

УДК 597.553.2

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ КЕТЫ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ИМПОРТНЫХ КОМБИКОРМАХ

Е. И. Кальченко, Т. В. Гаврюсева, М. И. Юрьева*



Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
683000 Петропавловск-Камчатский, Набережная, 18
Тел., факс: (415-2) 41-27-01; (415-22) 5-25-92
E-mail: kalchenko.e.i@kamniro.ru; gavt2004@mail.ru
* Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр
690950 Владивосток, Тупик Шевченко, 4
Тел. (423-2) 40-08-05
E-mail: yureva@tinro.ru

КЕТА, ИСКУССТВЕННЫЕ КОРМА, ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

На основании анализа рыбоводных, биохимических и гистологических показателей молоди кеты, выращиваемой при температурном режиме 3–5°C на Паратунском лососевом рыбоводном заводе (ПЛРЗ), установлено, что наиболее эффективным импортным рационом для нее является комбикорм марки «BioDiet» американского производства. Последнее обеспечивает наиболее высокие показатели роста и выживаемости рыб при наименьших кормовых затратах и наилучших биохимических и гистологических показателях. Это позволило заключить, что пищевые потребности молоди кеты при данной температуре лучше удовлетворяют полувлажные корма с высоким содержанием жира (18%) и полиненасыщенных жирных кислот ω -3 ряда (30%). Полученные результаты в перспективе можно будет использовать при разработке и совершенствовании рецептов отечественных комбикормов для молоди тихоокеанских лососей. Предложены рекомендации по развитию лососевого кормопроизводства на Камчатке.

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDEXES OF JUVENILE CHUM SALMON WHEN REARING THE FISHES ON THE IMPORTED ARTIFICIAL FEEDSTUFF

E. I. Kalchenko, T. V. Gavruseva, M. I. Yuryeva*

Kamchatka Research Institute of Fisheries and Oceanography
683000 Petropavlovsk-Kamchatsky, Naberejnaya, 18
Tel., fax: (415-2) 41-27-01; (415-22) 5-25-92
E-mail: kalchenko.e.i@kamniro.ru; gavt2004@mail.ru
* Central Pacific Research Institute of Fisheries and Oceanography
690950 Vladivostok, Shevchenko Blind Alley, 4
Тел., факс: (423-2) 40-08-05
E-mail: yureva@tinro.ru

CHUM SALMON, ARTIFICIAL FOODSTUFF, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDEXES

Analysis of biochemical, histological and hatchery rearing, indexes of juvenile chum salmon reared in the Paratunsky Hatchery under the temperature 3–5°C has revealed that the most effective foodstuff among imported samples was the «BioDiet» trade mark foodstuff made in the USA. The highest growth and survival of the fishes at minimal forage costs and the best biochemical and histological indexes were demonstrated when the foodstuff had been applied. That allows to conclude that the food requirements of juvenile chum salmon at the temperature mentioned can be covered the best by semi-wet foodstuff with the high percent (18%) of fat and ω -3 polyunsaturated fatty acids (30%). The results we have obtained can be used in feature in the course of working out or improving the home foodstuff recipes for juvenile Pacific Salmon. Some recommendations to develop production of salmon foodstuff in Kamchatka have been also suggested.

Одним из важнейших элементов биотехнологии искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей является применение качественных и экономически выгодных кормов (Канидьева, 1984; Гамыгин, 2001; Воропаев и др., 2003; Хованский, 2004). Зарубежный и отечественный опыт лососеводства показал, что размеры и физиологическая полноценность рыб во многом зависят от состава применяемых искусственных рационов (Halver, 1972; Watanabe et al., 1974; Кобаяси, 1988; Остроумова,

1983; Фомин, 1996; Валова, 1999). Молодь лососей должна быть обеспечена комбикормами, рецептура которых соответствует их видовым особенностям питания при выращивании в конкретных условиях рыбоводных заводов (Склярков, 1999). Ранее в нашей стране, при культивировании тихоокеанских лососей, в лучшем случае использовали диеты, разработанные для форели, а в худшем — икру минтая (Хоревина, 1983; Щербина и др., 1989; Валова и др., 1991; Фомин, 1994).

Проблема организации качественного искусственного кормления остается по-прежнему актуальной на лососевых рыбоводных заводах Дальнего Востока (Курганский, Марковцев, 2005; Запорожец, Запорожец, 2003, 2006).

В настоящее время на Камчатке действует 5 лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ), нуждающихся ежегодно в 40–50 тоннах комбикорма. На полуострове корма для лососей пока не производятся, а закупаются за рубежом — в Японии, США, Дании. Обращение к продукции иностранных фирм объяснялось кризисом отечественного кормопроизводства. В последние десятилетия в России наблюдали тенденцию вытеснения отечественных комбикормов импортными, которые отличаются сбалансированным составом и современной технологией их производства (Остроумова, 1997; Хмельницкий, Миронов, 2000; Гамыгин, 2001).

В то же время следует отметить, что рецептура импортных диет не адаптирована к температурным режимам содержания молоди лососей на конкретных ЛРЗ Камчатки. Так, например, использование сухих гранулированных кормов японского производства при подращивании кеты было малоэффективным из-за более низких температур воды, чем при воспроизводстве лососей в Японии (Кальченко и др., 2001).

Для оценки адекватности применяемых искусственных диет имеет большое значение изучение физиолого-биохимических показателей рыб. В литературе уже давно существует мнение о необходимости применения комплексной оценки качества молоди, выращиваемой на рыбоводных заводах, по гематологическим, гистологическим и биохимическим показателям (Остроумова, 1979; Остроумов и др., 1992; Лукьяненко и др., 1984; Хованский, Хованская, 1994; Беляев и др., 2000). Они позволяют получить информацию о том, в какой степени используемые рационы удовлетворяют потребности рыб в элементах питания, а также об их качестве, и тем самым способствуют выявлению неполноценных комбикормов. До недавнего времени качество молоди, выпускаемой с ЛРЗ Дальнего Востока, оценивали, в основном, по морфофизиологическим, гистологическим и гематологическим показателям (Хоревина, 1994; Фомин, 1994; Толстяк, 1998; Валова, 2000; Попова, Чебанов, 2000; Хованская, 2006; Гаврюсева, 2006, 2007). Целенаправленного исследования биохимических показателей лососей, являющихся одними из основных индикаторов их физиологического состояния, здесь не проводили. Особого внимания заслуживают показатели липидного обмена — ключевого инструмента в системе адап-

таций рыб к условиям окружающей среды (Акулин, 1966, 1969; Шульман, 1972; Шатуновский, 1980; Сидоров, 1983).

Изучение физиолого-биохимических аспектов искусственного питания лососей необходимо для правильного подбора диет, наиболее соответствующих их пищевым потребностям при культивировании в конкретных условиях рыбоводных заводов.

Цель данной работы заключалась в оценке физиолого-биохимических показателей молоди кеты, выращиваемой на различных искусственных комбикормах на Паратунском ЛРЗ, для определения на ее основе наиболее эффективных рационов для рыб.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Проанализировать состав импортных комбикормов, использованных на ЛРЗ Камчатки;
2. Провести комплексную оценку качественного состояния молоди кеты при выращивании на импортных рационах по рыбоводным, биохимическим и гистологическим показателям.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор биохимических и гистологических проб молоди кеты искусственного и естественного воспроизводства осуществлялся в 1998–2002 гг. на Паратунском экспериментальном лососевом рыбоводном заводе (ПЭЛРЗ), а также в бассейне реки Паратунка (юго-восточное побережье Камчатки).

Качество заводских рыб оценивали по следующим показателям:

- 1) рыбоводные (рост, выживаемость, затраты корма);
- 2) биохимические (содержание белка, липидов, воды, состав жирных кислот);
- 3) гистологические (морфологическое состояние гепатоцитов, состояние поверхности слизистой отделов желудка и кишечника, нефроцитов и гематопозитической ткани почки).

Количественную оценку роста проводили по показателю удельной скорости роста согласно формуле:

$$C = \frac{\ln W_n - \ln W_0}{n} \times 100\%$$

(Белый, 1960), где W_0 и W_n — первоначальная и конечная масса выращиваемых рыб; n — число суток в расчетном периоде выращивания.

Анализ химического состава искусственных кормов (содержание протеина, углеводов, минеральных веществ, воды) проводили экспресс-методом на инфракрасном анализаторе «Спектран-119».

Анализ химического состава молоди кеты осуществляли по общепринятым методикам. За содержание белка принимали вес сухого обезжиренного остатка (СОВ), который, как известно, состоит у рыб более чем на 90% из белка (Шульман, Коккоз, 1968; Шатуновский, 1980). Экстракцию липидов проводили смесью растворителей хлороформ–этанол (2:1 по объему) по методу Фолча (Folch et al., 1957). Липиды подвергали омылению, жирные кислоты (ЖК) переводили в форму метиловых эфиров и проводили их очистку с помощью препаративной тонкослойной хроматографии в бензоле (Carreau, Dubacq, 1978). Метиловые эфиры ЖК анализировали методом газожидкостной хроматографии на хроматографе “Shimadzu GC-16A” (Япония) с пламенно-ионизационным детектором, снабженным капиллярной колонкой (30 м × 0,35 мм) с фазой Supelcowax-10, при температуре 190°C. Жирные кислоты идентифицировали по индексам Ковача (Christie, 1988). Концентрацию ЖК рассчитывали с помощью базы обработки данных C-R4A Chromatorac. На биохимический анализ было взято 545 экз. заводской и 515 экз. дикой кеты.

При сборе гистологических проб проводили биологический и клинический анализы, патолого-анатомическое вскрытие лососей. При отсутствии клинических признаков патологии рыб отбирали случайным методом. Образцы тканей рыб фиксировали непосредственно после отлова. Эвтаназию мальков проводили анестетиком MS-222 (Stoskopf, 1999). Пробы тканей почки, печени, желудка и кишечника фиксировали в 10% буферном формалине и в жидкости Дэвидсона (Bucke, 1998). Срезы толщиной 4–5 мкм окрашивали гематоксилин-эозином по Мейеру (Г-Э), Романовскому-Гимза, железным гематоксилином по Гейденгайну, Циль-Нильсену, ШИК-световым зеленым и по Граму. Для сравнения нормы и патологии тканей исследовали гистологические пробы от молоди кеты естественного происхождения из р. Паратунка. Для гистологических исследований было использовано 150 экз. заводских и 100 экз. диких рыб. При обработке гистологического материала учитывали технические рекомендации и опыт ведущих отечественных и зарубежных ученых (Staining procedures, 1981; Лабораторный практикум..., 1983; Culling et al., 1985; Bancroft et al., 1990). Полученные препараты изучали под световым микроскопом Olympus BH-2, имеющим автоматическое фотографическое устройство. Для фотографирования использовали фотопленку «Fujicolor Super HG-100».

Для сравнительной характеристики состояния заводской кеты определяли индексы гистопатоло-

гических изменений органов и тканей и интегральный гистопатологический показатель (ИГП). Гистопатологические изменения в органах и тканях разделили на четыре группы по степени тяжести, учитывая время, необходимое для возникновения этих изменений, обратимость и потенциальную опасность для рыбы. При этом принимали во внимание как результаты собственных исследований, так и литературные данные (Факторович, 1984; Post, 1987; Fish pathology, 1989; Ferguson, 1995; Струков, Серов, 1995; Пальцев, Аничков, 2001). Индекс гистопатологических изменений органов или тканей H , выраженный в условных единицах, определенной выборки лососей рассчитывали по формуле:

$$H = \sum P \times T,$$

где P — встречаемость (в долях); T — степень тяжести гистопатологических изменений.

Интегральный гистопатологический показатель (ИГП) вычисляли как сумму индексов гистопатологических изменений во всех исследуемых органах:

$ИГП = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 \dots$, где H_1, H_2, H_3, H_4 — индексы гистопатологических изменений исследуемых органов или тканей.

Статистическую обработку данных проводили с помощью программ EXCEL, использовали язык для статистических расчетов R (версия 2.7.0 от 22.04.2008). Достоверность различий средних величин определяли по t-критерию Стьюдента (уровень различий, p) (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика состава импортных комбикормов

На ЛРЗ Камчатка за период с 1998 по 2002 гг. использовали импортные комбикорма японского, американского и датского производства. Согласно сертификатам качества, американские корма марки «BioDiet» имели в своем составе следующие компоненты: мука рыбная, крилевая, кровяная, перьевая, концентрат рыбного белка, рыбий жир, продукты переработки зерна (овсяная мука, кукурузная клейковина и/или отходы переработки пшеницы), витамины, микроэлементы. В рационах датского производства фирмы «Aller Aqua» присутствовали: мука рыбная низкотемпературная (ЛТ), рыбная специальная «Digestor», крилевая, соевая, рыбий жир, продукты переработки зерна (пшеница, кукуруза), витамины, микроэлементы. Рецептура японского гранулированного корма марки «Ауукко» была неизвестна.

Важным показателем качества комбикормов является их химический состав. Он дает общее

Таблица 1. Химический состав искусственных комбикормов, использованных на ЛРЗ Камчатки, %

Показатели, %	Комбикорм		
	Японский «Ауукко»	Американский «BioDiet»	Датский «Aller Cristall»
Влажность	5,2	19,0	8,0
Протеин	59,9	46,0	53,0
Жир	10,3	18,0	14,0
Углеводы	9,8	5,0	14,0
Клетчатка	0,8	2,0	1,0
Минеральные вещества	14,0	10,0	10,0
Калорийность, ккал/кг	4779	4515	4920
Энерго-протеиновое отношение	8,0	9,8	9,3
Жирные кислоты, в % от суммы всех кислот			
Σ насыщенных	28,5	38,6	35,5
Σ ненасыщенных	71,5	61,4	64,5
Σ мононенасыщенных	27,7	25,1	23,8
Σ полиненасыщенных	40,7	36,5	39,6
Σ ω-3	23,1	29,5	31,9
Σ ω-6	15,3	6,0	7,1
Отношение Σ ω-3/Σ ω-6	1,5	4,9	4,5
Незаменимые жирные кислоты:			
18:2ω-6 (линолевая)	12,9	3,5	5,5
18:3ω-3 (линоленовая)	1,4	1,0	1,1
20:4ω-6 (арахионовая)	0,9	1,0	0,9

представление о потенциальной биологической ценности рационов. Основное внимание при анализе химического состава диет было обращено на содержание в них протеина, жира, углеводов и жирных кислот (табл. 1).

Отличительной особенностью кормов японского и датского производства являлся высокий уровень протеина (более 50%) и углеводов (10–14%), американского — жира (18%) и влаги (19%). Известно, что рацион для молоди лососей должен содержать не менее 40–50% протеина (Канидьев, Гамыгин, 1979). Ранее рекомендуемый уровень жира в стартовых кормах для молоди тихоокеанских лососей не должен был превышать 15%, а доля углеводов обычно ограничивалась до 16% (Перебейнос, 1983). Показателем сбалансированности состава искусственных рационов по соотношению жира и протеина служит энерго-протеиновое отношение (ЭПО). В кормах для молоди лососей оно должно составлять не менее 7 ккал энергии на 1 г белка (Остроумова, 1974; Канидьев, Гамыгин, 1977). Самое высокое энерго-протеиновое отношение имело место в рационе американского производства (9,8), а минимальное — в японском корме (8,0). Датские корма обладали самой

высокой калорийностью (4920 ккал/кг). Необходимо отметить, что в составе импортных диет присутствовала в небольших количествах клетчатка (0,8–2,0%), которая лососевыми рыбами не переваривается и является балластным веществом, но необходима для развития и функционирования их желудочно-кишечного тракта (Hilton et al., 1985).

Липиды искусственных кормов являются важным источником энергии для рыб, а также обеспечивают их потребности в жирных кислотах и жирорастворимых витаминах. Пищевая ценность липидов определяется составом жирных кислот, уровнем содержания незаменимых жирных кислот, которые в организме рыб не синтезируются и должны поступать с пищей. Состав жирных кислот суммарных липидов исследуемых комбикормов имел различия. Максимальная концентрация насыщенных жирных кислот присутствовала в диете американского производства (38,6%), что обусловлено наличием в ее составе ингредиентов животного происхождения (кровяная и перьевая мука), а минимальная — в японском корме (28,5%). Комбикорма японского производства отличались высокой долей кислот линолевого семейства (ω-6) — 15,3%, последнее указывает на то, что в них находилось больше липидов растительного происхождения по сравнению с другими рационами. Наиболее высокий уровень полиеновых жирных кислот линоленового семейства (ω-3) отмечен в диете датского производства 31,9%, где отсутствовали ингредиенты животного происхождения. Рекомендуются, чтобы доля (ω-3) жирных кислот в рационах для молоди лососей составляла не менее 20% от уровня липидов (Watanabe, 1982). Все анализируемые корма отвечали этому требованию.

Эффективность использования энергии рациона на рост молоди лососей зависит от соотношения в нем сумм жирных кислот линоленового и линолевого семейств Σω-3/Σω-6 (Yu, Sinnhuber, 1976; Сергеева, 1985; Головачев, 1988). Самое высокое соотношение Σω-3/Σω-6 кислот имело место в американском корме (4,9), а минимальное — в японском (1,5). Содержание в импортных рационах незаменимой линоленовой кислоты (18:3ω-3), необходимой для роста и развития молоди лососей в пресноводный период жизни, составляло 1,0–1,4%, что соответствует рекомендациям японских исследователей (Watanabe, 1982; Thongrod et al., 1990). В прошлом дефицит линоленовой кислоты являлся существенным недостатком искусственных диет для молоди лососей (Болгова и др., 1976; Белковский, 1989; Кальченко, Попков, 1995).

Оценка качества молоди кеты, выращиваемой на импортных кормах

Рыбоводные показатели. Хорошо известно, что рост рыб зависит в первую очередь от температуры воды, количественного и качественного состава пищи. Потенциальные возможности роста реализуются только при выборе оптимальных для вида температур выращивания. Среднесуточные приросты молоди кеты при оптимальной температуре, находящейся в пределах 8–11°C, составляют 3% и выше (Канидьеv, Гамыгин, 1979; Канидьеv, 1984; Валова, 1999). На лососевых рыбоводных заводах Камчатки температурные условия культивирования молоди данного вида не являются оптимальными. Так, температурный режим выращивания кеты на Паратунском заводе находится в пределах 3–5°C. Кормление рыб осуществляется с февраля до момента выпуска в апреле–мае, т. е. 2 месяца. В 1998–2002 гг. скорость роста рыб на импортных комбикормах при данной температуре изменялась в пределах от 1,22% до 2,06% в сутки. Максимальные средние показатели скорости роста массы тела кеты были отмечены при выращивании на американском комбикорме (1,49% и 1,59%), а минимальные — на японском (1,36%) (табл. 2). Темп роста особей на датском рационе (1,43% и 1,51%) незначительно уступал таковому на американском, несмотря на то, что при его использовании в 2001 г. достигнута наибольшая конечная масса молоди по причине значительного изменения условий содержания (снижения плотности посадки почти в 2 раза). Самые низкие кормовые коэффициенты отмечены при использовании американских (0,90–0,96) и датских (0,80–1,0) рационов. Лучшую выживаемость имели рыбы, выращенные на американском комбикорме, она составляла 98,5–99,3%. Судя по рыбоводным показателям, полувлажный корм марки «BioDiet» американского производства оказался наиболее эффективным при выращивании молоди кеты. Однако рассмотренные выше рыбоводные показатели не дают инфор-

мации, в какой степени используемые диеты удовлетворяют потребности рыб в элементах питания, а также об их качестве. Ответить на эти вопросы возможно лишь на основании анализа биохимических и гистологических показателей молоди.

Биохимические показатели. Биохимический состав молоди искусственного воспроизводства зависит, главным образом, от состава комбикормов, а также и от других факторов биотехники выращивания (температуры, плотности посадки). В качестве нормы принимается биохимический состав тканей рыб естественного воспроизводства (Сорвачев, 1982).

В 1998 г. содержание общих липидов в теле молоди, выращенной на японском корме, было достоверно ($p < 0,001$) ниже, чем у одноразмерной кеты естественной популяции р. Паратунка в этом же году, и составляло, соответственно, $2,98 \pm 0,10\%$ и $4,52 \pm 0,13\%$ по сырому весу (табл. 3).

Последнее обстоятельство указывало на недостаток жира в данном рационе, и следовательно, его непригодность для культивирования рыб при температуре 3–5°C. В 1999 г. при использовании комбикорма американского производства накопление липидов у молоди было значительно выше — $4,10 \pm 0,15\%$ — и достоверно не отличалось от такового у особей естественного происхождения — $3,85 \pm 0,20\%$. Следует отметить, что в 2000 г. в теле кеты при содержании на этой диете был отмечен более высокий уровень липидов, но низкий — белка и воды по сравнению с естественной молодью. Этот факт мы объясняем увеличением плотности посадки рыб, вызывающей, как известно, ограничение их двигательной активности, снижение скорости роста и усиление отложения липидов в тканях (Дубровин и др., 1985). Биохимические показатели молоди, выращенной на датском корме, не отличались от таковых у особей естественного происхождения.

Анализ состава жирных кислот суммарных липидов кеты искусственного и естественного вос-

Таблица 2. Производственные результаты выращивания молоди кеты на импортных комбикормах в 1998–2002 гг. (по данным Севвострыбвода)

Показатели	Вид корма				
	«Ayukko»	«Biodiet»		«Aller Cristall»	
	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
Средняя масса, г, начальная	0,340±0,03	0,340±0,03	0,340±0,03	0,340±0,03	0,340±0,03
Средняя масса, г, конечная	0,944±0,03	1,097±0,03	1,189±0,03	1,475±0,09	1,190±0,06
T°C подращивания	4,7	4,1	4,1	4,6	4,0
Плотность посадки, тыс. шт./м ²	14,7	13,7	16,5	8,6	15,3
Среднесуточный прирост, %	1,36±0,03	1,59±0,05	1,49±0,02	1,51±0,02	1,43±0,03
Кормовой коэффициент	1,1	0,90	0,96	1,0	0,90
Выживаемость, %	97,5	99,3	98,5	98,5	98,8

Таблица 3. Биохимические показатели молоди кеты заводского и естественного воспроизводства массой 0,5–1,0 г

Показатели	1998 г.	1999 г.	2000 г.	2001 г.	2002 г.
	Вид корма				
	«Ayukko»	«Biodiet»		«Aller Cristall»	
Заводская молодь (Паратунский завод)					
Белок, % сырой массы	16,01±0,45	15,93±0,37	14,77±0,20**	16,71±0,24	16,31±0,33
Липиды, % сырой массы	2,98±0,10***	4,10±0,15	5,72±0,32***	3,89±0,24	3,60±0,26
Вода, %	81,99±0,43**	80,37±0,71*	77,92±0,54**	79,40±0,33	80,15±0,45
Количество рыб, экз.	100	100	100	100	100
Естественная молодь р. Паратунка					
Белок, % сырой массы	16,22±0,40	16,63±0,59	15,70±0,39**	16,92±0,32	16,37±0,35
Липиды, % сырой массы	4,52±0,13***	3,85±0,15	3,53±0,42***	3,96±0,28	3,75±0,31
Вода, %	80,30±0,42**	81,65±0,52*	80,58±0,70**	79,07±0,63	80,40±0,60
Количество рыб, экз.	100	100	100	100	100

Примечание: Достоверность различий: * — p<0,05, ** — p<0,01, *** — p<0,001

Таблица 4. Состав жирных кислот общих липидов тела молоди кеты естественного и заводского воспроизводства (в % от суммы всех жирных кислот)

Жирная кислота	Заводская молодь (ПЛРЗ)			Дикая молодь, р. Паратунка
	Корм			
	«Ayukko»	«Biodiet»	«Aller Cristall»	
14:0	4,3±0,2	2,5±0,1	4,7±0,3	4,1±0,3
15:0	0,4±0,02	0,3±0,02	0,4±0,02	0,2±0,01
16:0	17,4±1,0	18,1±1,2	16,6±0,9	15,5±0,8
16:1ω-7	9,9±0,9	4,7±0,4	6,5±0,6	9,0±0,8
17:0	0,5±0,04	0,3±0,02	0,2±0,01	0,4±0,02
18:0	2,6±0,1	3,1±0,2	2,7±0,1	3,6±0,3
18:1ω-9	17,5±0,7	12,4±0,5	14,2±0,5	8,6±0,4
18:1ω-7	5,8±0,2	4,0±0,2	3,4±0,1	4,5±0,2
18:2ω-6	4,3±0,2	3,1±0,1	4,0±0,2	2,8±0,1
18:3ω-3	1,0±0,05	1,0±0,05	1,1±0,08	1,1±0,08
18:4ω-3	1,0±0,08	0,7±0,03	1,7±0,1	6,0±0,4
20:1ω-11	следы	1,1±0,1	следы	0,2±0,01
20:1ω-9	2,2±0,1	1,1±0,1	4,5±0,4	0,3±0,01
20:2ω-6	следы	0,2±0,01	0,3±0,01	0,6±0,04
20:3ω-6	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,01	следы
20:4ω-6	0,9±0,03	1,1±0,1	0,8±0,02	0,8±0,03
20:4ω-3	0,6±0,05	0,7±0,04	0,9±0,07	1,6±0,1
20:5ω-3	6,3±0,3	5,8±0,2	6,3±0,3	9,5±0,5
22:1ω-11	1,8±0,1	1,1±0,1	3,1±0,2	0,1±0,01
22:1ω-9	следы	следы	0,5±0,02	следы
22:5ω-6	следы	0,3±0,01	0,2±0,01	0,4±0,01
22:5ω-3	1,1±0,1	2,2±0,2	1,5±0,1	2,8±0,2
22:6ω-3	13,9±0,5	19,7±0,7	19,2±1,0	14,9±0,5
Другие кислоты	8,4	10,4	7,1	13,0
Σнасыщенных	27,4±0,8	28,0±0,9	27,7±1,0	29,3±1,3
Σненасыщенных	72,6±1,5	73,8±1,7	72,3±1,6	71,7±1,4
Σмоноеновых	39,4±1,2	36,0±0,9	34,1±1,0	25,8±0,8
Σполиеновых	33,2±1,0	36,0±1,2	38,2±1,3	44,9±2,0
Σω3	24,3±0,7	30,3±1,0	31,4±1,0	35,3±1,2
Σω6	5,8±0,5	5,1±0,3	6,0±0,5	4,5±0,4
Σω3/Σω6	4,2±0,3	5,9±0,5	5,3±0,4	8,8±0,6
Σω3/белок	1,5±0,1	2,0±0,2	1,8±0,2	2,3±0,2
Количество рыб, экз.	15	15	15	15

Примечание: (ω-3) — жирные кислоты семейства линоленовой кислоты, (ω-6) — жирные кислоты семейства линолевой кислоты, (ω-7) — жирные кислоты семейства пальмитоолеиновой кислоты, (ω-9) — жирные кислоты семейства олеиновой кислоты. Следы — концентрация жирных кислот менее 0,1%

производства указывал на их значительные различия (табл. 4).

Молодь, выращенная на импортных кормах, имела достоверно ($p < 0,001$) более высокий уровень мононенасыщенных жирных кислот (18:1 ω -9, 20:1 ω -9, 22:1 ω -11), но низкий — полиненасыщенных жирных кислот ω -3 ряда (18:4 ω -3, 20:4 ω -3, 20:5n ω -3, 21:5 ω -3, 22:5 ω -3), чем кета естественной популяции р. Паратунка (рис. 1).

Характерной особенностью состава заводской кеты являлось избыточное содержание в нем олеиновой (18:1 ω -9) — 12,4–17,5% — и недостаточное эйкозапентаеновой (20:5 ω -3) — 5,8–6,3% — жирных кислот по сравнению с таковыми у молоди естественного воспроизводства (8,6% и 9,5% соответственно). Доля незаменимых жирных кислот — линолевой (18:2 ω -6), линоленовой (18:3 ω -3) и арахидоновой (20:4 ω -6) — у особой обеих типов воспроизводства, в основном, не отличалась. Необходимо обратить внимание на соотношение в теле рыб полиненасыщенных жирных кислот линоленового (ω -3) и линолевого (ω -6) семейств, как на фактор, определяющий их усвоение и трансформацию в организме. Самое высокое соотношение $\Sigma\omega$ -3/ $\Sigma\omega$ -6 кислот в теле заводской кеты отмечено при использовании американского корма (5,9), но оно значительно уступало таковому у рыб естественного происхождения (8,8), что еще раз указывает на более высокий уровень в последних физиологически важных полиеновых жирных кислот ли-

ноленового (ω -3) и низкий — линолевого (ω -6) семейств.

Важным показателем является соотношение в теле молоди лососей доли жирных кислот линоленового ряда и белка ($\Sigma\omega$ -3/белок). Оно отражает степень ретенции рыбами белка рациона и обеспеченность его жирными кислотами и связано с их скоростью роста (Головачев, 1988). Максимальное значение этого показателя у заводских рыб имело место при содержании на американском корме (2,0), что свидетельствовало в пользу его лучшей конверсии, а минимальное — на японском (1,5) (рис. 2).

Коэффициент корреляции между отношением $\Sigma\omega$ -3/белок в теле кеты и скоростью ее роста на импортных рационах составил $r = +0,584$ при уровне достоверности $p = 0,0001$.

Таким образом, результаты биохимических исследований позволяют сделать вывод о более высокой степени адекватности химического состава комбикорма марки «BioDiet» для молоди кеты, выращиваемой при температуре воды 3–5°C. Последнее согласуется с литературными данными (Сидоров, 1983; Остроумова, 1988) о том, что рыбы при низких температурах воды отличаются высокой потребностью в жире и полиненасыщенных жирных кислотах ω -3 семейства. Так, по данным А.В. Фомина (1996), молодь кеты, культивируемая при температурах воды 1–3°C на заводах Магаданского региона, эффективнее усваивает влажные

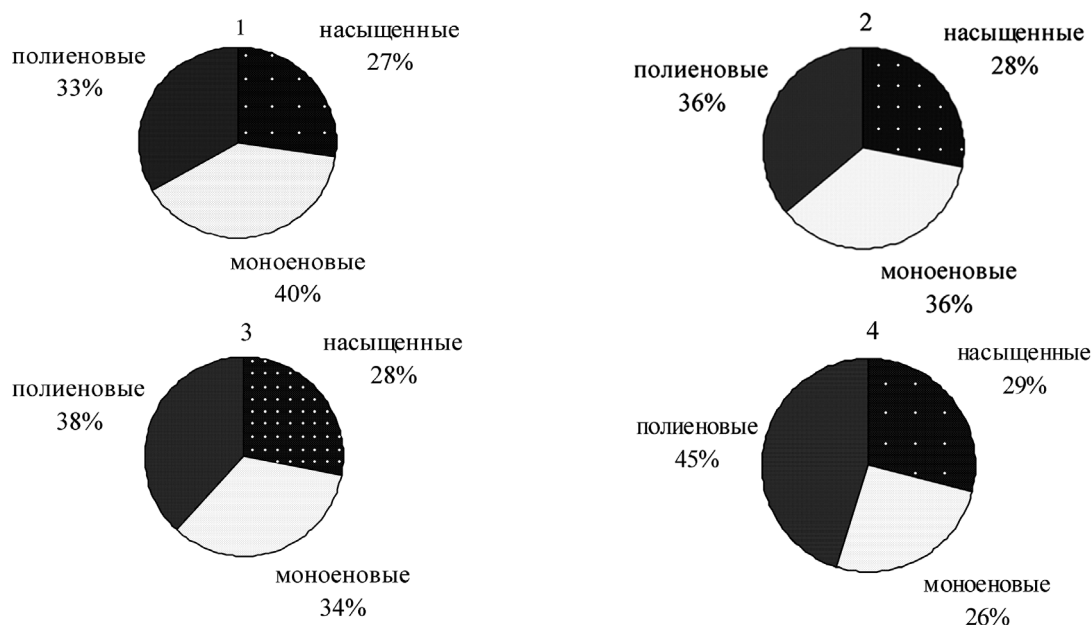


Рис. 1. Некоторые характеристики состава жирных кислот общих липидов тела молоди кеты естественного и заводского воспроизводства (в % от суммы всех жирных кислот). Обозначения: 1 — молодь, выращенная на японском корме, 2 — датском, 3 — американском, 4 — дикая молодь из р. Паратунка

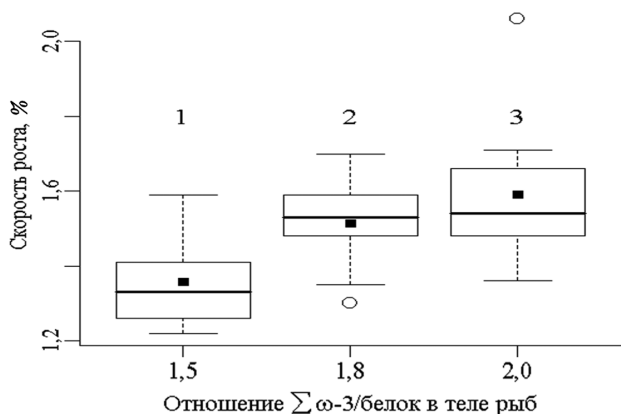


Рис. 2. Скорость роста и отношение $\Sigma \omega-3/\text{белок}$ в теле молоди кеты при выращивании на импортных кормах. Обозначения: 1 — японский корм, 2 — датский, 3 — американский. Обозначения: ■ — среднее арифметическое, □ — стандартная ошибка, I — 0,95 доверительный интервал, I и III — квартиль, — — медиана, I — верхний и нижний экстремумы (максимальное и минимальное значение)

искусственные корма, при условии что содержание жира в них не менее 17%.

Гистологические показатели. При визуальном осмотре заводской молоди кеты внешних признаков патологии, в основном, не отмечали. Лишь у отдельных особей обнаружили потемнение кожных покровов, нарушение координации движения (рыбы плавали на боку). При патологоанатомическом вскрытии у лососей чаще всего наблюдали анемию жабр, расширение кровеносных сосудов, бледность и пониженный тургор печени и почки.

В результате гистологического и гистохимического исследования у всех заводских рыб в пе-

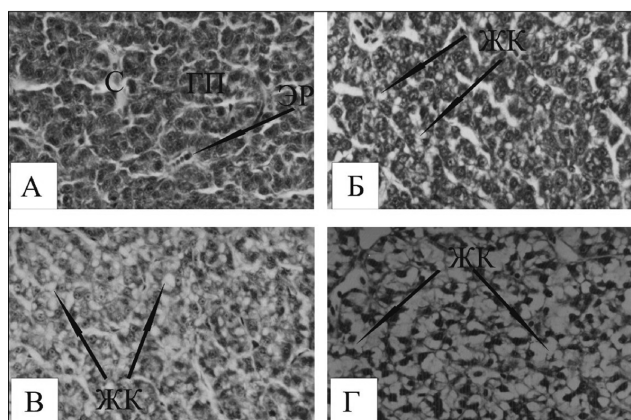


Рис. 3. Структура печени у молоди кеты разного происхождения: А — нормальное состояние у рыб из естественных водоемов, Б, В, Г — первая, вторая–третья и четвертая степень липоидной дистрофии гепатоцитов у заводской молоди кеты ($\times 400$, Г-Э). Обозначения: С — печеночные синусоиды, ГП — гепатоциты, ЭР — эритроциты, ЖК — жировые капли

чени отмечали липоидную дистрофию гепатоцитов разной степени, деструктивные изменения в почке и клетках желудочно-кишечного тракта (табл. 5, рис. 3, 4, 5). В почке выявили интерстициальный отек и гемосидероз гемопоэтической ткани, скопление эозинофильных масс и нефрокальциноз в просвете почечных канальцев. В желудочно-кишечном тракте обнаружили плазмолиз, некроз в клетках слизистого слоя пилорического отдела желудка и кардиальных желез, очаговую деструкцию ворсинок.

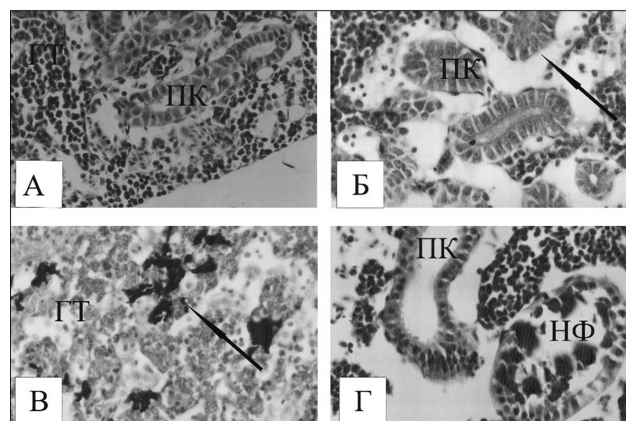


Рис. 4. Структура почки у молоди кеты разного происхождения: А — нормальное состояние у рыб из естественных водоемов; Б — интерстициальный отек гемопоэтической ткани; В — гемосидероз гемопоэтической ткани; Г — нефрокальциноз в просвете почечных канальцев у заводской молоди ($\times 400$, Г-Э). Обозначения: НФ — нефрокальциноз, ПК — почечный каналец, ГТ — гемопоэтическая ткань

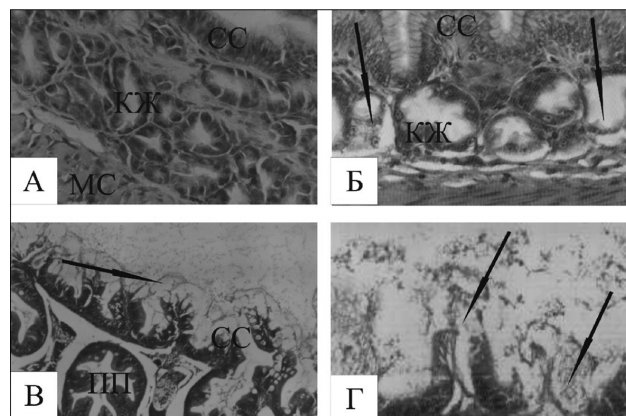


Рис. 5. Структура желудочно-кишечного тракта у молоди кеты разного происхождения: А — нормальное состояние у рыб из естественных водоемов; Б — плазмолиз кардиальных желез; В — некроз эпителиальных клеток слизистой оболочки (1); Г — разрушение ворсинок пилорического отдела желудка у заводской молоди ($\times 400$, Г-Э). Обозначения: МС — мышечные слои, КЖ — кардиальные железы, СС — слизистый слой, ПП — пилорический придаток

Таблица 5. Гистопатологические изменения и частота их встречаемости (%) у молоди кеты, выращенной на импортных комбикормах

Год	Корм	Почка	Печень	ЖКТ
2000	«BioDiet»	Интерстициальный отек (30%), скопление эозинофильных масс в просвете почечных канальцев (10%)	Третья (20%) и четвертая (10%) степени липоидной дистрофии гепатоцитов	Обширный цитолиз клеток слизистого слоя желудка и эпителия кардиальных желез (40%)
2001	«Aller Aqua»	Гемосидероз, интерстициальный отек гемопоэтической ткани и вакуолизация нефроцитов (100%)	Вторая (20%), третья (10%) и четвертая (40%) степени липоидной дистрофии гепатоцитов	Обширный плазмоллиз клеток слизистого слоя пилорического отдела желудка и эпителия кардиальных желез (90%)
2002	«Aller Aqua»	Интерстициальный отек гемопоэтической ткани (50%), расширение и скопление эозинофильных масс в просвете почечных канальцев, нефрокальциноз (20%)	Вторая (40%) степень липоидной дистрофии гепатоцитов	Обширный плазмоллиз клеток слизистого слоя пилорического отдела желудка и эпителия кардиальных желез (80%), цитолиз клеток слизистого слоя кардиальных желез (10%), разрушение ворсинок ЖКТ (10%)

В 2000 г. при использовании американского корма у заводской кеты была обнаружена липоидная дегенерация печени 3 степени у 20% особей. Несмотря на такое отклонение от нормы, согласно литературным данным (Факторович, 1961, 1984), липоидная дистрофия гепатоцитов 2–3 степени является обратимой при переходе на естественное питание или при голодании. Дегенерация клеток печеночной паренхимы 4 степени приводит к гибели рыб.

Гистопатологические нарушения у заводской кеты свидетельствовали о некачественности комбикормов. Так, отдельные партии американских кормов марки «BioDiet» в 2000 г. имели перекисное число 0,5% йода (данные Севвострыбвода), тогда как в норме для личинок и молоди лососей оно не должно превышать 0,2–0,3% йода.

Хорошо известно, что наличие патологии в пищеварительном тракте молоди лососей препятствует появлению в эпителиальной выстилке желудка и кишечника серотонинсодержащих клеток, отвечающих за усвоение морской воды и являющихся показателем готовности к покатной миграции (Фомин, 1994; Валова, 1999). При исследовании физиологического состояния молоди кеты на ПЛРЗ в этом году часть рыб оказалась неспособной к жизни в море ко времени естественного ската (Запорожец, Запорожец, 2003).

В 2001 г. при использовании датских кормов частота встречаемости липоидной дегенерации печени 4 степени увеличилась до 40%. Значительные деструктивные изменения обнаружили в почке (100%) и в желудочно-кишечном тракте (90%)

рыб. На патологические изменения в органах и тканях кеты в 2001 г. также оказала влияние некачественная обработка икры перед закладкой (Устименко, Сергеенко, 2001; Линева, 2004). Стоит заметить, что в этом году у заводской кеты отмечали и наибольшее значение интегрального гистопатологического показателя (3,8 условных единиц), рассчитанного как сумма индексов гистопатологических изменений трех органов: печень, почки и желудочно-кишечный тракт (рис. 6). В 2002 г. состояние паренхимы печени было лучше, но в желудочно-кишечном тракте отмечали более тяжелые патологические изменения (обширный плазмоллиз клеток слизистого слоя пилорического отдела желудка и эпителиальных клеток кардиальных желез у 80%, цитолиз — 10%, разрушение ворсинок ЖКТ — 10% рыб), свидетельствующие о нарушении пище-

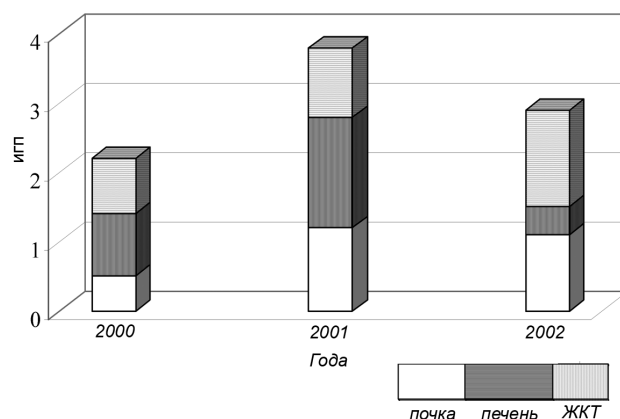


Рис. 6. Значения ИГП (условные единицы) почки, печени и ЖКТ у молоди кеты на Паратунском экспериментальном лососевом рыбноводном заводе в 2000–2002 гг.

варения у рыб. По результатам бактериологических исследований в 2001–2002 гг. выявлена обсемененность отдельных партий кормов «Aller Aqua» стафилококками и дрожжеподобными грибами (Устименко, 2001; Устименко и др., 2003).

Результаты гистологических исследований позволяют сделать вывод о наличии менее тяжелых структурных нарушений в пищеварительном тракте у рыб, выращенных на американском корме. Преимущество последнего в этом отношении хорошо объясняет мнение А.В. Фомина (1996), что физиологическое состояние кеты при температурах воды ниже оптимальных зависит не только от состава кормов, но также и от их консистенции. С помощью гистохимического анализа им было показано, что применение сухого гранулированного корма при низких температурах нецелесообразно из-за его плохой усвояемости, в связи с низкой активностью пищеварительных ферментов у молоди, и оказывает травмирующее воздействие на слизистую ее пищеварительного тракта, что ведет к появлению патологических изменений, вызывающих нарушение пищеварения и снижение жизнестойкости рыб.

Таким образом, на основании анализа рыбо-водных, биохимических и гистологических показателей молоди кеты, выращиваемой при температурном режиме 3–5°C на Паратунском заводе, установлено, что наиболее эффективным импортным рационом для нее является комбикорм марки «BioDiet» американского производства. Это позволяет заключить, что пищевые потребности кеты при существующем температурном режиме лучше удовлетворяют полувлажные корма с высоким содержанием жира (18%) и полиненасыщенных жирных кислот ω -3 ряда (30%).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на Камчатке необходимо организовать производство качественных искусственных кормов для молоди тихоокеанских лососей из местного сырья. Полуостров располагает большинством их основных исходных компонентов, главным образом на базе морских ресурсов. К тому же в г. Петропавловске-Камчатском находится завод по производству гранулированных комбикормов для крупного рогатого скота, свиней, птиц и карповых рыб. При нем реально создать цех по производству полувлажных и сухих лососевых комбикормов, оснащенный современным экструзионным оборудованием. Здесь возможно будет контролировать доброкачествен-

ность компонентов, режим их обработки, соблюдение рецептуры и качество готовой продукции. Это позволит обеспечивать лососевые рыболовные заводы полуострова свежими кормами собственного изготовления на основе современных отечественных научных разработок. Именно такой подход к кормопроизводству позволит обеспечить дальнейшее развитие промышленного лососеводства на Камчатке.

Изучение физиолого-биохимических показателей молоди кеты позволило выявить особенности ее пищевых потребностей при выращивании в конкретных температурных условиях ЛРЗ и рекомендовать следующее.

Для кеты, выращиваемой при температурном режиме 3–5°C, следует применять комбикорма с высоким уровнем жира (16–18%) и соотношением в нем полиненасыщенных жирных кислот линоленового и линолевого семейств ($\Sigma\omega$ -3/ $\Sigma\omega$ -6) не менее 4, протеина (46–48%), при энерго-протеиновом отношении 9–10. Предпочтение следует отдать полувлажным кормам, из-за их лучшей усвояемости.

Необходимо проведение работ по определению оптимального количества жира в искусственных рационах для молоди лососей при существующих температурных режимах их выращивания на заводах.

При становлении производства лососевых комбикормов на Камчатке наиболее целесообразно использовать местные ресурсы, например, морских беспозвоночных, отнерестовавших производителей лососей, малоценные породы рыб и различные отходы рыбоперерабатывающих предприятий, водорослевую муку.

Необходимо использование качественных витаминных и минеральных добавок в кормах.

В качестве средств, повышающих скорость роста и жизнестойкость выращиваемых рыб, рекомендуется применение биологически активных добавок, производимых на Дальнем Востоке.

Для оценки физиологической полноценности используемых комбикормов в процессе выращивания молоди лососей следует применять, в первую очередь, комплекс следующих показателей рыб: темп роста, размерно-весовые, выживаемость, затраты корма (количество корма, затраченного на единицу прироста рыбы), биохимические (содержание белка, липидов, состав жирных кислот) и гистологические (морфологическое состояние гепатоцитов, слизистого слоя желудка и кишечника).

БЛАГОДАРНОСТИ

В работе использованы технические каталоги и сертификаты качества на импортные комбикорма, первичные материалы по рыбоводным показателям молоди кеты, любезно предоставленные заведующей отделом рыбоводства Севвострыбвода Н.С. Кран и главным рыбоводом Паратунского завода Е.В. Ставенко. Большую помощь в сборе полевого материала оказал заведующий Паратунской базой В.С. Волохов. Всем перечисленным сотрудникам авторы выражают благодарность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акулин В.Н.* 1966. Изменения жирности молоди красной и связь их со скатом // Рыб. хоз-во. № 8. С. 11–12.
- Акулин В.Н.* 1969. Состав жирных кислот фосфолипидов мышц красной (*Oncorhynchus nerka*) на разных стадиях ее жизненного цикла // Журн. эвол. биохимии и физиологии. Т. 5. № 4. С. 411–413.
- Белковский Н.М.* 1989. Жирнокислотный состав липидов некоторых кормовых организмов и кормов для рыб // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. Ярославль: АН СССР. Т. 1. С. 39–40.
- Белый Н.Д.* 1960. Рецензия на работу Н.И. Чугуновой «Руководство по изучению возраста и роста рыб» // Зоол. журн. Т. 39. Вып. 6. С. 948–951.
- Беляев В.А., Пробатов Н.С., Золотухин С.Ф., Миронова Т.Н.* 2000. Проблемы лососевого хозяйства в бассейне реки Амур // Докл. российско-американской конф. «Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей». Хабаровск. С. 15–25.
- Болгова О.М., Сидоров В.С., Смирнов Ю.А.* 1976. Состав жирных кислот дикой и заводской молоди лосося // Лососевые (Salmonidae) Карелии. Петрозаводск. С. 163–167.
- Валова В.Н.* 1999. Характеристика физиологического состояния молоди тихоокеанских лососей при выращивании на искусственных кормах. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИИПРХ, 23 с.
- Валова В.Н.* 2000. Проблема качественной оценки заводских популяций тихоокеанских лососей // Докл. российско-американской конф. «Вопросы взаимодействия естественных и искусственных популяций лососей». Хабаровск. С. 107–110.
- Валова В.Н., Скирин В.И., Крупяно Н.И.* 1991. Результаты подращивания молоди кеты *Oncorhynchus keta* Walb. на кормах разной рецептуры // Тр. Гос. НИИ озер. и реч. хоз-ва. Вып. 307. С. 169–177.
- Воропаев В.М., Хованский И.Е., Хованская Л.Л., Бессонов Д.В., Фомин А.В.* 2003. Влияние различных комбикормов на рост и морфологические показатели молоди кеты // Методические и прикладные аспекты рыбохозяйственных исследований на Дальнем Востоке. Хабаровск: Хабар. кн. изд-во. С. 204–212.
- Гаврюсева Т.В.* 2006. Морфологические изменения у молоди тихоокеанских лососей из естественных водоемов и на рыбоводных заводах Камчатки. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. Л., 24 с.
- Гаврюсева Т.В.* 2007. Патоморфологические изменения при алиментарном токсикозе у молоди тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* на Камчатке // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана: Сб. науч. тр. КамчатНИРО. Вып. 9. С. 170–184.
- Гамыгин Е.А.* 2001. Проблема кормов и кормопроизводства для рыб: состояние и задачи // Тр. Всерос. НИИ пруд. рыб. хоз-ва. Вып. 77. Т. 3. С. 81–82.
- Головачев С.А.* 1988. Повышение эффективности выращивания личинок сиговых рыб путем улучшения жирнокислотного состава стартовых кормов // Сб. науч. тр. Гос. НИИ озер. рыб. хоз-ва. Вып. 281. С. 105–115.
- Дубровин В.Н., Пушкарь В.Я., Аверьянова О.В., Дудник Л.В.* 1985. Физиолого-биохимические особенности обменных процессов у карпа при содержании рыб в условиях плотных посадок // Тез. докл. VI Всес. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. Вильнюс. С. 66–67.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М.* 2003. Гранулированные корма для молоди лососей на Камчатке: опыт применения, проблемы и перспективы использования и производства // Тез. докл. междунар. науч. симп. «Холодноводная аквакультура: старт в XXI век». СПб. С. 81–82.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М.* 2006. Проблемы Камчатского лососеводства и пути их решения // Мат-лы междунар. науч. семинара «Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока». Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. С. 146–151.

- Кальченко Е.И., Попков А.А.* 1995. Оценка состава жирных кислот липидов искусственных кормов, применяемых на лососевых рыбоводных заводах Камчатки // Исследования биологии и динамики численности промысловых рыб камчатского шельфа. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 3. С. 162–166.
- Кальченко Е.И., Попова Т.А., Ставенко Е.В.* 2001. Оценка эффективности искусственных кормов, применяемых на Паратунском заводе (Камчатка) // Тез. докл. междунар. науч.-практ. конф. «Прибрежное рыболовство — XXI век». Южно-Сахалинск: СахНИРО. С. 56–57.
- Канидьев А.Н., Гамыгин Е.А.* 1979. О повышении эффективности искусственного разведения лососевых рыб // Итоги науки и техники: Сер. Зоология позвоночных. М.: ВИНТИ АН СССР. Т. 10. С. 108–151.
- Канидьев А.Н.* 1984. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 216 с.
- Кобаяси Т.* 1988. Воспроизводство запасов лососей в Японии // Рыб. хоз-во. № 2. С. 57–62.
- Курганский Г.Н., Марковцев В.Г.* 2005. Биологические и технические основы разведения лососей в Приморском крае // Изв. Тихоокеан. науч.-исслед. рыбохоз. центра. Т. 141. С. 325–334.
- Лабораторный практикум по болезням рыб. 1983. М.: Наука, 295 с.
- Лакин Г.Ф.* 1980. Биометрия. М.: Высш. шк., 293 с.
- Линева Г.П.* 2004. Паразитологические исследования икры кеты на Паратунском экспериментальном лососевом рыбоводном заводе // Мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. «Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб» (Борок, 16–18 июля 2003 г.). М.: «Авось-ка». С. 437–441.
- Лукьяненко В.И., Касимов Р.Ю., Кокоза А.А.* 1984. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых. Волгоград: ИБВВ АН СССР, 228 с.
- Остроумова И.Н.* 1979. Физиолого-биохимическая оценка состояния рыб при искусственном разведении // Современные вопросы экологической физиологии рыб. М.: Наука. С. 59–67.
- Остроумова И.Н.* 1983. Потребность рыб в белке и ее особенности у личинок в связи с этапами развития пищеварительной функции // Тр. Гос. НИИ озер. и реч. хоз-ва. Л. Вып. 194. С. 3–19.
- Остроумова И.Н., Хованский И.Е., Коморкин Н.А., Мосейчук К.Б.* 1992. Информативность физиолого-биохимических и функциональных тестов для оценки качества выращиваемых рыб // Тез. докл. VIII науч. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. Петрозаводск. Т. 2. С. 30–31.
- Пальцев М.А., Аничков Н.М.* 2001. Патологическая анатомия. Т. 1. М.: Медицина, 528 с.
- Перебейнос А.В.* 1983. Разработка технологии приготовления рыбных кормов для объектов аквакультуры Дальнего Востока // Экспресс-инф. 2 сер. Обработка рыбы и морепродуктов. М. С. 4–9.
- Попова Т.А., Чебанов Н.А.* 2000. Некоторые результаты мониторинговых исследований качества молоди кеты, выращиваемой на Паратунском ЛРЗ // Тез. докл. Второй обл. камч. науч.-практ. конф. «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. С. 149.
- Сергеева Н.Т.* 1985. Влияние несбалансированного по жирнокислотному и аминокислотному составу корма на липидный обмен в организме радужной форели // Пластический обмен у рыб. Калининград: КТИРПХ. С. 15–21.
- Сидоров В.С.* 1983. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука. С. 18–37.
- Скляр В.Я.* 1999. Способы повышения эффективности кормления // Рыбоводство и рыболовство. № 4. С. 16–17.
- Сорвачев К.Ф.* 1982. Основы биохимии питания рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 247 с.
- Струков А.И., Серов В.В.* 1995. Патологическая анатомия. М.: Медицина, 564 с.
- Толстяк Т.И.* 1988. Влияние искусственных условий выращивания на физиологическое состояние молоди красной // Тез. докл. III Всес. совещ. по лососевидным рыбам. Тольятти. С. 33–35.
- Устименко Е.А., Сергеев Н.В.* 2001. Эпизодическая ситуация на Паратунском экспериментальном лососевом рыбозаводном заводе (Камчатка) // Тез. докл. IV регион. конф. по актуальным проблемам экологии, биологии и биотехнологии (Владивосток, 23–24 ноября 2001 г.). Владивосток: Дальневост. ун-т. С. 120–121.
- Устименко Е.А., Гаврюсева Т.В., Сергеев Н.В.* 2003. Признаки алиментарного токсикоза у молоди лососей на рыбоводных заводах Камчатки // Мат-лы науч.-практ. конф. «Экологические и социально-экономические проблемы Кам-

- чатки» (Петропавловск-Камчатский, 25–27 марта 2003 г.). Петропавловск-Камчатский: КГТУ. С. 21–32.
- Факторович К.А.* 1961. Опыт оценки некоторых диет для лосося по данным гистологического анализа печени // Тр. Гос. НИИ озер. и реч. хоз-ва. Т. 51. С. 37–46.
- Факторович К.А.* 1984. Алиментарные заболевания рыб // Биологические основы рыбоводства: паразиты и болезни рыб. М.: Наука. С. 144–159.
- Фомин А.В.* 1994. Влияние пастообразных и гранулированных кормов на рост, ультраструктуру желудочно-кишечного тракта, физиологические показатели молоди кеты при разных температурах воды // Биологические основы развития лососеводства в Магаданском регионе. СПб.: ГОСНИОРХ. Вып. 308. С. 129–167.
- Фомин А.В.* 1996. Влияние состава кормов на рост и физиологические показатели молоди кеты и оптимизация режимов ее выращивания на рыбоводных заводах Магаданской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: ГОСНИИОРХ. 25 с.
- Хмельницкий В.Н., Миронов С.Г.* 2000. Почему «Аллер Аква» производит корма для рыб только в экструдированном виде // Рыбоводство и рыболовство. № 1. С. 42.
- Хованская Л.Л.* 2006. Сравнительная характеристика качественных показателей молоди кеты, выращенной на ЛРЗ Магаданской области и Хабаровского края // Мат-лы междунар. науч. семинара «Современные проблемы лососевых рыбоводных заводов Дальнего Востока». Петропавловск-Камчатский: Камчат. печат. двор. С. 50–55.
- Хованский И.Е., Хованская Л.Л.* 1994. Роль гематологических показателей в определении физиологической полноценности заводской молоди лососевых // Тр. Гос. НИИ озер. и реч. хоз-ва. Вып. 308. С. 171–184.
- Хованский И.Е.* 2004. Эколого-физиологические и биотехнологические факторы эффективности лососеводства. Хабаровск: Хабар. кн. из-во. С. 189–210.
- Хоревина Н.Б.* 1983. Подрачивание кеты на различных кормосмесях в условиях рыбоводного завода // Тез. докл. коорд. совещ. по лососевым рыбам. Л.: Наука. С. 225–226.
- Хоревина Н.Б.* 1994. Выращивание молоди кеты на сухих гранулированных кормах в условиях сахалинских рыбоводных заводов // Изв. Тихоокеан. НИИ рыб. хоз-ва. Т. 113. С. 140–144.
- Хоревина Н.Б., Сергеев Т.М.* 2003. Результаты выращивания молоди кеты при использовании стартового корма с витазаром // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях: Тр. Сах. НИИ рыб. хоз-ва и океанографии. Южно-Сахалинск. Т. 5. С. 56–63.
- Шатуновский М.И.* 1980. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука. С. 13–33.
- Шульман Г.Е.* 1972. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищ. промышленность. С. 119–300.
- Шульман Г.Е., Кокос Л.М.* 1968. Особенности белкового роста и жира накопления у черноморских рыб // Биол. моря. Киев: Наукова думка. С. 159–217.
- Щербина М.А., Валова В.Н., Скирин В.И., Калинин М.В.* 1989. О связи между качественным составом стартовых комбикормов и физиологическим состоянием молоди // Тез. докл. VII Всес. конф. по экологической физиологии и биохимии рыб. Ярославль: АН СССР. Т. 2. С. 255–256.
- Bancroft D., Stevens A., Turner D.R.* 1990. Theory and practice of histological techniques. Edinburgh; London; Melbourne; New York: Churchill Livingstone Inc., 725 p.
- Bucke D.* 1998. Cataracts in farmed fish — a multidisciplinary initiative for scientific progress: histological techniques for teleost eyes // Bull. Eur. Ass. Fish Pathol. V. 18. P. 121–123.
- Carreau J.P., Dubacq J.P.* 1978. Adaptation of macro-scale method to the micro-scale for fatty-acid methyl transesterification of biological lipid extracts // J. Chromatograph. V. 151. № 3. P. 384–390.
- Christie W.W.* 1988. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gas-chromatography — a reappraisal // J. Chromatogr. A. Vol. 447. № 2. P. 305–314.
- Culling C.F.A., Allison R.T., Barr W.T.* 1985. Cellular pathology technique. London: Co. Publ. LTD. P. 3–163.
- Ferguson H.W.* 1995. Systematic pathology of fish. A text and atlas of comparative tissue responses in diseases of Teleosts. Iowa: Iowa State Univ. Press Ames, 267 p.
- Fish pathology. 1989. London; Philadelphia; Sydney; Tokyo; Toronto: Stirling Univ, 383 p.

- Folch J., Lees M., Sloane-Stanley G.H.* 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues (for brain, liver and muscle) // *J. Biol. Chem.* V. 226. № 1. P. 497–509.
- Halver J.E.* 1976. Formulating practical diets for fish // *J. Fish. Res. Board Can.* V. 33. № 4. P. 1032–1039.
- Hilton J.M., Atkinson J.L., Slinger S.J.* 1985. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* Vol. 40. № 1. P. 81–85.
- Post G.* 1987. Textbook of fish health. Neptune City: T.F.H. Publ., Inc. Ltd, 288 p.
- Staining procedures. Baltimore: Williams and Wilkins, MD 21202, USA, 1981. P. 1–26.
- Stoskopf M.K.* 1993. Fish medicine. Philadelphia; London; Toronto; Montreal; Sydney; Tokyo: W.B. Saunders company, Harcourt Brace Jovanovich Inc. P. 79–90.
- Thongrod J., Tareuchi T., Saton J., Watanabe T.* 1990. Requirement of yamame *Oncorhynchus masou* for essential fatty acids // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* № 8. P. 1255–1269.
- Watanabe T., Ogino C., Koshiishi Y., Matsunaga T.* 1974. Requirements of rainbow trout for essential fatty acids // *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* № 40. P. 493–499.
- Yu T.C., Sinnhuber R.O.* 1976. Growth response of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to dietary ω_3 and ω_6 fatty acids // *Aquaculture.* 8. P. 309–317.