

СОСТОЯНИЕ ГОНАД ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ КЕТЫ  
(*ONCORHYNCHUS KETA*) В ЗАВИСИМОСТИ  
ОТ СРОКОВ НАЧАЛА ЕЕ КОРМЛЕНИЯ

М.А. Седова<sup>1</sup>, В.Г. Самарский<sup>2</sup>, Е.Д. Павлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,  
ул. Верхняя Красносельская, 17, Москва, 107140, Россия. E-mail: p-a-v@nxt.ru

<sup>2</sup>Сахалинское бассейновое управление по воспроизводству рыбных запасов, ул. Емельянова,  
43а, Южно-Сахалинск, 693006, Россия. E-mail: samarskiyvladimir@rambler.ru

Изучено состояние гонад молоди кеты после разных сроков начала кормления личинок на Охотском рыбноводном заводе при постоянной температуре воды 6° С. У молоди самок, кормление которой начато при массе желточного мешка около 4 мг, увеличена доля крупных ооцитов периода превителлогенеза. Изменение сроков начала кормления молоди не оказывает существенного влияния на состояние гонад у самок.

STATE OF YOUNG CHUM SALMON (*ONCORHYNCHUS KETA*) GONADS  
DEPENDING ON THE TIMES TO START IT'S FEEDING IN HATCHERY

M.A. Sedova<sup>1</sup>, V.G. Samarskiy<sup>2</sup>, E.D. Pavlov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian Federal Research Institute of Fisheries & Oceanography, 17, V. Krasnoselskaya,  
Moscow, 107140, Russia. E-mail: p-a-v@nxt.ru

<sup>2</sup>Sakhalin Federal Department for Reproduction of Fish Resources, 43a, Emelyanova,  
Yuzhno-Sakhalinsk 693006, Russia. E-mail: samarskiyvladimir@rambler.ru

The state of gonads in the young of chum salmon *Oncorhynchus keta* is studied at different time of the start-feeding of larvae at Okhotsk hatchery with constant water temperature 6° C. The beginning of start feeding the young with the yolk-sac mass near 4 mg leads to enhancing of the part the large previtellogenic oocytes. The change in the time of the start-feeding has no substantial effect on the males gonad state.

Среди тихоокеанских лососей кета *Oncorhynchus keta* является вторым по численности объектом разведения, поэтому ряд особенностей ее гаметогенеза не раз был предметом пристального изучения (Иевлева, 1964, 1965; Персов, 1965, 1966, 1975; Мосягина, Кузнецов, 1997; Зелеников и др., 2001).

В литературных источниках имеются данные о рекомендуемом времени начала кормления кеты. Еще А.И. Смирнов (1963) рекомендовал начинать кормление лососей задолго до окончания рассасывания желточного мешка, когда он равен одной трети от его первоначальной величины. Именно при этой массе желтка кета начинает кормиться в естественных условиях. На лососевых рыбноводных заводах (ЛРЗ) Сахалина личинок начинают кормить, когда масса остатков желточного мешка составляет 7–8% от массы тела (Самарский и др., 2004), что соответствует массе желтка около 30,0–35,0 мг. На Охотском ЛРЗ стандартное начало кормления личинок осуществляется при массе желтка, равной 1%

от массы тела, что составляет примерно 4,0 мг (Самарский, 2005). Современные данные по особенностям развития половой системы тихоокеанских лососей в условиях заводского разведения немногочисленны (Мосягина, Кузнецов, 1997; Зеленников и др., 2001).

Условия кормления могут влиять на гаметогенез и репродуктивные качества рыб. Показано, что на высокобелковом рационе быстрее созревает карп – *Cyprinus carpio* (Маслова и др., 1983), имеют более крупную икру форель – *Parasalmo mykiss* (Хон и др., 1984) и некоторые представители рода цихлазома – *Cichlasoma* (Townsshend, Wooton, 1984). Подобные исследования выполнены на рыбах, имеющих гонады III или IV стадий зрелости, тогда как влияние условий кормления на ранний гаметогенез рыб остается неизученным. Темп раннего гаметогенеза кеты обуславливается разными факторами, в том числе температурой воды (Зеленников и др., 2001). В связи с этим также было интересно оценить развитие половых желез этого вида в условиях, когда инкубация икры и подращивание молоди проходят при неизменной величине этого показателя – 6° С.

Цель настоящей работы – исследовать состояние половых желез у молоди кеты, формирование которых происходило после перевода на экзогенное питание личинок с разной степенью развития желточного мешка при постоянной температуре воды.

### Материал и методика

Материал собран в конце июня–начале июля 2003 г. на Охотском лососевом рыбозаводе, расположенном на юго-восточном побережье о-ва Сахалин, где в силу особенностей водоснабжения температура воды при инкубации икры и подращивании молоди стабильна (6° С). Объектом исследования служила молодь кеты.

В начале эксперимента все личинки были условно разделены на три группы (табл. 1) в зависимости от величины их желточного мешка ко времени начала кормления. У личинок I группы в это время масса желтка составляла около 60 мг, II группы – 4 мг, у кеты III группы желточный мешок был полностью резорбированным. Продолжительность кормления молоди I группы равнялась 182 сут, II и III – 147 и 27 сут соответственно. Молодь кормили датским кормом «Aller 514 Oil» при рационе 2,5 % от массы тела. После завершения эксперимента при возрасте рыб 217 сут после вылупления была проведена их фиксация в растворе 4 %-ного формальдегида. Объем исследованного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Группы экспериментальных рыб и объем материала

Группа	Число рыб, экз.			Средняя масса желтка в начале кормления, мг	Продолжительность кормления, сут
	всего	самки	самцы		
I	149	21	29	60,0	182
II		21	29	4,0	147
III		26	23	0	27

Камеральная обработка проб проведена по стандартным методикам. Препарирование гонад проведено под бинокляром МБС-1 при увеличении 8 × 4. Гистологический анализ состояния гонад проведен у всех 149 особей. От каждой особи сделано от 20 до 30 срезов гонад. С помощью компьютерной программы Image J (Седова и др., 2003) проведены измерение диаметра ооцитов у самок и подсчет числа половых клеток на единицу площади у самцов. Промерам подвергнуты 1700 ооцитов от 68 самок. Измерение площади гонад и подсчет половых клеток проведены у 81 самца. Статистическую обработку данных и вычисление величины критерия Стьюдента осуществляли с помощью компьютерной программы Microsoft Excel.

Приготовление срезов гонад и подготовку гистологических препаратов проводили на современном оборудовании. Фрагменты гонад помещали в автомат для гистологической обработки тканей карусельного типа MICROM STP 120. Заливку в парафин осуществляли через заливочную станцию MICROM EC 350. Срезы толщиной 5 мкм делали с помощью одноразовых ножей на салазочном микротоме MICROM HM 440E с автоматической установкой ретракции. Срезы окрашивали железным гематоксилином по Гейденгайну с дополнительной окраской эозином (Ромейс, 1953). Фотографии гистологических срезов сделаны с помощью компьютерной системы с автоматической видеокамерой Leica DC при увеличении окуляра  $\times 10$  и объективов  $\times 10$  и  $40$ . Периодизация оогенеза приведена по И.Г. Мурза, О.Л. Христофорову (1991) и Д.А. Чмилевскому (2003).

## Результаты и обсуждение

### *Размеры заводской молодежи кеты, морфология ее гонад и строение гамет*

Прежде всего отметим выявленные различия в величине самок и самцов молодежи кеты. В конце июня–начале июля средняя выборочная масса молодежи подопытных самок кеты составляла  $2,9 \pm 0,1$  г при варьировании показателя от 1,1 до 4,6 г; у самцов –  $3,0 \pm 0,1$  г и  $0,9–5,0$  г соответственно. Хотя данные различия недостоверны, в целом самцы по массе несколько больше самок и в выборках больше крупных самцов, чем крупных самок. К сожалению, данных по массе самок и самцов молодежи кеты нами в литературе не обнаружено, что можно объяснить невозможностью визуального определения пола у столь мелких рыб. Вместе с тем в 1960-е годы в басс. р. Амур (Смирнов, 1975) и на Сахалине нерестовые самки были крупнее самцов (Гриценко и др., 1987; Гриценко, 2002). Напротив, позднее, в период с 1976 по 2002 г., на восточном побережье Камчатки масса самцов кеты и варибельность их размеров были больше, чем у самок (Заварина, 2003). Для сравнения считаем уместным привести и наши данные по массе самок и самцов кеты из р. Большая Воровская на Западной Камчатке, полученные в 2007 г. В этой реке средняя масса самок была равна 3427 г, самцов – 4344 г, т.е. и в этом регионе в настоящее время половозрелые самцы кеты также крупнее самок. Судя по нашим данным, выявленные нами половые различия по размерам закладываются уже на ранних этапах онтогенеза независимо от времени начала кормления молодежи в искусственных условиях. Можно полагать, что эти различия имеются и в природе, реализуясь в полной мере в конце жизненного цикла этого вида.

Гонады молодежи кеты у самок в исследуемый период представлены двумя узкими, длинными, трехгранными образованиями, сужающимися к хвостовой части полости тела. У самцов они имеют вид относительно тонких, овальных тяжей одинаковой толщины по всей длине. Семенники прозрачны, яичники полупрозрачны, имеют слегка желтоватый цвет, вдоль них проходит крупный кровеносный сосуд – *arteria ovarica*, дающий мелкие ответвления. В гонадах самок яйценозные пластинки визуальнo не различимы, но на гистологических срезах видно, что они уже сформированы (рис. 1, а).

**Самки.** Длина и масса тела рыб в I и II группах различались незначительно. Средняя длина молодежи в I группе составляла 7,5 см, во II группе – 7,3 см, а масса – 3,6 и 3,2 г соответственно (табл. 2). Размерно-массовые показатели молодежи кеты в III группе были достоверно меньше, чем в двух первых. Средняя длина рыб в этой группе составляла 6,0 см, а масса – 2,1 г.

В целом яичники особей всех экспериментальных групп находятся на II стадии зрелости, половые клетки представлены ооцитами 1-й и 2-й ступеней периода цитоплазматического роста (рис. 1, б– г). Размеры их варьируют от 56,0 до 117,0 мкм. В наиболее мелких клетках имеется округлое ядро и 2–4 ядрышка, локализующиеся по его перифе-

Таблица 2

Размерно-массовые показатели самок заводской молодки кеты и размеры ооцитов в их яйцеклетках

Группа	Длина АС, см	Масса, г	Диаметр ооцитов, мкм
I	$7,5 \pm 0,1$ 6,6–8,3	$3,6 \pm 0,1$ 2,5–4,6	$81,0 \pm 1,0$ 56,0–117,0
II	$7,3 \pm 0,1$ 6,9–7,9	$3,2 \pm 0,1$ 2,6–4,0	$86,0 \pm 1,0^*$ 62,0–115,0
III	$6,0 \pm 0,1^*$ 5,0–6,6	$2,1 \pm 0,1^*$ 1,1–2,8	$80,0 \pm 1,0$ 58,0–105,0

\* – Достоверно при  $p < 0,001$ .

зона наиболее выражена у самок из II группы.

ри. Большая часть ооцитов имеет диаметр 70,0–100,0 мкм. У таких ооцитов цитоплазма окрашена однородно, ядро крупнее, а число ядрышек больше (5–7), чем в мелких клетках. В цитоплазме наиболее крупных клеток диаметром 90,0–117,0 мкм видна циркумнуклеарная зона – интенсивно окрашенные участки, содержащие РНК. Степень ее сформированности различна в клетках яичников рыб из разных экспериментальных групп (рис. 1, б–г). Циркумнуклеарная

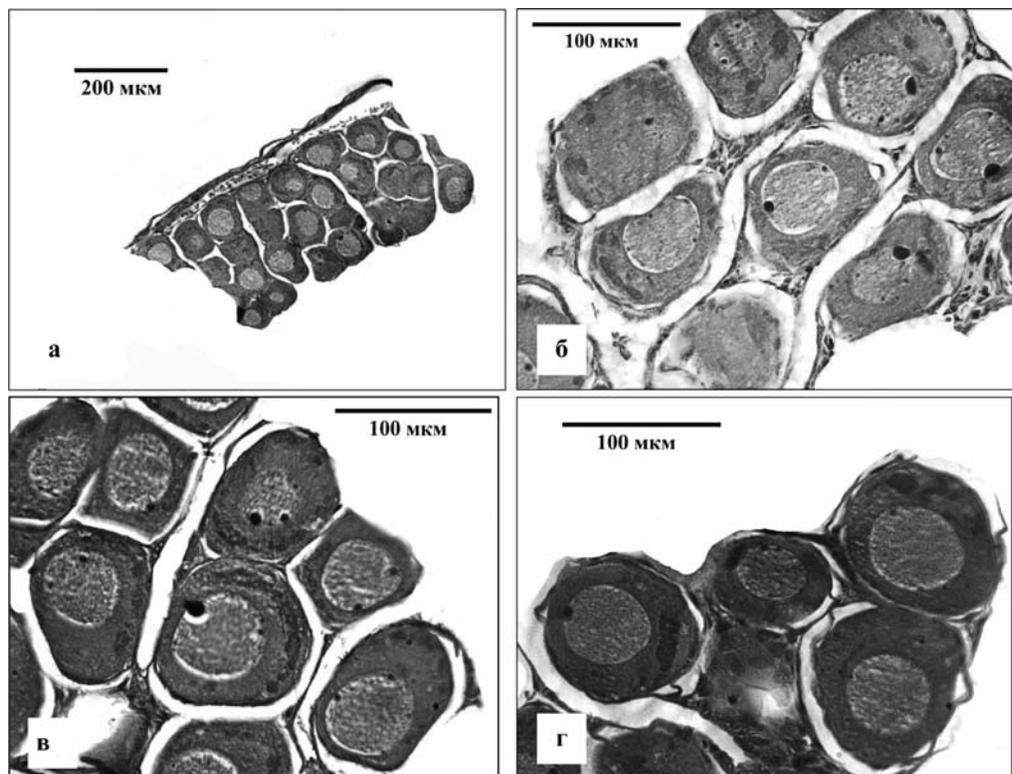
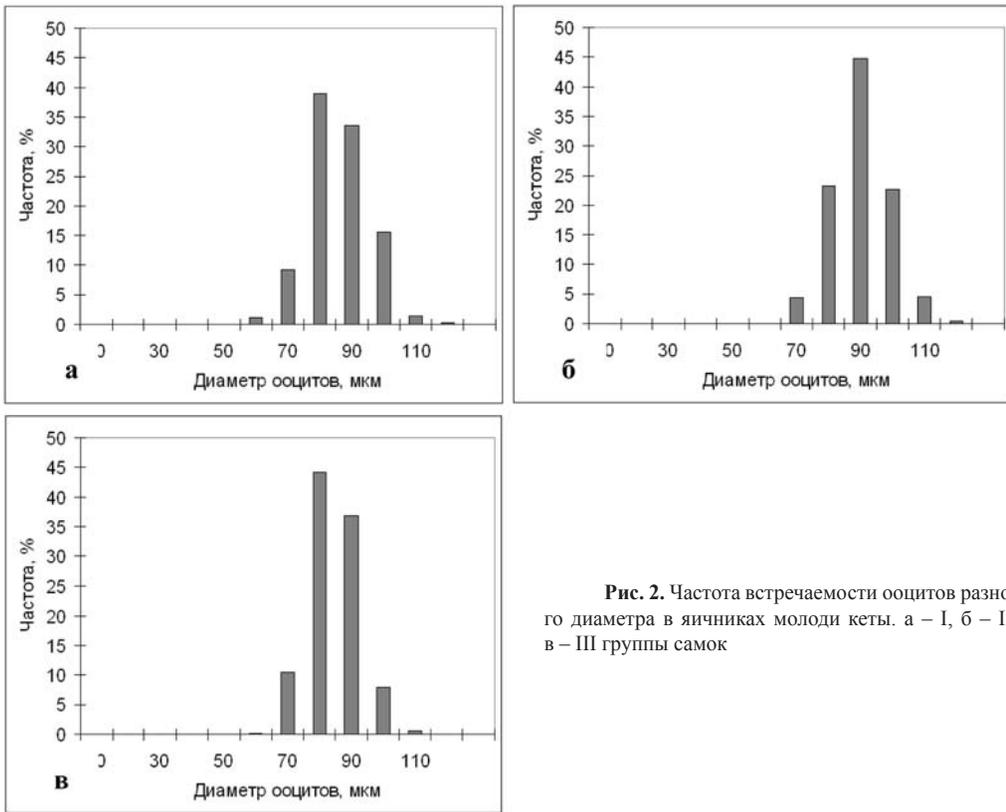


Рис. 1. Ооциты периода превителлогенеза в яичниках подопытной молодки кеты Охотского рыбоводного завода. а – яйценосные пластинки; формирование циркумнуклеарной зоны: б – I, в – II, г – III группы

Анализ размеров ооцитов в яичниках рыб из исследуемых групп после завершения эксперимента показал, что средний диаметр ооцитов у молодки из II группы достоверно больше, чем в других группах (табл. 2), хотя во всех группах этот показатель различался не значительно.

Доля ооцитов размерных классов в интервале 70–100 мкм во всех экспериментальных группах различалась мало и составляла в гонадах самок II группы около 89 %, а I и III групп – по 86 % (рис. 2, а–в). Однако основное количество ооцитов у самок в группах I и III приходилось на размерные классы 70–80 мкм (около 40 и 45 % соответственно),



**Рис. 2.** Частота встречаемости ооцитов разного диаметра в яичниках молоди кеты. а – I, б – II, в – III группы самок

тогда как в группе II доминировали клетки диаметром 80–90 мкм (около 45 %). Клетки максимального диаметра (90–110 мкм) составляли 17 % в I группе, 26 % во II и 9 % в III. Таким образом, анализ частотного распределения ооцитов по диаметру выявил суммарное преобладание более крупных ооцитов у особей из II группы по сравнению с другими (рис. 2, а–в). Отметим, что гистограмма частотного распределения диаметров ооцитов только у самок из II группы соответствует нормальной кривой Гаусса.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что при начале кормления молоди самок кеты, имеющих желток средней массой около 4,0 мг (группа II), развитие ооцитов периода превителлогенеза происходит быстрее по сравнению с особями, начавшими питаться при большей массе желточного мешка (группа I) или после его полной резорбции (группа III).

**Самцы.** Длина и масса тела самцов I группы, так же как и у самок, незначительно превышали таковые из группы II (табл. 3), в то время как размерно-массовые параметры рыб из III группы были достоверно меньше, чем из I и II групп.

Половые клетки у всех особей представлены крупными немногочисленными сперматогониями (СПГ А), имеющими овальную форму (рис. 3, а, б).

Таблица 3

**Размерно-массовые показатели самцов заводской молоди кеты и число сперматогониев на единицу площади в их семенниках**

Группа	Длина АС, см	Масса, г	Число сперматогониев на единицу площади, шт.
I	$7,6 \pm 0,1$ 6,7–8,4	$3,7 \pm 0,1$ 2,5–5,0	$49,0 \pm 1,0$ 38–61
II	$7,2 \pm 0,1$ 6,5–7,8	$3,1 \pm 0,1$ 2,3–4,0	$47,0 \pm 1,0$ 35–57
III	$5,8 \pm 0,1^*$ 4,6–6,9	$2,1 \pm 0,1^*$ 0,9–4,9	$53,0 \pm 1,0$ 45–60

Примечание. Различия достоверны при  $p < 0,001$ .

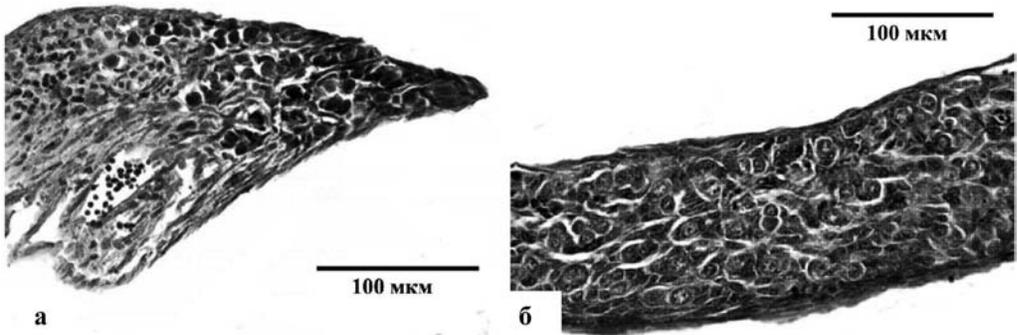


Рис. 3. Состояние половых желез у самцов кеты Охотского рыбоводного завода. а – поперечный срез семенника; б – продольный срез семенника, половые клетки представлены СПГ А

Клетки достигают диаметра 8 мкм. Цитоплазмы в них немного, она темно окрашена, ядерный материал конденсирован, ядрышки светооптически выявляются лишь в некоторых сперматогониях. Цисты и семенные каналцы у молоди этих возрастных групп еще не сформированы. На основании цитологических особенностей половых клеток самцов можно заключить, что их гонады находятся на I стадии зрелости, а половые клетки – в периоде начальных мейотических преобразований. Цитоморфология сперматогониев в семенниках рыб из всех экспериментальных групп не различается.

Подсчет числа сперматогониев на единицу площади среза показал, что больше всего половых клеток имеется в гонадах III группы, несмотря на то что самцы в этой группе достоверно мельче, чем в двух других. Меньше всего сперматогониев в гонадах II группы. Так, среднее число половых клеток в группе III составляет 53, в группе I и II – 49 и 47 соответственно (табл. 3). Однако выявленные различия статистически недостоверны ( $p > 0,1$ ).

Проведенные исследования позволяют заключить, что молодь кеты, выращенная в искусственных условиях при различном подходе к началу кормления, уходит на морской нагул с нормально развитыми семенниками и яичниками. В состоянии гонад самок и самцов молоди кеты в условиях постоянной температуры воды при инкубации икры и подращивании молоди не обнаружено каких-либо патологических изменений.

Перевод молоди на экзогенное питание при различном запасе желтка оказывает определенное влияние на биологические показатели молоди кеты. Рыбы, которых начали кормить при полной резорбции желтка, были значительно меньше остальных, в связи с чем представляется невыгодным начинать кормление молоди кеты в заводских условиях при таком морфофизиологическом состоянии. Судя по размерам молоди, самок целесообразнее начинать кормить при почти резорбированном желточном мешке. Развитие их ооцитов в этом случае происходит более интенсивно.

Стоит отметить, что поскольку выявленные различия в состоянии ооцитов не столь значительны, скорее всего они не скажутся на качестве воспроизводительной системы рыб в дальнейшем. Однако нельзя исключить в последующем уменьшение массы тела у самок, развитие яичников которых оказалось ускоренным в пресноводный период жизни.

Разные сроки начала кормления самцов не оказывают заметного влияния на их рост и темп развития гонад. Во всех экспериментальных группах число сперматогониев на единицу площади гонады было практически одинаково. Это может быть связано с тем, что для развития половых желез самцов в этот период требуется меньше энергии. Однако в заводских условиях живую молодь визуальнo практически нельзя дифференцировать на самцов и самок. Это возможно лишь при светооптическом анализе вскрытых мальков. Таким образом, выбор оптимального морфофизиологического состояния для начала кормления можно сделать лишь по самкам.

У самок обнаруживается преимущество в росте и развитии половых клеток, если их начинают кормить при малом количестве желтка. Это позволяет начинать кормление молоди достаточно поздно, снижая расходы по заводу, выпуская при этом молодь с высокими биологическими показателями. Для дальнейшей выживаемости молоди кеты после ее выпуска с завода это существенно, поскольку смертность мальков снижается при увеличении их размеров.

### Литература

- Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. 1987. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат. 166 с.
- Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин. М.: Изд-во ВНИРО. 247 с.
- Заварина Л.О. 2003. Биологическая структура кеты северо-восточного побережья Камчатки // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 531–540.
- Зеленников О.В., Мосягина М.В., Кузнецов Ю.К. 2001. Особенности раннего гаметогенеза кеты в связи с проблемой прогнозирования и регуляции темпов полового созревания производителей // Вопр. рыболовства. Приложение 1. С. 93–96.
- Иевлева М.Я. 1964. Гистологическое строение гонад лососей в период морских миграций // Лососевое хоз-во Дальнего Востока. М.: Наука. С. 127–141.
- Иевлева М.Я. 1965. Гистологическое строение гонад кеты и нерки в период морских миграций // Аннот. науч. раб. по исслед. сырьевой базы рыб. пром-ти Дальнего Востока в 1959–1962 гг. С. 55–56.
- Маслова Н.И., Кудряшова Ю.В., Петрушин А.Б. 1983. Дифференцированное кормление производителей // Рыбоводство и рыболовство. № 4. С. 8–9.
- Мосягина М.В., Кузнецов Ю.К. 1997. Гистологическое исследование яичников молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) из рек о. Итуруп // Проблемы надежности функционирования репродуктивной системы у рыб. СПб.: Изд-во СПбГУ. С. 18–28.
- Мурза И.Г., Христофоров О.Л. 1991. Определение степени зрелости гонад и прогнозирование возраста достижения половой зрелости у атлантического лосося и кумжи. Л.: ГосНИОРХ. 102 с.
- Персов Г.М. 1965. Состояние половых желез у кеты и горбуши при переходе к морскому этапу жизни и темп их полового созревания // Тр. Мурман. биол. ин-та. Вып. 9 (13). С. 95–105.
- Персов Г.М. 1966. Ранний период гаметогенеза у проходных лососей // Тр. Мурман. биол. ин-та. Вып. 12 (6). 44 с.
- Персов Г.М. 1975. Дифференцировка пола у рыб. Л.: Изд-во ЛГУ. 148 с.
- Ромейс Б. 1953. Микроскопическая техника. М.: Изд-во иностр. лит-ры. 719 с.
- Самарский В.Г., Любаев В.Я., Микулин А.Е. 2004. Последствия разнокачественности икры в онтогенезе кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) // Проблемы иммунологии, патологии и охраны здоровья рыб. Расширенные материалы Всерос. науч.-прак. конф. РАН. М.: Изд-во ООО «Газеты Авоьска». С. 504–527.
- Самарский В.Г. 2005. Формирование размерного состава молоди кеты и структура ее чешуи в условиях искусственного воспроизводства: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Седова М.А., Микодина Е.В., Смирнов Б.П., Карлышева А.В., Мешикова М.Г. 2003. О некоторых особенностях строения ооцитов сельди, нерестающей в озере Большой Виллой (Юго-Восточная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука. С. 460–468.
- Смирнов А.И. 1963. Инструкция по искусственному разведению тихоокеанских лососей. М.: Главрыбвод. 62 с.
- Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ. 336 с.
- Хон Ю.С., Новоженин Н.П., Гамыгин Е.А. 1984. Влияние корма на рост и качество производителей радужной форели // Сб. тр. ВНИИПРХ. С. 109–116.
- Чмилевский Д.А. 2003. К вопросу о периодизации оогенеза костистых рыб (обзор) // Вопр. ихтиологии. Т. 43, № 3. С. 375–387.
- Townsshend T.J., Wootton R.J. 1984. Effect of food supply on the reproduction of the convict cichlid // J. Fish. Biol. Vol. 24, N 1. P. 91–104.