

УДК 639.371:597.552.51

**О.В. Зеленников<sup>1</sup>, Т.А. Шнайдер<sup>1</sup>, М.Ю. Стекольщикова<sup>2\*</sup>**<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,  
199034, г. Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9;<sup>2</sup> Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),  
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196**ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВОДСКОЙ И ПРИРОДНОЙ  
МОЛОДИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*  
И КЕТЫ *ONCORHYNCHUS KETA* В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Исследовали состояние форменных элементов крови у молоди горбуши и кеты в мае-июне 2018 и 2019 гг., взятой на Лесном, Пугачевском, Таранайском и Охотском лососевых рыболовных заводах Сахалинской области, а также пойманной в реках Очепуха, Пугачевка и Таранай в период миграции в море. Заводская и природная молодь обоих видов характеризовалась высокими адаптационными возможностями, о чем свидетельствовало высокое содержание в крови молодых форм эритроцитов — от 17,0 до 31,0 %, лимфоцитов — от 60,8 до 92,0 % и, напротив, низкое содержание нейтрофилов. В пользу высоких адаптационных возможностей мальков свидетельствовали и данные эксперимента, в ходе которого молодь горбуши без предварительной акклимации помещали в морскую воду и по итогам которого не выявили заметных изменений в состоянии фонда клеток крови у природных и заводских рыб. При значительной и сходной у рыб естественного и заводского происхождения вариабельности числа клеток крови разных групп меньше всего различались по гематологическим показателям заводские мальки на конкретных предприятиях и природные мальки из их базовых рек. Разовые увеличения числа нейтрофилов в отдельных группах мальков и тотальное увеличение числа тромбоцитов в крови у рыб, исследованных в 2019 г., мы объясняем внешним воздействием на них.

**Ключевые слова:** горбуша, кета, рыболовные заводы, Сахалинская область, клетки крови.

DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-702-711.

**Zelennikov O.V., Schneider T.A., Stekolshchikova M.Yu.** Hematological analysis of hatchery-reared and wild juveniles of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and chum salmon *Oncorhynchus keta* in Sakhalin Region // *Izv. TINRO.* — 2021. — Vol. 201, Iss. 3. — P. 702–711.

\* Зеленников Олег Владимирович, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: oleg\_zelennikov@rambler.ru; Шнайдер Татьяна Александровна, студентка, e-mail: tania.schnaider@yandex.ru; Стекольщикова Марина Юрьевна, заведующая сектором, e-mail: m.stekolschikova@sakhniro.ru.

Zelennikov Oleg V., Ph.D., assistant professor, St. Petersburg State University, 7/9, University Embankment, Sankt-Petersburg, 199034, Russia, e-mail: oleg\_zelennikov@rambler.ru; Schneider Tatiana A., student, St. Petersburg State University, 7/9, University Embankment, Sankt-Petersburg, 199034, Russia, e-mail: tania.schnaider@yandex.ru; Stekolshchikova Marina Yu., head of department, Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO), 196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia, e-mail: m.stekolschikova@sakhniro.ru.

State of blood cells is examined for juveniles of pink and chum salmon sampled from Lesnoy Pugachevsky, Taranaisky and Okhotsky hatcheries in Sakhalin in May-June of 2018 and 2019 and caught in the Ochebukha, Pugachevka and Tarana Rivers during their catadromous migration to the sea. Both hatchery and wild juveniles of both species were characterized by high adaptive capabilities evidenced with high content of young forms of erythrocytes in the blood (17.0–31.0 %), significant portion of lymphocytes (60.8–92.0 %), and small number of neutrophils. The high adaptive capabilities were confirmed in the experiment, when juveniles of pink salmon were placed in the seawater without preliminary acclimation, but noticeable changes in the state of blood cells were not revealed both for wild and hatchery-reared specimens. Proportion of different blood cells was highly variable for juveniles of both artificial and natural origin but was more similar between the fry hatched at the same hatcheries or in the same rivers. A case of increased number of neutrophils was noted in 2019 for certain groups of juveniles, with total increasing of platelets in the blood that was explained by an external influence on the juveniles.

**Key words:** pink salmon, chum salmon, Sakhalin region, fish farm, blood cell.

### **Введение**

Состояние форменных элементов крови у молоди проходных лососевых рыб давно исследуют специалисты в связи с оценкой качества выращиваемых мальков [Остроумова, 1958]. И хотя главный показатель их жизнеспособности — выживание при выходе в морскую воду — оценивают по развитию осморегуляторной функции [Краюшкина и др., 1995; Grant et al., 2010; Gallagher et al., 2013; и др.], есть данные, позволяющие связать готовность мальков к смене среды обитания также и с состоянием клеток крови [Изергина, Изергин, 2008а, 2013].

Цель нашей работы — сравнительный гематологический анализ природной и заводской молоди горбуши и кеты при их современном естественном и искусственном воспроизводстве в Сахалинской области. Ее новизна заключается в исследовании молоди сразу двух видов — основных объектов искусственного воспроизводства и промысла, взятых в течение двух лет на разных заводах и в их базовых реках, в обычных условиях и при экспериментальной нагрузке. С одной стороны, работы, выполненные с таким количеством сравниваемых групп на молоди тихоокеанских лососей, нам не известны. С другой — к настоящему времени в литературе накоплено много данных о состоянии форменных элементов крови у молоди разных видов как в обычных условиях [Калинина, 1997; Tierney et al., 2004; Изергин, Изергина, 2018; и др.], так и при проведении экспериментов [Изергина, Изергин, 2008б], что позволяет проводить разносторонний анализ. Проводимое гематологическое исследование — составная часть комплексного сравнительного анализа природной и заводской молоди при ее современном состоянии в Сахалинской области [Коломыцев и др., 2018; Мякишев и др., 2019; Зеленников и др., 2020].

### **Материалы и методы**

Форменные элементы крови у молоди горбуши и кеты исследовали в мае-июне 2018 и 2019 гг. на Лесном, Пугачевском, Таранайском и Охотском лососевых рыбодных заводах (ЛРЗ) Сахалинской области, а также у рыб, выловленных в реках Очепуха, Пугачевка и Таранай. Заводских мальков анализировали до начала и в период кормления, а также непосредственно перед выпуском с предприятий. Мальков от естественного нереста отлавливали во время их миграции в прибрежье, на специально оборудованных для отлова участках — контрольно-наблюдательных станциях.

Для определения реакции крови на изменение солености воды в 2018 г. в аквариальной Сахалинского филиала ВНИРО был проведен эксперимент, для которого мальков горбуши взяли вперед выпуском с Лесного ЛРЗ, а также отловили во время ската в базовой реке этого завода — Очепухе. Природную морскую воду с соленостью около 30 ‰ взяли у побережья в зал. Мордвинова Охотского моря. В ходе эксперимента заводских и природных мальков без предварительной акклимации поместили в

непроточные аквариумы с морской водой, где при постоянной аэрации выдерживали 72 ч. Рыб во время проведения опыта не кормили; их гибели не отметили. Фиксацию мазков крови у рыб делали в начале опыта, а также через 6, 12, 24, 48 и 72 ч после начала воздействия.

Образцы крови получали из хвостовой артерии; мазки крови, приготовленные по стандартной технологии, окрашивали азур-эозином по Романовскому. Идентификацию клеток крови проводили по имеющимся в литературе работам [Иванова, 1983; Изергина и др., 2014]. Определение количества незрелых эритроцитов выполняли в выборке численностью 150–300 клеток. Для определения лейкоцитарной формулы подсчитывали 100–200 клеток «белой крови» и вычисляли процентное соотношение клеток разных групп. Число тромбоцитов представлено как их отношение к общему числу лейкоцитов. Полученные данные обрабатывали статистически. Достоверность различий средних показателей определяли с использованием критерия Манна-Уитни ( $p < 0,05$ ).

### **Результаты и их обсуждение**

В период кормления молодь горбуши исследовали на Лесном и Пугачевском, а молодь кеты на Лесном ЛРЗ. В момент начала кормления в периферической крови у мальков выявили все клетки эритроцитарного ряда, которые могут присутствовать в крови согласно данным литературы [Изергина и др., 2009]: эритробласты, нормобласты, базофильные и зрелые эритроциты. Среди эритроцитов можно было видеть как зрелые, так и молодые клетки, отличающиеся более темной окраской цитоплазмы и сравнительно крупным ядром. Доля молодых эритроцитов у мальков обоих видов в момент начала кормления составила около 30 %, а в период кормления уменьшалась: у горбуши на Лесном ЛРЗ с 28,2 до 22,9 % и на Пугачевском ЛРЗ с 28,1 до 18,8, у кеты на Лесном ЛРЗ с 29,8 до 23,0 % (табл. 1).

Среди лейкоцитов в крови присутствовали клетки, характерные для молоди лососевых рыб, в том числе и тихоокеанских лососей [Изергина и др., 2014]: сегментоядерные нейтрофилы, моноциты, отличающиеся светлой окраской, лимфоциты и тромбоциты. Анализируя лейкоцитарную формулу, отметили, что, во-первых, у молоди горбуши как на Лесном, так и на Пугачевском ЛРЗ среди лейкоцитов значительно преобладали лимфоциты, их доля варьировала от 73,3 до 92,0 %. Вместе с тем в процессе выращивания в крови у молоди обоих видов увеличивалась доля сегментоядерных нейтрофилов. При этом если при выращивании горбуши на Лесном ЛРЗ наблюдали лишь разовое увеличение числа этих клеток, то при выращивании горбуши на Пугачевском ЛРЗ достоверное увеличение числа нейтрофилов после начала кормления рыб наблюдали постоянно, вплоть до выпуска молоди с завода (табл. 1).

У молоди кеты при выращивании на Лесном ЛРЗ наблюдали такие же изменения в состоянии лейкоцитарной формулы, как и у молоди горбуши. В течение всего периода кормления в крови мальков значительно преобладали лимфоциты. К тому же в ходе кормления и к его окончанию достоверно возросла и доля нейтрофилов (табл. 1).

У молоди горбуши от естественного нереста в период ската состояние фонда клеток крови было практически таким же, как и у мальков заводской горбуши перед началом кормления. Доля молодых форм эритроцитов у природных мальков в 2018 г. составила около 25–30 %, а доля лимфоцитов среди лейкоцитов — 81,2–83,5 %. При этом состояние фонда клеток крови у рыб, пойманных в двух разных реках — Очепухе и Пугачевке, — было практически одинаковым (табл. 1).

Стоит отметить, что при сравнении фонда клеток крови у мальков горбуши, исследованных в разные годы, выявились существенные различия, причем как у природных, так и у заводских рыб. Так, у мальков, пойманных в р. Очепуха в 2018 г., доля молодых форм эритроцитов оказалась достоверно больше, чем у рыб, пойманных в 2019 г., — в среднем 24,7 и 17,6 %, а у мальков горбуши, пойманных в 2018 г. в р. Пугачевка, — 27,0 %,

Таблица 1

Показатели крови молоди горбуши и кеты природного и заводского происхождения  
(над чертой —  $M \pm m$ , под чертой —  $lim$ ), %

Table 1

Blood indices for pink and chum salmon juveniles of natural and artificial origin  
(numerator —  $M \pm m$ , denominator —  $lim$ ), %

Место сбора	Дата сбора	Незрелые эритроциты	Число лейкоцитов			Тромбоциты
			Нейтрофилы	Моноциты	Лимфоциты	
<b>Горбуша</b>						
Лесной ЛРЗ	15.05.18	$28,2 \pm 1,9$ 20,4–36,0	$10,8 \pm 5,1$ 1,7–34,6	$4,9 \pm 2,1$ 0,0–12,3	$84,3 \pm 6,4$ 57,9–98,3	$41,6 \pm 8,2$ 10,2–63,1
	23.05.18	$23,4 \pm 1,5$ 18,6–26,8	$11,2 \pm 4,5$ 0,9–26,2	$6,9 \pm 2,0$ 0,9–13,0	$81,9 \pm 5,2$ 68,9–98,1	$44,2 \pm 7,0$ 29,0–65,7
	08.06.18	$20,1 \pm 4,2$ 10,9–30,5	$20,4 \pm 5,1$ 3,4–35,6	$3,7 \pm 1,4$ 0,9–7,4	$75,9 \pm 5,9$ 57,0–94,0	$38,7 \pm 13,8$ 19,6–90,7
	19.06.18	$22,9 \pm 3,2$ 13,0–34,7	$12,0 \pm 2,7$ 6,7–20,3	$9,9 \pm 3,0$ 2,5–15,9	$78,1 \pm 5,4$ 65,2–90,8	$42,1 \pm 13,9$ 4,8–89,9
Р. Очепуха	19.06.18	$24,7 \pm 2,3$ 16,8–31,3	$13,9 \pm 3,0$ 3,1–19,7	$4,9 \pm 0,9$ 2,6–7,8	$81,2 \pm 3,2$ 75,5–93,3	$60,9 \pm 27,3$ 28,1–169,7
Пугачевский ЛРЗ	21.05.18	$28,1 \pm 3,0$ 15,8–41,4	$5,7 \pm 1,6$ 1,9–10,7	$2,3 \pm 0,9$ 0,6–5,7	$92,0 \pm 1,4$ 88,3–96,2	$26,0 \pm 6,4$ 10,3–49,4
	01.06.18	$20,8 \pm 1,3$ 17,1–24,6	$20,2 \pm 6,5$ 8,3–41,7	$6,5 \pm 2,2$ 2,0–13,0	$73,3 \pm 7,3$ 47,9–88,2	$34,0 \pm 9,7$ 10,1–61,5
	09.06.18	$23,4 \pm 3,5$ 12,5–31,7	$16,7 \pm 4,1$ 5,8–30,4	$3,0 \pm 1,5$ 0,6–8,9	$80,3 \pm 4,3$ 68,1–91,3	$36,5 \pm 6,7$ 17,0–56,4
	19.06.18	$18,8 \pm 2,4$ 11,2–29,0	$19,9 \pm 6,4$ 0,0–39,8	$4,7 \pm 1,2$ 0,8 — 8,4	$75,4 \pm 7,0$ 51,8–94,7	$99,0 \pm 32,3$ 53,1–221,1
Р. Пугачевка	21.05.18	$27,0 \pm 2,2$ 15,1–41,2	$15,2 \pm 4,7$ 3,3–28,9	$1,3 \pm 0,4$ 0,0–2,4	$83,5 \pm 5,1$ 68,7–96,7	$32,9 \pm 5,8$ 17,8–46,4
Лесной ЛРЗ	03.06.19	$20,8 \pm 1,2$ 7,9–32,0	$22,3 \pm 3,3$ 6,8–35,2	$5,8 \pm 1,1$ 0,8–10,9	$71,9 \pm 4,1$ 54,3–92,5	$145,0 \pm 16,7$ 67,0–235,2
Р. Очепуха	31.05.19	$17,6 \pm 1,1$ 11,5–26,6	$14,7 \pm 5,1$ 4,3–31,8	$10,1 \pm 3,0$ 5,0–21,4	$75,2 \pm 5,7$ 62,4–90,7	$140,4 \pm 14,8$ 96,9–179,4
Таранайский ЛРЗ	30.05.19	$31,0 \pm 0,9$ 23,7–43,7	$22,4 \pm 5,4$ 6,0–45,6	$7,1 \pm 1,7$ 0,7–15,0	$70,5 \pm 5,7$ 42,6–90,7	$228,1 \pm 51,6$ 50,3–429,8
Р. Таранай	30.05.19	$17,0 \pm 1,1$ 10,8–23,2	$23,5 \pm 4,6$ 4,3–35,4	$8,7 \pm 2,4$ 0,8–14,3	$67,8 \pm 3,6$ 54,9–74,6	$219,9 \pm 44,0$ 100,0–337,8
<b>Кета</b>						
Охотский ЛРЗ	29.05.18	$19,9 \pm 2,1$ 15,3–25,3	$13,4 \pm 6,5$ 2,5–32,1	$3,5 \pm 1,6$ 0,5–7,5	$83,1 \pm 8,0$ 60,4–97,0	$29,9 \pm 10,1$ 1,0–46,4
	13.06.18	$29,4 \pm 2,0$ 22,6–42,6	$21,5 \pm 8,6$ 3,5–45,8	$2,1 \pm 0,7$ 0,7–4,8	$76,4 \pm 9,3$ 49,4–95,8	$44,8 \pm 11,8$ 4,9–68,3
Лесной ЛРЗ	15.05.18	$29,8 \pm 2,0$ 20,6–38,0	$9,6 \pm 2,8$ 2,7–21,5	$4,7 \pm 2,4$ 0,0–14,8	$85,7 \pm 4,6$ 71,1–96,5	$50,8 \pm 15,7$ 13,2–118,5
	23.05.18	$24,8 \pm 2,3$ 16,8–29,0	$21,9 \pm 8,3$ 2,3–46,9	$4,9 \pm 2,3$ 0,0–12,4	$73,2 \pm 9,5$ 49,6–96,8	$18,9 \pm 7,5$ 1,8–44,0
	08.06.18	$27,6 \pm 2,9$ 21,3–38,3	$37,0 \pm 9,9$ 4,1–62,0	$4,6 \pm 2,4$ 0,5–13,3	$58,4 \pm 11,8$ 31,5–95,4	$32,3 \pm 10,8$ 2,6–56,6
	19.06.18	$23,0 \pm 2,2$ 15,1–38,5	$24,5 \pm 6,4$ 11,1–40,9	$2,1 \pm 0,3$ 1,3–3,1	$73,4 \pm 6,2$ 57,4–86,7	$60,0 \pm 20,9$ 22,2–116,7
Лесной ЛРЗ	02.06.19	$24,0 \pm 1,1$ 13,0–38,2	$16,8 \pm 4,1$ 3,5–26,7	$2,6 \pm 1,3$ 0,6–7,3	$80,6 \pm 4,8$ 68,8–95,7	$162,0 \pm 27,4$ 98,7–250,9
Р. Очепуха	31.05.19	$22,9 \pm 0,6$ 17,3–31,1	$24,6 \pm 8,5$ 7,1–73,0	$5,7 \pm 1,1$ 1,7–9,8	$69,7 \pm 9,2$ 18,9–88,4	$57,8 \pm 12,9$ 12,6–101,4
Таранайский ЛРЗ	30.05.19	$27,2 \pm 0,9$ 19,4–38,2	$37,3 \pm 4,2$ 18,6–58,2	$1,9 \pm 0,4$ 0,6–3,8	$60,8 \pm 4,4$ 39,0–80,2	$144,6 \pm 22,5$ 50,0–273,2

достоверно больше, чем у рыб, пойманных в 2019 г. в р. Таранай, — 17,6 % (табл. 1). В свою очередь, у заводских мальков горбуши перед выпуском с Лесного ЛРЗ в 2018 г. доля сегментоядерных нейтрофилов и тромбоцитов — соответственно 12,0 и 42,1 % — была достоверно меньше, чем перед выпуском в 2019 г. — 22,3 и 145,0 % (табл. 1).

Поскольку каждой заводской партии молоди соответствовала молодь, пойманная в этот же срок в базовой реке, мы можем сравнить состояние фонда клеток крови у заводских и природных мальков горбуши попарно. Так, у молоди перед выпуском с Лесного ЛРЗ в 2018 г. и у рыб, пойманных в этот же день в р. Очепуха, показатели клеток крови фактически не различались. Сходными были сравнимые показатели у рыб на Лесном ЛРЗ и в р. Очепуха в 2019 г. (табл. 1). Сравнивая показатели крови у мальков на Пугачевском ЛРЗ и в р. Пугачевка в 2018 г., а также на Таранайском ЛРЗ и в р. Таранай в 2019 г., мы тоже можем увидеть значительное сходство этих показателей у природных и заводских рыб. Те и другие в обоих случаях имели только разную долю молодых форм эритроцитов, причем в первой паре больше было молодых эритроцитов у природных мальков, а во второй паре — у заводских. Таким образом, при значительном варьировании изучаемых нами показателей состояние фонда клеток крови у мальков на конкретных заводах и в их базовых реках оказалось наиболее сходным.

Завершая анализ молоди горбуши, отметим, что у всех рыб, зафиксированных в 2019 г., число тромбоцитов было в несколько раз (и во всех случаях достоверно) больше, чем у всех природных и заводских особей, исследованных в 2018 г.

Показатели фонда клеток крови у заводских и природных мальков кеты оказались более сходными, чем у мальков горбуши. Например, доля молодых форм эритроцитов и число лейкоцитов разных групп у мальков кеты перед выпуском с Лесного ЛРЗ в 2018 и 2019 гг. оказались практически одинаковыми. Достоверно различалась у тех и других лишь доля тромбоцитов — соответственно 60,0 и 162,0 % (табл. 1). Как и в случае с горбушей, у заводской молоди кеты, исследованной в 2019 г., число тромбоцитов было в 2–4 раза больше, чем у рыб, исследованных в 2018 г. При этом доли молодых форм эритроцитов и лейкоцитов разных групп у тех и других оказались сходными.

Перед началом экспериментального выдерживания молоди горбуши в морской воде показатели крови у природных и заводских особей были сходными (табл. 2). В течение эксперимента изменений в состоянии фонда эритроцитов у тех и других не наблюдали. Так, доля молодых форм эритроцитов у заводских и природных мальков, во-первых, практически не изменилась, во-вторых, не различалась на протяжении всего опыта. При анализе лейкоцитарной формулы у мальков от естественного нереста через 6 ч после начала опыта выявили увеличение доли нейтрофилов. Однако мы полагаем, что это изменение либо обусловлено случайными факторами, либо связано с попаданием в исследуемую группу наиболее стрессированных особей. По крайней мере, больше никаких изменений в лейкоцитарной формуле не выявили. У заводских и природных мальков отметили лишь изменение в состоянии фонда тромбоцитов. С началом опыта у заводских рыб происходило повышение количества тромбоцитов, а у природных — понижение. Максимальные изменения в обеих группах наблюдали через 24 ч после начала опыта. Далее, через 48 ч, показатели оказались сходными, а через 72 ч доля тромбоцитов как у заводских, так и у природных мальков оказалась практически такой же, как и в момент начала эксперимента. Можно лишь отметить, что диапазон варьирования числа тромбоцитов у мальков от естественного нереста оказался почти в 4 раза больше, чем у заводских (табл. 2).

Перед тем как обсудить полученные данные, отметим, что в настоящее время молодь горбуши на разных заводах выращивают в сходных условиях и перед выпуском с предприятий она оказывается в 1,5–2,5 раза крупнее, чем молодь от естественного нереста во время ската [Зеленников, Юрчак, 2019; Зеленников и др., 2020]. Условия воспроизводства молоди кеты различаются значительно более существенно. Это объясняется тем, что в соответствии с общемировой и региональной тенденцией воспроизводство молоди кеты увеличивается и в Сахалинской области, в том числе и на

Таблица 2

Показатели крови природной и заводской молоди горбуши после ее перемещения в морскую воду в эксперименте (над чертой —  $M \pm m$ , под чертой —  $lim$ ), %

Table 2

Blood indices for pink and chum salmon juveniles of natural and artificial origin after their transfer to the seawater in the experiment (numerator —  $M \pm m$ , denominator —  $lim$ ), %

Завод, река	Кол-во часов от начала опыта	Незрелые эритроциты	Число лейкоцитов			Тромбоциты
			Нейтрофилы	Моноциты	Лимфоциты	
Лесной	0	$20,0 \pm 3,8$ 8,8–30,5	$12,6 \pm 4,2$ 2,5–23,3	$3,9 \pm 1,0$ 0,6–5,9	$83,5 \pm 5,1$ 71,1–96,8	$50,6 \pm 28,1$ 9,0–155,9
	6	$20,9 \pm 4,1$ 8,3–33,4	$16,3 \pm 2,0$ 10,5–20,9	$6,0 \pm 2,0$ 1,1–11,2	$77,7 \pm 2,2$ 72,4–85,5	$91,6 \pm 17,8$ 34,3–129,3
	12	$23,0 \pm 2,8$ 17,4–32,6	$19,9 \pm 8,1$ 9,9–52,3	$3,6 \pm 0,6$ 1,8–4,7	$76,5 \pm 7,8$ 45,5–86,2	$75,1 \pm 8,6$ 44,3–92,6
	24	$20,8 \pm 3,8$ 13,3–31,1	$16,8 \pm 6,7$ 4,8–40,3	$3,7 \pm 1,0$ 1,4–7,5	$79,4 \pm 7,4$ 52,2–91,9	$111,7 \pm 36,0$ 30,3–244,4
	48	$25,6 \pm 2,7$ 16,2–31,2	$21,1 \pm 3,5$ 14,0–30,2	$5,9 \pm 2,3$ 2,8–12,8	$73,0 \pm 3,8$ 65,9–83,1	$33,2 \pm 7,9$ 11,5–47,5
	72	$20,5 \pm 3,2$ 11,4–31,1	$17,4 \pm 3,4$ 9,9–29,2	$4,0 \pm 1,9$ 0,9–11,2	$78,6 \pm 3,7$ 69,7–89,2	$51,0 \pm 8,9$ 19,1–71,9
Очепуха	0	$24,7 \pm 2,3$ 16,8–31,3	$13,9 \pm 3,0$ 3,1–19,8	$4,9 \pm 0,9$ 2,6–7,8	$81,2 \pm 3,2$ 75,5–93,3	$60,9 \pm 27,3$ 28,1–169,7
	6	$18,9 \pm 2,7$ 12,6–27,4	$25,1 \pm 4,8$ 10,0–37,2	$4,5 \pm 1,0$ 2,3–8,1	$70,4 \pm 5,6$ 54,7–87,2	$34,5 \pm 11,3$ 15,6–71,5
	12	$23,1 \pm 1,4$ 18,8–26,7	$13,3 \pm 4,2$ 2,9–27,5	$7,6 \pm 3,2$ 0,5–15,7	$79,2 \pm 6,4$ 66,1–96,1	$47,1 \pm 15,5$ 16,8–96,2
	24	$23,9 \pm 2,1$ 17,0–28,9	$15,9 \pm 7,0$ 4,6–42,6	$5,8 \pm 2,0$ 2,1–13,2	$78,3 \pm 9,0$ 44,1–93,3	$22,0 \pm 7,9$ 5,6–51,9
	48	$28,8 \pm 2,3$ 23,3–36,7	$23,3 \pm 5,7$ 5,1–35,1	$6,6 \pm 0,7$ 4,1–8,1	$70,1 \pm 5,9$ 56,8–86,9	$37,5 \pm 5,5$ 16,4–52,2
	72	$23,1 \pm 1,8$ 16,0–25,9	$21,3 \pm 7,0$ 2,5–42,4	$4,5 \pm 0,8$ 2,9–6,8	$74,2 \pm 7,7$ 50,8–94,3	$57,9 \pm 35,5$ 5,1–196,9

наиболее холодноводных предприятиях. Так, температура воды на Лесном ЛРЗ при выращивании молоди кеты в декабре была даже на отметке  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ , тогда как на Охотском ЛРЗ не опускалась ниже  $6,0 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Анализируя состояние форменных элементов крови, в первую очередь отметим, что у заводских рыб доля молодых форм эритроцитов, как и ожидалось, оказалась наиболее значительной перед началом кормления, что у лососевых рыб служит показателем ее благоприятного состояния. По мере роста рыб доля молодых форм уменьшается [Остроумова, 1974]. Перед выпуском у молоди всех партий доля молодых форм составляла около 20 %, что также свидетельствует о хороших адаптационных возможностях мальков [Изергина, Изергин, 2008a]. Характеристикой благоприятного состояния молоди оказывается также, с одной стороны, высокое содержание лимфоцитов — более 70 % [Калинина, 2002], а с другой — относительно низкое содержание нейтрофилов [Изергина и др., 2011]. В связи с этим нельзя не отметить, что у заводской молоди, как горбуши на Лесном и Пугачевском ЛРЗ, так и кеты на Лесном ЛРЗ после начала кормления доля нейтрофилов достоверно повысилась. Нельзя исключать, что в период кормления заводская молодежь лососей перманентно находилась в более стрессированном состоянии, чем до его начала. Это могло быть, во-первых, следствием противопаразитарной обработки, во-вторых, следствием снижения концентрации кислорода до  $4\text{--}5 \text{ мг/л}$ , которое периодически наблюдается в мае-июне на всех заводах на фоне повышения температуры воды в реках. Однако если предположить, что увеличение доли сегментоядерных нейтрофилов в крови у заводских мальков связано с тем, что на них оказывалось внешнее воздействие, то аналогичное воздействие, очевидно, было

и на природных мальков. По крайней мере, долю нейтрофилов в 23–24 % выявили и у природных мальков как горбуши, так и кеты.

Мы также установили, что все исследованные нами показатели, характеризующие состояние крови, широко варьировали в разных группах как природных, так и заводских мальков, а в среднем достоверно различались у рыб из разных рек и на разных предприятиях. Можно полагать, что если бы мы исследовали рыб только на одном заводе и только в его базовой реке, то получили бы весьма искаженные данные.

Вместе с тем представляется очевидным, что факторы, которые оказывали влияние на молодь горбуши на конкретном заводе, и факторы, влиявшие на молодь в базовой реке этого завода, оказывались близкими. Об этом свидетельствует тот факт, что при большой вариабельности изученных показателей именно при сравнении фонда клеток крови у молоди на конкретном заводе и в его базовой реке различия оказывались наименьшими.

Существенно различалась у мальков обоих видов концентрация тромбоцитов в крови. Так, если у природной и заводской молоди горбуши, исследованной в 2018 г., доля тромбоцитов в среднем составила 58,7 %, то у молоди, пойманной в 2019 г., — 183,3; у молоди кеты в 2018 г. — 52,4, а в 2019 г. — 153,3 %. В качестве возможного объяснения таких различий следует отметить, что весна 2019 г. климатически оказалась очень ранней. При высокой температуре воздуха было мало осадков, что способствовало повышению температуры воды. Так, в 2018 г. на Лесном ЛРЗ за период выращивания в мае заводская молодь горбуши набрала в сумме 188,4 градуса-дня при средней температуре воды 6,1 °С, а в мае 2019 г. — 290,6 градуса-дня при среднемесячной температуре 9,4 °С. При этом в отдельные дни температура поднималась до 14,5–15,0 °С. И хотя есть сведения, что увеличение количества тромбоцитов является адаптивной реакцией в процессе смолтификации [Изергина, Изергин, 2008б], в данном случае мы склонны рассматривать увеличение тромбоцитов в крови как показатель стрессированности рыб. Косвенно в пользу этого предположения свидетельствует и увеличение доли сегментоядерных нейтрофилов в крови у рыб в 2019 г. Например, в 2018 г. у природных и заводских мальков горбуши доля этих клеток в среднем для всех групп составила 12,2 %, а в 2019 г. — 20,7 %. При этом высокая концентрация тромбоцитов в крови была выявлена нами в равной мере как у заводской, так и у природной молоди. Можно полагать, что если в относительно неблагоприятном состоянии пребывала первая, то в таком же состоянии была и вторая.

В ходе эксперимента, в котором выявляли готовность молоди выйти в морскую среду, изменений в состоянии фонда клеток крови отметить не удалось. Как у природных, так и у заводских мальков доля молодых форм в течение всего периода воздействия не изменилась, а число клеток каждой группы у тех и других было сходным. Ясно, что полученные данные лишь косвенно указывают на способность мальков горбуши выживать в морской среде, особенно если учесть, что формирование осморегуляторной функции у них завершается уже после выхода в прибрежье [Краюшкина и др., 1995].

### **Заключение**

По совокупности полученных данных и высказанных соображений мы можем заключить, что заводская молодь горбуши перед выпуском с предприятий и природная молодь в момент ската с естественных нерестилищ характеризовалась высокими адаптационными возможностями. Об этом свидетельствовало высокое содержание в крови молодых форм эритроцитов, значительная доля лимфоцитов и, напротив, незначительная — нейтрофилов. Показатели состояния крови у мальков широко варьировали, однако диапазон этих вариаций у природной и заводской молоди был сходным. При этом меньше всего различались по состоянию фонда клеток крови заводские мальки на конкретных предприятиях и природные мальки из их базовых рек. В пользу высоких адаптационных возможностей мальков свидетельствуют и данные эксперимента, в ходе

которого рыб без предварительной акклимации помещали в морскую воду. Поскольку заметных изменений в состоянии фонда клеток крови у природных и заводских особей не выявили, можно полагать, что и те и другие имели, по крайней мере, сходную способность к выживанию в морской воде после выхода в прибрежье.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность Е.В. Костюченко за помощь в сборе материалов; главным рыбоведам заводов А.А. Мартыненко и Е.Д. Романчук за помощь в организации работ на рыбоводных заводах; начальнику Анивского отдела ихтиологии С.С. Макееву, а также ихтиологам Корсаковского и Долинского отделов ихтиологии Сахалинского филиала ФГБУ «Главрыбвод» за помощь в отлове молоди; сотрудников аквариальной Сахалинского филиала ВНИРО за помощь в проведении экспериментальной работы.

### Финансирование работы

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Соблюдение этических стандартов

Биологические анализы проводили в соответствии с правилами Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (Страсбург, 18 марта 1986 г.).

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

### Информация о вкладе авторов

О.В. Зеленников руководил работой, организовал сбор материалов, непосредственно участвовал в сборе материалов, их обработке и анализе препаратов, написал статью. Т.А. Шнайдер участвовала в сборе материалов, проводила их обработку и анализ препаратов. М.С. Стекольников организовала сбор части материалов, а также проведение эксперимента в лаборатории Сахалинского филиала ВНИРО.

### Список литературы

Зеленников О.В., Проскураков К.А., Рудакова Г.С., Мякишев М.С. Сравнительная характеристика молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792) при ее естественном и заводском воспроизводстве в Сахалинской области // Биол. моря. — 2020. — Т. 46, № 1. — С. 14–23. DOI: 10.31857/S0134347520010118.

Зеленников О.В., Юрчак М.И. Гаметогенез тихоокеанских лососей. 1. Состояние гонад у молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* при ее естественном и заводском воспроизводстве в Сахалинской области // Вопр. ихтиол. — 2019. — Т. 59, № 6. — С. 741–744. DOI: 10.1134/S0042875219060195.

Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб: сравнительная морфология и классификация форменных элементов крови рыб. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. — 80 с.

Изергин И.Л., Изергина Е.Е. Использование гематологических показателей молоди кеты и горбуши для оценки их адаптационного статуса в ранний морской период // Вестн. Камчат-ГТУ. — 2018. — № 46. — С. 66–72. DOI: 10.17217/2079-0333-2018-46-66-72.

Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Изменение морфологической картины крови молоди кеты *Oncorhynchus keta* р. Ола в ранний морской период // Чтения памяти академика К.В. Симанова: мат-лы докл. Всерос. науч. конф. — Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2013. — С. 192–194.

Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Изменение показателей красной крови молоди кеты р. Ола при смене среды обитания // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008а. — С. 157–161.

Изергина Е.Е., Изергин И.Л. Изменения в эритроцитарной системе крови молоди кеты р. Ола в ходе постановочного опыта // Бюл. № 3 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток: ТИНРО-центр, 2008б. — С. 151–156.

**Изергина Е.Е., Изергин И.Л., Изергин Л.И.** Атлас клеток крови лососевых рыб материкового побережья северной части Охотского моря. — Магадан : Кордис, 2014. — 127 с.

**Изергина Е.Е., Изергин И.Л., Марченко С.Л.** Изменения показателей крови молоди горбуши р. Ола при смене среды обитания // Состояние рыбохозяйственных исследований в бассейне северной части Охотского моря : сб. науч. тр. — Магадан : МагаданНИРО, 2009. — Вып. 3. — С. 116–124.

**Изергина Е.Е., Изергин И.Л., Харченкова С.И.** Сравнительный анализ морфологической картины крови природной и заводской молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) некоторых рек Магаданской области // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИПРО-центр, 2011. — С. 254–258.

**Калинина М.В.** Гемограммы молоди тихоокеанских лососей в онтогенезе : автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1997. — 20 с.

**Калинина М.В.** Картина крови молоди кеты (*Oncorhynchus keta*) как индикатор загрязнения водоемов тяжелыми металлами // Новые технологии в защите биоразнообразия в водных экосистемах : тез. докл. Междунар. науч. конф. — М. : МАКС-Пресс, 2002. — С. 123.

**Коломыцев В.С., Лапшина А.Е., Зеленников О.В.** Состояние яичников у молоди кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) осенней и летней рас при выращивании на рыбоводных заводах Сахалинской области // Биол. моря. — 2018. — Т. 44, № 1. — С. 36–40.

**Краюшкина Л.С., Степанов Ю.И., Семенова О.Г., Панов А.А.** Функциональное состояние осморегуляторной системы молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в речной (предмиграционный) и морской (прибрежный) периоды жизни // Вопр. ихтиол. — 1995. — Т. 35, № 3. — С. 388–393.

**Мякишев М.С., Иванова М.А., Зеленников О.В.** К вопросу о мечении молоди тихоокеанских лососей и эффективности работы рыбоводных заводов // Биол. моря. — 2019. — Т. 45, № 5. — С. 342–348. DOI: 10.1134/S0134347519050085.

**Остроумова И.Н.** Выращивание личинок, сеголеток и двухлеток радужной форели на сухих гранулированных кормах // Изв. ГосНИОРХ. — 1974. — Т. 97. — С. 42–54.

**Остроумова И.Н.** Форменные элементы крови в развитии лосося // Труды совещания по физиологии рыб. — 1958. — Вып. 8. — С. 380–386.

**Gallagher Z.S., Bystriansky J.S., Farrell A.P., Brauner C.J.** A novel pattern of smoltification in the most anadromous salmonid: pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 2013. — Vol. 70, № 3. — P. 349–357. DOI: 10.1139/cjfas-2012-0390.

**Grant A.M., Gardner M., Hanson L.M. et al.** Early life stage salinity tolerance of wild and hatchery-reared juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* // J. Fish Biol. — 2010. — Vol. 77, № 6. — P. 1282–1292. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2010.02747.x.

**Tierney K.B., Farrell A.P., Kennedy C.J.** The differential leucocyte landscape of four teleosts: juvenile *Oncorhynchus kisutch*, *Clupea pallasii*, *Culaea inconstans* and *Pimephales promelas* // J. Fish Biol. — 2004. — Vol. 65, № 4. — P. 906–919. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2004.00491.x.

## References

**Zelennikov, O.V., Proskuryakov, K.A., Rudakova, G.S., and Myakishev, M.S.,** The comparative characteristics of naturally produced and hatchery-reared juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum, 1792), from Sakhalin Oblast, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2020, vol. 46, no. 1, pp. 12–21. doi 10.31857/S0134347520010118

**Zelennikov, O.V. and Yurchak, M.I.,** Gametogenesis of pacific salmon: 1. The state of gonads of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* under the conditions of its natural and hatchery reproduction in Sakhalin oblast, *J. Ichthyol.*, 2019, vol. 59, no. 6, pp. 966–969. doi 10.1134/S0042875219060195

**Ivanova, N.T.,** *Atlas kletok krovi ryb: sravnitel'naya morfologiya i klassifikatsiya formennykh elementov krovi ryb* (Atlas of Fish Blood Cells: Comparative Morphology and Classification of Fish Blood Formed Elements), Moscow: Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1983.

**Izergin, L.I. and Izergina, E.E.,** Using the hematological parameters of juvenile chum and pink salmon to assess their adaptation status in the early marine period, *Vestn. Kamchatskogo Gos. Tekh. Univ.*, 2018, no. 46, pp. 66–72. doi 10.17217/2079-0333-2018-46-66-72

**Izergina, E.E. and Izergin I.L.,** Changes in the morphological picture of the blood of juvenile chum salmon *Oncorhynchus keta* p. Ola in the early maritime period, in *Mater. dokl. Vseros. nauch. konf. "Chteniya pamyati akademika K.V. Simakova"* (Proc. All-Russ. Sci. Conf. "Conference Dedicated to the Memory of Academician K.V. Simakov"), Magadan: SVNTS DVO RAN, 2013, pp. 192–194.

**Izergina, E.E. and Izergin, I.L.**, Changes in the red blood indices of juvenile chum salmon from the river Ola when changing the habitat, in *Byull. N 3 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. no. 3 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 157–161.

**Izergina, E.E. and Izergin, I.L.**, Changes in the erythrocyte blood system of juvenile chum salmon river Ola during the staging experiment, in *Byull. N 3 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoï programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. no. 3 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2008, pp. 151–156.

**Izergina, E.E., Izergin, I.L., and Izergin, L.I.**, *Atlas kletok krovi lososevykh ryb materikovogo poberezh'ya severnoy chasti Okhotskogo morya* (Atlas of blood cells of salmonids on the mainland coast of the northern part of the Sea of Okhotsk), Magadan: Kordis, 2014.

**Izergina, E.E., Izergin, I.L., and Marchenko, S.L.**, Indexes change of young pink blood in Ola river while habitat changing, in *Sostoyanie rybokhozyaistvennykh issledovaniy v basseine severnoy chasti Okhotskogo morya* (The Status of Fisheries Research in the Northern Sea of Okhotsk), Magadan: MagadanNIRO, 2009, no. 3, pp. 116–124.

**Izergina, E.E., Izergin, I.L., and Kharchenkova, S.I.**, Comparative analysis of the morphological picture of the blood of natural and hatchery chum salmon (*Oncorhynchus keta*) of some rivers of the Magadan region, in *Byull. N 6 izucheniya tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 6 Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2011, pp. 254–258.

**Kalinina, M.V.**, Hemograms of juvenile Pacific salmon in ontogeny, *Extended Abstract of Cand. Sci. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1997.

**Kalinina, M.V.**, Blood picture of juvenile chum salmon (*Oncorhynchus keta*) as an indicator of pollution of water bodies with heavy metals, *Tezisy dokl. Mezhdunar. nauchn. konf. "Novyye tekhnologii v zashchite bioraznobraziya v vodnykh ekosistemakh"* (Proc. Int. Sci. Conf. "New technologies in the protection of biodiversity in aquatic ecosystems"), Moscow: MAKSPress, 2002, pp. 123.

**Kolomytsev, V.S., Lapshina, A.E., and Zelennikov, O.V.**, The condition of ovaries in hatchery-reared juvenile summer- and fall-run chum salmon, *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792), in Sakhalin Oblast, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2018, vol. 44, no. 1, pp. 36–40.

**Krayushkina, L.S., Stepanov, Yu.I., Semenova, O.G., and Panov, A.A.**, Functional state of the osmoregulatory system in the juvenile pink salmon, *Oncorhynchus gorbuscha*, in the riverine (pre-migrational) and in the marine (mar-shore) period of life, *Vopr. Ichthyol.*, 1995, vol. 35, no. 3, pp. 388–393.

**Myakishev, M.S., Ivanova, M.A., and Zelennikov, O.V.**, Marking of salmon juveniles and the efficiency of fish farming, *Russ. J. Mar. Biol.*, 2019, vol. 45, no. 5, pp. 363–369. doi 10.1134/S1063074019050080

**Ostroumova, I.N.**, Culture of the trout larvae, fingerlings and two-yearlings while feeding them with dry pelletized feed, *Izv. Gos. Nauchno-Issled. Inst. Ozern. Rechn. Rybn. Khoz.*, 1974, vol. 97, pp. 42–54.

**Ostroumova, I.N.**, Corpuscular elements of blood in the development of salmon, *Trudy sovshchaniya po fiziologii ryb*, 1958, no. 8, pp. 380–386.

**Gallagher, Z.S., Bystriansky, J.S., Farrell, A.P., and Brauner, C.J.**, A novel pattern of smoltification in the most anadromous salmonid: pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*), *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 2013, vol. 70, no. 3, pp. 349–357. doi 10.1139/cjfas-2012-0390

**Grant, A.M., Gardner, M., Hanson, L.M., Farrell, A.P., and Brauner, C.J.**, Early life stage salinity tolerance of wild and hatchery-reared juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, *J. Fish Biol.*, 2010, vol. 77, no. 6, pp. 1282–1292. doi 10.1111/j.1095-8649.2010.02747.x

**Tierney, K.B., Farrell, A.P., and Kennedy, C.J.**, The differential leucocyte landscape of four teleosts: juvenile *Oncorhynchus kisutch*, *Clupea pallasii*, *Culaea inconstans* and *Pimephales promelas*, *J. Fish Biol.*, 2004, vol. 65, no. 4, pp. 906–919. doi 10.1111/j.0022-1112.2004.00491.x

Поступила в редакцию 23.09.2020 г.

После доработки 25.06.2021 г.

Принята к публикации 16.08.2021 г.