диаметра панциря от возраста показал, что, несмотря на довольно сильный разброс в индивидуальных значениях величины роста, для *S. intermedius* характерен асимптотический тип роста с асимптотой слегка сигмоидальной формы. Для описания подобного типа роста было применено уравнение Берталанфи (Мина, Клевезаль, 1976). Так как средние размеры ежей в 2001 и 2015, 2016 гг. в соответствующих возрастных классах достоверно не различались при построении кривых данные выборки были объединены в одну (рис. 3). В связи с небольшим объемом собранных проб ежей и отсутствием младших возрастных групп кривая роста для акватории у м. Сосунова не представлена.

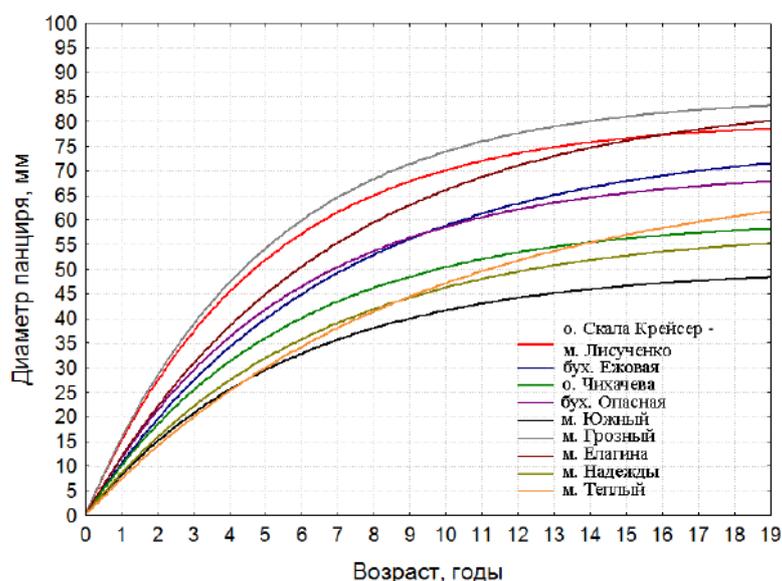


Рис. 3. Групповой рост серого морского ежа у побережья Приморья

В результате анализа графика группового роста *S. intermedius* установлено, что сравнительно высокие темпы роста характерны для ежей на акватории от зал. Опричник до м. Грозный, где животные достигают промысловых размеров в возрасте от 3 до 4 лет, а также в районах о. Скала Крейсер — м. Лисученко и у м. Елагина, где промысловыми ежи становятся в возрасте от 4 до 5 лет (рис. 3). Кроме того, для *S. intermedius* в этих районах характерны наибольшие предельные размеры — от 80 до 90 мм.

Наименьшие темпы роста ежей отмечены для акватории у м. Южный, также медленнорастущие ежи зафиксированы в районе у м. Надежды, о. Чихачева (зал. Ольги) и у м. Теплый. Промысловых размеров *S. intermedius* в данных районах достигают только в возрасте 12 лет, 9, 7,5 и 8,5 лет соответственно. Предельные размеры животных в этих районах варьировали от 50 мм у м. Южный до 70 мм в районе м. Теплый. Ежи в возрасте

1 год здесь практически не встречались. Промежуточное положение по величине роста занимают экземпляры, собранные в бухтах Ежовая и Опасная, где промысловых размеров серые ежи достигают в возрасте 6 и 5,5 лет.

Следует отметить, что в районах с медленнорастущими ежами индивидуальные разбросы в росте были выше и асимптота была менее выражена, чем на акваториях с высокими темпами роста, что вероятно обусловлено меньшим размерным диапазоном ежей в этих пробах. Кроме того, полученные результаты по росту довольно хорошо коррелируют со средними размерами ежей в пробах. На акваториях, где темпы роста животных низкие их средние размеры также небольшие, а размерный ряд как правило представлен унимодальной кривой. Так в районе м. Южный, где отмечены самые тугорослые ежи, средний размер был наименьшим — 29 мм. В районах с высокими темпами роста *S. intermedius*, за исключением акватории у м. Сосунова, размерный ряд в основном имел полимодальный характер и соотношение промысловых и непромысловых ежей было примерно одинаковым или незначительно преобладали промысловые особи.

Отмеченные различия в величине роста ежей на разных акваториях исследуемого побережья могут быть обусловлены целым комплексом факторов, таких как обилие пищи, плотности скоплений, влияние гидродинамики и температуры воды. Однако наиболее важную роль в величине роста ежей по видимому играет обеспеченность их пищей. Анализ видового состава водорослей и величины их проективного покрытия в исследуемых районах показал прямую зависимость интенсивности роста от этого показателя. Отмечено, что в районах, где отмечены сравнительно большие темпы роста ежей — о. Скала Крейсер – м. Лисученко, зал. Опричник – м. Грозный, и в районе у м. Сосунова величина проективного покрытия ламинарией — наиболее благоприятной пищи для развития и роста морских ежей, также была наибольшей (рис. 4). В районах с самыми низкими темпами роста — м. Южный, м. Надежды бурые водоросли практически не наблюдались, здесь основу рациона животных составляли известковые водоросли. На акваториях у о. Чихачева и м. Теплый темпы роста ежей были несколько выше, при этом в этих районах были отмечены небольшие участки с бурой водорослью — костарией. В бух. Ежовая и бух. Опасная также отмечены довольно крупные площади бурых водорослей, что вероятно обуславливает их промежуточное положение по величине роста *S. intermedius* между предыдущими районами и акваториями, где отмечены самые высокие темпы роста животных.

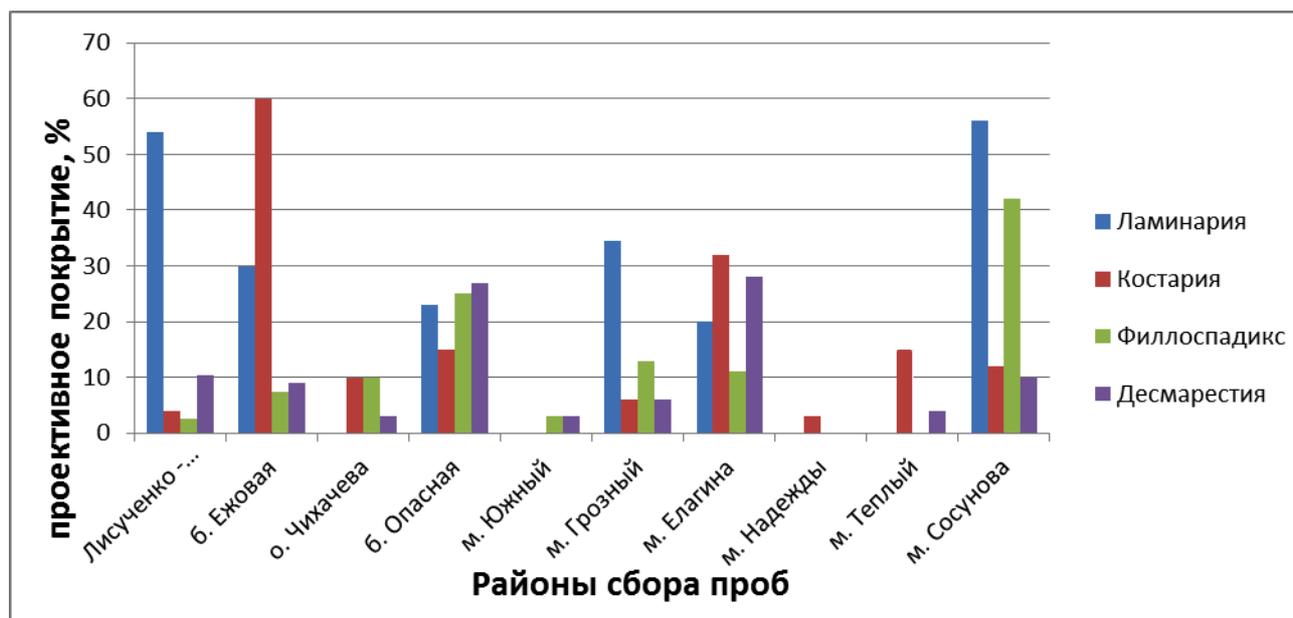


Рис. 4. Проективное покрытие водорослей в районах сбора проб на возраст

Помимо влияния трофических условий способствовать замедлению роста ежей на акваториях м. Южный, м. Надежды и бух. Ежовая по-видимому может недостаток жизненного

пространства, так как в этих районах плотности мелкоразмерных ежей могут превышать 50 экз/м². Остальные природные факторы такие как температура и гидродинамика вероятно имеют опосредованное значение.

Заключение

Размеры ежей на исследованных акваториях варьировал от 5 до 89 мм. Установлено, что размерный состав *S. intermedius* по районам достоверно различался, что обусловлено различиями в темпах роста ежей. Сравнительно низкие темпы роста животных зафиксированы на акваториях у м. Южный, м. Надежды, у о. Чихачева (зал. Ольги) и м. Теплый. Максимальные темпы роста ежей установлены на участке — от зал. Опричник до м. Грозный, а также в районах о. Скала Крейсер — м. Лисученко и у м. Елагина, где ежи достигают наибольших предельных размеров. Максимальная продолжительность жизни *S. intermedius* по нашим материалам составляет 19 лет. Основываясь на результатах анализа распределения макрофитов можно заключить, что отмеченные нами различия в величине роста зависят от обеспеченности морских ежей пищей.

Литература

- Мина М.В., Клевезаль Г.А. 1976. Рост животных. Анализ на уровне организма. — М.: Наука — 291 с.
- Селин Н.И. 1993. Распределение, состав поселений и рост морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в зал. Петра Великого Японского моря // Биология моря, № 2. — С. 55–65.
- Брегман Ю.Э. 2000. К изучению популяционной структуры и роста серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) у северо-западного побережья Японского моря // Известия ТИНРО, Т. 127. — С. 397–415.
- Брыков В.А. 1975. Об индивидуальном возрасте и продолжительности жизни некоторых видов морских ежей Японского моря // Биология моря, № 2. — С. 39–44.
- Найденко Т.Х., Дзюба С.М. 1982а. Рост и размножение морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в лабораторных условиях // Биология моря, № 4. — С. 20–24.
- Jensen M. 1969. Age determination of echinoides // Sarsia. Vol. 37. — P. 41–44.

УДК 664.959.5

Рациональное использование водных биоресурсов Азово-Черноморского бассейна в технологии кормов для рыб

С. Л. Чернявская

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства (ФГБНУ «АзНИИРХ»),
Керченский филиал («ЮгНИРО»), г. Керчь
e-mail: chernyavskaya_s_1@azniirkh.ru

Ключевые слова: корма для рыб, белок (протеин), связывающие вещества, ферментирование, гранулы, разбухаемость, устойчивость гранул в воде.

Аннотация. Рассмотрена возможность использования в технологии кормов для рыб ферментолитазов азово-черноморских рыб — шпрота черноморского вместо дефицитной и дорогостоящей рыбной муки. Представлены материалы и методы исследований, использованные в экспериментальной части. Разработаны рецептуры кормов с различным содержанием связывающих веществ — клея мездрового и шкурки свиной, а также увеличенным содержанием клейковины. Представлена характеристика полученных кормов по органолептическим и физико-химическим показателям. Экспериментальными исследованиями установлено, что содержание сырого протеина в разработанных кормах составляет 31,0–32,0 %; 5,9 % жира; 6,4–8,5 % воды. Показано, что использование 4 % клея мездрового, а также 1 и 4 % шкурки свиной (в расчете на их сухое вещество относительно массы высушенного корма с

влажностью 8 %) в рецептурах кормов способствует устойчивости гранул в воде и обеспечивает соответствие норме показателя разбухаемости.

Затраты на корма обычно являются основной статьей издержек в аквакультуре («Идеальный белок для...»).

Корма для рыб отличаются от кормов для сельскохозяйственных животных высоким содержанием протеина. Согласно ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб. Общие технические условия» (ГОСТ 10385-2014 «Комбикорма для рыб...») массовая доля сырого протеина в комбикормах для сомовых рыб должна составлять не менее 28 % (для экономичных) и 33 % (для оптимальных), для карповых — 26 % и 30 %, для лососевых и осетровых рыб — 38 % и 42 % соответственно. Поэтому, как правило, белок является наиболее дорогостоящим компонентом в рецептурах кормов для рыб («Идеальный белок для...»).

Для увеличения содержания белка в кормах используют высокобелковые компоненты, такие как мука кормовая животного происхождения-кровяная, массовая доля протеина не менее 81 % (ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения...»), рыбная мука, массовая доля протеина не менее 50 % (ГОСТ 2116-2000 «Мука кормовая из рыбы,...»), шрот соевый и подсолнечный, массовая доля протеина не менее 41 % и 39 % на абсолютно сухое вещество (ГОСТ Р 53799-2010 «Шрот соевый кормовой...», ГОСТ 11246-96 «Шрот подсолнечный...») и др.

В мировой практике в последнее время все чаще предпринимаются попытки найти источник доступного, легко усваиваемого белка для замены дорогостоящей рыбной муки, которая на сегодняшний день является одним из основных компонентов кормов для рыб. Для этих целей могут быть использованы мука из насекомых, хлорелла, спирулина, яйца артемии и др. («Insects as animal feed...», «Algae Alternative: Chlorella Studied As...», «Spirulina Algae; The Aquatic Health Benefits for...», « Очищенный желток яиц артемии в корме «Vitelus»...»).

В Керченском филиале («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ» разрабатывается технология кормов для рыб, в которой основным источником полноценного белка является ферментированная азово-черноморская рыба (шпрот, хамса, тюлька, атерина, бычок). Использование рыбы целиком (без разделки) обеспечивает комплексную переработку этих видов рыб, запасы которых значительны.

Ферментирование позволяет получить фрагменты расщепленного белка, что способствует лучшей усвояемости корма, снижению затрат энергии на его переваривание рыбой и, как следствие, уменьшению расхода таких кормов.

Другими важными компонентами, входящими в рецептуру кормов для рыб, являются связывающие вещества, которые используются для повышения водостойкости и прочности гранул корма, снижения количества отходов.

Таковыми связывающими компонентами являются бентониты, лигносульфонаты, гemicеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, крахмал, пшеничная мука, рис, кукуруза, камедь, гуммиарабик, агар, хитозан, альгинаты, желатин и др. («Пищевые добавки [Электронный ресурс]...»).

Целью данной работы являлось исследование влияния связывающих веществ на характеристики гранул кормов для рыб с использованием ферментализатов азово-черноморских рыб.

В качестве рыбного сырья в исследованиях использован шпрот черноморский *Sprattus sprattus*. Его ферментализацию проводили с помощью промышленного ферментного препарата протосубтилин Г3х с протеолитической активностью 120 ед/г.

В качестве растительного сырья использовали муку пшеничную (ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия...»), горох (ГОСТ Р 54630-2011 «Горох кормовой. Технические условия...»), кукурузу (ГОСТ Р 53903-2010 «Кукуруза кормовая. Технические условия...»), а также муку кормовую животного происхождения-кровяную (ГОСТ 17536-82 «Мука кормовая животного происхождения...»). Кукурузу и горох измельчали и просеивали. В качестве связывающих агентов использовали 25%-ный раствор клея мездрового («ГОСТ 3252-80 Клей мездровый. Технические условия...») и 50%-ный отвар

шкурки свиной (варили в течение 30 мин) (ГОСТ 32244-2013 «Субпродукты мясные обработанные. Технические условия...»).

Химический состав кормов (содержание белка, воды, жира) определяли стандартными методами (ГОСТ 13496.4-93 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье...», ГОСТ 13496.15-97 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье...», ГОСТ Р 54951-2012 «Корма для животных. Определение...»).

Гранулирование кормов осуществляли на промышленном волчке, сушку — в сушильном шкафу с принудительной циркуляцией воздуха при температуре 55 °С.

Внешний вид, цвет корма, разбухаемость гранул определяли в соответствии с ГОСТ Р 51899-2002 (ГОСТ Р 51899-2002 «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия...»), запах — по ГОСТ 13496.13-75 (ГОСТ 13496.13-75 «Комбикорма. Методы...»).

Определение крошимости гранул проводили встряхиванием в стеклянной колбе с частотой 180 мин⁻¹ в течение 10 мин.

Устойчивость гранул кормов в воде без перемешивания определяли выдерживанием навески корма с водой в соотношении 1:23.

Устойчивость гранул кормов в воде с перемешиванием определяли при колебании навески корма с водой в соотношении 1:23 на лабораторном встряхивателе (ЛАБ-ПУ-01). Частота колебаний платформы встряхивателя — 126 мин⁻¹.

В качестве контроля использовали рецептуру, не содержащую дополнительных связывающих веществ (содержание муки пшеничной составляет 5 % от массы ферментализата).

Как известно пшеница (мука пшеничная) содержит большое количество клейковины, которая в технологии кормов обеспечивает прочность и водостойкость гранул. В соответствии с ГОСТ Р 52189-2003 (ГОСТ Р 52189-2003 «Мука пшеничная. Общие технические условия...») массовая доля сырой клейковины в муке пшеничной первого сорта составляет не менее 30 %. С целью изучения влияния увеличенного количества клейковины на свойства гранул была разработана рецептура с добавлением 20 % муки пшеничной от массы ферментализата (без дополнительных связывающих веществ).

Связывающие вещества — клей мездровый и шкурку свиную — добавляли в количестве 1 % и 4 %, муки пшеничной в этих рецептурах взято одинаковое количество (5 % от массы ферментализата), чтобы исключить ее влияние на характеристики гранул. Связывающие агенты добавляли в указанных количествах в расчете на их сухое вещество относительно массы высушенного корма (с влажностью 8 %).

В результате проведенной работы получены корма, гранулы которых имеют цилиндрическую форму, матовую поверхность без трещин (что отвечает требованиям ГОСТ Р 51899-2002 (ГОСТ Р 51899-2002 «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия...»)); цвет гранул — от светло-коричневого до темно-серого, на поверхности с темными вкраплениями кровяной муки; запах — соответствующий входящим компонентам (рыбный, гороховый), без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов, запах окисленного жира отсутствует.

Химический состав полученных кормов следующий: содержание белка 31,0–32,0 %, воды 6,4–8,5 %, жира 5,9 %.

Крошимость гранул всех рецептур не превышает 0,6 %, что отвечает требованиям ГОСТ Р 51899-2002 (не более 5 %) (ГОСТ Р 51899-2002 «Комбикорма гранулированные. Общие технические условия...»).

Результаты исследований разбухаемости и устойчивости гранул в воде представлены в таблице.

За показатель разбухаемости принимается время, за которое первоначальный объем гранул увеличивается вдвое. Гранулы корма без дополнительных связывающих веществ-контроля и с 1 % клея мездрового характеризуются низкой способностью к разбухаемости, т.к. через 10 мин гранулы полностью распались, при этом их первоначальный объем увеличился лишь в 1,5 раза.

Объем гранул корма с 20 % муки пшеничной хоть и увеличился вдвое, но среднее значение разбухаемости на 2 мин ниже нормы.

Таблица. Результаты исследований разбухаемости и устойчивости гранул в воде в зависимости от содержания связывающих веществ

Рецептура	Норма разбухаемости [20], мин	Разбухаемость, мин	Норма водостойкости [20], мин	Устойчивость гранул в воде (без перемешивания), мин	Устойчивость гранул в воде (с перемешиванием), мин
Контроль	не менее 25	объем вдвое не увеличился	не менее 15	9 (все гранулы распались)	5 (все гранулы распались)
С 1 % клея мездрового		объем вдвое не увеличился		9 (все гранулы распались)	5 (все гранулы распались)
С 20 % муки пшеничной		23		25 (все гранулы распались)	6 (все гранулы распались)
С 4 % клея мездрового		28		1380 (20–30 % гранул распалось)	60 (25% гранул распалось)
С 4 % шкурки свиной		43		1380 (10–15 % гранул распалось)	60 (единичные гранулы распались)
С 1 % шкурки свиной		57		1380 (5–10 % гранул распалось)	60 (единичные гранулы распались)

Гранулы кормов с добавлением 4 % клея мездрового, а также 1 и 4 % шкурки свиной показали хороший результат по показателю разбухаемость, а также на протяжении всего времени данного исследования гранулы сохранили свою форму.

Лучшей устойчивостью в воде без перемешивания характеризуются гранулы корма с добавлением 4% клея мездрового, а также 1 и 4 % шкурки свиной, которые сохранили свою форму в течение длительного времени (23 ч). Особенно отличился образец с 1 % шкурки свиной, в котором на дне колбы было меньше всего осадка разрушенных гранул и прозрачная вода. Самая низкая устойчивость гранул в воде принадлежит корму без связывающих веществ-контролю и корму с 1 % клея, гранулы которых разрушились в течение 9 мин. Промежуточное положение занимает корм с 20 % муки пшеничной, гранулы которого сохранили свою первоначальную форму в течение 25 мин.

Перемешивание повлияло на ускорение разрушения гранул кормов в воде. Самым неустойчивым к такому воздействию (как и в опыте без перемешивания) оказался корм без связывающих веществ-контроль, корм с 20 % муки пшеничной, а также с 1 % клея. Гранулы кормов с добавлением 4 % клея, а также 1 и 4 % шкурки свиной на протяжении всего эксперимента (60 мин) сохранили форму практически полностью.

Таким образом, экспериментальными исследованиями установлена эффективность применения клея мездрового и шкурки свиной в качестве связывающих агентов в технологии кормов для рыб с использованием ферментированной азово-черноморской рыбы.

Показано, что добавление 4 % клея мездрового, а также 1 и 4 % шкурки свиной (в расчете на их сухое вещество относительно массы высушенного корма с влажностью 8 %) способствует устойчивости гранул в воде, а также обеспечивает соответствие показателя разбухаемости норме.

Благодарности

Автор выражает благодарность коллегам — сотрудникам сектора технологических исследований Керченского филиала («ЮгНИРО») ФГБНУ «АзНИИРХ» Виннову Алексею Сергеевичу и Кривонос Ольге Николаевне, участвовавшим в проведении экспериментальных исследований.

Литература

- ГОСТ 10385-2014 Комбикорма для рыб. Общие технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/58/58641.shtml>.
- ГОСТ 17536-82 Мука кормовая животного происхождения. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/49/49258.shtml>.
- ГОСТ 2116-2000 Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/84/8484.shtml>.
- ГОСТ Р 53799-2010 Шрот соевый кормовой тостированный. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/39/39372.shtml>.
- ГОСТ 11246-96 Шрот подсолнечный. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/27/27763.shtml>.
- ГОСТ Р 52189-2003 Мука пшеничная. Общие технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/32/3211.shtml>.
- ГОСТ Р 54630-2011 Горох кормовой. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/51/51718.shtml>.
- ГОСТ Р 53903-2010 Кукуруза кормовая. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/50/50201.shtml>.
- ГОСТ 3252-80 Клей мездровый. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/30/30741.shtml>.
- ГОСТ 32244-2013 Субпродукты мясные обработанные. Технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/55/55821.shtml>.
- ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/96/9671.shtml>.
- ГОСТ 13496.15-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/48/4897.shtml>.
- ГОСТ Р 54951-2012 Корма для животных. Определение содержания влаги [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/53/53270.shtml>.
- ГОСТ Р 51899-2002 Комбикорма гранулированные. Общие технические условия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51899-2002>.
- ГОСТ 13496.13-75 Комбикорма. Методы определения запаха, зараженности вредителями хлебных запасов [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://vsegost.com/Catalog/35/35588.shtml>.
- Идеальный белок для продукционного рыбного корма [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://aquavitro.org/2013/01/01/idealnyj-belok-dlya-produkcionnogo-rybnogo-korma/>.
- Очищенный желток яиц артемии в корме «Vitellus» [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://aquavitro.org/2012/12/21/ochishhennyj-zheltok-yaic-artemii-v-korme-vitellus/>.
- Пищевые добавки [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://aquavitro.org/2014/06/03/pishhevye-dobavki/Insects as animal feed> [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e07.pdf>.
- Algae Alternative: Chlorella Studied As Protein Source In Tilapia Feeds [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://pdf.gaalliance.org/pdf/GAA-Lupatsch-May13.pdf>.
- Spirulina Algae; The Aquatic Health Benefits for Tropical, Marine and Goldfish / Carl Strohmeyer [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://americanaquariumproducts.com/SpirulinaAlgae.html>.

Технология специализированной пищевой продукции на основе фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*

А.А. Щербань

Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ФГБОУ ВО «МГУТУ» (ПКУ)), г. Москва
e-mail: aleksher72@gmail.com

Ключевые слова: фукоидан, фукусовые водоросли *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*, ферментализ, желе.

Аннотация. Исследован химический состав фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* Белого моря. Проведен анализ показателей безопасности водорослей, показано, что образцы соответствуют установленным требованиям и могут быть рекомендованы для производства специализированной пищевой продукции. Отработаны стадии технологического процесса изготовления желе с фукусовыми водорослями и изготовлены опытные образцы продукции. Проведена органолептическая оценка желе с фукусовыми водорослями по показателям вкус, внешний вид, запах, цвет и консистенция. Установлено, что образцы желе «Ягодное» и «Яблочно-виноградное» имели лучший вкус, цвет и консистенцию. Разработаны рекомендации по использованию желе с фукусовыми водорослями в качестве специализированной пищевой продукции, как источника фукоидана, макро- и микроэлементов.

Введение

В современном мире, особенно в развитых странах, общество все больше внимания уделяет проблемам обеспечения здоровья и долголетия, которые непосредственно связаны с качеством питания и определяются принципам здорового питания. Рыбная отрасль располагает очень разнообразной, богатой сырьевой базой, позволяющей на должном уровне внести вклад в решение задачи снабжения населения специализированными пищевыми продуктами, биологически активными добавками к пище, предназначенными для восполнения микро- и макронутриентов и профилактики заболеваний. В этом отношении значительный интерес представляют бурые водоросли, которые являются ценным источником не только углеводов, но и содержат липиды, полифенолы и различные биологически активные вещества. Исследованиями установлено, что употребление человеком в пищу водорослей способствует выведению из организма токсичных веществ, радионуклидов, тяжёлых металлов, снижает уровень холестерина в крови, уменьшает риск развития атеросклероза, сердечно-сосудистых заболеваний, регулирует свёртываемость крови, улучшает работу желудочно-кишечного тракта, укрепляет иммунитет и предотвращает развитие раковых клеток (Чертков, Давыдова и др., 1999; Аминина, Кадникова и др., 2004б; Zhongcun, Kodo et al., 2005; Одинец, Татаринова, 2016). Значительный интерес представляют фукусовые водоросли, запасы которых в Северных морях составляют около 600 тыс. т сырой массы, однако они не используются на должном уровне, в частности, для производства пищевой продукции с заданными свойствами. В связи с этим создание специализированной пищевой продукции из бурых водорослей, которая будет являться источником фукоидана, йода, пищевых волокон и предназначена для коррекции алиментарно-зависимых заболеваний, является весьма актуальной проблемой.

Целью работы являлось обоснование технологии специализированной пищевой продукции на основе фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* с задаваемой структурой и пищевой адекватностью.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение показателей безопасности фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*;
- обоснование стадий технологического процесса изготовления желе с фукусовыми водорослями;

- оценка показателей качества и безопасности экспериментальных образцов желе с фукусовыми водорослями;
- разработка рекомендаций по использованию разработанной специализированной пищевой продукции.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись сухие фукусковые водоросли *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum*, собранные в районе Соловецких островов Белого моря в июле 2015 г. В работе использовали физико-химические, микробиологические и органолептические методы исследования. Определение набухаемости проводили по модифицированной методике («Качество, безопасность и методы анализа...» Изд-во ВНИРО, 2009).

Содержание азота определяли на автоанализаторе «Kjeltec» Foss-2300 (Швеция) по методу Кьельдаля. Микробиологические исследования — КМАФАнМ по ГОСТ 10444.15, БГКП (колиформы) по ГОСТ 31747, бактерий рода *Salmonella* по ГОСТ 31659, *Staphylococcus aureus* по ГОСТ 31746, дрожжи по ГОСТ 10444.12-2013. Органолептическую оценку проводили по профильному методу (Сафронова, 1998).

Все полученные данные были обработаны в программе Microsoft Excel с использованием математических и статистических формул.

Результаты и обсуждения

Начальным этапом технологического процесса обработки сухих водорослей являлась стадия набухания. Для отработки режимов набухания проведено определение степени набухания исследуемых образцов водорослей, результаты которого представлены на рис. 1.

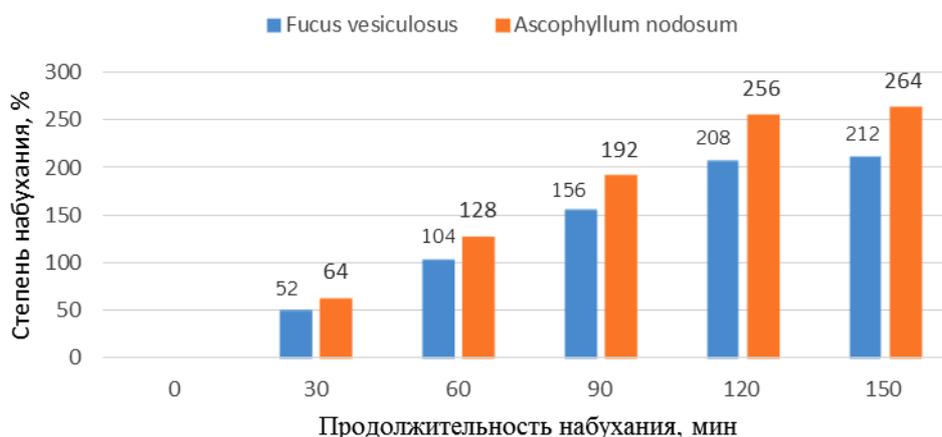


Рисунок 1 - Динамика набухания сухих водорослей

Из данных видно, что образец сухих фукусковых водорослей *Ascophyllum nodosum* имеет немного больший показатель набухания 2,6, по сравнению с *Fucus vesiculosus* — 2,1. При изучении процесса набухания установлено, что набухание водорослей практически не увеличивалось после 120 мин, поэтому для характеристики степени набухания водорослей использовали время набухания равное 120 мин.

В исследуемых образцах сухих водорослей определили содержание белка. Согласно полученным результатам, приведенным в табл. 1, среднее содержание белка в образцах фукусковых водорослей *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus* практически одинаковое и составило около 4 %.

Для оценки безопасности образцов фукусковых водорослей определили микробиологические показатели. Из данных табл. 2 следует, что образцы сухих водорослей соответствуют микробиологическим показателям, которые регламентируются Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю) («Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования...») и могут быть рекомендованы для изготовления пищевой продукции.

Таблица 1. Содержание белка в образцах фукусовых водорослей, % от абсолютно сухой массы

№ пробы	Наименование образца	Содержание белка, %	
1	<i>Fucus vesiculosus</i>	4,38	4,25
2		4,16	
3		4,22	
4	<i>Ascophyllum nodosum</i>	3,97	4,03
5		4,09	

Таблица 2. Микробиологические показатели фукусовых водорослей

Наименование образца	Исследуемые показатели				Дрожжи, не более 100 в 1 г
	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более $5,0 \times 10^4$	В каком количестве не обнаружено			
		БГКП	<i>St. aureus</i>	Патогенные (в т.ч. <i>Salmonella</i>)	
<i>Fucus vesiculosus</i> сухой	$1 \cdot 10^2$	1,0	1,0	Sal. 25	Не обнаружено ($<1 \cdot 10^1$)
<i>Ascophyllum nodosum</i> сухой	$1 \cdot 10^2$	1,0	1,0	Sal. 25	Не обнаружено ($<1 \cdot 10^1$)

Из литературных данных известно, что содержание фукоидана в фукусовых водорослях *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus* зависит от сезонных факторов, места произрастания и колеблется в пределах 10–15 % (от абсолютно сухой массы) (Клиндух, Облучинская, 2013). Согласно установленным значениям физиологической потребности в фукоидане, адекватный уровень потребления которого составляет 50 мг/сут, а верхний допустимый уровень — 100 мг/сут («Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования...») можно предположить, что 50–100 г продукции на основе фукусовых водорослей может являться источником фукоидана при включении этой продукции в рацион питания. Проведены исследования по отработке стадий технологического процесса изготовления специализированной пищевой продукции на основе фукусовых водорослей. В качестве конечного продукта было рекомендовано желе, содержащее измельченные предварительно подготовленные фукусовые водоросли.

Разработана технологическая схема изготовления желе с фукусовыми водорослями (рис. 2), предусматривающая следующие стадии: подготовку водорослевого сырья, термообработку, маринование, ферментализацию, подготовку вспомогательного сырья и изготовление конечного продукта. Отработаны режимы каждой стадии технологического процесса. Особое внимание было уделено экспериментальной отработке условий маринования и последующего ферментализации, целью которых являлось получение продукции с хорошими органолептическими показателями без применения высокой температуры обработки для сохранения биологической ценности водорослей. Режимы маринования и ферментализации, приведенные на рис. 2, позволили получить продукцию с мягкой консистенцией, приятным вкусом, не имеющую горечи. По микробиологическим показателям (табл. 3) образцы маринованной и ферментированной продукции были безопасными и соответствовали установленным требованиям («Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования...»). В соответствии с технологической схемой разработаны рецептуры желе, приведенные в табл. 4.

Изготовлены экспериментальные образцы, проведена органолептическая оценка желе с фукусовыми водорослями по показателям вкус, внешний вид, запах, цвет и консистенция (рис. 3).

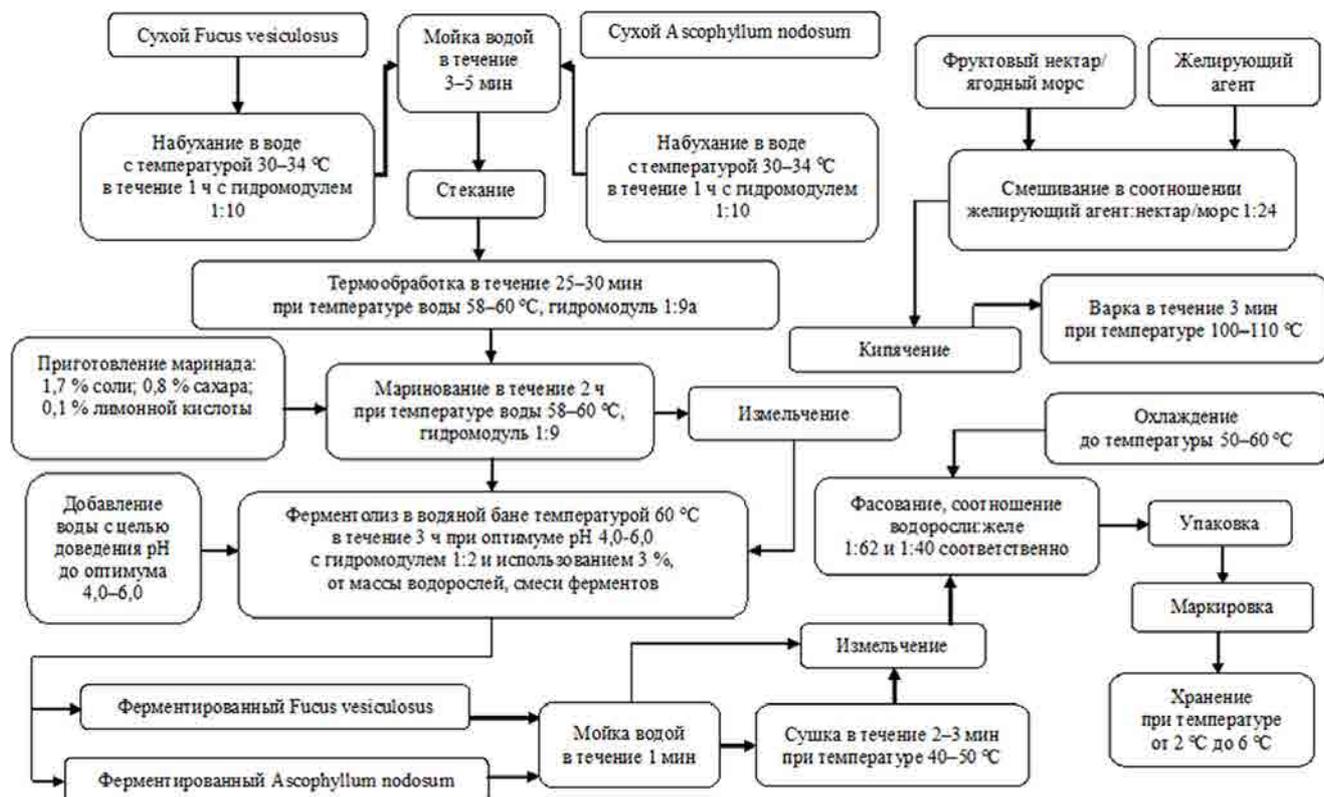


Рис. 2. Общая технологическая схема обработки фукоидов и изготовления желе с фукусовыми водорослями

Таблица 3. Микробиологические показатели маринованных и ферментированных образцов фукусовых водорослей

Наименование образца	Исследуемые показатели				
	КМАФАнМ, КОЕ/г, не более $5,0 \times 10^4$	В каком количестве не обнаружено			Дрожжи, не более 100 в 1 г
		БГКП	<i>St. aureus</i>	Патогенные (в т.ч. <i>Salmonella</i>)	
Fucus vesiculosus ферментированный	1·10 ³	0,1	0,1	Sal. 25	не обнар. (<1·10 ¹)
Ascophyllum nodosum ферментированный	5,8·10 ²	0,1	0,1	Sal. 25	не обнар. (<1·10 ¹)
Fucus vesiculosus маринованный	5,5·10 ²	0,1	0,1	Sal. 25	не обнар. (<1·10 ¹)
Ascophyllum nodosum маринованный	8,9·10 ²	0,1	0,1	Sal. 25	не обнар. (<1·10 ¹)

Таблица 4. Рецептуры желе с фукусовыми водорослями

Название образца	Наименование компонентов
«Ягодное»	Ягодный морс, желирующий агент, водоросли
«Апельсиновое»	Апельсиновый нектар, желирующий агент, водоросли
«Периковое»	Периковый нектар, желирующий агент, водоросли
«Яблочно-виноградное»	Яблочно-виноградный нектар, желирующий агент, водоросли

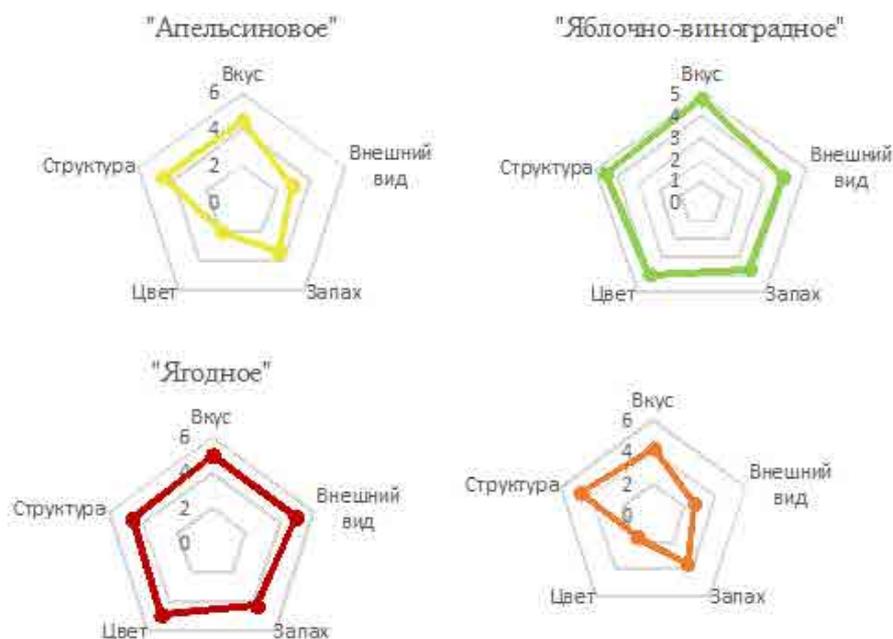


Рис. 3. Профилограммы органолептической оценки образцов желе с фукусовыми

По данным органолептической оценки наивысшие баллы получили образцы желе «Ягодное» и «Яблочно-виноградное», рецептуры которых рекомендованы для включения в техническую документацию.

Разработаны рекомендации по использованию желе с фукусовыми водорослями, в качестве специализированной пищевой продукции как источника фукоидана, макро- и микроэлементов.

Заключение

1. Исследован химический состав фукусовых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* Белого моря.
2. Проведен анализ показателей безопасности водорослей, который показал, что образцы соответствуют требованиям безопасности и могут быть рекомендованы для производства специализированной пищевой продукции.
3. Отработаны стадии технологического процесса изготовления желе с фукусовыми водорослями и изготовлены опытные образцы продукции.
4. Разработаны рекомендации по использованию желе с фукусовыми водорослями в качестве специализированной пищевой продукции, как источника фукоидана, макро- и микроэлементов.

Благодарности

Работа выполнена под руководством Абрамовой Л.С. д.т.н., проф., советника директора по рациональному использованию водных биоресурсов ФГБНУ «ВНИРО».

Литература

- Чертков К.С., Давыдова С.А., Нестерова Т.А. и др. 1999. Эффективность полисахарида транслама как средства раннего лечения острой лучевой болезни // Радиационная биология. Радиоэкология. Т. 39. — С. 572–577.
- Zhongcun P., Kodo O., Takashi M. 2005. Structure of b-glucan oligomer from laminarin and its effect on human Monocytes to inhibit the proliferation of U937 cells // Biosci. Biotechnol. Biochem. Vol. 69. — P. 553–558.
- Аминина Н.М., Кадникова И.А., Соколова В.М., Талабаева С.В. 2004б. Полисахариды водорослей в технологиях продуктов функционального питания // Сб. материалов 22го Междунар. симпоз. «Пищевые биотехнологии: проблемы и перспективы в XXI веке». — Владивосток. — С. 74–77.

Одинец А.Г., Татарина Л.В. 2016. Фукоидан: современные представления о его роли в регуляции углеводного обмена // Лечебное дело; 3 (49): 40–44.

Качество, безопасность и методы анализа продуктов из гидробионтов. Руководство по современным методам исследований морских водорослей, трав и продуктов их переработки. — М.: Изд-во ВНИРО, 2009. — 108 с.

Сафронова Т.М. 1998. Справочник дегустатора рыбы и рыбной продукции. — М.: Изд-во ВНИРО. — 224 с.

Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю), утверждённые решением Комиссии Таможенного союза от 28 мая 2010 г. № 299. Электронный ресурс . http://www.tsouz.ru/KTS/KTS17/Pages/P2_299.aspx

Клиндух М.П., Облучинская Е.Д. 2013. Сравнительное исследование химического состава бурых водорослей *Fucus vesiculosus* и *Ascophyllum nodosum* // Вестник МГТУ. Т. 16, № 3. С. 466–471.

УДК 591.86 597.5

Морфологические особенности красной и белой мускулатуры некоторых представителей ихтиофауны Среднего Енисея

Н.О. Яблоков^{1,2}, К.А. Жукова³

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт рыбохозяйственных водоемов», г. Красноярск

²ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

³Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

e-mail: noyablokov@mail.ru

Ключевые слова: мускулатура рыб, хариус сибирский, елец сибирский, окунь речной, Средний Енисей.

Аннотация. Приведены данные о размерном составе и количественном распределении красной и белой мускулатуры трёх представителей ихтиофауны Среднего Енисея (хариус сибирский, елец сибирский и окунь речной). Отмечено увеличение числа волокон красной мускулатуры в ряду окунь–хариус–елец. Обнаружены достоверные различия в распределении красной и белой мускулатуры в головном, туловищном и хвостовом отделах тела.

Скелетная мускулатура большинства видов рыб имеет неоднородную структуру и представлена тремя типами — красной (медленной), белой (быстрой) и розовой (промежуточной) мускулатурой. Указанные типы волокон сгруппированы в обособленные пласты, различные в структурном и физиологическом отношении (Казанская и др., 1986; Gill et al., 1989). Изучение морфологических и физиологических аспектов функционирования разных типов скелетной мускулатуры рыб представляет определенный интерес для понимания локомоторных процессов у представителей различных таксономических и экологических групп рыб (Казанская и др., 1986).

Исследование проводилось на трех представителях ихтиофауны Среднего Енисея, среди которых: хариус сибирский *Thymallus arcticus* (Pallas, 1776), елец сибирский *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dybowski, 1874) и окунь речной *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758. Исследуемые виды широко распространены на территории Енисейского рыбохозяйственного района и являются важными объектами любительского рыболовства.

Целью работы являлась сравнительная оценка морфологических особенностей красной и белой мускулатуры у массовых видов рыб, обитающих в системе Среднего Енисея.

Материал отбирался в сентябре 2016 г. в р. Енисей в районе д. Никулино (1735–1737 км от устья) из неводных уловов. При сборе и обработке ихтиологического материала приме-

нялись стандартные, общепринятые методики (Правдин, 1966). Размерно-возрастные характеристики исследованных видов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Размерно-возрастные характеристики исследуемых видов

Вид	L±m, см	l±m, см	W±m, г	Возраст	N
Хариус сибирский	16,4±0,2	13,8±0,1	27,7±0,1	1+	3
Елец сибирский	13,5±0,3	11,8±0,1	29,3±0,2	4+	3
Окунь речной	13,0±0,1	10,7±0,2	24,7±0,1	2+	3

Для анализа распределения красной и белой мускулатуры в теле рыб выполнялись поперечные срезы на трёх участках — головном в районе грудных плавников, туловищном в районе спинного плавника и хвостовом в районе анального плавника (Панов, 1981). Фотографирование и измерение мышечных волокон проводилось на бинокулярном микроскопе Leica DMLC с фотокамерой TourCam 5.1 mp. Определение соотношения двух типов мускулатуры выполнено графическим методом в программе ImageJ.

При гистологических исследованиях с головного и туловищного участков отбирались образцы мышечной ткани размером 5 × 5 мм, включающие участки красной и белой мускулатуры. Для ксилольно-спиртовой проводки использовалась автоматическая станция MicromSTP 120, заливка в парафин проводилась на установке Microm EC 350-1. Срезы толщиной 10 мкм были выполнены на микротоме HM 440E и последовательно окрашены гематоксилином по Эрлиху с докраской эозином (Ромейс, 1953, Микодина и др., 2009). Изучение и фотографирование срезов проводилось на световом микроскопе Leica DMLC с фотокамерой Leica DC 100. Измерение диаметров волокон производилось в программе ImageJ, у каждой особи измерено не менее 100 волокон.

При статистической обработке материала рассчитывалось среднее арифметическое и ошибка среднего. Достоверность различий средневыворочных значений оценивалась при помощи однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) критерию. Попарный анализ значимости различий средних для каждого вида произведен на основании теста Тьюки. Статистическая обработка данных и построение графических изображений выполнены с использованием программных пакетов Microsoft Excel и PAST.

У исследованных видов рыб средние значения доли красной мускулатуры от общего количества мышц увеличивались с 2,0 до 7,6 % в ряду окунь–хариус–елец. Для всех изученных видов характерно увеличение доли красной мускулатуры в направлении от головного отдела к хвостовому в 2,0–2,5 раза (табл. 2).

Диаметр белых волокон изменялся в пределах 24–146 мкм, при значениях средних 54,4 мкм у хариуса, 61,6 мкм у ельца, 63,9 мкм у окуня. Диаметр красных волокон был значительно меньше и варьировал в пределах от 17 до 61 мкм. Средние значения составили 36,3 мкм у хариуса, 38,6 мкм у ельца и 36,7 мкм у окуня. Оценка значимости различий для средневыворочных значений диаметров волокон для трех видов показала наличие достоверных различий между размерами красной мускулатуры ельца в сравнении с хариусом и окунем. Диаметры белых мышечных волокон были достоверно ниже у хариуса, нежели у окуня и ельца (табл. 3).

Распределение диаметров волокон по размерным группам было близко для трех исследованных видов. У ельца 70 % белых волокон приходилось на размерные группы 50–80 мкм, у окуня — 50–70 мкм, у хариуса — 40–60 мкм. Для красных волокон около 80 % приходилось на размерные группы 30–50 мкм у всех представителей. Данные о размерных группах волокон красной и белой мускулатуры приведены на рисунке.

Анализируя различия в соотношении красной и белой мускулатуры, стоит отметить, что наибольшее количество красных волокон отмечается у видов-реофилов — хариуса и ельца, у окуня среднее количество красных волокон оказалось ниже более чем в три раза.

Таблица 2. Соотношение красной и белой мускулатуры у трех видов рыб (% в поперечном срезе, ±m). Значения, отмеченные одинаковыми буквенными индексами, не имеют достоверных различий при p<0,05 (ANOVA, Тьюки тест)

Тип мускулатуры	Отдел	Вид рыбы			F	p
		хариус сибирский	елец сибирский	окунь речной		
Красная	Головной	4,3±0,8 ^{AB}	5,7±1,0 ^A	1,5±0,2 ^B	8,24	0,019
	Туловищный	5,2±0,4 ^A	6,3±0,9 ^A	1,9±0,3 ^B	16,42	0,004
	Хвостовой	10,7±2,1 ^A	10,8±1,4 ^A	2,7±0,6 ^B	9,53	0,013
	Среднее	6,7±1,2 ^A	7,6±1,0 ^A	2,0±0,3 ^B	10,96	0,001
Белая	Головной	95,7±0,8 ^{AB}	94,3±1,0 ^A	98,5±0,2 ^B	8,24	0,019
	Туловищный	94,8±0,4 ^A	93,7±0,9 ^A	98,1±0,3 ^B	16,42	0,004
	Хвостовой	89,3±2,1 ^A	89,2±1,4 ^A	97,3±0,6 ^B	9,53	0,013
	Среднее	93,3±1,2 ^A	92,4±1,0 ^A	98,0±0,3 ^B	10,96	0,001

Таблица 3. Диаметр волокон красной и белой мускулатуры у трех видов рыб (мкм, ±m). Значения, отмеченные одинаковыми буквенными индексами, не имеют достоверных различий при p<0,05 (ANOVA, Тьюки тест)

Тип мускулатуры	Отдел	Вид рыбы			F	p
		хариус сибирский	елец сибирский	окунь речной		
Красная	Головной	36,0 ± 0,7 ^A	38,2 ± 0,7 ^A	37,2 ± 1,0 ^A	2,250	0,1067
	Хвостовой	36,7 ± 0,9 ^{AB}	39,1 ± 0,7 ^A	36,3 ± 0,7 ^B	4,201	0,0156
	Среднее	36,3 ± 0,6 ^A	38,6 ± 0,5 ^B	36,7 ± 0,6 ^A	5,621	0,0038
Белая	Головной	54,7 ± 1,6 ^A	55,8 ± 1,6 ^A	65,5 ± 2,4 ^B	7,805	0,0005
	Хвостовой	54,1 ± 1,5 ^A	65,5 ± 1,6 ^B	62,8 ± 1,6 ^B	14,960	0,0000
	Среднее	54,4 ± 1,1 ^A	61,6 ± 1,2 ^B	63,9 ± 1,3 ^B	17,480	0,0000

У всех исследованных представителей отмечалось увеличение доли красной мускулатуры в направлении от головного отдела к хвостовому. Аналогичная зависимость отмечена у многих видов пресноводных и морских рыб, и, вероятно, связана с более высокой интенсивностью движений каудального отдела в процессе локомоции.

Ранее, МакЛоглином и Крамером (McLaughlin, Kramer, 1991) на основании литературных данных была выявлена прочная корреляционная связь между количеством красных мышечных волокон в хвостовом отделе тела и плавательной активностью для некоторых морских и пресноводных видов рыб. При этом четких различий между таксономическими группами обнаружено не было. Тем не менее, анализ литературных данных о морфологии разных типов мускулатуры, показал, что для представителей отряда Лососевые, как для высокоактивных оксифильных рыб, в целом характерно более высокое количество красных волокон, чем у большинства пресноводных видов рыб (Nag, 1972; Gill et al., 1989). Значения доли красной мускулатуры от головного отдела к хвостовому изменяются от 2,0 до 11,0 % для ряпушки *Coregonus albula*, от 1,1 до 13,0 % у микижи *Oncorhynchus mykiss*. Также, хорошо развитой красной мускулатурой (около 2 % от промысловой массы) обладают некоторые типичные реофильные представители отряда карповые, характеризующиеся высоким уровнем естественной плавательной активности (чехонь *Pelecus cultratus*, жерех *Aspius aspius*). У типичных лимнофильных видов (лещ *Abramis brama*, сазан *Cyprinus carpio*) карповых доля красной мускулатуры по отношению к белой значительно ниже (Панов, 1997).

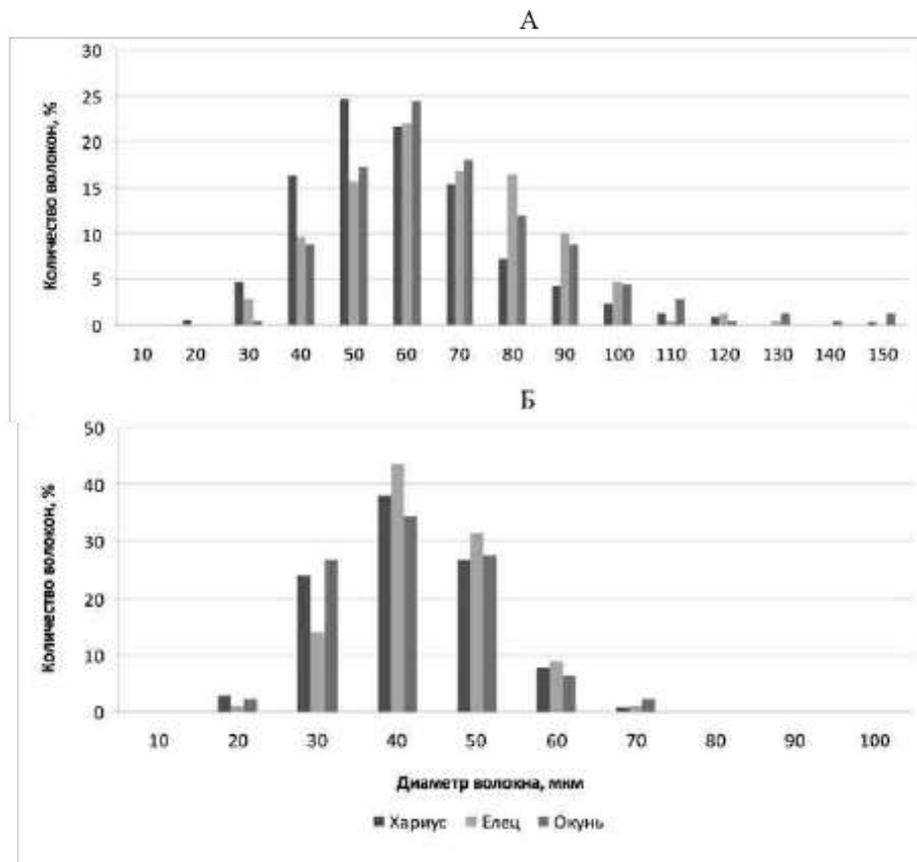


Рисунок. Размерная структура белых (А) и красных (Б) волокон у трех видов рыб

Брутон с соавторами (Broughton et al., 1981) отмечают высокую изменчивость доли красной мускулатуры в зависимости от биотопа у плотвы *Rutilus rutilus*, как по количественному соотношению, так и по массе. Кроме того, соотношение красной и белой мускулатуры в различных отделах тела также изменяется в зависимости от биотопа. В лимнических условиях количество красных волокон в направлении от головы к хвосту у плотвы остается практически неизменным, а в лотических доля красных волокон увеличивается от головного отдела к хвостовому от 4 до 10 % по отношению к количеству белой мускулатуры. Среди представителей отряда Окунеобразные морфология мышечных волокон хорошо изучена для желтого окуня *Perca flavescens* (Gill et al., 1989, McLaughlin et al., 1991). В работе Джилла с соавторами (Gill et al., 1989) описано увеличение доли красных мышечных волокон у данного вида в поперечном срезе от 4 до 16 % в направлении от головы к хвосту. Мак-Логлин и Крамер (McLaughlin, Kramer, 1991) также приводят средние значения количества красных мышечных волокон в хвостовом отделе у желтого окуня, при этом их доля в поперечном срезе значительно ниже и составляет всего 5,5 %. У других представителей отряда, характеризующихся малой подвижностью, таких как ротан *Percottus glenii*, красная мускулатура представлена тремя обособленными порциями в дорсальной, средней и вентральной частях тела (Панов, 1997). Общее количество волокон в срезе не превышает 2,4–3,2 % от поперечного среза, наибольшее число мышц локализовано в средней части и составляет 1,2–2,0 %. Распределение числа красных волокон от головного отдела к хвостовому у ротана изменяется не значительно, как и у большинства малоактивных видов рыб. Однако диаметры волокон красной мускулатуры в разных отделах тела рыбы достоверно различаются и характеризуются большим диаметром волокон в среднем и головном отделах, что автор связывает с характером передвижения ротана — активными короткими бросками. Аналогичная зависимость в наших исследованиях наблюдается у речного окуня, также совершающего активные броски при добыче пищи. У малоподвижных пресноводных представителей рода *Etheostoma* волокна красной мускулатуры не представлены вовсе или их доля составляет менее 1 % (McLaughlin, Kramer, 1991).

Таким образом, размер красных и белых мышечных волокон у изученных видов рыб, вероятно, не зависит от таксономического положения и связан с особенностями локомоции рыбы. Характер распределения красной и белой мускулатуры, судя по всему, также связан с локомоторной активностью и биотопическими предпочтениями. Небольшой спектр изученных видов, представленных особями одной размерной группы, не позволяет в настоящей работе рассмотреть особенности распределения двух типов мышечных волокон в зависимости от роста рыб, а у также нескольких видов в пределах одной таксономической группы и предполагает дальнейшее изучение.

Литература

- Казанская О.В., Пальмбах Л.Р., Озернюк Н.Д.* Развитие скелетной мускулатуры у карповых рыб // Журн. общ. биологии. 1986. Т. 47. №. 5. — С. 656–666.
- Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянова С.В., Полуэктова О.Г.* 2009. Гистология для ихтиологов. Опыт и советы. — М.: ВНИРО. — 111 с.
- Панов В.П.* Морфобиохимическая характеристика туловищной мускулатуры некоторых рыб семейства карповых: автореф. дисс... канд. с.-х. наук. — М., 1981. — 22 с.
- Панов В.П.* Морфологические и эколого-физиологические особенности некоторых пресноводных видов рыб автореф. дисс... доктора. биол. наук. — М., 1997. — 37 с.
- Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). — М.: Пищевая промышленность. 1966. — 377 с.
- Ромейс Б.* Микроскопическая техника. — М.: Изд-во иностранной литературы, 1953. — 719 с.
- Broughton N.M., Goldspink G., Jones N.V.* Histological differences in the lateral musculature of O-group roach, *Rutilus rutilus* (L.) from different habitats // Journal of Fish Biology. 1981. Vol. 18. №. 2. — P. 117–122.
- Gill H.S., Weatherley A.H., Lee R., Legere D.* Histochemical characterization of myotomal muscle of five teleost species // Journal of fish biology. 1989. Vol. 34. №. 3. — P. 375–386.
- Nag A.C.* Ultrastructure and adenosine triphosphatase activity of red and white muscle fibers of the caudal region of a fish, *Salmo gairdneri* // The Journal of cell biology. 1972. Vol. 55. №. 1. — P. 42–57.
- McLaughlin R.L., Kramer D.L.* The association between amount of red muscle and mobility of fishes: a statistical evaluation // Environmental Biology of Fishes. 1991. № 30. — P. 369–378.

СОДЕРЖАНИЕ

С.М. АНУАРБЕКОВ, А.А. ЕВСЕЕВА, Г.К. КУАНЫШБЕКОВА Сиговые Coregonidae водоемов Верхне-Ертисского бассейна	6
С.М. АНУАРБЕКОВ, Е.Н. НАБИОЛДАНОВ Динамика биологических показателей судака в Шульбинском водохранилище в 2012–2016 гг.	9
Д.В. АРТЕМЕНКОВ К возможности применения биоэкономического подхода в оценке промысла северо-восточной арктической трески <i>Gadus morhua</i>	13
Д.В. АРТЕМЕНКОВ, А.И. НИКИТЕНКО Сопряжение параметров окружающей среды с оценкой запаса скумбрии восточной в Центрально-Восточной Атлантике	17
Б.С. АУБАКИРОВ, К.Б. КАБЛАНОВ, Е.Е. КУМАТАЕВ Влияние гидрологического режима р. Ертис на естественное воспроизводство рыб ниже Шульбинской ГЭС	21
З.М. АШУРОВА, А.И. ГИЛЬМУТДИНОВА, И.Т. ХАЙРУЛЛОВА Современное состояние некоторых рыбохозяйственных участков широтного отрезка Средней Оби	24
В.В. БАРАБАНОВ Любительское рыболовство как фактор лимитирующий запасы водных биоресурсов Волго-Каспийского бассейна (Астраханская область)	30
Ю.А. БАСКАКОВА, А.Г. АРТЁМОВА, Н.П. БОЕВА Новые технологии производства рыбного жира и продуктов на его основе	32
Е.С. БЕЛОМЫТЦЕВА, И.Н. ИГОНИНА Применение инструмента управления качеством при разработке стандартов на продукцию из водных биоресурсов	36
М.Г. БИРЮКОВА, А.М. КАМАКИН Трофологическая характеристика гребневика мнемнопсиса и кильки обыкновенной в Каспийском море	37
Д.В. БОЛГАРЕВ, Н.С. КУЗЬМИНОВА Индекс сердца некоторых прибрежных видов черноморских рыб	41
Е.С. БОРТНИКОВ Цестоды промысловых рыб в бассейне Нижнего Дона	46
В.В. ВАРАКСИНА Волжский сазан — перспективный объект для воспроизводства в Центральной зоне Российской Федерации	48
Л.В. ВЕСНИНА, Г.А. РОМАНЕНКО Рыбохозяйственное значение и пути увеличения уловов рыбы в верховьях Оби	52
Л.В. ВЕСНИНА, И.Ю. ТЕРЯЕВА Основные подходы в оценке паразитофауны и экологической безопасности в водных объектах Алтайского края и Республики Алтай	55

Л.В. ВЕСНИНА	
Рациональное использование сырьевой базы гипергалинных озер юга Западной Сибири	59
Р.В. ВЛАСЕНКО	
<i>Mercenaria stimpsoni</i> (Bivalvia, Veneridae) как промысловый объект у берегов Приморского края (Японское море)	61
А.В. ВОЙКИНА, Л.А. БУГАЕВ, Л.П. РУЖИНСКАЯ	
Физиологическое состояние пиленгаса <i>Liza haematoheila</i>, Temminck & Shlegel Азово-Черноморского бассейна в 2016 г.	66
Е.С. ВОРОНОВА	
Распределение и миграции молоди горбуши и кеты в ранний морской период жизни в юго-западной части Берингова моря	70
Т.В. ВОТИНОВА	
Загрязнение полихлорбифенилами экосистемы Черного моря в 2016 г.	73
Д.А. ГАВРИЛОВА	
Развитие пищеварительной системы у личинок и молоди кефали, выловленных в западной части Каспийского моря	80
Е.Р. ГАЛЯУТДИНОВА	
Биоразнообразие микроорганизмов, выделенных от сома европейского <i>Silurus glanis</i> L., 1758	84
Е.А. ГОЛИНЕВА, С.А. ЯКИМОВИЧ	
Современное состояние фауны плоских червей Platyhelminthes плотвы <i>Rutilus rutilus</i> L. 1758 восточной части Финского залива	87
И.И. ГОРДЕЕВ	
Накопление тяжелых металлов паразитами рыб	91
Е.С. ГОРОХОВА	
Современное состояние зоопланктона озера Ниджили (бассейн р. Вилюй, Якутия)	97
С.А. ГУЦУЛЯК, Е.В. МИКОДИНА	
Непромысловые бычки Gobiidae Каспийского моря как возможные тест-объекты при оценке состояния среды обитания	101
М.Б. ДАНИЛОВ	
Динамика популяции леща <i>Abramis brama</i> в Чудском озере	106
С.А. ДЬЯКОВА, Е.Р. ГАЛЯУТДИНОВА	
Санитарно-микробиологическая оценка Северного Каспия как среды обитания гидробионтов	107
М.М. ДЯЧЕНКО, И.Н. ИГОНИНА	
Особенности маркирования рыбных продуктов согласно ТР ЕАЭС 040/2016 «О безопасности рыбы и рыбной продукции»	111
П.О. ЕМЕЛИН	
Данные по составу и структуре нектона верхней эпипелагиали глубоководной части Охотского моря в осенний период 1998–2015 гг.	114
К.А. ЖУКОВА, А.М. ПРИВАЛИХИН	
Гистологические характеристики стадий зрелости яичников минтая	118

Д.С. ЗАГОРСКАЯ, И.А. ЗАГОРСКИЙ	
Способ визуальной оценки жизнеспособности камчатского краба <i>Paralithodes Camtschaticus</i> (Decapoda, Lithodidae) в ходе транспортировки	124
И.А. ЗАЧЕСОВА, Е.Д. БРОВКО	
Анализ современного рынка копченой рыбной продукции	128
О.В. ЗИКУНОВА	
Современное состояние и особенности организации промысла чавычи р. Камчатка	132
Т.А. ИГНАТОВА, Т.В. РОДИНА, Н.В. БУРОВА, А.В. ПОДКОРЫТОВА	
Сравнительная характеристика пищевых волокон из красных водорослей-агарофитов и их аналогов из наземных растений	137
К.А. КАЙЗЕР	
О мерах стимулирования поставок продукции из рыбы и морепродуктов на внутренний рынок России	143
К.К. КИВВА	
Чистая продукция сообщества в Беринговом море	149
Е.А. КОВАЛЁВ, Л.Н. ФРОЛЕНКО, Л.А. ЖИВОГЛЯДОВА	
Анадара <i>Anadara kagoshimensis</i> (Tokunaga, 1906) в Азовском море	155
А.В. КОЗИН	
Хроматография/масс-спектрометрия для определения химических показателей безопасности водных биологических ресурсов	158
А.В. КОНЬКОВА	
Встречаемость микроядер в эритроцитах крови русского осетра Каспийского моря	162
О.Н. КРИВОНОС, Н.В. ДОЛГАНОВА, А.С. ВИННОВ	
Перспективы создания технологии рыбной кулинарии длительного хранения	166
Д.С. КУРНОСОВ, С.Ю. ОРЛОВА	
Полиморфизм митохондриальной ДНК дальневосточной сардины <i>Sardinops melanostictus</i> в Северо-Западной Пацифике	168
А.В. ЛИЩЕНКО, Ф.В. ЛИЩЕНКО, К.К. КИВВА	
Фауна головоногих моллюсков в районе северных Курильских островов в летне-осенний период 2015 г.	172
Ф.В. ЛИЩЕНКО, А.В. ЛИЩЕНКО	
Внутривидовая изменчивость обликов стаголитов командорского кальмара <i>Berriteuthis magister</i> (Berry 1913)	175
О.А. МАЗНИКОВА, А.М. ОРЛОВ, А.О. ТРОФИМОВА, И.И. ГЛЕБОВ	
Пространственное распределение и некоторые черты биологии чёрного палтуса <i>Reinhardtius hippoglossoides</i> в море Лаптевых в летне-осенний период 2015 г.	179
О.А. МАЗНИКОВА, П.О. ЕМЕЛИН	
Распределение, некоторые черты биологии и показатели обилия <i>Aptocyclus ventricosus</i> (Scorpaeniformes, Cyclopteridae) в Охотском море весной 2014–2016 гг.	183

О.А. МАЗНИКОВА, А.А. СОМОВ	
Особенности распределения и некоторые черты биологии рыбы-лягушки <i>Apotocyclus ventricosus</i> Pallas, 1769 (Scorpaeniformes, Cyclopteridae) в Беринговом море	189
Е.О. МАРКОВА	
Паразитофауна рыб озера Бытошь	194
А.Р. МУСТАФИНА	
Выделительная система плероцеркоида <i>Pyramicocephalus phocarum</i> (Cestoda) из печени беломорской трески	199
Л.Ш. НАСЫРОВА	
Сравнение размера икорных зёрен у стерляди и гибрида стерляди с белугой — стербела	201
А.М. НИКОЛАЕВ, М.Ю. АЛЕКСЕЕВ	
Сезонная и суточная динамика дрефты в лососевой р. Умба (Кольский п-ов)	204
А.А. НИКОЛЕНКОВ, В.А. ЧАПЛЫГИН	
Содержание меди, цинка и марганца в организме сингиля <i>Liza aurata</i> , Risso 1810	208
И.В. ОЛЕФИР	
Современное состояние кормового зоопланктона северо-западной части Чёрного моря	211
А.А. ПАВЛЮК, Е.В. ГОРБЕНКО	
Влияние условий выращивания в прудах на адаптационные возможности выпускной молоди русского осетра и севрюги на ОРЗ Азово-Донского района	215
М.А. ПОБЕДИНЦЕВА, И.Г. КИЧИГИН, С.А. РОМАНЕНКО, А.И. КУЛЕМЗИНА, Н.В. ВОРОБЬЕВА, Н.А. СЕРДЮКОВА, Е.А. ИНТЕРЕСОВА, М.А. КОРЕНТОВИЧ, В.Ф. ЗАЙЦЕВ, А.И. МАКУНИН, А.С. ГРАФОДАТСКИЙ, В.А. ТРИФОНОВ	
Филогеография осетровых <i>Acipenseridae</i> в реках Сибири	220
В.И. ПОЛЯНИЧКО	
Особенности вертикального распределения и поведения японской скумбрии и дальневосточной сардины по данным гидроакустических исследований 2015–2016 гг.	221
Т.В. ПОМОГАЕВА, И.Б. БАЛЧЕНКОВ, Д.Д. АСЕЙНОВ	
Распределение каспийских килек в глубоководной части Каспийского моря по результатам гидроакустической съемки в 2016 г.	228
Р.Е. ПРИЩЕПА, А.В. САВЧУК	
Морфобиологическая характеристика бычка-кругляка <i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814) водоемов различной галинности Крымского полуострова	231
Д.Ю. ПРОКОПОВ, Л.С. БИЛТУЕВА, Н.В. ВОРОБЬЕВА, С.А. РОМАНЕНКО, В.Р. БЕКЛЕМИШЕВА, Д. А. АНДРЕЙШКОВА, А.И. МАКУНИН, А.С. ДРУЖКОВА, Н.А. СЕРДЮКОВА, А.В. КУДРЯВЦЕВА, А.С. КОМИССАРОВ, С.Ф. КЛИВЕР, А.С. ГРАФОДАТСКИЙ, В.А. ТРИФОНОВ	
Применение методов высокопроизводительного секвенирования и молекулярной цитогенетики для изучения геномов осетрообразных	235
О.В. ПЯТИКОПОВА	
Влияние гидрологического режима р. Волги на концентрацию молоди сельди-черноспинки в период покатной миграции	238

Т.В. РОДИНА, Т.А. ИГНАТОВА, А.В. ПОДКОРЫТОВА Пищевые волокна из морских водорослей в продуктах здорового питания	240
А.Н. РОЩИНА, Т.В. РОДИНА, А.В. ПОДКОРЫТОВА Химический состав <i>Saccharina japonica</i>, добываемой в прибрежной зоне Западного Сахалина, и рекомендации по её использованию	243
Д.А. СИБИРИН Развитие аквакультуры в России до 2025 года	249
Д.О. СОЛОГУБ Система регулирования промысла антарктического криля: современное состояние, проблемы и перспективы	250
И.Н. СОЛОХА Роль кремниевой кислоты в развитии фитопланктона в Азовском море за период 2010–2016 гг.	256
А.М. СЫТОВ О проблемах разработки процедуры управления с обратной связью для промысла криля	259
Т.Ю. УГЛОВА, Ю.Е. БАРЫШНИКОВА, В.А. КАРПОВ Встречаемость язвенного некроза кожи у горбуши <i>Oncorhynchus gorbuscha</i> у побережья о. Итуруп в 2016 г.	263
Е.С. ФАДЕЕВ, Е.А. ШЕВЛЯКОВ Опыт использования гидроакустического комплекса для количественного учета производителей тихоокеанских лососей в реках Камчатки	267
М.О. ЧАЛИЕНКО Рост серого морского ежа <i>Strongylocentrotus intermedius</i> у берегов Приморья	272
С Л. ЧЕРНЯВСКАЯ Рациональное использование водных биоресурсов Азово-Черноморского бассейна в технологии кормов для рыб	278
А.А. ЩЕРБАНЬ Технология специализированной пищевой продукции на основе фукусовых водорослей <i>Fucus vesiculosus</i> и <i>Ascophyllum nodosum</i>	283
Н.О. ЯБЛОКОВ, К.А. ЖУКОВА Морфологические особенности красной и белой мускулатуры некоторых представителей ихтиофауны Среднего Енисея	288

**V НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

**СОВРЕМЕННЫЕ
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА**

17-18 апреля 2017 года, г. Москва

Заведующая редакцией *Н.Э. Боровик*
Технический редактор *Л.И. Филатова*
Художественный редактор *М.Е. Котова*
Корректор *Е.Н. Гаврилова*
Компьютерная верстка *Л.И. Филатовой*

Подписано в печать 21.07.2017.
Печ. л. 37,25. Формат 60 × 84 1/8.

Издательство ВНИРО
107140, Москва, ул. Верхняя Красносельская, 17
Тел.: +7 (499) 264–65–33
Факс: +7 (499) 264–91–87