

УДК 639.371.1.043.2:639.5.03

Исследования ПИНРО им. Н.М. Книповича в области кормопроизводства и культивирования перспективных объектов аквакультуры Заполярья

И.Н. Мухина, Л.И. Пестрикова

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)

Аннотация. Исследована эффективность использования в комбикормах гидролизатов белка, комплекса фосфолипидов, каротиноидов, хитозана и др. кормовых компонентов, полученных из отходов переработки гидробионтов, малоценных рыб (сайка, путассу и др.) и отходов мукомольного производства с применением пшеничных зародышей. Показана перспективность доращивания в губах Баренцева моря молоди лососевых и тресковых видов рыб, а также беспозвоночных, в том числе благодаря использованию разработанных в ПИНРО кормов и усовершенствованной биотехники выращивания гидробионтов.

Abstract. The efficiency of the protein hydrolyzates, complexes of phospholipids, carotenoids, chitosan and other food ingredients derived from the fish processing waste or low commercial value fish species (polar cod, blue whiting etc.), and the waste of meal production such as the wheat germs in the combined feeds has been investigated. The prospects for on-growing salmon, whitefish, cod fish juveniles and invertebrates in the Barents Sea inlets using combined feeds worked out in PINRO have been shown.

Ключевые слова: аквакультура, биотехника выращивания, Баренцево море, комбикорма, рецептура, технология изготовления, атлантический лосось, радужная форель, баренцевоморская треска, камчатский краб, морской еж

Key words: aquaculture, cultivation biotechnology, the Barents Sea, combined feeds, formula, production technique, Northeast Arctic cod, Rainbow trout, Atlantic cod, red king crab, sea urchin

1. Введение

В условиях существенного сокращения уловов океанической рыбы и критического состояния рыбных запасов во внутренних водоемах единственным надежным источником увеличения объемов рыбной продукции является аквакультура.

По оценке ученых Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО), природный потенциал аквакультуры Мурманской области может достигать четырех-пяти десятков тысяч тонн холодолюбивых видов рыб, и его реализация зависит от экономических, политических, правовых и организационных возможностей региона.

В Баренцевом море площадь акваторий, пригодных для организации морских хозяйств, составляет около 6 тыс. га, и большая часть из них располагается в прибрежье Западного Мурмана. По природно-климатическим условиям это побережье наиболее перспективно для организации марихозяйств по товарному выращиванию атлантического лосося (семги), форели, трески, палтуса, арктического гольца, нельмы, сига и морской камбалы.

Другими направлениями аквакультуры являются культивирование беспозвоночных и водорослей. Наиболее перспективными в настоящее время считаются такие ценные виды гидробионтов, как морской еж, кукумария и некоторые виды моллюсков, но приоритет, бесспорно, принадлежит камчатскому крабу. В искусственных условиях за счет интенсивного кормления можно достичь более частых линек и быстрого роста камчатского краба, или увеличить выход "валютного" продукта – икры морских ежей, улучшить ее качество.

Экономический эффект при выращивании рыб напрямую зависит от качества комбикормов, составляющих основную статью расходов. Повышение эффективности кормов и, как следствие, – обеспечение нормального физиологического состояния гидробионтов, улучшение показателей их выживаемости и темпа роста, представляет собой один из наиболее актуальных вопросов аквакультуры.

На сегодняшний день отечественная комбикормовая промышленность испытывает острый дефицит в качественном кормовом сырье. В этой связи целью настоящей работы стало исследование эффективности использования в комбикормах гидролизатов белка, комплекса фосфолипидов, каротиноидов, хитозана и др. кормовых компонентов, полученных из отходов переработки

гидробионтов, малоценных рыб (сайка, путассу и др.) и отходов мукомольного производства с применением пшеничных зародышей. Кроме того, в статье дается анализ возможностей развития другого направления интенсификации рыбоводного процесса – совершенствования биотехники промышленного выращивания гидробионтов, значительно повышающей потенциал объектов аквакультуры Заполярья.

2. Материалы и методы

Объектами исследований эффективности комбикормов служили атлантический лосось *Salmo salar* L. и его пресноводная форма *Salmo salar m. sebago* (Girard), радужная форель *Parasalmo mykiss*, камчатский краб *Paralithodes camtschaticus* и морской зеленый еж *Strongylocentrotus droebachiensis*. Материалом для исследования являлись молодь рыб, некондиционные по технологическим параметрам беспозвоночные, кормовые компоненты, сухие и влажные комбикорма.

Опытные партии стартовых комбикормов с белковыми гидролизатами, пшеничными зародышевыми хлопьями (ПЗХ), витаминизированным фосфолипидом (ФЛ) с сапонинами изготовили на экспериментальной базе предприятия "Гипрорыбфлот-Экос" (г. Ивановгород). Сушку кормов осуществляли в виброкипящем слое сушилки "Тайо Геге" (Япония) при температуре 80-95 °С не более 1 мин трехкратно. В лаборатории биохимии гидробионтов ПИНРО (г. Мурманск) корма изготовили методом влажного прессования. Экспериментальные работы и производственные испытания стартовых кормов провели в период с 2000 по 2003 гг. на рыбозаводных заводах Мурманской области (г. Кандалакша, с. Княжая Губа) и Карелии (г. Кемь). Личинок атлантического лосося и его пресноводной формы средней массой 144-150 мг выращивали в прямооточных лотках размерами 2,25 × 0,50 × 0,25 м при различных плотностях посадки (в тыс. экз./м²): 4,8-6,4 (опыт 2000 г.); 6,1-6,4 и 11,8-12,0 (опыты 2001 г.); 10,9-11,7 (опыты 2002-2003 гг.) (Мухина, 2003). Для дальнейшего выращивания молодь переводили в бассейны фирмы "ЕМФ ГмбХ" (Германия) площадью 3,8 м² и ИЦА-1. Перевод молоди на активное питание начинали при температуре 10 °С. Кормление рыб экспериментальными кормами выполняли вручную с 6 до 24 ч каждый час продолжительностью не менее 21 сут.

Опытные партии комбикормов "Агрос" с соевыми добавками и продуктами из пшеничных зародышей (ПЗХ и витаминизированный) изготовили на комбинате хлебопродуктов (г. Мурманск) по ТУ (ТИ) 9296-004-05231425-95 с применением технологии экспандирования. Корма "Агрос" прошли производственную проверку на базах экспериментальных форелевых хозяйств ПИНРО в губах Палкиной Белого моря и Кислой Баренцева моря, на Верхнетуломском рыбоводном заводе Мурманской области. В опытах использовали одновозрастную форель *Parasalmo mykiss* (1+) средней массой 146-250 г, которую содержали в пластиковых бассейнах площадью 6 м² с одинаковой плотностью посадки (15-16 кг/м³). В Белом море исследования выполнялись на одновозрастной форели (1+), рассаживаемой в садки размерами 5 × 5 × 4 м с одинаковой плотностью посадки (Двинин, 2004). Работы по изучению эффективности кормов "Агрос" и проверке влияния соевых добавок на адаптацию радужной форели к морской воде проводили в течение 21-30 сут при температуре воды 4-7 °С и колебаниях солености от 17 до 27. В Баренцевом море форель выращивали в садках из капроновой дели различного объема, расположенных в губе Кислой Мурманской области (Воробьева, Пестрикова, 2011). Кормление рыб выполняли вручную 3-4 раза с 6 до 24 ч в соответствии с суточными нормами кормления, рассчитанными по таблицам (Комбикорма для рыб, 1989).

Кроме того, в работе дополнительно использованы материалы апробации влажных комбикормов для подращивания атлантического лосося. Опытные корма готовили в соответствии с рецептурой в специализированном цехе научно-исследовательской станции АКВАФОРСК (Норвегия) методом влажного прессования. Технология изготовления кормов включала получение фарша путем измельчения сельди до размера частиц (не более 3 мм), смешивание с рыбьим жиром и предусмотренными в рецептуре сухими компонентами, такими как мука рыбная, концентрат кукурузный, премикс витаминно-минеральный и связующий компонент "Америконд" (США). Готовый корм хранили при минус 18 °С не более 1 мес. Молодь атлантического лосося навеской 210 г была размещена в садках размерами 1 × 1 × 0,65 м (Mukhina et al., 2000). Эксперимент по кормлению атлантического лосося проводился в течение 21 сут. Средняя температура воды на тот период составляла 8,5 °С, соленость – 34 ‰, насыщенность кислородом – 92 ‰, рН – 7,8-8,0 (в пределах нормы для рыбохозяйственных работ).

В 2000-2005 гг. в ПИНРО была исследована эффективность эластичных комбикормов для камчатского краба *Paralithodes camtschaticus* и морского зеленого ежа *Strongylocentrotus droebachiensis*. Экспериментальное кормление беспозвоночных проводили в Ура-Губе и губе Кислой Баренцева моря. Опытные партии эластичных кормов изготовили в лабораторных условиях ПИНРО. Технология производства кормов включала получение связующего компонента из кожи тресковых рыб путем термической обработки сырья при 120-140 °С и избыточном давлении не ниже 1,5 атм в автоклаве марки

ВК-75 (Россия) и приготовление фарша из малоценных видов рыб путем измельчения до размера частиц не более 3 мм, смешивание с предусмотренными в рецептуре компонентами (водоросли, витаминно-минеральные премиксы, каротиноиды и др.) (Мухина и др., 2006). В кормах для морского ежа к связующему компоненту предусматривалось добавление ламинарии (Двинин, 2005).

Вылов и отбор для экспериментов некондиционных самцов крабов с шириной карапакса не менее 15 см и наполнением конечностей мясом менее 50 % проводили в основных районах промысла в весенне-летний период до наступления массовой линьки и нереста. Отобранных для экспериментов крабов в транспортировочных емкостях доставляли в прибрежную зону незамерзающих губ и размещали в специализированных садках с отверстием для подачи корма и объемом не менее 5 м³ на глубине 5-25 м. Масса крабов в опытах колебалась от 2 до 6 кг, плотность посадки в садках – 20-50 кг/м³. Экспериментальное кормление крабов проводили в осенне-зимний период в течение 2-3 мес. Температура воздуха в период опытного кормления изменялась от 0 до 11 °С, воды – от 2 до 11 °С, соленость была стабильной – 35 ‰. Суточный рацион кормления корректировался ежедневно в зависимости от температуры воды и составлял 0,2-1,0 % от биомассы краба. Результаты опытного кормления крабов дополнительно оценивали по наполнению конечностей мясом (%).

Морских ежей массой 65-100 г и размерами 55-65 мм отлавливали для опытов на малой воде и рассаживали в пластмассовые перфорированные ящики размерами 0,6 × 0,4 × 0,2 м с одинаковой плотностью посадки (по 24 экз.). Емкости с ежами были размещены на Кислогубской базе ПИНРО на глубине 1,5-5 м. Температура воды за период наблюдений колебалась от 5 до 8 °С, соленость была стабильной – в пределах 34 ‰. Всего было выполнено две серии опытов, и каждая состояла из нескольких вариантов с 2-3-мя повторностями. Контрольную группу ежей в течение 50-60 сут кормили ламинарией, опытную – эластичным кормом дважды в неделю в соответствии с суточной нормой, которая изменялась от 1-5 % от массы ежей в зависимости от температуры воды. Исходное состояние гонад ежей оценивали *in situ* по результатам биологических анализов, выполненных на 100 экз. в начале и в конце эксперимента (август-октябрь). Наряду с гонадным индексом и показателями прироста результаты опыта дополнительно оценивали по качеству и сортности икры морских ежей, основанной на определении цвета, консистенции и размера (Карцева и др., 1993).

Продукционные свойства опытных кормов в представленных экспериментах оценивали по выживаемости, темпу роста, химическому составу и биохимическим показателям испытуемых гидробионтов. В качестве контрольного корма в зависимости от опыта использовали отечественные корма ЛК-5С, "Агрос" и импортные "Respons" фирмы "Rehuraio" (Финляндия), "Royal" фирмы "T.Skretting" (Норвегия). Определение эффективности комбикормов проводили не менее чем в двух повторностях.

3. Результаты и обсуждение

Научно-исследовательская работа по биотехнике разведения и выращивания гидробионтов в искусственных условиях, а также разработке кормовых рационов для них традиционно проводится во всех рыбохозяйственных институтах страны.

В ПИНРО подобные исследования получили должное развитие в 80-е гг. прошлого столетия. К этому времени создание рецептур полноценных с физиологической точки зрения кормов для искусственного выращивания ценных видов рыб стали предпосылкой для разработки новых технологий и технических средств переработки рыбного сырья. Начались исследования в Полярном институте с создания пастообразных смесей, обогащенных минеральными добавками и витаминами (Воробьева, Пестрикова, 2011). Затем пастообразные корма заменили силосными, в составе которых использовались ферментированные внутренности рыб, в основном лососевых. В результате серии экспериментов была модифицирована рецептура отечественного лососевого корма ЛК-5 путем введения в состав гидролизатов белка. Одновременно отрабатывались основные приемы биотехники выращивания атлантического лосося, кижуча, радужной и др. видов форели в морской и пресной воде. В результате исследований были разработаны методика и рекомендации по искусственному выращиванию лососевых рыб на сбросных водах Кольской АЭС.

В составе рыбных комбикормов традиционно использовались компоненты животного и растительного происхождения, а также продукты микробного и химического синтеза. Основными источниками полноценных белков, витаминов и др. нутриентов являлись: мука рыбная, крилевая, крабовая, мясокостная, кровяная и перьевая, мука из шквары и куколок тутового шелкопряда, сухое обезжиренное молоко, говяжья селезенка и т.д. Поставщиками белков, жиров и углеводов (крахмала) в комбикормах для рыб традиционно считаются зерновые культуры (пшеница, кукуруза, ячмень, рожь и др.), из бобовых – горох, соя, люпина, чечевица и др., отходы маслобойного производства (жмыхи и шроты), а также отруби и водорослевая мука. Последняя, наряду с минеральным премиксом,

дополнительно используется в кормах в качестве источника микроэлементов. В связи с развитием интенсивных форм выращивания гидробионтов, дефицитом качественных кормовых компонентов при отсутствии производства продуктов микробиологического синтеза, а также из-за дороговизны и несбалансированности их состава возникла необходимость поиска альтернативных источников питания рыб. Анализ публикаций позволил выделить ряд нетрадиционных компонентов для рыбных кормов, разработать технологию их получения с учетом приоритетности направлений исследований в области совершенствования состава комбикормов.

Базовой рецептурой и контролем опытных комбикормов служили ЛК-5С (корма № 1-2 в табл.) и "Агрос" (корма № 7-9 в табл.). Состав опытных кормов № 1-2 отличался от контрольного ЛК-5С тем, что часть (5-20 %) рыбной муки была заменена белковыми гидролизатами различного происхождения или часть (2 %) рыбьего жира – концентратом фосфолипидов с сапонинами (табл.). Дальнейшее совершенствование рецептур лососевых комбикормов основывалось на использовании минимального набора компонентов при частичной или полной замене рыбной муки гидролизатами белка различного происхождения (корма № 3-4 в табл.). Завершились исследования разработкой рецептуры малокормопитательных кормов с частичной и/или полной (на основе рыбного фарша) заменой рыбной муки гидролизованной и растительными белками (корма № 5-6 в табл.).

Таким образом, стало возможным создание физиологически полноценных комбикормов с высокой рыбоводно-биологической эффективностью с применением новых компонентов биологически активного действия и современных технологий обработки сырья растительного и животного происхождения. Сущность технологии экспандирования и сушки в аэро- или виброкипящем (псевдооживленном – по разным источникам) слое заключается в моментальной (1-4 с) или очень короткой (1-3 мин) по длительности обработки компонентов и готовой смеси при высоких температурах (100-130 °С) и давлении до 80 бар. Такая обработка позволяет инактивировать патогенные микроорганизмы, увеличивать объем введения в комбикорма компонентов с высокой долей влаги (рыбий жир, гидролизаты белка, смесь фосфолипидов и др.), что существенно повышает питательную ценность и энергонасыщенность кормов. При использовании указанных технологий возрастает усвоение рыбой углеводов (до 80 %) на фоне высокого усвоения белков и липидов.

Таблица. Состав комбикормов, %

Компоненты	Корм								
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9
	ЛК-5С с ФЛ	ЛК-5С с БГ ¹	с БГ ²	с БГ ³	с вита- заром	с ПЗХ	Агрос с NaCl	с ПЗХ	с вита- заром
Мука рыбная	55	35-50*	–	–	60	–	50	44	46
Мука гороха	5	5	–	–	–	–	–	–	–
Дрожжи гидролизные	10	10	–	–	–	–	8	–	–
Сухой обрат	5	5	–	–	–	–	8	–	–
ФЛ с сапонинами	2	–	–	–	–	–	–	–	–
Гидролизаты белка*	–	5-20 ¹	10 ²	5-15 ³	–	10 ³	–	–	–
Премикс ПФ-2В	2	2	1	1	2	1	1	–	1
Жир рыбный	10	12	–	8	7	8	10	13,5	18
Мука соевая	10	10	–	30	–	–	12 ⁴	–	–
Фарш рыбный	–	–	30	45-55*	–	50	–	–	–
ПЗХ	–	–	–	–	–	30	–	38	–
Витазар	–	–	–	–	31	–	–	–	32
Мука водорослевая	–	–	–	1	–	1	–	3	1
Шрот подсолнечный	–	–	59	–	–	–	–	–	–
NaCl	–	–	–	–	–	–	10	–	–
Хитозан	–	–	–	–	–	–	–	1,5	–
Другие ⁵	1	1	–	–	–	–	1	–	2

* Использовали различные белковые гидролизаты:

1. БГ из отходов промысла гребешка *Clamys islandicus*;
2. БГ из балтийской салаки *Clupea harengus membras*;
3. БГ из печеночного окуня *Sebastes goodei*;
4. пшеничная мука;

5. указаны суммой: витамины, минералы, агидол, холинхлорид, альгинат натрия, связующие компоненты и др.

Для ранней молоди атлантического лосося оптимальный уровень введения в комбикорма белковых гидролизатов (со степенью расщепления белков 16-17 %) составляет 10 % от массы корма и 30 % – для ПЗХ и витазара. Рыбная мука в комбикормах для молоди лососевых рыб может быть частично или полностью заменена рыбным фаршем и новыми компонентами, в составе которых в большом объеме присутствуют низкомолекулярные белки, функциональные липиды (фосфолипиды в смеси с каротиноидами, сапонинами и витаминами) и др. биологически активные вещества. Применение в составе отечественных кормов отходов промпереработки удешевляет их себестоимость, представляя интерес с точки зрения рациональной и комплексной переработки ВБР на фоне достаточно полного удовлетворения пищевых и физиологических потребностей культивируемых объектов.

Энергетическая ценность комбикормов, изготовленных по технологии сушки в аэрокипящем слое, с добавками гидролизатов и продуктов из пшеничных зародышей (корма № 1-6 табл.), соответствовала аналогичным показателям содержимого желточного мешка эмбрионов атлантического лосося, пищевых объектов дикой молоди и кормов "Respons" (21-23 МДж/кг) (Мухина, 2003). Комбикорма, в т.ч. и импортный, характеризовались высоким уровнем протеина (50-60 %) и энергетических показателей (калорийность – 21-23 и обменная энергия – 16-18 МДж/кг). Аналогичные показатели в желточном мешке составили 56 % протеина, 23 и 17 МДж/кг – калорийность и обменная энергия соответственно. Другой показатель – энерго-протеиновое отношение (ЭПО) – изменялся в кормах от 24 до 32 кДж/г белка, превосходя, в основном, аналогичный показатель импортного корма.

Белок всех вариантов стартовых кормов сбалансирован по аминокислотному составу и соответствовал их уровню в желточном мешке эмбрионов. Рецептуры кормов "Агрос" с добавками для форели (корма № 7-9 в табл.) также отличались небольшим набором компонентов растительного и животного происхождения. В кормах, изготовленных методом экспандирования, содержание протеина варьировало от 35 до 48 % и жира – 17-24 %, при калорийности – 19-21 МДж/кг и ЭПО – 35-40 кДж/кг белка (Двинин, 2004). Аминокислотный и жирнокислотный состав кормов "Агрос" с различными добавками и "Respons" сходны, что является свидетельством сбалансированности экспериментальных кормов по этим важным факторам питания. Основные преимущества разработанных рецептур заключались в следующем:

- высокое содержание протеина (45-63 %), сбалансированного по аминокислотному составу, достигнутое путем введения небольшого числа компонентов растительного и животного происхождения, а также биосинтезируемых источников белка – дрожжей, гидролизатов и т.д.;
- высокое содержание липидов (12-26 %), сбалансированных по фракционному и жирнокислотному составу, обеспечивалось использованием животных жиров, растительных масел и ФЛ;
- дополнительное введение витаминов и минералов в виде премиксов обеспечивало потребности в них рыб;
- повышение уровня ЭПО в стартовых кормах до 40 кДж/г белка и выше.

Анализ рыбоводно-биологических показателей заводского выращивания молоди атлантического лосося на рыбоводных предприятиях Мурманской области и Карелии показал высокую эффективность стартовых кормов с компонентами биологически активного действия, в сравнении с импортными аналогами. Сопоставление проводилось по темпу роста и химическому составу экспериментальных рыб, затратам корма, протеина и энергии усвоения на прирост, другим показателям и общему физиологическому состоянию. Так, наибольшей выживаемостью в сравнении с контрольной группой характеризовались рыбы, питавшиеся кормом с 20 % белковых гидролизатов, полученного из мантии, гонад и др. отходов переработки исландского гребешка (Мухина, 2003). Максимальный эффект такого кормления наблюдался при низких температурах выращивания (7-9 °С). Лучшие рыбоводно-биологические и биохимические показатели атлантического лосося при переводе рыб на активное питание получены при использовании малокомпонентного корма, в рецептуру которого входят 10 % БГ из окуня или салаки и до 30 % витазара или ПЗХ.

Из оценки рыбоводных показателей следует, что прирост форели на корме "Агрос" с витазаром был самым высоким по сравнению с контрольной рыбой, питавшейся кормом "Respons" (Двинин, 2004). Гепатосоматический индекс форели, питавшейся экспериментальными кормами "Агрос", не превышал 2-2,5 %, кормовой коэффициент составил 1,1-1,3, затраты протеина и энергии усвоения на прирост рыб не обнаружили существенных отличий от таковых показателей импортного корма. Результаты исследования позволяют рекомендовать эти корма для промышленного выращивания молоди лососевых рыб, т.к. по эффективности они не отличаются от кормов из Финляндии. За счет более низкой цены на новые компоненты в сравнении с рыбной мукой стоимость кормов снижается на 10-15 %. Создание физиологически полноценных комбикормов с небольшим набором компонентов растительного и животного происхождения стали возможными в результате применения современных технологий обработки сырья и кормов без снижения их рыбоводно-биологической эффективности.

Начало форелеводства и лососеводства в Заполярье связано с пуском первой очереди Кольской АЭС и возможностью использования теплых сбросовых вод электростанции для организации садкового выращивания лососевых. Все этапы жизненного цикла от инкубирования икры до получения товарной рыбы, содержание производителей и методы селекционно-племенной работы с ними, пищевые потребности и составы кормовых смесей для лососевых хорошо изучены и используются на практике. Тем не менее, во всех странах с развитыми технологиями постоянно ведутся исследовательские работы по совершенствованию биотехники выращивания лососевых рыб, направленные на повышение эффективности. Культивирование форели в море осложняется такой проблемой, как выживание молоди при пересадке на выращивание в морскую воду. Одним из способов подготовки посадочного материала при зарыблении садков форелью в Баренцевом море является кормление молоди в пресноводный период выращивания высоко минерализованными кормами. Содержание рыб на кормах с соевыми добавками способствует лучшей подготовке осморегуляторной системы лосося к обмену по морскому типу, повышает до 100 % выживаемость при прямой пересадке в соленую воду, увеличивает темп роста в морской период выращивания и задерживает наступление десмолификации (Воробьева, Пестрикова, 2011).

Опытную группу рыб за месяц до пересадки в морскую воду кормили комбикормом "Агрос", рецептура которого представлена в таблице, с добавлением NaCl в количестве 10 % (корм № 7 в табл.). Контрольной группе давали тот же корм без солевой добавки. К моменту пересадки в море у опытной форели отмечено уменьшение сердечно-соматического индекса, что свидетельствовало о нормализации физиологического состояния молоди. Солевой тест показал, что у форели, получавшей корм с соевыми добавками в течение 3 нед., концентрация ионов Na в плазме была ниже, чем у контрольных рыб. После перевода рыб в морскую воду различия сохранились, что свидетельствует о более мягкой и благополучной адаптации опытной группы к морской воде и перестройке осморегуляторной системы форели по морскому типу.

Дальнейшее наблюдение за поведением опытных и контрольных рыб показало, что форель, получавшая солевые добавки, начинала брать корм и двигаться значительно раньше, чем рыбы, питавшиеся контрольными кормами. Следовательно, одним из методов повышения жизнеспособности посадочного материала, предназначенного для выращивания в морской воде, является использование высокоминерализованных кормов. Применение кормов "Агрос" с NaCl, изготовленных по рецептуре ПИПРО, способствовало ослаблению влияния солевого стресса на организм пересаженной молоди и существенно удлинило период высокой толерантности, расширяя "окно смолтификации" (благоприятный период для пересадки молоди рыб в морскую воду) до 25 дней. После периода адаптации рыба активно питается и растет. Разработаны методические рекомендации и нормативы выращивания форели в прибрежной зоне Баренцева моря, и за 6-7 мес. выращивания в садках можно получить товарную форель массой 1200-1300 г (Воробьева, Пестрикова, 2011).

При товарном выращивании лососевых в районах с высокой соленостью воды широко используется влажный корм (Austreng, Asgard, 1986). По химическому составу он близок к естественному и в большей степени соответствует физиологическим потребностям рыб при содержании их в морской воде. Один из экспериментов по апробации рецептов влажных кормов для лососевых был поставлен на базе научно-исследовательской станции "Akvaforsk" (Норвегия) (Mukhina et al., 2000). Влажный корм готовили методом влажного прессования из измельченной сельди с добавлением рыбной муки, жира мойвы, кукурузного концентрата, связующего вещества и витаминно-минерального премикса в следующем соотношении (% на сухое вещество): 61, 15, 9, 9, 4 и 1. В качестве контрольного корма применяли гранулированный корм "Royal" фирмы "T.Skretting" (Норвегия), состав которого характеризовался содержанием белка (47 %), жира (26 %) и влаги (6 %) при ЭПО – 38 кДж/г белка и калорийности – 25 МДж/кг корма. Высокую эффективность, в сравнении с контролем, показал влажный корм с содержанием жира, равноценным уровню белка (по 22 %) при высоких показателях влажности (до 42 %), калорийности (27 МДж/кг) и ЭПО (не менее 52 кДж/г белка). Результаты эксперимента позволили констатировать преимущество продукционных свойств влажного корма с высоким содержанием жира по показателям прироста опытных рыб в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы на импортном корме – 16 и 21 % соответственно и более низким затратам белка (760 и 490 г соответственно) и энергии на прирост (29 и 26 МДж соответственно) (Mukhina et al., 2000).

При разработке эластичных кормов, предназначенных для докармливания некондиционных по технологическим параметрам самцов камчатского краба и морского зеленого ежа, использовались отходы переработки гидробионтов. Технология производства эластичного мороженого корма включала получение клея из кожи и костей рыб (треска, пикша и сайда) и приготовление фарша из путассу или сайки; для морского ежа было предусмотрено дополнительное добавление ламинарии в корм (ТУ (ТИ) 9283-023-00472182-04). Готовые корма замораживали блоком и в таком виде хранили не более месяца

при температуре минус 18 °С. Технология кормопроизводства несложная, включает в себя минимальное количество оборудования (паровой стерилизатор, куттер и морозильная камера), применима непосредственно на месте культивирования беспозвоночных. Корм для морских ежей содержал 70-80 % компонента, полученного путем термической обработки кожи, костей и плавников рыб, обогащен витаминами и минералами (премикс) и/или каротиноидами, в количестве, необходимом для удовлетворения суточной потребности морских ежей в этих компонентах питания, но не более 2 % по массе, остальное – водорослевая мука из ламинарии или бурых водорослей (Двинин, 2005). Для опытного кормления отбирали ежей со слабо развитыми гонадами низкого качества (последней градации сортности). Гонады высшего качества были лишь у 10-25 % проанализированных особей. Результаты культивирования морских ежей в прибрежной зоне Баренцева моря с августа по октябрь показали, что масса гонад и гонадный индекс в опытной группе ежей, содержащихся на искусственном корме, в среднем увеличились в 2 раза и относительный прирост массы гонад составил 172 %, абсолютный прирост – 0,280 г/сут. У ежей из контрольной группы репродуктивный рост был замедлен, гонадный индекс увеличился на 2 % (в опытной группе – на 6-8 %), абсолютный прирост при этом не превышал 0,085 г/сут, относительный – 79 %. В конце кормления в опытной группе качество икры высокой (по шкале сортности) категории имело 70-90 % ежей, в контроле – 30 %. На сегодняшний день в ПИНРО разработана биотехника содержания и подкармливания ежей в межнерестовый период (осень) с целью получения качественной продукции гонад.

Искусственные корма для краба обладали отрицательной плавучестью, длительным сроком хранения, имели рыбный, без посторонних примесей, запах и эластичную желеобразную консистенцию после размораживания. Серией экспериментов было показано, что уже через два месяца опытного кормления наполняемость мясом конечностей крабов увеличивается на 10-20 % при кормлении искусственными кормами в сравнении с контрольной группой, питавшейся отходами переработки рыб (головы). Предложенный способ может быть успешно применен и при подращивании выловленной разновозрастной молодежи и рекрутов краба. Состав кормов и биотехника выращивания камчатского краба и морского ежа в условиях марикультуры Баренцева моря защищены патентами. Биотехника дорощивания беспозвоночных сравнительно малозатратная.

Контролируемые условия содержания и интенсивное кормление беспозвоночных разработанными в соответствии с их потребностями эластичными кормами позволили ускорить темп роста экспериментальных особей. Улучшилось товарное качество икры, увеличились масса гонад у морских ежей, повысилась наполненность конечностей мясом у крабов.

4. Заключение

Результаты исследований ПИНРО показали, что дорощивание в губах Баренцева моря беспозвоночных и молодежи ценных холодолюбивых видов рыб – перспективное направление в развитии аквакультуры Заполярья. Целесообразна организация марихозяйств по товарному выращиванию лососевых рыб с использованием разработанных в ПИНРО комбикормов и усовершенствованной биотехники выращивания.

Перспективным направлением в создании кормов, адекватных потребностям рыб, начиная с ранних стадий онтогенеза, следует считать частичную замену рыбной муки гидролизованной и растительными белками, полученными из отходов специализированной промпереработки. Применение современных технологий переработки сырья (сушка кормов в аэрокипящем слое и экспандирование) позволяет повысить биологическую ценность растительного сырья и белоксодержащих отходов за счет сохранения жизненно важных компонентов питания. Показана возможность получения полноценного белка стартовых комбикормов за счет расширения спектра и увеличения доли низкомолекулярных белков и фракций моно-, олиго- и полипептидов, путем ферментации отходов переработки рыб и беспозвоночных или малоценной рыбы (салака и окунь) органическими и минеральными кислотами или комплексным препаратом протеиназ, выделенным из гепатопанкреаса камчатского краба.

Выявлена положительная тенденция в изменении рыбоводных показателей при использовании в кормах для рыбоводства отходов переработки зерна.

Подтверждена целесообразность частичной и полной замены рыбной муки рыбным фаршем в совокупности с белковыми гидролизатами, ПЗХ и витазаром. В результате существенно снижается стоимость комбикорма. Кроме того, достигается природоохранный эффект за счет рационального использования ВБР: осуществляется комплексная переработка гидробионтов и их отходов с целью получения новых компонентов.

Хитозан, при использовании его в искусственных комбикормах, способствует снижению крошимости гранул, повышая тем самым их водостойкость.

Добавление в рацион форели до пересадки в морскую воду солевых добавок позволяет снизить стресс в организме рыб и синхронизировать осморегуляторные процессы, происходящие в этот период смолтификации. С этой же целью в районах с высокой соленостью при товарном выращивании лососевых рекомендовано использование высококалорийных влажных кормов.

Использование влажных и эластичных кормов в аквакультуре атлантического лосося (в перспективе – трески, гольца, камбалы и нельмы) и некоторых беспозвоночных значительно удешевляет процесс культивирования, решает проблему утилизации отходов рыбопереработки, способствует сохранению ВБР. Малокомпонентность состава влажных и эластичных кормов, несложность технологии их производства существенно облегчает контроль за качеством используемого сырья.

Литература

- Austreng E., Asgard T.** Fish silage and its use. *Proc. Second Int. Conf. Aquafarming "Aquaculture 84". Verona*, p.218, 1986.
- Mukhina I.N., Lebskaya T.K., Dvinin Yu.F.** Assessment of efficiency of wet and dry food when rearing Atlantic salmon in the sea. *Mariculture in the coastal zone of the northern seas: Selected papers. Murmansk, PINRO*, p.35-43, 2000.
- Воробьева Н.К., Пестрикова Л.И.** Форелеводство в Заполярье. *Мурманск, ПИИРО*, 168 с., 2011.
- Двинин М.Ю.** Разработка рецептур экспандированных комбикормов "Агрос" для радужной форели и оценка их эффективности. *Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.*, 24 с., 2004.
- Двинин М.Ю.** Способ производства корма и корм для морских ежей. Пат. 2259062 РФ, МКИ 7 А 23 К 1/10, 1/18. Бюл. № 24. *Мурманск*, 6 с., 2005.
- Карцева Л.В., Борисов В.В., Соловей В.Е.** Техно-химическая характеристика морского ежа. *Тез. докл. науч.-техн. конф. профессор.-преподават. состава, аспирантов ... МГАРФ, Мурманск*, ч.1, с.132, 1993.
- Комбикорма для рыб: производство и методы кормления. *Сост. Гамыгин Е.А., Лысенко В.Я., Скляр В.Я., Турецкий В.Я. М., Агропромиздат*, 168 с., 1989.
- Мухина И.Н.** Повышение эффективности стартовых кормов для лососевых рыб путем введения биологически активных добавок. *Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.*, 25 с., 2003.
- Мухина И.Н., Мухин В.А., Воробьева Н.К., Колечкин Ю.В.** Способ приготовления эластичного мороженого корма для крабов. Пат. 2277798 РФ, МКИ 7 А 01 К 61/00. Бюл. № 17. *Мурманск*, 6 с., 2006.