

УДК 639.3.07

П. Р. Макаревич, Е. Д. Облучинская, А. Г. Дворецкий, Н. Г. Журавлева

Современные тенденции разведения и культивирования нетрадиционных объектов аквакультуры (арктический голец, камчатский краб, морской еж) и технологии переработки гидробионтов

Проведен анализ современной научно-технической, нормативной, методической литературы, касающейся биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб (арктического гольца), ценных морских видов беспозвоночных животных (камчатского краба и морского ежа), а также технологий комплексной переработки гидробионтов. Описаны современные направления и проблемы культивирования и использования данных объектов. Показано, что пресноводные формы арктического гольца успешно используются в аквакультуре во многих странах мира, освоение анадромных (проходных) гольцов в качестве объекта марикультуры остается малоизученным, считать его объектом марикультуры пока рано. Вполне возможно, что в скором времени в результате селекционного отбора или межвидовых скрещиваний будут получены формы с необходимыми свойствами. Анализ литературных данных позволяет заключить, что в РФ не проводились регулярные работы по аквариальному содержанию морских ежей с целью получения высококачественного сырья для создания основы (ингредиентов) продукции лечебно-профилактического назначения. Основные усилия предыдущих исследований искусственного разведения камчатского краба были направлены на выращивание жизнестойкой молоди (мальков) и подрашивание некондиционных особей до товарного качества. Вместе с тем следует отметить, что способы культивирования крабов в возрасте 3–5 лет совершенно не изучены. Также нет сведений о наличии доступных и относительно дешевых способов, направленных на ускорение линьки краба, а известно, что именно долгий период роста этого ракообразного (товарного) размера особи достигают за 9–10 лет) препятствует развитию аквакультуры вида в промышленных масштабах. Современная переработка морских гидробионтов должна основываться на комплексном безотходном подходе с получением традиционных пищевых продуктов, лечебно-профилактических средств и кормов для аквакультуры. Создание подобного единого технологического цикла при переработке камчатского краба, морских ежей и арктического гольца является перспективным направлением развития рыбоперерабатывающей отрасли на территории Мурманской области.

Ключевые слова: аквакультура, камчатский краб, морской еж, арктический голец, биологически активные вещества гидробионтов.

Введение

Аквакультура в России является приоритетным направлением развития промышленности и сельского хозяйства и естественным образом связана с мировыми тенденциями разведения и культивирования, а также переработкой объектов искусственного выращивания. Для каждого региона важно определить перспективные виды гидробионтов, которые можно культивировать с учетом природных и экономических возможностей.

Арктический голец является аборигенным видом Кольского полуострова. В России первый опыт заводского выращивания гольца был предпринят еще в 80-х гг. прошлого столетия. Рыбоводные работы с озерной формой гольца проводились на заводе "Имандра" [1], где были получены положительные результаты, однако промышленного внедрения разработки не состоялось. В нашей стране разведение гольцов пока ограничивается целями компенсации ущерба, нанесенного водным ресурсам в результате хозяйственной деятельности. В настоящее время товарное выращивание арктического гольца активно развивается северными европейскими странами, среди которых мировым лидером является Исландия, в небольших объемах голец выращивается также в Эстонии, Норвегии, Швеции, Германии, Финляндии, Канаде, Великобритании и Ирландии. Гольцы вызывают большой интерес как перспективный объект морской аквакультуры для Кольского полуострова, поскольку они лучше адаптированы к более низким температурам воды, чем атлантический лосось и радужная форель.

Камчатский краб, относящийся к важным промысловым видам, был вселен в Баренцево море 1960-х гг., а к середине 1990-х гг. сформировалась новая местная популяция вида. Динамика запаса краба претерпевала значительные изменения: наблюдались периоды скачкообразного роста численности и периоды спада. Для стабильного насыщения рынка продукцией целесообразно введение данного вида в аквакультуру [2; 3].

Одной из основных проблем добычи зеленого морского ежа в Баренцевом море является несовпадение сроков максимального развития его гонад (основной компонент использования данного вида) и благоприятных условий для промысла. Так, наивысший гонадо-соматический индекс (ГСИ) наблюдается у морских ежей в осенне-зимний период, когда в Баренцевом море резко возрастает число штормовых дней и устанавливается

полярная ночь. Альтернативой промыслу на Мурмане может быть аквакультура – вылов морских ежей в весенне-летний период с последующими передержкой в садках и искусственным кормлением до достижения оптимального ГСИ.

Важнейшим и перспективным направлением в области переработки гидробионтов является разработка комплексных инноваций с получением новых пищевых продуктов, кормов и лечебно-профилактических средств. Последние обладают широким спектром действия, являясь антистрессовыми, антигипертензивными, противовирусными, противоопухолевыми, иммуномодулирующими, антиоксидантными, адаптогенными, антигиперхолестеринемическими препаратами и показаны для применения в геронтологической, педиатрической практике, способствуют нормализации обмена веществ и потере лишнего веса.

Цель настоящего обзора – обобщение информации по культивированию и комплексной переработке малоиспользуемых объектов марикультуры, обитающих в Северном рыбохозяйственном бассейне.

Арктический голец

Арктический голец *Salvelinus alpinus* (L.) complex – большой полиморфный вид, или видовой комплекс, включающий множество географических группировок и локальных симпатрических форм гольцов Европы, Азии и Северной Америки [4]. На обширном ареале у арктических гольцов отмечается большая изменчивость по внешним морфологическим характеристикам, особенностям экологии, генетическим признакам [5]. Характерная особенность *S. alpinus complex* – существование в ряде озер симпатрических форм, различающихся по темпу роста, продолжительности жизни, питанию, предпочитаемым биотопам, местам и срокам нереста, окраске, морфологии. Комплекс арктический голец состоит из 100 озерных и речных (пресноводных) и около 15 факультативно анадромных форм.

Выращивание арктического гольца связано с рядом трудностей, несмотря на его способность расти в ледяной воде, что является уникальной возможностью для развития его марикультуры в северных странах Европы и Америки. Так, темпы его роста невысокие, и рыбе, как правило, требуется до 30 месяцев, чтобы достигнуть половой зрелости, особенно в неблагоприятных условиях¹. При выращивании гольца в садках и бассейнах ему почти не нужно освещение, тогда как другие лососи в темноте погибают. Выращивание анадромных форм арктического гольца в морской воде экономически выгоднее, чем в пресной. Высокий темп роста гольца отмечен при температуре 3–4 °С в садках в воде с соленостью 20–25 г/л. В возрасте 18 месяцев арктический голец достигает длины 45,5 см и массы 1 125 г, а в 2,5 года – 53 см и 1 950 г. Плотность содержания в садках – около 10 кг/м³. В этих условиях самцы созревают за 18, самки – за 28 месяцев, а доля половозрелых особей в таком режиме около 10 %. Двухлетки имеют среднесуточный прирост 0,2–0,3 г, средняя масса увеличивается с 35 до 200 г. При плотности посадки 20 экз/м² рыбопродуктивность составляет 3 кг/м² 2.

Основные подходы к выращиванию гольца

В надежде найти ключ к пониманию биологии анадромных форм арктического гольца во всех северных странах мира постоянно проводятся экспериментальные и опытные работы. Так, благодаря использованию технологии оксигенации потребление воды на фермах по выращиванию гольца сегодня составляет 100–200 м³/кг производимой рыбы, в то время как двадцать лет назад этот показатель достигал 1 000–1 700 м³/кг. Без оксигенации воды специфическая величина водного потока колеблется в течение года от 0,5 до 2,5 л/кг/мин. Добавление чистого кислорода снижает требования к силе водного потока 0,3–0,5 л/кг/мин. Минимально допустимый поток в протоке составляет 0,3 л/кг/мин [6]. Концентрация растворенного кислорода должна поддерживаться на стабильном высоком уровне. Даже при температуре ниже 10 °С концентрация кислорода на уровне 70 % от насыщения снижает аппетит и рост холодноводных рыб. Более низкие концентрации растворенного O₂ приводят к гибели рыб [7]. Содержание кислорода в инкубационных и выростных емкостях в эмбрионально-личиночный период от 10,6–12,1 мг/л обеспечивало высокий процент насыщения воды кислородом (80–90 %). Повышение температуры воды в период выращивания молоди до 14–18 °С снижало содержание кислорода до 7–8 мг/л, однако степень его насыщения всегда оставалась выше критических и пороговых величин, установленных для гольца. Величина pH должна находиться в зоне безопасных для пресноводных рыб значений и составлять 6,2.

Отмечено улучшение роста арктического гольца в результате увеличения потребления корма и повышение эффективности его конверсии за период после перевода из короткого фотопериода на непрерывный свет. Применение зимнего фотопериода в период ювенальной фазы может использоваться для увеличения роста биомассы у гольца [8]. Результаты экспериментов показывают, что после моделирования зимних световых условий увеличение времени освещения может повысить продуктивность арктического гольца при выращивании с 25 до 30 %. Таким образом, большое внимание должно быть уделено световому режиму, которому подвергаются рыбы при выращивании.

¹ Fishnet.ru : сайт. URL: <http://www.fishnet.ru>.

² Там же.

Считают, что доступ к достаточно прохладной воде в летнее время имеет решающее значение при разведении и товарном выращивании гольца, но умеренный нагрев воды в холодное время года будет выгоден [9].

Самой большой проблемой при товарном выращивании является раннее созревание рыб. Переход с соматического на генеративный обмен приводит к остановке накопления мышечной массы, что экономически невыгодно при их содержании для товарного выращивания. Исследования показывают, что сочетание определенного фотопериода, пониженная температура и голодание могут значительно уменьшить частоту созревания и повысить продуктивность арктического гольца. Этот метод может быть применен и для других выращиваемых рыб с целью повышения эффективности контроля полового созревания [10]. Большое внимание уделяют изучению ферментативной активности как самого кишечника выращиваемых рыб, так и влиянию хитинолитических ферментов для усвоения питательных веществ и барьерной функции в тканях кишечника гольца. Обнаружено, что ткани кишечника гольца имеют значительную хитиназную активность. Распределение эндо-хитиназы и экзо-хитиназы вдоль желудочно-кишечного тракта гольца значительно отличалось. Эндо-активность хитиназы в тканях желудка и в дистальном отделе кишечника была в несколько сотен раз выше, чем активность экзо-хитиназы в ткани желудка. Максимальная экзо-хитиназная деятельность отмечена в дистальных отделах кишечника. Включение зигомицетов (*Rhizopus oryzae*) в корм привело к увеличению активности хитинолитической активности в ткани кишечника по сравнению с рыбной мукой в основе корма. Однако при этом нарушается целостность кишечника и наблюдается повышенная скорость усвоения аминокислоты лизина в дистальном, но не в проксимальном отделе кишечника [11].

Во всем мире все чаще проводятся исследования по возможности замены в корме белков животного происхождения на растительные компоненты при товарном выращивании хищных рыб. Получены обнадеживающие практические результаты, которые свидетельствуют, что в корме семги может быть до 50 % белков растительного происхождения, но однако и количество аккумулируемых ненасыщенных жирных кислот в тканях семги также уменьшилось наполовину. В отличие от семги в тканях арктического гольца накопление жирных кислот зависит не только от количества в корме жирных кислот, но также от его способности к эндогенному синтезу ненасыщенных жирных кислот. Продолжительные исследования по питанию гольца показали, что корма, содержащие семена тыквы, жмых и рапсовое масло, конвертируют в тканях рыбы во многом сходный состав жирных кислот, когда их кормили рыбным кормом, содержащим высокое содержание рыбной муки и рыбьего жира [12].

Изучены возможность сезонного цикла кормления проходного арктического гольца, липостатический механизм регуляции питания и возможности лептина выступать в качестве эндокринного сигнала ожирения. Представлены доказательства необходимости учета липостатических правил кормления и энергетического гомеостаза у арктического гольца, вместе с тем не установлено, что лептин действует как сигнал ожирения у этого вида. Однако в конце периода голодания у особей отмечено сильное увеличение в печени экспрессии генов *LepA1* наряду с мобилизацией жира и повышенной концентрацией глюкозы в плазме, что указывает на то, что гены *LepA1* могут играть роль в регуляции метаболических процессов, связанных с голоданием [13]. Эти эксперименты доказывают возможность экономии корма и как следствие – увеличение рентабельности выращиваемого объекта аквакультуры.

Опыт выращивания гольца в Норвегии

В настоящее время активно развивается аквакультурный бизнес россиян в Норвегии: вблизи г. Киркенес успешно работает предприятие "KirkenesChart". Ферма производит до 120 т арктического гольца в год (примерно 500 тыс. особей озерной формы). Пресноводного гольца сортируют по возрасту и размеру и выращивают в обширных наземных резервуарах в потоке ледяной воды. Она поступает естественным путем из горного озера. Проточная вода и естественная слизь, покрывающая тело рыбы, обеспечивают гольцу защиту от инфекции и паразитов. Резервуары устроены так, чтобы рыба постоянно двигалась³. Рыбоводы предприятия считают, что арктический голец – рыба чистая и жизнеспособная сама по себе, она требует мало корма. Кроме того, компания проводит забой рыбы особым способом. Рыба голодает 14 дней, что очищает ее организм и повышает качество продукта. "KirkenesChart" практически не наносит вреда окружающей среде. Совместное предприятие российских, финских и норвежских инвесторов – лауреат многих конкурсов – являет собой образцовый пример регионального сотрудничества в Баренцрегионе. Кроме того, это предприятие – редкий случай российских инвестиций в Норвегии, и создано оно было с целью поставок рыбы в Россию.

Таким образом, гольцы могут быть перспективным объектом морской аквакультуры на Мурмане, поскольку они лучше адаптированы к более низкой температуре воды, чем атлантический лосось и радужная форель, однако отсутствие достаточных знаний по биологии и экологии этого вида рыб, подходящих отечественных кормов для них, опыта работы с ними, инвестиций на экспериментальные и опытно-промышленные работы может привести к отрицательному результату.

³ Новости из Баренцрегиона : новостной портал. URL: <http://barentsobserver.com>.

Камчатский краб

Камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* (Tilesius, 1815) относится к отряду Decapoda (десятиногие раки), семейству Lithodidae (крабоиды), роду Paralithodes (королевские крабы). Это шельфовый вид, который в Баренцевом море встречается вплоть до 71°30' с.ш.: от Финмаркенской банки (на западе) до южного склона Гусиной банки (на востоке). При этом в восточном направлении граница его распространения отодвинулась до о. Колгуев, 51° в.д. В прибрежных водах краб достиг района Воронки Белого моря. Массовый нерест краба происходит в апреле, месяцем ранее происходит выпуск личинок, проводящих в планктоне около 2 месяцев, после чего они переходят к собственно бентосной стадии развития.

Основные подходы к аквакультуре камчатского краба

В настоящее время рассматриваются следующие основные направления аквакультуры камчатского краба [2; 3].

1. Экстенсивная аквакультура в море в естественных условиях:

а) сбор послеличинок и мальков на искусственных сооружениях и их подращивание до 2–3-летнего возраста в садках, на коллекторах и искусственных рифах с последующим выпуском в естественную среду [14];

б) дорашивание в садках до товарного качества некондиционных промысловых особей, отловленных в море [15].

2. Интенсивная аквакультура в контролируемых заводских условиях на берегу:

а) получение потомства от выловленных в море самок, выращивание жизнеспособной молоди и ее выпуск в открытое море, либо в изолированные заливы, губы, бухты [2; 3; 16];

б) подращивание пререкрутов крабов до товарного размера [2];

в) дорашивание до товарного качества некондиционных промысловых особей, отловленных в море [16; 17].

Мировой и отечественный опыт культивирования краба

Исследования биологических основ воспроизводства камчатского краба в искусственных условиях были начаты в связи с резким уменьшением его запасов в бассейне северной части Тихого океана еще в 20-е годы XX века [18; 19].

Одним из направлений работ по расширению возможностей промысла камчатского краба являлась акклиматизация в Баренцевом море, в связи с чем проводились исследования влияния основных факторов среды на особь на всех этапах онтогенеза [19]. Ранние попытки (30-х гг.) транспортировки икринок краба и икраных самок не удалось: в пути все особи погибали. Перевозка взрослых особей камчатского краба с Дальнего Востока на Баренцево море впервые успешно осуществлена в 1960 г. [20]. Из двенадцати самок, доставленных в Мурманск, в течение года погибло семь. Причина смертности – неблагоприятные условия обитания: высокая плотность посадки (размер бассейна, где содержались 12 самок – 207 × 64 × 100 см) при недостаточном водообмене. Икринки, вынашиваемые самками, на 100 % были поражены грибом сапролегнией. Отмечалось загнивание панциря, а в тех местах, где панцирь загнивал, поселялось множество нематод [21]. Личинки камчатского краба, содержащиеся при температуре 8–10 °С, пищей для которых служили приносимые с водой водоросли и личинки баянусов, начинали линять через 9 суток после выклева. При транспортировке с Дальнего Востока на Северный бассейн 12,4 млн икринок в изотермических ящиках находились отдельно от самок, их выживаемость составила около 50 %. Дальнейшую инкубацию проводили в сетчатых аппаратах, установленных в губе Дальнезеленецкой, но через полтора месяца икринки погибли из-за несовершенства инкубационной аппаратуры [21].

Дальнейшие работы по акклиматизации камчатского краба вплоть до их успешного завершения к концу 70-х гг. прошлого столетия заключались исключительно в транспортировке с Дальнего Востока икраных самок.

Первые опыты по выращиванию камчатского краба в лабораторных условиях были проведены в Японии на естественной морской воде. С 1934 по 1937 гг. на промыслово-биологической станции ТИНРО на о. Петрова проводились наблюдения за ростом и питанием краба-стригуна и камчатского краба в аквариальных условиях [22]. Х. Курата [23; 24] выращивал личинок *P. camtschaticus* и обобщил результаты воздействия температуры воды и солености на рост и выживаемость личинок, данный специалист также обобщил результаты воздействия температуры воды и солености на рост и выживаемость личинок, которых кормили науплиями *Artemia salina*. В ходе эксперимента особи 9 раз линяли, достигнув ювильной стадии развития. При этом выживаемость составила всего 6,7 %. В итоге были получены первые основополагающие сведения об особенностях роста и развития личинок и послеличинок краба. Т. Наканиши изучал развитие личинок и молоди камчатского краба в бассейнах с проточной морской водой. В результате этих исследований получены данные по росту и выживаемости при различных условиях культивирования, включая плотности посадки и особенности режима кормления [25; 26].

Первый норвежский опыт получения личинок и жизнестойкой молоди камчатского краба в лабораторных условиях проходил на норвежской научно-исследовательской станции по аквакультуре в г. Тромсе [16].

Личинок выращивали при температуре воды 5–7 °С, глаукотоз – 8–10 °С и солености 32–35 ‰. Основным кормом служили декапсулированные науплии артемии. Наступление I мальковой стадии зарегистрировано при 420 градусо-днях с момента вылупления. В дальнейших норвежских экспериментах начальная плотность посадки глаукотоз составляла 3 000 экз/м². Через 450 сут особи достигли 6 мальковой стадии развития [16]. За период с 45-е по 175-е сутки после оседания средняя масса мальков краба увеличилась с 4,3 до 138,5 мг, длина карапакса – с 1,8 до 5,9 мм. По прошествии 450 сут средняя масса крабов достигла 3,2 г при длине карапакса 17,1 мм (максимально до 8 г и 23 мм). Среднесуточный прирост составлял 3 % от массы тела краба в начале и около 1 % в конце опыта.

На российском Дальнем Востоке работы по получению личинок в аквариальных условиях на проточной морской воде проводились в 1980–1981 гг. на побережье зал. Петра Великого (Японское море) в научно-производственном центре "Заповедное", представляющем собой модульный цех для выращивания трепанга [27]. Позже, в 2005 г., в том же цехе были проведены эксперименты по получению и выращиванию личинок до малькового периода с последующим содержанием мальков в садках [27]. Выживаемость от зоза I стадии до глаукотоз составила 0,06 %, при продолжительности личиночного периода 60 суток. Авторы объясняют низкую выживаемость личинок на первых стадиях гибелью во время линьки, каннибализмом и невозможностью контролировать температуру воды в емкостях, которая в процессе выращивания резко менялась с 2–3 °С до 10–13 °С. С 2000 г. во ВНИРО (Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, г. Москва) начаты работы по искусственному воспроизводству камчатского краба в системах замкнутого цикла водообеспечения [2].

Биотехника выращивания камчатского краба заводским способом состоит из следующих 4 этапов: содержание самок до выклева личинок, выращивание личинок, содержание глаукотоз, подращивание мальков [2]. Пересадка личинок в выростные емкости производится на стадии зоза I. Рекомендуемая плотность посадки личинок составляет 50–75 экз/л, температура воды – 6,5–10,0 °С. Кормление личинок проводят 2 раза в сутки. Оптимальный корм – науплии *Artemia* sp. В случае соблюдения всех биотехнических норм выживаемость личинок до глаукотоз составляет 23–31 %. Глаукотоз собирают при помощи сифона. Оптимальная плотность посадки составляет 25 экз/л. В новом аквариуме размещают субстраты; температура воды должна соответствовать температуре воды в выростной емкости (7–8 °С).

После пересадки температуру воды постепенно поднимают до 10–11 °С (не более чем на 1 °С в сутки). Наиболее подходящие субстраты: пластиковая сетка (оптимальный размер ячеей – 0,5 × 0,5 мм) и сплетения пластиковых нитей. Корма для мальков камчатского краба помимо общих требований должны обладать отрицательной плавучестью. Установлено, что наилучшие результаты развития мальков достигаются при использовании корма из измельченных морских гидробионтов, не подвергнутых термической обработке [2].

Разработанная отечественными специалистами ВНИРО биотехника искусственного воспроизводства камчатского краба заводским способом с целью пополнения численности природных популяций значительно превосходит зарубежные аналоги и позволяет более полно реализовать биопродукционные возможности вида за счет увеличения выживаемости почти в 5 000 раз, сокращения продолжительности развития в 2 раза при одновременном увеличении роста на 19 % [2].

В 2001–2002 гг. в Полярном научно-исследовательском институте морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО) были выполнены экспериментальные исследования, направленные на разработку технологии дорастивания краба для улучшения его товарного состояния [28]. Опытные работы проводили на Кислогубском экспериментальном участке ПИНРО. Наполнение конечностей мясом в начале опыта колебалось от 30 до 52 %. Через два месяца подкармливания этот показатель возрос почти до 60 % при размахе колебаний от 41 до 68 %. В то же время в пробе крабов, выловленных в море, выход продукции в среднем не превысил 40 %. Степень наполнения конечностей самцов мясом от размеров животных не зависела [28]. Опытные работы по кормлению некондиционных крабов искусственными кормами показали лучший и более стабильный результат, по сравнению с опытами, где в качестве корма использовали малоценную рыбу [28].

В последнее время практическая аквакультура камчатского краба в РФ ограничивается работами по получению молоди. Так, в марте – июне 2010 г. на побережье Баренцева моря сотрудниками лаборатории воспроизводства и культивирования ракообразных ВНИРО был проведен нерест камчатского краба в искусственных условиях, целью которого было получение жизнеспособной молоди и последующий выпуск ее в естественную среду обитания [29].

Технологическая цепочка получения посадочного материала камчатского краба включала в себя все основные этапы: продолжительность полного цикла работ составила 2,5 месяца; выживаемость от личиночной стадии до стадии малька составила 39 %; в результате получено и успешно выпущено в море 200 тыс. особей мальков камчатского краба [29]. Схожие работы были проведены и на Дальнем Востоке (зал. Петра Великого, Японское море) при совместном участии ВНИРО и ИБМ ДВО РАН (Институт биологии моря, ныне ННЦМБ – Национальный научный центр морской биологии, г. Владивосток) [29].

Промысел краба в России в настоящее время осуществляется на Баренцевом море [30; 31] и в естественных местах обитания камчатского краба, где эксплуатируются аяно-шантарская и западнокамчатская

популяции данного вида. Несмотря на положительные тенденции в динамике запаса камчатского краба в последние годы во всех районах российского промысла все еще остается актуальным вопрос восстановления природных популяций, пострадавших в результате промысла (например в Японском море), а также вопрос получения жизнеспособных крабов различных размерных групп, в том числе и небольших, спрос на которые есть в Японии и в Южной Корее.

Таким образом, камчатский краб является потенциально ценным объектом для аквакультуры. Имеющиеся наработки касаются получения и культивирования мальков краба, а также дорастивания крупных особей. Перспективным видится изучение роста 3–5-летних крабов и разработка методик по ускорению этого процесса.

Зеленый морской еж

Морской еж *Strongylocentrotus droebachiensis* (Muller, 1776) – беспозвоночное животное, относящее к типу Echinodermata, классу Echiniodea, отряду Echinoida, семейству Strongylocentrotidae. Распространение *S. droebachiensis* в Баренцевом море ограничено следующими районами: прибрежные воды Мурмана; юго-восточные промысловые банки и их северные склоны (Гусиная, Моллера, Северо-Канинская); Надеждинско-Медвежинское мелководье; прибрежные воды южного и юго-западного Шпицбергена; воды архипелага Земля Франца-Иосифа; Центральная возвышенность. Изучение сезонного хода ГСИ и гистологические исследования ежа на Восточном Мурмане показали, что наибольшее значение ГСИ и максимальная степень зрелости гонад приходятся на февраль. Резкое падение ГСИ в течение марта – первой половины апреля указывает на сроки массового нереста. В то же время в июне – июле наблюдается новое, правда, значительно менее выраженное повышение ГСИ.

Основные подходы к аквакультуре морского ежа

Мировая практика показывает, что аквакультура морских ежей развивается по трем основным направлениям [32–35]:

1. Выращивание или сбор молоди (с передержкой в контролируемых условиях) для последующего высаживания на местообитания, где численность ежей была подорвана вследствие перевылова или влияния других негативных факторов.
2. Дорастивание взрослых особей в контролируемых условиях с целью повышения ГСИ.
3. Полный цикл выращивания от икры до взрослых особей в аквариальных условиях.

Работы отечественных и зарубежных специалистов по выращиванию морского ежа

Сотрудниками Мурманского морского биологического института (ММБИ) КНЦ РАН были проведены работы по получению личинок морского ежа в аквариальных условиях, при которых выявлен высокий показатель искусственного оплодотворения. Методика получения половых продуктов, процесс искусственного оплодотворения и инкубации икры отличаются простотой, надежностью, эффективностью и не требуют больших затрат. С учетом полученных данных высказано мнение, что может быть создана экспериментальная биологическая установка, где весь процесс от инкубации оплодотворенной икры до получения жизнеспособной личинки *S. droebachiensis* – плутеуса будет осуществляться в автоматическом режиме [35].

Важной задачей искусственного воспроизводства является изучение роста культивируемых гидробионтов. Зеленый морской еж является медленно растущим видом. Максимальный возраст для этого вида составляет 45 лет [36]. Важным фактором, влияющим на ГСИ у морского ежа, является температура воды. В ходе исследований норвежских специалистов в аквариальных условиях было показано, что степень влияния данного фактора изменяется в зависимости от размеров культивируемых животных, а также от времени года [32]. Что касается молоди морского ежа, то опыты, проведенные в аквариальных условиях для особей с массой 0,1–30 г, показали, что при температуре воды 6 °C прирост массы за 100-дневный период содержания составил 0,45 %; этот показатель был достоверно более низким, чем при температурных режимах в 10, 12 и 14 °C (0,78–0,84 %) [37].

У половозрелых морских ежей ГСИ возрастает при повышении температуры воды до определенного значения, после чего с ростом температуры происходит снижение данного показателя. В процентном отношении наибольший темп роста ГСИ отмечен для самых мелких морских ежей массой 40 г, превышая тем самым уровень для среднеразмерных (65 г) и крупных (100 г) особей [38]. Данная закономерность обусловлена тем, что крупные экземпляры расходуют меньше энергии на рост гонад из-за более высоких значений базового обмена и значительно больших затрат именно на созревание; для них также характерны более низкие уровни потребления пищи и худшая ее усвояемость [39]. Сезонность сказывается и на изменениях ГСИ морского ежа в разных температурных режимах. Как в зимний, так и в летне-осенний период у среднеразмерных особей (масса 65 г) происходило повышение темпов роста гонад. В зимний период повышение температуры воды не влияло на ГСИ, а летом это приводило к снижению данного показателя [38].

На уровень потребления пищи и эффективность ее усвоения у половозрелых ежей также влияет температура воды. С повышением температуры увеличивается количество пищи, потребляемое морскими ежами. Сезонность в потреблении пищи также хорошо прослеживается, даже при содержании особей при температуре воды в 10 °C [32].

В ходе исследований [32] было установлено, что при гипоксии происходит снижение ГСИ у ежей. При этом было показано, что как для неполовозрелых, так и для половозрелых особей повышение содержания кислорода не влияет на их рост, уровень потребления пищи и ГСИ.

Углекислый газ, выделяющийся в процессе дыхания гидробионтов и при разложении органических остатков, как правило, негативно влияет на гидробионтов при достижении высоких концентраций. Зеленый морской еж обладает довольно низкой устойчивостью к концентрации растворенного углекислого газа [40], что следует учитывать при его культивировании.

Сотрудниками ПИНРО проведены работы по изучению разных режимов кормления и влияния рациона при доращивании морского ежа с целью повышения ГСИ. Исследования показали, что при кормлении морских ежей фукусовыми водорослями, особенно при повышенной плотности посадки, существенных изменений в развитии гонад не наблюдается [41].

Сотрудниками ММБИ в Дальних Зеленцах в аквариальных условиях проведены опыты по подращиванию морских ежей. За период подращивания температура воды в бассейнах, как и в природных условиях, постепенно понижалась с 8 до 1 °С с октября по февраль, затем с марта по июль повышалась до 5–6 °С. Содержание растворенного кислорода в морской воде составляло 6–7 мг/л. В условиях бассейнового подращивания морские ежи питались с одинаковой интенсивностью в течение всего года. Было выявлено, что наиболее оптимальным для питания морских ежей является мясо бычков, песчанки и других нежирных рыб [42].

Установлено, что при подращивании морских ежей в течение 3–6 месяцев их ГСИ в полтора раза увеличивалось в сравнении с контролем. При использовании рыбных кормов обеспечивается значительное увеличение массы гонад. Вкус и цвет икры также в значительной мере зависит от состава корма. Было показано, что при кормлении морских ежей рыбой в течение относительно короткого периода (с октября по апрель) можно получить в полтора-два раза большее количество икры в сравнении с контролем [42].

Таким образом, введение морского ежа в массовую аквакультуру требует продолжения работ, основной профиль которых должен быть направлен на удешевление необходимых процедур и разработку оптимальных режимов содержания в конкретных условиях.

Переработка продукции, полученной из морских гидробионтов

В настоящее время актуальным направлением является развитие технологий комплексной и безотходной переработки морских гидробионтов, в частности морских ежей и камчатских крабов. При обработке промысловых видов морских гидробионтов до 60 % от массы улова составляют отходы. В результате исследований последних десятилетий в отходах идентифицировано большое количество биологически активных компонентов – пептидов, олигосахаридов, жирных кислот, ферментов, аминокислот, природных пигментов и микроэлементов [43].

Отходы промысла и переработки гидробионтов являются ценным источником для получения разнообразных продуктов: гидролизатов, автолизатов, препаратов коллагеназы, хиноидных пигментов (эхинохромы, спинохромы), находящихся широкое применение в медицине, микробиологии, пищевой и кормовой промышленности, косметике и т. д.

Комплексная переработка морского ежа

Морские ежи являются типичными представителями беспозвоночных и источником ряда интересных биологически активных веществ. В состав гонад морских ежей входят все незаменимые аминокислоты в количествах, соответствующих полноценному белку. Икра содержит от 12 до 25 % липидов (среди них 30 % полиненасыщенных жирных кислот, включая эссенциальные кислоты омега-3 и омега-6), а также богата такими минеральными веществами, как натрий, калий, кальций, магний, содержит значительный набор микроэлементов: медь, хром, кобальт, никель, марганец. Поэтому может использоваться в качестве функционального продукта питания, компонента для биологически активных добавок и кормов для рыб [44].

Икра морского ежа является съедобной частью и составляет примерно 10 % от его общей массы (в период размножения масса гонад (икры) достигает 20 % массы морских ежей), остальные части, такие как панцирь, иглы и внутренности, как правило, считаются отходами. Утилизация отходов морского ежа является важным вопросом и может повысить общую экономическую ценность данного продукта, сократить отходы. Например, целомическая жидкость морских ежей является источником регуляторных пептидов, на ее основе создано средство с выраженным терапевтическим эффектом, представляющее собой спиртовой экстракт из внутренностей морских ежей, полученный путем отделения гонад из морских ежей, извлечения внутренностей, их экстракции этиловым спиртом [45].

В работе [46] показано антиоксидантное действие экстрактов из гонад, тканей и внутренних органов, а также панциря и игл этих гидробионтов. В клинических и экспериментальных исследованиях препараты, полученные на основе липидов из морских ежей, проявляли противовоспалительное, антидиабетическое, гиполипидемическое действие и в связи с этим рекомендуются к использованию для профилактики и лечения широкого ряда заболеваний.

Панцири морских ежей представляют собой известковое образование. Основными ценными минорными компонентами панцирей и игл морских ежей являются придающие окраску пигменты полигидроксинафтохинонового ряда – эхинохром А и спинохромы. Данные вещества являются перспективным источником природных пищевых красителей, а также проявляют антиоксидантные свойства [47]. В отличие от эндогенных антиоксидантов, таких как витамин Е и убихинон, нафтохиноны способны нейтрализовать действие основных инициаторов неферментативного процесса окисления мембранных липидов – катионов железа, накапливающихся в зоне ишемического повреждения ткани. Такие особенности механизма действия выделяют спинохромы из ряда известных биоантиоксидантов и открывают перспективу для создания на их основе новых лекарственных препаратов. Например, разработана композиция, содержащая пигментно-минеральный комплекс панцирей морских ежей (0,05–2,0 %), включающий спинохромы В, D, димерные полигидроксинафтохиноны и минеральную составляющую (кальций, магний, фосфор, натрий, калий) в виде водорастворимых солей. В России на основе эхинохрома А зарегистрирован лекарственный антиоксидантный препарат Гистохром®, обладающий кардиопротективным и офтальмологическим действием [43].

Комплексная переработка камчатского краба

Пищеварительные органы различных морских беспозвоночных, и особенно гепатопанкреас ракообразных, являются уникальным сырьем для получения ферментов. Камчатский краб – один из самых крупных ракообразных Дальнего Востока и Баренцева моря – важнейший объект промысла. В составе отходов от разделки крабов, которые не используются промышленностью, содержатся такие высокоценные компоненты, как белок (12,5 %), хитин (2,6 %), липиды (0,24 %) и минеральные элементы (4,96 %) (в расчете на сырой материал). Карапакс с абдоменом используют для получения белковых гидролизатов методом биотехнологической конверсии и хитозана, на основе которого разрабатывают биологически активные добавки к пище (БАД). Гепатопанкреас краба применяют в качестве источника ферментных препаратов и жиров [48].

Идея получения препаратов протеиназ из гепатопанкреаса камчатского краба не нова. В научной литературе встречаются работы по выделению протеиназ различной степени очистки и свойств из этого органа. Такие ферментные препараты могут быть использованы в ветеринарии, медицине, косметологии, пищевой промышленности и аквакультуре, а также для исследовательских целей. Ферментативный способ получения гидролизатов под действием протеолитических ферментов, в частности, панкреатина или комплекса протеиназ, гепатопанкреатина, выделенного из гепатопанкреаса камчатского краба, по сравнению с химическими технологиями обладает существенными достоинствами, главными из которых являются доступность и простота проведения, незначительная энергозатратность и экологическая безопасность [49]. Ферментный препарат из гепатопанкреаса краба широко используется при производстве мясной продукции [50]. Протеолитическими ферментными препаратами из крабов проводят гидролиз сырья из гидробионтов, с целью получения хондроитин сульфата [51].

Коллагеназой из гепатопанкреаса крабов подвергают гидролизу свежую, замороженную, соленую, сушеную или законсервированную другим способом хрящевую ткань от разделки водных биологических ресурсов с целью выделения хондроитинсульфат-белкового комплекса. Коллагеназу получают из гепатопанкреаса камчатского краба путем экстракции из измельченного сырья с последующей очисткой и лиофильной сушкой. Лиофильно высушенный порошок "Коллагеназа" используется для ускорения отторжения струпов и некротизированных тканей после ожогов и отморожений; при трофических язвах для очищения от гнойно-некротических налетов [52].

Наиболее перспективным направлением является разработка способов комплексной переработки морских ежей и отходов камчатского краба. Например, известен способ комплексной переработки морских ежей, при котором последовательно получают ганглиозиды, эхинохром А, белковый концентрат и минеральную муку [53].

Трудности и перспективы в переработке сырья

В существующих технологиях комплексной переработки морских ежей и крабов имеются серьезные недостатки: потеря некоторых ценных биологически активных веществ, обработка сырья большим количеством токсичных органических растворителей, затраты на утилизацию отходов переработки. В связи с этим существует необходимость в разработке более эффективных и безопасных способов переработки морских ежей и отходов камчатского краба для внедрения в Баренц-регионе.

Повышение эффективности отечественных комбикормов, используемых при искусственном выращивании различных видов рыб, вызвано необходимостью решения вопросов воспроизводства ценных видов рыб и возрастающим вниманием к рыборазведению в условиях истощения промысловых биоресурсов [54]. Комбикорма являются основной статьей расходов при выращивании рыб, следовательно, улучшение их производственных свойств определяет экономический эффект. В решении проблемы совершенствования рецептур комбикормов для рыб особую роль могут играть биологически активные вещества (БАВ) морских гидробионтов. Анализ научно-технической литературы показал, что существуют различные способы получения комплекса биологически активных веществ, получаемых из гидробионтов с кормовой целью.

В основном, это получение белковых гидролизатов, содержащих биологически ценные вещества, такие как аминокислоты, дезоксирибонуклеозиды, олигонуклеотиды и др. [55–58].

Хорошим примером получения ферментативных белковых гидролизатов из морских гидробионтов для кормовых целей является технология, которая включает гидролиз белков отходов промысла и переработки гидробионтов под действием гепатопанкреаса-сырца краба (или комплексного ферментного препарата, полученного из него) [56]. Технология предусматривает измельчение сырья вместе с комплексным ферментным агентом и задание условий ферментативного гидролиза в зависимости от требуемой степени гидролиза. В результате получают целевой продукт – прозрачный очищенный гидролизат, белковую основу как для кормовых целей, так и для микробиологических сред.

Другим примером является технология осветления и обезжиривания растворов белкового ферментативного гидролизата, полученного из отходов переработки гидробионтов. Она разработана с целью получения высококачественного конечного продукта, а также снижения массовой доли минеральных веществ и хлорида натрия в готовом продукте по сравнению с другими технологиями [57]. Раствор гидролизата смешивают с раствором хитозана, который не только связывает растворенные липиды, но и приводит к осаждению взвешенных частиц и крупных негидролизированных белковых молекул.

Известен также другой способ получения белково-нуклеинового гидролизата из морского животного сырья, а именно из молок лососевых (например гольца) и осетровых рыб путем ферментативного гидролиза сырья коллагеназой. Способ предусматривает гомогенизацию молок и их автолиз. При этом гомогенизированные молоки подвергают обезжириванию флокуляцией хитозаном. Автолизат разделяют на жидкую фракцию и осадок, который подвергают дополнительному ферментативному гидролизу. Затем гидролизат и жидкую фракцию объединяют, а смесь используют в качестве готового продукта [58].

Таким образом, несмотря на современные достижения в комплексной переработке сырья, полученного из разных гидробионтов, имеется ряд трудностей и проблем, требующих разработки новых подходов и методик.

Заключение

В настоящее время пресноводные формы гольца успешно используются в аквакультуре во многих странах мира. Попытки освоить анадромных (проходных) гольцов в качестве объекта марикультуры делаются на протяжении последних 50 лет самыми передовыми и высокотехнологичными в этом направлении странами. Но поскольку многие биологические особенности гольцов, такие как социальное поведение (агрессивность, территориальность), миграции, толерантность к высокой солености до сих пор остаются малоизученными, считать его объектом марикультуры на Баренцевом море пока рано. Вполне возможно, что в скором времени в результате селекционного отбора или межвидовых скрещиваний будут получены формы с необходимыми свойствами.

Анализ литературных данных позволяет заключить, что в РФ не проводились регулярные работы по аквариальному содержанию морских ежей с целью получения высококачественного сырья для создания основы (ингредиентов) продукции лечебно-профилактического назначения, хотя имеющийся норвежский опыт может быть полезен для развития данной отрасли.

Аквакультура камчатского краба в настоящее время концентрируется на выращивании жизнестойкой молоди краба (мальков) и подращивании некондиционных особей до товарного качества. Вместе с тем следует отметить, что способы культивирования крабов в возрасте 3–5 лет практически не изучены. Также мало сведений о наличии доступных и относительно дешевых способов, направленных на ускорение линьки краба, а известно, что именно долгий период роста этого ракообразного (товарного размера особи достигают за 9–10 лет) препятствует развитию аквакультуры вида в промышленных масштабах.

Современная переработка морских гидробионтов должна основываться на комплексном безотходном подходе с получением традиционных пищевых продуктов, лечебно-профилактических средств и кормов для аквакультуры. Создание подобного единого технологического цикла при переработке камчатского краба, морских ежей и арктического гольца является перспективным направлением развития рыбоперерабатывающей отрасли на территории Мурманской области.

Таким образом, культивирование и переработка нетрадиционных объектов аквакультуры требует принципиально новых, нетрадиционных подходов, которые обеспечат приемлемое качество продукции и экономическую эффективность производства.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы" проекта "Разработка технических средств, биотехнологий выращивания нетрадиционных видов рыб и беспозвоночных для прогресса аквакультуры Южного и Северо-Западных федеральных округов России", соглашение № 14.607.21.0163 от 03.10.2016 г., уникальный идентификатор прикладных научных исследований и экспериментальных разработок (проекта) RFMEFI60716X0163.

Библиографический список

1. Терехин Ю. В. Рекомендации по искусственному разведению гольцов на рыбноводном заводе "Имандра" Мурманской области. Мурманск : ПИНРО, 1984. 10 с.
2. Ковачева Н. П. Аквакультура ракообразных отряда Decapoda: камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и гигантская пресноводная креветка *Macrobrachium rosenbergii* : [монография]. М. : ВНИРО, 2008. 240 с.
3. Stevens B. G., Dunham A., Kittaka J., Kovatcheva N., Persselin S. [et al.]. Aquaculture and stock enhancement of king crabs // King crabs of the world: biology and fisheries management : [monography] / B. G. Stevens [et al.] Boca Raton : CRC Press (Taylor & Francis Group), 2014. P. 403–448.
4. Савваиттова К. А. Арктические гольцы : (Структура популяц. систем, перспективы хоз. использ.). М. : Агропромиздат, 1989. 223 с.
5. Салменкова Е. А., Омельченко В. Т. Генетическая дивергенция и таксономический статус гольцов рода *Salvelinus* // Успехи современной биологии. 2013. Т. 133, № 3. С. 269–283.
6. Blancheton J. P. [et al.] Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems // Aquacultural Engineering and Environment / Ed. Asbjørn Bergheim. Research Signpost, 2007. P. 21–47. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6831>.
7. Pedersen C. L. Energy budget for juvenile rainbow trout at various oxygen concentration // Aquaculture. 1987. V. 62, Iss. 3–4. P. 289–298. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90171-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90171-2).
8. Gunnarsson S., Imsland A. K., Siikavuopio S. I., Árnason J. [et al.]. Enhanced growth of farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) following a short-day photoperiod // Aquaculture. 2012. V. 350–353. P. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.014>.
9. Jeuthe H., Brännäs E., Nilsson J. Effects of egg size, maternal age and temperature on egg, viability of farmed Arctic charr // Aquaculture. 2013. V. 408–409. P. 70–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.034>.
10. Liu Q., Duston J. Preventing sexual maturation in Arctic charr by 24 h light overwinter and suppressing somatic growth // Aquaculture. 2016. V. 464. P. 537–544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.038>.
11. Abro R., Sundell K., Sandblom E. [et al.]. Evaluation of chitinolytic activities and membrane integrity in gut tissues of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed fish meal and zygomycete biomass // Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology. 2014. V. 175. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2014.06.003>.
12. Murray D. S., Hager H., Tocher D. R., Kainz M. J. Effect of partial replacement of dietary fish meal and oil by pumpkin kernel cake and rapeseed oil on fatty acid composition and metabolism in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) // Aquaculture. 2014. V. 431. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.039>.
13. Frøiland E., Jobling M., Björnsson B. J. [et al.]. Seasonal appetite regulation in the anadromous Arctic charr: Evidence for a role of adiposity in the regulation of appetite but not for leptin in signalling adiposity // General and Comparative Endocrinology. 2012. V. 178, Iss. 2. P. 330–337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.06.017>.
14. Масленников С. И., Кашин И. А., Левин В. С. Промысел и воспроизводство камчатского краба у берегов Приморья // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 1999. № 3. С. 100–106.
15. Воробьева Н. К. Камчатский краб – объект аквакультуры // Камчатский краб в Баренцевом море : [монография] / отв. ред. Б. И. Беренбойм. Мурманск : ПИНРО, 2003. С. 325–333.
16. Mortensen A., Damsgard B. Growth, mortality, and food preference in laboratory-reared juvenile king crab (*Paralithodes camtschatica*) // Proceedings of International Symposium of Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Anchorage : University of Alaska, 1996. P. 665–674. Report No. 96-02.
17. Ковачева Н. П., Лебедев Р. О., Паршин-Чудин А. В., Загорский И. А., Кряхова Н. В. Успешный опыт искусственного воспроизводства камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* на побережье Баренцева моря // Рыбное хозяйство. 2010. № 6. С. 70–72.
18. Marukawa H. Biology and fishery research on Japanese king crab *Paralithodes camtschatica* // Journal of the Imperial Fisheries Experimental Station. 1933. V. 37, N 4. P. 1–152.
19. Закс И. Г. Биология и промысел краба (*Paralithodes*) в Приморье // Вестник Дальневосточного филиала Академии наук СССР. 1936. Т. 18. С. 49–80.
20. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Commercial fish and shellfish in the Barents Sea: Have introduced crab species affected the population trajectories of commercial fish? // Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2015. V. 25, Iss. 2. P. 297–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-015-9382-1>.
21. Зубкова Н. А. Опыт содержания камчатского краба в аквариуме // Труды ММБИ. 1964. Вып. 5 (9). С. 162–169.
22. Логвинович Д. Н. Аквариальные наблюдения над питанием камчатского краба // Известия ТИНРО. 1945. Т. 19. С. 79–97.
23. Kurata H. Studies on the larvae and postlarvae of *Paralithodes camtschatica*. III. The influence of temperature and salinity on growth of the larvae // Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory. 1960. V. 17. P. 9–14.

24. Kurata H. Studies on the age and growth of Crustacea // Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory. 1962. V. 24. P. 1–15.
25. Nakanishi T. Rearing condition of eggs, larvae and postlarvae of king crab // Bulletin of the Japan Sea Regional Fisheries Laboratory. 1987. V. 37. P. 57–161.
26. Nakanishi T. The effect of the environment on the survival rate, growth and respiration of eggs, larvae and post-larvae of king crab (*Paralithodes camtschatica*) // Proceedings of the International King Crab Symposium. Anchorage, Alaska, USA, January 22–24, 1985. Anchorage : University of Alaska, 1985. P. 167–185. University of Alaska Sea Grant AK-SG-85-12.
27. Иванов П. Ю., Щербакова Н. В. Опыт и проблемы выращивания камчатского краба в контролируемых заводских условиях // Известия ТИНРО. 2005. Т. 143. С. 305–326.
28. Альтов А. В., Воробьева Н. К., Мухина И. Н. Результаты опытных работ по культивированию камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) в прибрежных водах Баренцева моря // VII Всеросс. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б. Г. Иванова) : тез. докл. Мурманск, 9–13 октября 2006 г. М. : ВНИРО, 2006. С. 265–267.
29. Ковачева Н. П., Борисов Р. Р., Кряхова Н. В., Лебедев Р. О., Паршин-Чудин А. В. [и др.]. Достижения искусственного воспроизводства камчатского краба (*Paralithodes camtschaticus*) на Дальневосточном и Северном рыбохозяйственных бассейнах // Рыбное хозяйство. 2012. № 3. С. 63–66.
30. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Size at maturity of female red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, from the coastal zone of the Kola Peninsula (the Southern Barents Sea) // Cahiers de Biologie Marine. 2015. V. 56. P. 49–54.
31. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Inter-annual dynamics of the Barents Sea red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) stock indices in relation to environmental factors // Polar Science. 2016. V. 10, Iss. 4. P. 541–552.
32. Siikavuopio S.I. Green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, Müller in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth : Doctoral dissertation. Tromsø : University of Tromsø, 2009. 56 p.
33. Paredes E., Bellas J., Costas D. Sea urchin (*Paracentrotus lividus*) larval rearing – Culture from cryopreserved embryos // Aquaculture. 2015. V. 437. P. 366–369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.022>.
34. Vizzini S., Micciché L., Vaccaro A., Mazzola A. Use of fresh vegetable discards as sea urchin diet: effect on gonad index and quality // Aquaculture International. 2015. V. 23, Iss.1. P. 127–139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9803-5>.
35. Зензеров В. С. Искусственное воспроизводство морского ежа *Strongylocentrotus droebachiensis* // Современные технологии и прогноз в полярной океанологии и биологии : [монография] / отв. ред. Г. Г. Матишов. Апатиты : КНЦ РАН, 1999. С. 145–157.
36. Blicher M. E., Rysgaard S., Sejr M. K. Growth and production of sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in a high-Arctic fjord, and growth along a climatic gradient (64–77 °N) // Marine Ecology Progress Series. 2007. V. 341. P. 89–102.
37. Siikavuopio S. I. [et al.]. Effects of size and temperature on growth and feed conversion of juvenile green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // Aquaculture. 2012. V. 354–355. P. 27–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.036>.
38. Siikavuopio S. I., Mortensen A., Christiansen J. S. Effects of body weight and temperature on feeding, gonad growth and oxygen consumption in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // Aquaculture. 2008. V. 281, Iss. 1–4. P. 77–82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.05.033>.
39. Pearce C. M., Daggett T. L., Robinson S. M. C. Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // Aquaculture. 2004. V. 233, Iss. 1–4. P. 337–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.027>.
40. Siikavuopio S. I., Mortensen A., Dale T., Foss A. Effects of carbon dioxide exposure on feed intake and gonad growth in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // Aquaculture. 2007. V. 266, Iss. 1–4. P. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.044>.
41. Шацкий А. В. Морские ежи рода *Strongylocentrotus* мурманского побережья Баренцева моря: биология, распределение, перспективы промысла : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.10. М., 2012. 23 с.
42. Практическая аквакультура (разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН) : [монография] / Г. Г. Матишов [и др.]. Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2011. 282 с.
43. Руцкова Т. А., Артюков А. А., Купера Е. В., Кочергина Т. Ю. [и др.]. Некоторые аспекты комплексной переработки иглокожих // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2014. № 1 (173). С. 174–183.
44. Пивненко Т. Н., Дроздова Л. И., Загородная Г. И. Функциональный комбинированный продукт из медузы *Rhopilema asamushi* и икры морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Известия ТИНРО. 2012. Т. 171. С. 303–312.
45. Средство, обогащенное пептидами, аминокислотами и фосфолипидами : пат. 2481119 Рос. Федерация / Пожарицкая О. Н., Уракова И. Н., Шиков А. Н., Макарова М. Н., Макаров В. Г. № 2012108497/15 ; заявл. 05.03.2012 ; опубл. 10.05.2013, Бюл. № 13.

46. Беседнова Н. Н. Морские гидробионты – потенциальные источники лекарств // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2014. Т. 57, № 3. С. 4–10.
47. Кадникова И. А., Рогов А. М., Ермаков А. А. Обоснование технологии экстрагирования пигментов из панциря морского ежа // Приволжский научный вестник. 2013. № 10 (26). С. 24–30.
48. Игнатова Т. А., Родина Т. В., Подкорытова А. В. Биотехнологическая конверсия отходов от разделки краба *Paralithodes camtschaticus* при получении кормовой добавки с хитином // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю. А. Овчинникова. 2015. Т. 11, № 1. С. 20–27.
49. Широнова А. Ю. Совершенствование технологии протеолиза рыбных белков и изучение коллоидно-химических свойств гидролизатов : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04, 02.00.11. Мурманск, 2015. 23 с.
50. Способ производства деликатесного продукта : пат. 2447702 Рос. Федерация / Хайруллин М. Ф., Лукин А. А., Ребезов М. Б. № 2010124806/13 ; заявл. 16.06.2010 ; опубл. 20.04.2012, Бюл. № 11.
51. Способ получения хондроитина сульфата из тканей морских гидробионтов : пат. 2458134 Рос. Федерация / Новиков В. Ю., Порцель М. Н. № 2010153884/10 ; заявл. 27.12.2010 ; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22.
52. Фармацевтическая композиция, содержащая ферменты: коллагеназу и лизоцим и/или сангвиритрин : пат. 2504396 Рос. Федерация / Клопотенко Л. Л. № 2012138728/15 ; заявл. 10.09.2012 ; опубл. 20.01.2014, Бюл. № 2.
53. Способ комплексной переработки морских ежей : пат. 2432956 Рос. Федерация / Пожарицкая О. Н., Уракова И. Н., Шиков А. Н., Макаров В. Г. № 2010128393/15 ; заявл. 08.07.2010 ; опубл. 10.11.2011, Бюл. № 31.
54. Мухина И. Н. Повышение эффективности стартовых кормов для лососевых рыб путем введения биологически активных добавок : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.10. М., 2003. 25 с.
55. Способ осветления и обезжиривания белковых ферментативных гидролизатов : пат. 2193330 Рос. Федерация / Новиков В. Ю., Мухин В. А. № 2000112593/13 ; заявл. 19.05.2000 ; опубл. 27.11.2002, Бюл. № 33.
56. Способ получения ферментативных белковых гидролизатов из морских гидробионтов для микробиологических и/или кормовых целей : пат. 2215425 Рос. Федерация / Новиков В. Ю., Мухин В. А., Макин А. А. № 2001115122/13 ; 04.06.2001 ; опубл. 10.11.2003, Бюл. № 31.
57. Способ получения хитозан-нуклеинового гидролизата : пат. 2483110 Рос. Федерация / Максимова С. Н., Полещук Д. В., Гафуров Ю. М. № 2011146227/10 ; заявл. 11.11.2011 ; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 15.
58. Способ получения белково-нуклеинового гидролизата : пат. 2055482 Рос. Федерация / Гафуров Ю. М., Козловская Э. П., Рассказов В. А., Галкин В. В., Артюков А. А., Козловский А. С., Арзамасцев Е. В. № 9494017460 ; заявл. 13.05.1994.

References

1. Terehin Yu. V. Rekomendatsii po iskusstvennomu razvedeniyu goitsov na rybovodnom zavode "Imandra" Murmanskoy oblasti [Recommendations for artificial breeding of loam at the hatchery "Imandra", the Murmansk region]. Murmansk : PINRO, 1984. 10 p.
2. Kovacheva N. P. Akvakultura rakoobraznyh otryada Decapoda: kamchatskiy krab *Paralithodes camtschaticus* i gigantskaya presnovodnaya krevetka *Macrobrachium rosenbergii* [Aquaculture of Crustaceans, Decapoda: Kamchatka crab *Paralithodes camtschaticus* and giant freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*] : [monografiya]. M. : VNIRO, 2008. 240 p.
3. Stevens B. G., Dunham A., Kittaka J., Kovatcheva N., Persselin S. [et al.]. Aquaculture and stock enhancement of king crabs // King crabs of the world: biology and fisheries management : [monography] / B. G. Stevens [et al.] Boca Raton : CRC Press (Taylor & Francis Group), 2014. P. 403–448.
4. Savvaitova K. A. Arkticheskie goitsy [Arctic charr] : (Struktura populyats. sistem, perspektivy hoz. ispolz.). M. : Agropromizdat, 1989. 223 p.
5. Salmenkova E. A., Omelchenko V. T. Geneticheskaya divergentsiya i taksonomicheskii status goitsov roda *Salvelinus* [Genetic divergence and taxonomic status of charr of the genus *Salvelinus*] // Uspehi sovremennoy biologii. 2013. V. 133, N 3. P. 269–283.
6. Blancheton J. P. [et al.] Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems // Aquacultural Engineering and Environment / Ed. Asbjørn Bergheim. Research Signpost, 2007. P. 21–47. Open Access version : <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6831>.
7. Pedersen C. L. Energy budget for juvenile rainbow trout at various oxygen concentration // Aquaculture. 1987. V. 62, Iss. 3–4. P. 289–298. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(87\)90171-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(87)90171-2).
8. Gunnarsson S., Imsland A. K., Siikavuopio S. I., Árnason J. [et al.]. Enhanced growth of farmed Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) following a short-day photoperiod // Aquaculture. 2012. V. 350–353. P. 75–81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.014>.
9. Jeuthe H., Brännäs E., Nilsson J. Effects of egg size, maternal age and temperature on egg, viability of farmed Arctic charr // Aquaculture. 2013. V. 408–409. P. 70–77. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.05.034>.

10. Liu Q., Duston J. Preventing sexual maturation in Arctic charr by 24 h light overwinter and suppressing somatic growth // *Aquaculture*. 2016. V. 464. P. 537–544. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.07.038>.
11. Abro R., Sundell K., Sandblom E. [et al.]. Evaluation of chitinolytic activities and membrane integrity in gut tissues of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed fish meal and zygomycete biomass // *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*. 2014. V. 175. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpb.2014.06.003>.
12. Murray D. S., Hager H., Tocher D. R., Kainz M. J. Effect of partial replacement of dietary fish meal and oil by pumpkin kernel cake and rapeseed oil on fatty acid composition and metabolism in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) // *Aquaculture*. 2014. V. 431. P. 85–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.03.039>.
13. Frøiland E., Jobling M., Björnsson B. J. [et al.]. Seasonal appetite regulation in the anadromous Arctic charr: Evidence for a role of adiposity in the regulation of appetite but not for leptin in signalling adiposity // *General and Comparative Endocrinology*. 2012. V. 178, Iss. 2. P. 330–337. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2012.06.017>.
14. Maslennikov S. I., Kashin I. A., Levin B. C. Promysel i vosproizvodstvo kamchatskogo kraba u beregov Primorya [Fishing and reproduction of the Kamchatka crab near the coast of Primorye] // *Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*. 1999. N 3. P. 100–106.
15. Vorobeva N. K. Kamchatskiy krab – ob'ekt akvakultury [Kamchatka crab as an object of aquaculture] // *Kamchatskiy krab v Barentsevom more : [monografiya] / otv. red. B. I. Berenboym. Murmansk : PINRO, 2003. P. 325–333.*
16. Mortensen A., Damsgard B. Growth, mortality, and food preference in laboratory-reared juvenile king crab (*Paralithodes camtschatica*) // *Proceedings of International Symposium of Biology, Management, and Economics of Crabs from High Latitude Habitats. Anchorage : University of Alaska, 1996. P. 665–674. Report No. 96-02.*
17. Kovacheva N. P., Lebedev R. O., Parshin-Chudin A. V., Zagorskiy I. A., Kryahova N. V. Uspeshnyi opyt iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba *Paralithodes camtschaticus* na poberezhie Barentseva morya [Successful experience of artificial reproduction of the Kamchatka crab *Paralithodes camtschaticus* on the coast of the Barents Sea] // *Rybnoe hozyaystvo*. 2010. N 6. P. 70–72.
18. Marukawa H. Biology and fishery research on Japanese king crab *Paralithodes camtschatica* // *Journal of the Imperial Fisheries Experimental Station*. 1933. V. 37, N 4. P. 1–152.
19. Zaks I. G. Biologiya i promysel kraba (*Paralithodes*) v Primore [Biology and fishery of crab (*Paralithodes*) in Primorye] // *Vestnik Dalnevostochnogo filiala Akademii nauk SSSR*. 1936. V. 18. P. 49–80.
20. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Commercial fish and shellfish in the Barents Sea: Have introduced crab species affected the population trajectories of commercial fish? // *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 2015. V. 25, Iss. 2. P. 297–322. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11160-015-9382-1>.
21. Zubkova N. A. Opyt soderzhaniya kamchatskogo kraba v akvariume [Experience of breeding the king crab in the aquarium] // *Trudy MMBI*. 1964. Vyp. 5 (9). P. 162–169.
22. Logvinovich D. N. Akvarialnye nablyudeniya nad pitaniem kamchatskogo kraba [Aquarian observations on the nutrition of the king crab] // *Izvestiya TINRO*. 1945. V. 19. P. 79–97.
23. Kurata H. Studies on the larvae and postlarvae of *Paralithodes camtschatica*. III. The influence of temperature and salinity on growth of the larvae // *Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory*. 1960. V. 17. P. 9–14.
24. Kurata H. Studies on the age and growth of Crustacea // *Bulletin of the Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory*. 1962. V. 24. P. 1–15.
25. Nakanishi T. Rearing condition of eggs, larvae and postlarvae of king crab // *Bulletin of the Japan Sea Regional Fisheries Laboratory*. 1987. V. 37. P. 57–161.
26. Nakanishi T. The effect of the environment on the survival rate, growth and respiration of eggs, larvae and post-larvae of king crab (*Paralithodes camtschatica*) // *Proceedings of the International King Crab Symposium. Anchorage, Alaska, USA, January 22–24, 1985. Anchorage : University of Alaska, 1985. P. 167–185. University of Alaska Sea Grant AK-SG-85-12.*
27. Ivanov P. Yu., Scherbakova N. V. Opyt i problemy vyrashchivaniya kamchatskogo kraba v kontroliruemyyh zavodskiykh usloviyakh [Experience and problems of cultivation of the king crab in controlled plant conditions] // *Izvestiya TINRO*. 2005. V. 143. P. 305–326.
28. Altov A. V., Vorobeva N. K., Muhina I. N. Rezultaty opytnykh rabot po kultivirovaniyu kamchatskogo kraba (*Paralithodes camtschaticus*) v pribrezhnykh vodakh Barentseva morya [The results of experimental work on the cultivation of the Kamchatka crab (*Paralithodes camtschaticus*) in the coastal waters of the Barents Sea] // VII Vseross. konf. po promyslovym bespozvonochnym (pamyati B. G. Ivanova) : tez. dokl. Murmansk, 9–13 oktyabrya 2006 g. M. : VNIRO, 2006. P. 265–267.
29. Kovacheva N. P., Borisov R. R., Kryahova N. V., Lebedev R. O., Parshin-Chudin A. V. [i dr.]. Dostizheniya iskusstvennogo vosproizvodstva kamchatskogo kraba (*Paralithodes camtschaticus*) na Dalnevostochnom i Severnom rybohozyaystvennykh basseynakh [Achievements of artificial reproduction of the Kamchatka crab

(*Paralithodes camtschaticus*) in the Far East and Northern fisheries basins] // Rybnoe hozyaystvo. 2012. N 3. P. 63–66.

30. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Size at maturity of female red king crab, *Paralithodes camtschaticus*, from the coastal zone of the Kola Peninsula (the Southern Barents Sea) // Cahiers de Biologie Marine. 2015. V. 56. P. 49–54.

31. Dvoretzky A. G., Dvoretzky V. G. Inter-annual dynamics of the Barents Sea red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) stock indices in relation to environmental factors // Polar Science. 2016. V. 10, Iss. 4. P. 541–552.

32. Siikavuopio S.I. Green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, Müller in aquaculture: the effects of environmental factors on gonad growth : Doctoral dissertation. Tromsø : University of Tromsø, 2009. 56 p.

33. Paredes E., Bellas J., Costas D. Sea urchin (*Paracentrotus lividus*) larval rearing – Culture from cryopreserved embryos // Aquaculture. 2015. V. 437. P. 366–369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.022>.

34. Vizzini S., Micciché L., Vaccaro A., Mazzola A. Use of fresh vegetable discards as sea urchin diet: effect on gonad index and quality // Aquaculture International. 2015. V. 23, Iss.1. P. 127–139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9803-5>.

35. Zenzerov V. S. Iskustvennoe vosproizvodstvo morskogo ezha *Strongylocentrotus droebachiensis* // Sovremennye tehnologii i prognoz v polyarnoy okeanologii i biologii [Artificial reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*] : [monografiya] / otv. red. G. G. Matishov. Apatity : KNTs RAN, 1999. P. 145–157.

36. Blicher M. E., Rysgaard S., Sejr M. K. Growth and production of sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, in a high-Arctic fjord, and growth along a climatic gradient (64–77 °N) // Marine Ecology Progress Series. 2007. V. 341. P. 89–102.

37. Siikavuopio S. I. [et al.]. Effects of size and temperature on growth and feed conversion of juvenile green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // Aquaculture. 2012. V. 354–355. P. 27–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.036>.

38. Siikavuopio S. I., Mortensen A., Christiansen J. S. Effects of body weight and temperature on feeding, gonad growth and oxygen consumption in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // Aquaculture. 2008. V. 281, Iss. 1–4. P. 77–82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.05.033>.

39. Pearce C. M., Daggett T. L., Robinson S. M. C. Effect of urchin size and diet on gonad yield and quality in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) // Aquaculture. 2004. V. 233, Iss. 1–4. P. 337–367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.09.027>.

40. Siikavuopio S. I., Mortensen A., Dale T., Foss A. Effects of carbon dioxide exposure on feed intake and gonad growth in green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* // Aquaculture. 2007. V. 266, Iss. 1–4. P. 97–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.02.044>.

41. Shatskiy A. V. Morskie ezhi roda *Strongylocentrotus* murmanskogo poberezhya Barentseva morya: biologiya, raspredelenie, perspektivy promysla [Sea urchins of the genus *Strongylocentrotus* of the Murmansk coast of the Barents Sea: biology, distribution, fishing prospects] : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.02.10. M., 2012. 23 p.

42. Prakticheskaya akvakultura [Practical aquaculture] (razrabotki YuNTs RAN i MMBI KNTs RAN) : [monografiya] / G. G. Matishov [i dr.]. Rostov n/D : YuNTs RAN, 2011. 282 p.

43. Rutsikova T. A., Artyukov A. A., Kupera E. V., Kochergina T. Yu. [i dr.]. Nekotorye aspekty kompleksnoy pererabotki iglokozhih [Some aspects of complex processing of Echinoderms] // Vestnik Dalnevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk. 2014. N 1 (173). P. 174–183.

44. Pivnenko T. N., Drozdova L. I., Zagorodnaya G. I. Funktsionalnyi kombinirovannyi produkt iz meduzy *Rhopilema asamushi* i ikry morskogo ezha *Strongylocentrotus intermedius* [Functional combined product from jellyfish *Rhopilema asamushi* and caviar of sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*] // Izvestiya TINRO. 2012. V. 171. P. 303–312.

45. Sredstvo, obogaschennoe peptidami, aminokislotami i fosfolipidami [Means enriched with peptides, amino acids and phospholipids] : pat. 2481119 Ros. Federatsiya / Pozharitskaya O. N., Urakova I. N., Shikov A. N., Makarova M. N., Makarov V. G. N 2012108497/15 ; zayavl. 05.03.2012 ; opubl. 10.05.2013, Byul. N 13.

46. Besednova N. N. Morskie gidrobionty – potentsialnye istochniki lekarstv [Marine hydrobionts as potential sources of drugs] // Zdorove. Meditsinskaya ekologiya. Nauka. 2014. V. 57, N 3. P. 4–10.

47. Kadnikova I. A., Rogov A. M., Ermakov A. A. Obosnovanie tehnologii ekstragirovaniya pigmentov iz pantsirya morskogo ezha [Substantiation of the technology of extracting pigments from the shell of the sea urchin] // Privolzhskiy nauchnyi vestnik. 2013. N 10 (26). P. 24–30.

48. Ignatova T. A., Rodina T. V., Podkorytova A. V. Biotehnologicheskaya konversiya othodov ot razdelki kraba *Paralithodes camtschaticus* pri poluchenii kormovoy dobavki s hitinom [Biotechnological conversion of wastes from the cutting of the crab *Paralithodes camtschaticus* in the production of feed additive with chitin] // Vestnik biotehnologii i fiziko-himicheskoy biologii imeni Yu. A. Ovchinnikova. 2015. V. 11, N 1. P. 20–27.

49. Shironina A. Yu. Sovershenstvovanie tehnologii proteoliza rybnyh belkov i izuchenie kolloidno-himicheskikh svoystv gidrolizatsiy [Improvement of proteolysis technology of fish proteins and study of colloid-chemical properties of hydrolysates] : dis. ... kand. tehn. nauk : 05.18.04, 02.00.11. Murmansk, 2015. 23 p.
50. Sposob proizvodstva delikatesnogo produkta [Method of producing a delicacy product] : pat. 2447702 Ros. Federatsiya / Hayrullin M. F., Lukin A. A., Rebezov M. B. N 2010124806/13 ; yayavl. 16.06.2010 ; opubl. 20.04.2012, Byul. N 11.
51. Sposob polucheniya hondroitina sulfata iz tkaney morskikh gidrobiontov [The method for obtaining chondroitin sulfate from tissues of marine hydrobionts] : pat. 2458134 Ros. Federatsiya / Novikov V. Yu., Portsel M. N. N 2010153884/10 ; yayavl. 27.12.2010 ; opubl. 10.08.2012, Byul. N 22.
52. Farmatsevticheskaya kompozitsiya, soderzhashchaya fermenty: kollagenazu i lizotsim i/ili sangviritrin [Pharmaceutical composition comprising enzymes: collagenase and lysozyme and/or sanguirithrin] : pat. 2504396 Ros. Federatsiya / Klopotenko L. L. N 2012138728/15 ; yayavl. 10.09.2012 ; opubl. 20.01.2014, Byul. N 2.
53. Sposob kompleksnoy pererabotki morskikh ezhey [Method of complex processing of sea urchins] : pat. 2432956 Ros. Federatsiya / Pozharitskaya O. N., Urakova I. N., Shikov A. N., Makarov V. G. N 2010128393/15 ; yayavl. 08.07.2010 ; opubl. 10.11.2011, Byul. N 31.
54. Muhina I. N. Povyshenie effektivnosti startovykh kormov dlya lososevykh ryb putem vvedeniya biologicheskikh aktivnykh dobavok [Increase of efficiency of feed for salmon fishes by introduction of biologically active additives] : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk : 03.00.10. M., 2003. 25 p.
55. Sposob osvetleniya i obezzhirivaniya belkovykh fermentativnykh gidrolizatsiy [Method for clarifying and degreasing protein enzymatic hydrolysates] : pat. 2193330 Ros. Federatsiya / Novikov V. Yu., Muhin V. A. N 2000112593/13 ; yayavl. 19.05.2000 ; opubl. 27.11.2002, Byul. N 33.
56. Sposob polucheniya fermentativnykh belkovykh gidrolizatsiy iz morskikh gidrobiontov dlya mikrobiologicheskikh i/ili kormovykh tseley [Method for producing enzymatic protein hydrolysates from marine hydrobionts for microbiological and/or food purposes] : pat. 2215425 Ros. Federatsiya / Novikov V. Yu., Muhin V. A., Makin A. A. N 2001115122/13 ; 04.06.2001 ; opubl. 10.11.2003, Byul. N 31.
57. Sposob polucheniya hitozan-nukleinovogo gidrolizata [Method for obtaining chitosan-nucleic hydrolyzate] : pat. 2483110 Ros. Federatsiya / Maksimova S. N., Poleschuk D. V., Gafurov Yu. M. N 2011146227/10 ; yayavl. 11.11.2011 ; opubl. 27.05.2013, Byul. N 15.
58. Sposob polucheniya belkovo-nukleinovogo gidrolizata [Method of producing a protein-nucleic hydrolyzate] : pat. 2055482 Ros. Federatsiya / Gafurov Yu. M., Kozlovskaya E. P., Rasskazov V. A., Galkin V. V., Artyukov A. A., Kozlovskiy A. S., Arzamastsev E. V. N 9494017460 ; yayavl. 13.05.1994.

Сведения об авторах

Макаревич Павел Робертович – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, д-р биол. наук, профессор; e-mail: makarevich@mmbi.info

Makarevich P. R. – 17, Vladimirskaia Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Dr of Biol. Sci., Professor; e-mail: makarevich@mmbi.info

Облучинская Екатерина Дмитриевна – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, канд. фарм. наук, вед. науч. сотрудник; e-mail: okaterine@yandex.ru

Obluchinskaya E. D. – 17, Vladimirskaia Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Cand. of Pharm. Sci., Leading Researcher; e-mail: okaterine@yandex.ru

Дворецкий Александр Геннадьевич – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, канд. биол. наук, зав. лабораторией; e-mail: dvoretskiya@mmbi.info

Dvoretzky A. G. – 17, Vladimirskaia Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Cand. of Biol. Sci., Head of Laboratory; e-mail: dvoretskiya@mmbi.info

Журавлева Нонна Георгиевна – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, д-р биол. наук, профессор, вед. науч. сотрудник; ул. Спортивная, 13, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский государственный технический университет, профессор; e-mail: nonnazh@yandex.ru

Zhuravleva N. G. – 17, Vladimirskaia Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Dr of Biol. Sci., Professor, Leading Researcher; 13, Sportivnaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk State Technical University, Professor; e-mail: nonnazh@yandex.ru

P. R. Makarevich, E. D. Obluchinskaya, A. G. Dvoretsky, N. G. Zhuravleva

**Current trends of breeding and cultivation of non-traditional
aquaculture facilities (arctic charr, king crab, sea urchin)
and aquatic processing technology**

The analysis of current scientific, technological, regulatory and methodical literature concerning cultivation and biotechnology of non-traditional species of fish (arctic charr) and valuable species of marine invertebrates (red king crab and sea urchin), as well as technology for complex processing of aquatic organisms has been carried out. The modern trends and problems of cultivation and use of these objects have been described. It has been shown that the freshwater form of Arctic charr has been successfully used in aquaculture in many countries while the aquaculture of anadromous (migratory) charr as an object of mariculture is still poorly developed and using this fish in mariculture is still too early. It is possible that in the near future as a result of breeding selection or interspecific crosses some forms with the required properties will be obtained. An analysis of published data suggests that there were no regular maintenance work in Russia on cultivation of sea urchins for obtaining their high-quality products to establish a basis (ingredients) of production for therapeutic and prophylactic purposes. The main efforts of previous studies on aquaculture of red king crab were aimed at the cultivation of larvae and postlarvae and rearing of mature males to reach an appropriate commercial quality. However, it should be noted that the methods of cultivation of crabs aged 3–5 years have not yet been well developed. There is also no information on the availability of accessible and relatively cheap ways to accelerate the molting process in crab, and it is known that just a long period of growing this crustacean (the commercial size is reached at age of 9–10 years) prevents the development of the red king crab aquaculture in a commercial scale. Modern processing of marine aquatic organisms should be based on a comprehensive, non-waste approach of producing traditional foods, therapeutic and prophylactic means and feed for aquaculture. The establishment of such a united technological cycle for processing red king crabs, sea urchins, and arctic charrs is a promising direction of development of the fish processing industry in the Murmansk region.

Key words: aquaculture, red king crab, sea urchin, arctic charr, biologically active substances of aquatic organisms.