

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗВРАЩАЮЩИХСЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

*Г.В.Запорожец, О.М.Запорожец*

*Камчатский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии, Петропавловск-Камчатский*

Выполнен дисперсионный анализ и проведено сравнение ряда биологических характеристик производителей кеты, нерки и чавычи, возвращающихся к камчатским лососевым рыболовным заводам (ЛРЗ), в места естественного нереста, и особей смешанных популяций. Показано, что на большинстве камчатских ЛРЗ имеются признаки омоложения возвращающихся производителей: снижение возраста возврата и связанное с этим уменьшение размеров рыб, а также сужение спектра разнообразия возрастной структуры. Пути решения проблем авторы видят в применении технологий искусственного воспроизводства, минимизирующих дивергенцию естественных и заводских популяций.

### **INFLUENCE OF ARTIFICIAL REPRODUCTION OF PACIFIC SALMON ON BIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RETURNING ADULT**

*G.V.Zaporozhets, O.M.Zaporozhets*

*Kamchatka Research Institute of Fisheries & Oceanography, Petropavlovsk-  
Kamchatsky*

The analysis of the qualitative and quantitative characteristics of the wild and hatchery adult of chum, sockeye and chinook salmon in rivers of East and West of Kamchatka peninsula was conducted during 1995-2005. The impact of hatcheries on biological parameters and structure of salmon populations in rivers basin was estimated. It was shown up that at the most Kamchatka Salmon Hatcheries there are evidences of rejuvenation in coming back adult: decrease in age of a return and the reduction in fish sizes related to it, and also narrowing of a spectrum of a variety of age structure. According to author's opinion a use of technologies of hatcheries minimizing a divergence of wild and farmed populations could be a way to avoid this problem.

В современных условиях массивной антропогенной нагрузки на естественные популяции тихоокеанских лососей одним из путей восстановления и поддержания их численности стало искусственное воспроизводство. Как любое вмешательство в естественные процессы, это явление имеет и положительные, и отрицательные стороны. Поэтому необходимо отслеживать воздействие искусственного воспроизводства на возникающие в результате смешанные популяции.

В настоящее время на Камчатке действует пять лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ) суммарной плановой мощностью на выпуске  $\approx$  50 млн. экз. молоди (рис. 1). Исследования разных аспектов влияния искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на Камчатке мы проводим, начиная с 1990-х гг. (Запорожец, Запорожец, 1994, 2003, 2004; Zaporozhets, Zaporozhets, 2005), и уже накоплен весьма интересный материал.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на биологические характеристики

производителей, возвращающихся в базовые водоемы камчатских лососевых рыбоводных заводов.

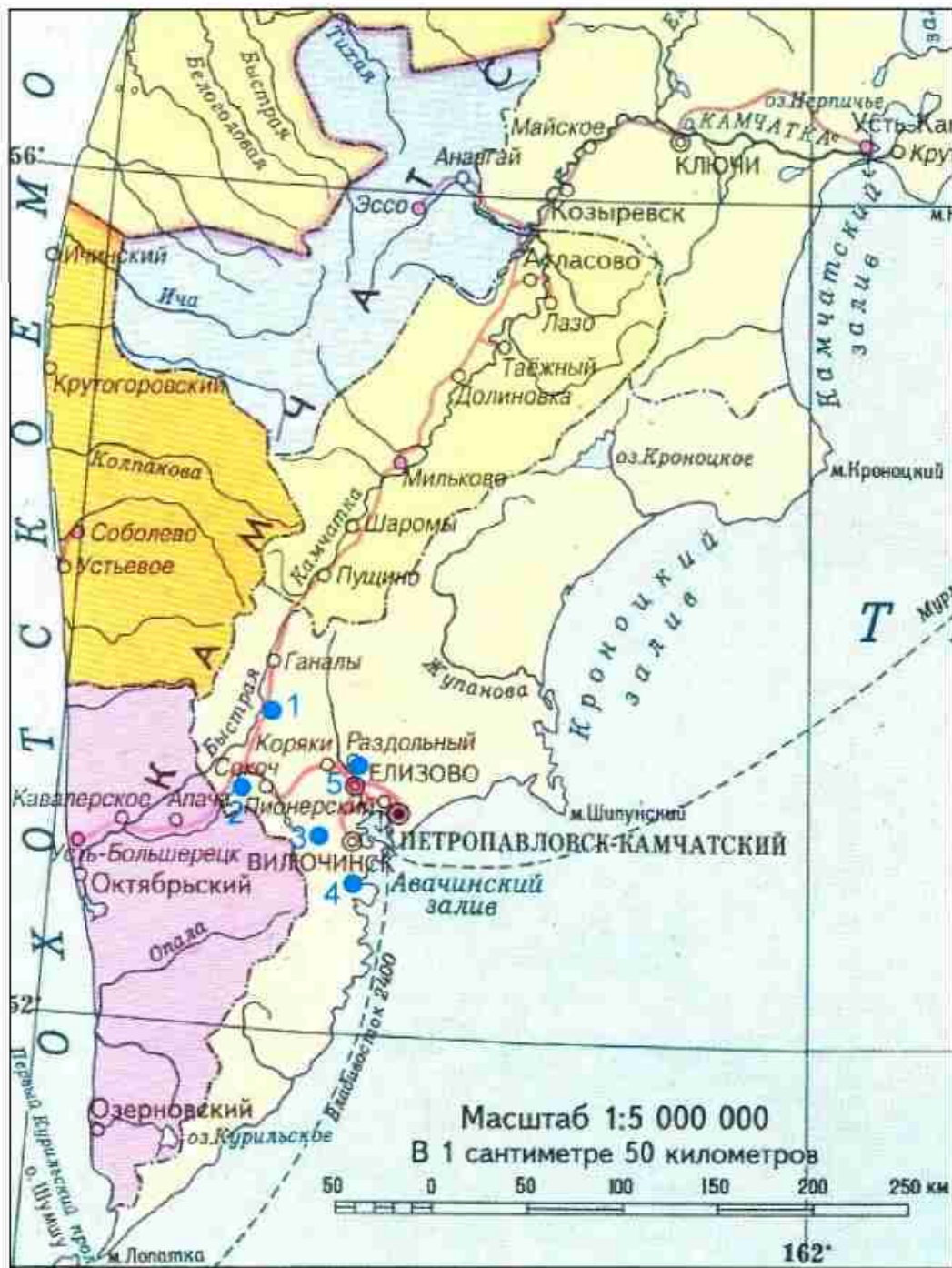


Рис. 1. Месторасположения камчатских ЛРЗ: 1 - Малкинский, 2 - "Озерки", 3 - Паратунский, 4 - Виллойский, 5 - "Кеткино".

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использованы данные по биологическим характеристикам кеты, собранные нами в ходе ихтиологических съемок в бассейне р. Паратунки в 1992-

2005 г. (11236 экз. рыб), а также материалы, полученные сотрудниками Севвострыбвода и КамчатНИРО в процессе биологического анализа производителей кеты р. Авачи (4349 экз.), оз. Б. Виллой (2095 экз.) и р. Большой (6854 экз.), нерки (8482 экз.) и чавычи (3771 экз.) р. Большой. Кету р. Паратунки дифференцировали на заводскую и дикую на основе математического анализа структуры чешуи (Запорожец, Запорожец, 2000).

В ходе дисперсионного анализа данных в ППП STATISTICA сравнивали основные характеристики (длина, масса, плодовитость, возраст) производителей лососей, пойманных на нерестилищах, у ЛРЗ и в реке ниже заводов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На восточном побережье Камчатки расположены три ЛРЗ - Паратунский, Виллойский и «Кеткино», с которых выпускают преимущественно кету. Общий объем выпуска молоди этого вида достигает 31 млн. экз. Оценивая возвраты искусственно выращенной кеты к заводам, расположенным в бассейне Авачинского залива, необходимо отметить, что только Паратунский ЛРЗ вносит существенный вклад в общее воспроизводство кеты в регионе (см. таблицу). Этот завод с 1993 г. выпускает 2 - 22 млн. экз. кеты в р. Паратунку. Доля заводских рыб в возврате производителей кеты в низовья этой реки в последние годы доходит до 80%, а на отдельных нерестилищах – до 50%. Это само по себе несет угрозу существования данного смешанного стада, поскольку любые сбои в работе завода отражаются на количественных и качественных характеристиках производителей. Например, уменьшение объемов закладки икры на инкубацию в начале 2000-х гг. привело к соответствующему изменению абсолютной величины возврата в 2004 и 2005 гг.

Возврат производителей тихоокеанских лососей на камчатские ЛРЗ в 1997-2005 гг., тыс. экз. (по данным Севвострыбвода)

ЛРЗ	вид	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Паратунский	Кета	18.38	10.50	37.11	9.76	12.44	36.77	52.11	6.71	3.53
«Кеткино»	Кета	1.24	0.34	2.94	1.30	0.15	1.21	0.22	0.33	0.12
Виллойский	Кета	0.76	0.54	0.52	0.28	0.31	0.78	0.40	0.09	0.21
«Озерки»	Кета	0.34	0.66	0.94	1.30	1.81	2.90	1.86	2.07	1.13
	Нерка	0.85	5.76	0.38	0.33	0.24	3.50	2.36	1.74	0.08
Малкинский	Чавыча	0.19	0.09	0.03	0.14	0.10	0.62	0.41	0.82	0.10
	Нерка	0.32	1.28	0.23	2.38	4.41	15.00	20.00	18.00	3.31

Начиная с 1999 г., идет процесс омоложения заводской популяции р. Паратунки - возраст самцов и самок, возвращающихся к ЛРЗ, практически ежегодно меньше, чем у диких рыб (рис. 2). На нерестилищах довольно много особей старших возрастных групп: доля пятигодовиков доходит до 25%, а у завода – их не более 6%.

Кроме того, на нерестилищах кеты соотношение самцы/самки в среднем составляет 3 : 1, а у Паратунского ЛРЗ – 10 : 1, что обусловлено высокой концентрацией рыб непосредственно перед заводом, позволяющей браконьерам наиболее эффективно отбирать самок.

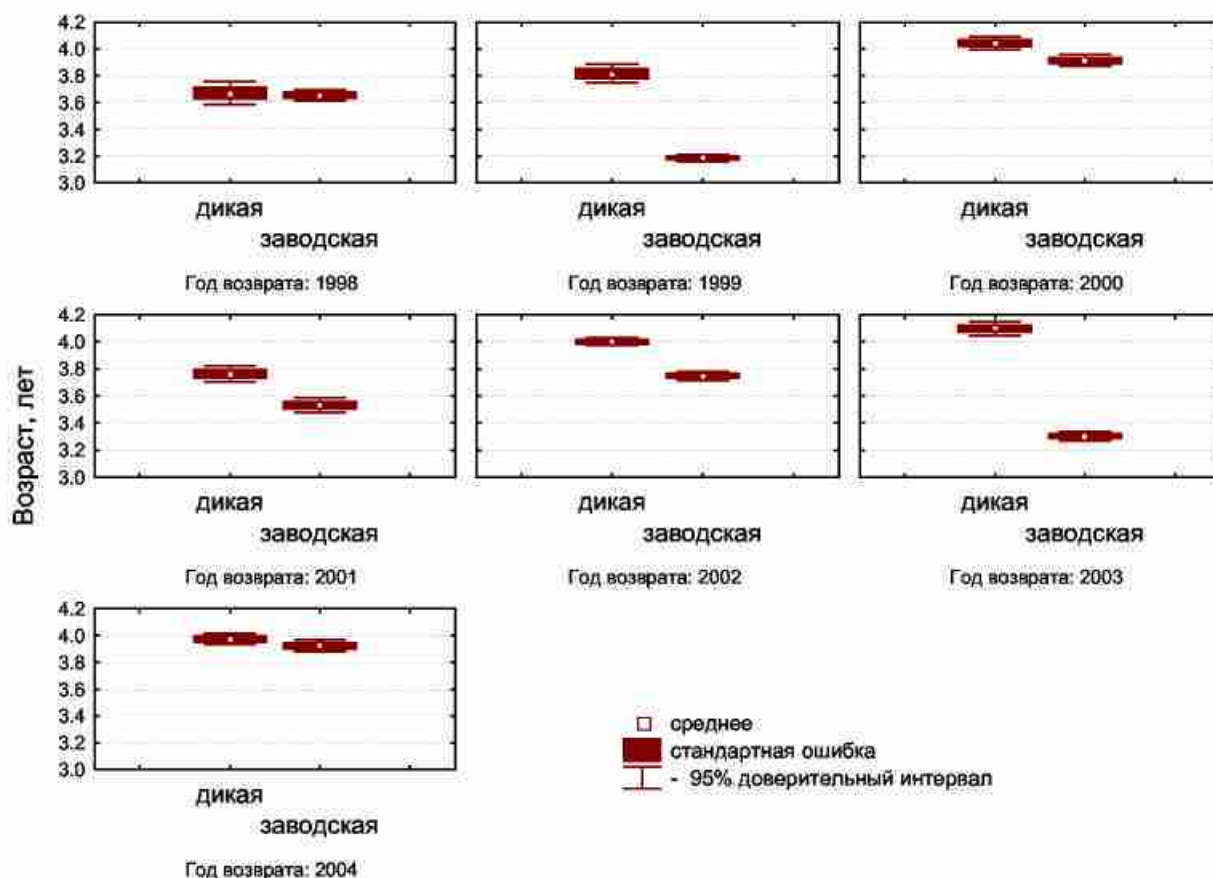


Рис. 2. Средний возраст кеты разного происхождения в бассейне р. Паратунки в период 1998-2004 гг.

Размеры производителей кеты разного происхождения в р. Паратунке значительно варьируют по годам, но определенной тенденции в настоящее время не обнаружено (рис. 3). Длина кеты естественного воспроизводства достоверно больше у возрастного класса 0.3 в 1998 г., а в возрасте 0.4 – в 2004 г.; также достоверно различаются самцы возраста 0.3 в 2003 г. Плодовитость заводских самок возраста 0.3 достоверно меньше в 1998 г. Все остальные различия исследованных показателей недостоверны.

Следовательно, на данном этапе можно констатировать снижение возраста возврата и уменьшение размеров заводских производителей кеты р. Паратунки в отдельные годы.

В бассейне р. Авачи кету воспроизводят на ЛРЗ «Кеткино», где в отдельные годы в ключ Зеленовский выпускали до 8 млн. экз. молоди. Однако восстановления численности этого вида здесь не наблюдается. Возвраты к заводу весьма малочисленны и составляют ежегодно несколько сот особей (см. таблицу). Анализ данных показывает, что размеры рыб как у ЛРЗ, так и в реке достоверно не различаются. Однако тренды изменения средней массы производителей из

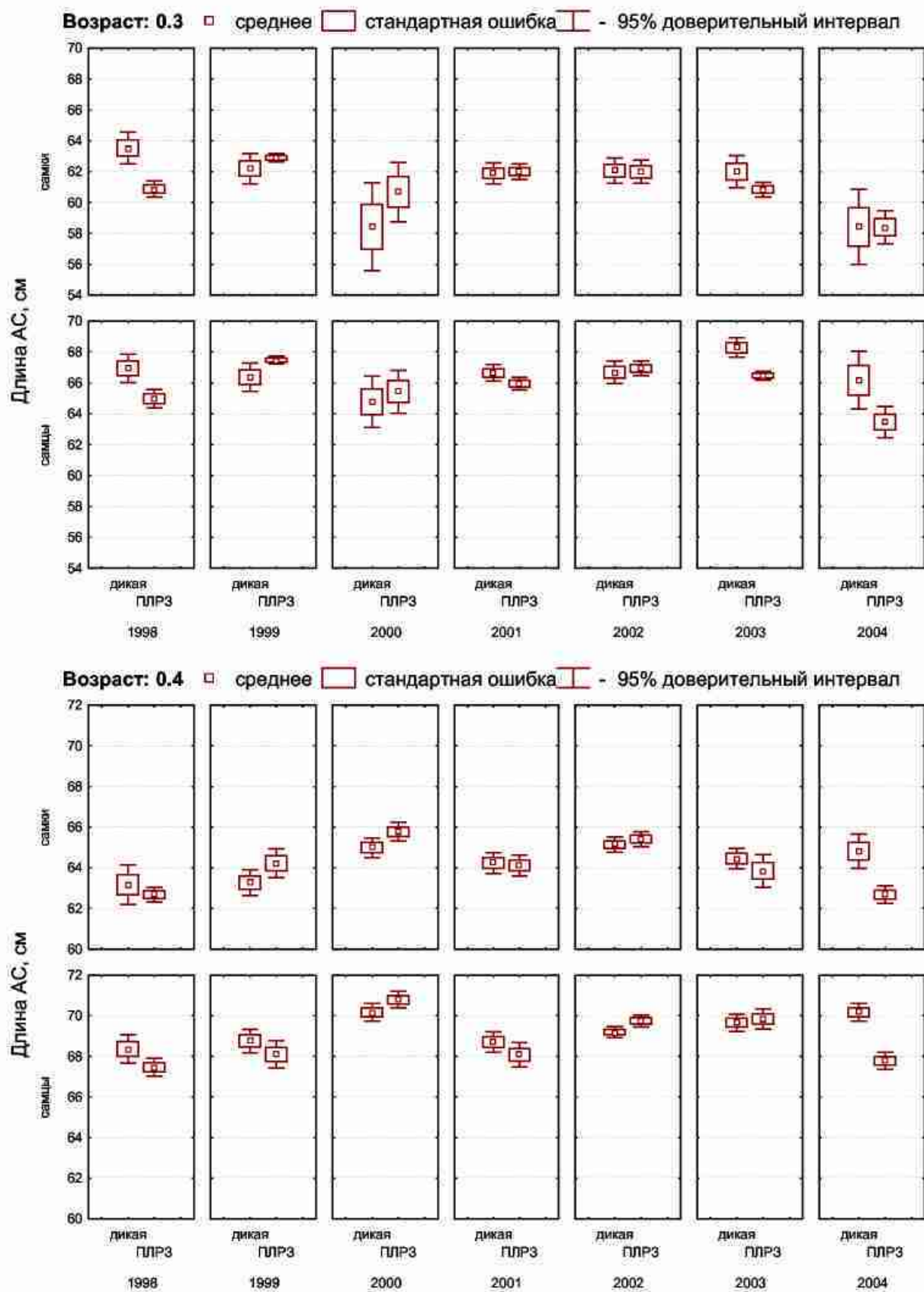


Рис. 3. Сравнение средней длины производителей кеты разного происхождения в бассейне р. Паратунки в 1998-2004 гг.

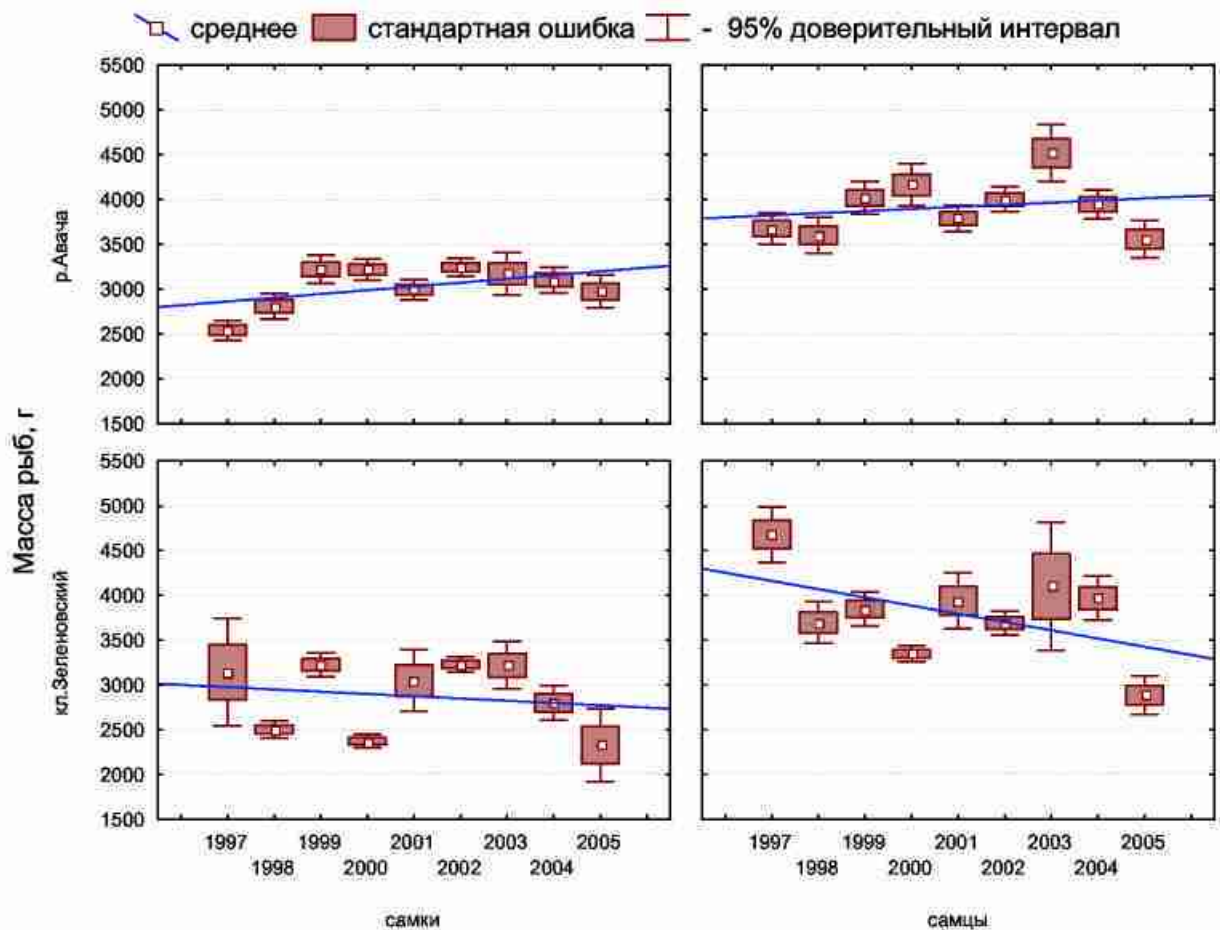


Рис. 4. Динамика показателей массы кеты, идущей на нерест в р. Авачу и в кл. Зеленовский (к ЛРЗ «Кеткино») в 1997-2005 гг.

этих двух группировок имеют разную направленность: у кеты р. Авачи этот показатель растет, а у рыб, приходящих на нерест в кл. Зеленовский – падает (рис. 4).

Данные, характеризующие возрастную структуру возвратов в кл. Зеленовский к ЛРЗ «Кеткино», свидетельствуют, что там, также как и на Паратунском ЛРЗ, практически ежегодно происходит смена доминирующего класса, в отличие от кеты р. Авачи (где постоянно доминируют пятилетки).

Сравнение среднего возраста производителей обоего пола, пойманных в р. Аваче (4 года) и у ЛРЗ «Кеткино» (3.7 года), показывает, что кета, возвращающаяся к заводу, достоверно моложе ( $p < 0.00001$ ), чем в главной реке бассейна. Очевидно, что влияние заводского воспроизводства кеты на состояние смешанного стада р. Авачи практически не заметно.

С Вилюйского ЛРЗ (ВЛРЗ) выпускают кету в оз. Б. Вилюй. Этот завод постоянно использует в качестве донорской популяцию кеты р. Паратунки, что является одной из основных причин низких возвратов производителей к ВЛРЗ (см. таблицу). Как известно, межбассейновые перевозки негативно сказываются на процессе формирования и пополнения заводских популяций (Алтухов, 1989; Салменкова, 1994; Бачевская и др., 1997; Макаедов, 1999; Кудерский, 2001). Мы

сравнили соответствующие характеристики производителей этих двух стад (рис. 5).

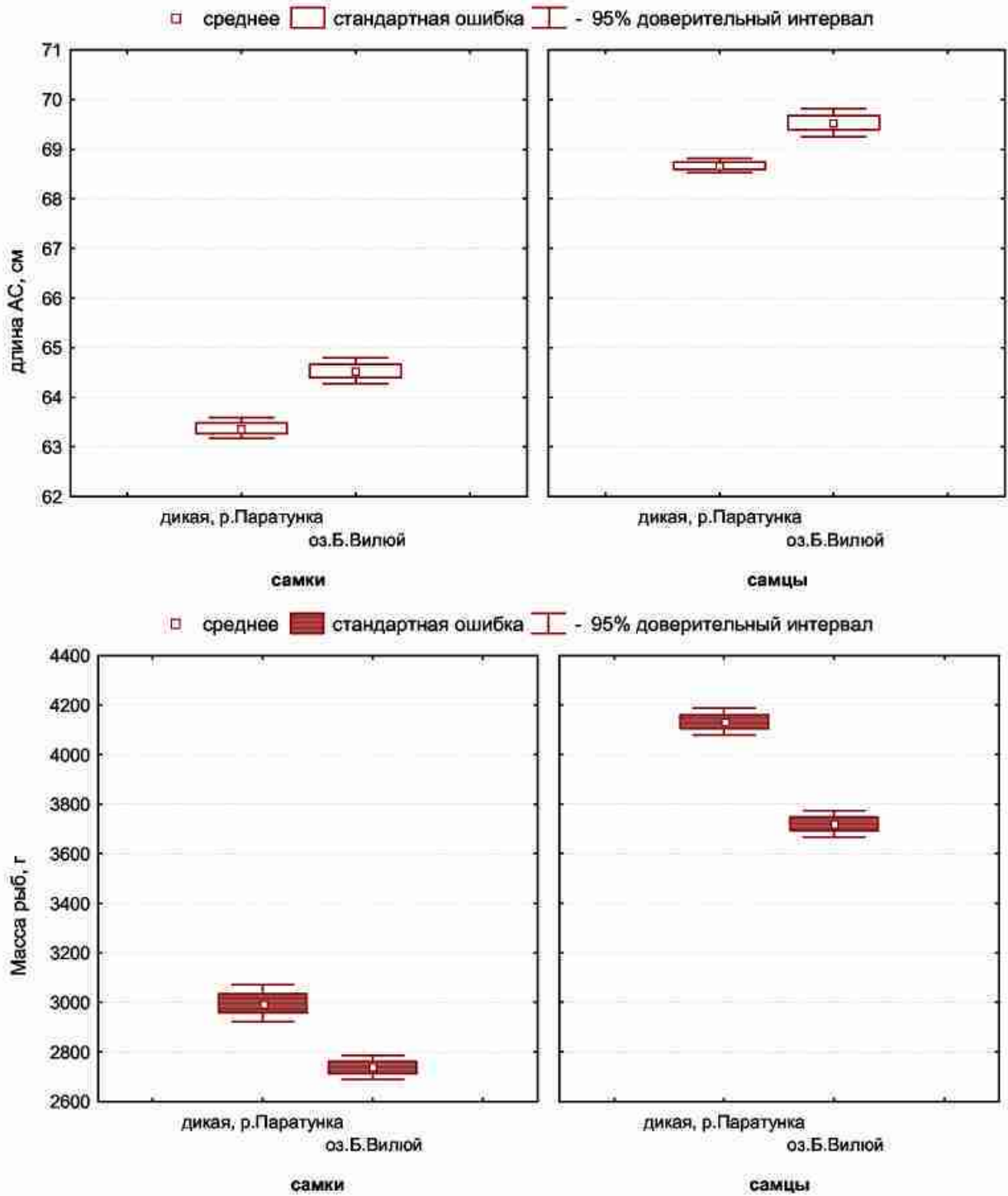


Рис. 5. Сравнение длины и массы производителей кеты естественного воспроизводства из р. Паратунки (дикие) и из оз. Б. Вилуй (ВЛРЗ) в период с 1995-2005 гг.

Хорошо видно, что средняя длина диких рыб из р. Паратунки достоверно меньше ( $p < 0.001$ ), а масса – больше ( $p < 0.001$ ), чем у производителей, подходящих к Вилюйскому ЛРЗ, которые, следовательно, худее и прогонистее первых. В то же время, самцы, пойманные у Вилюйского ЛРЗ, моложе ( $p < 0.0001$ ), чем в донорской популяции, а возраст самок не различается.

В бассейне р. Большой (Западная Камчатка), на ее притоке - р. Плотникова, кету выращивают на ЛРЗ «Озерки» (ОЛРЗ), где возвраты относительно невелики (см. таблицу), как и заводской вклад в общее воспроизводство этого вида. В отдельные годы наблюдается уменьшение среднего возраста производителей заводской популяции. Размеры и масса кеты, возвращающейся к этому заводу, в среднем не отличаются от соответствующих показателей у производителей из исходной популяции (р. Быстрой – Большерецкой). Однако если сравнивать длину заводской кеты с производителями, пойманными в устье р. Большой, то разница весьма заметна (рис. 6).

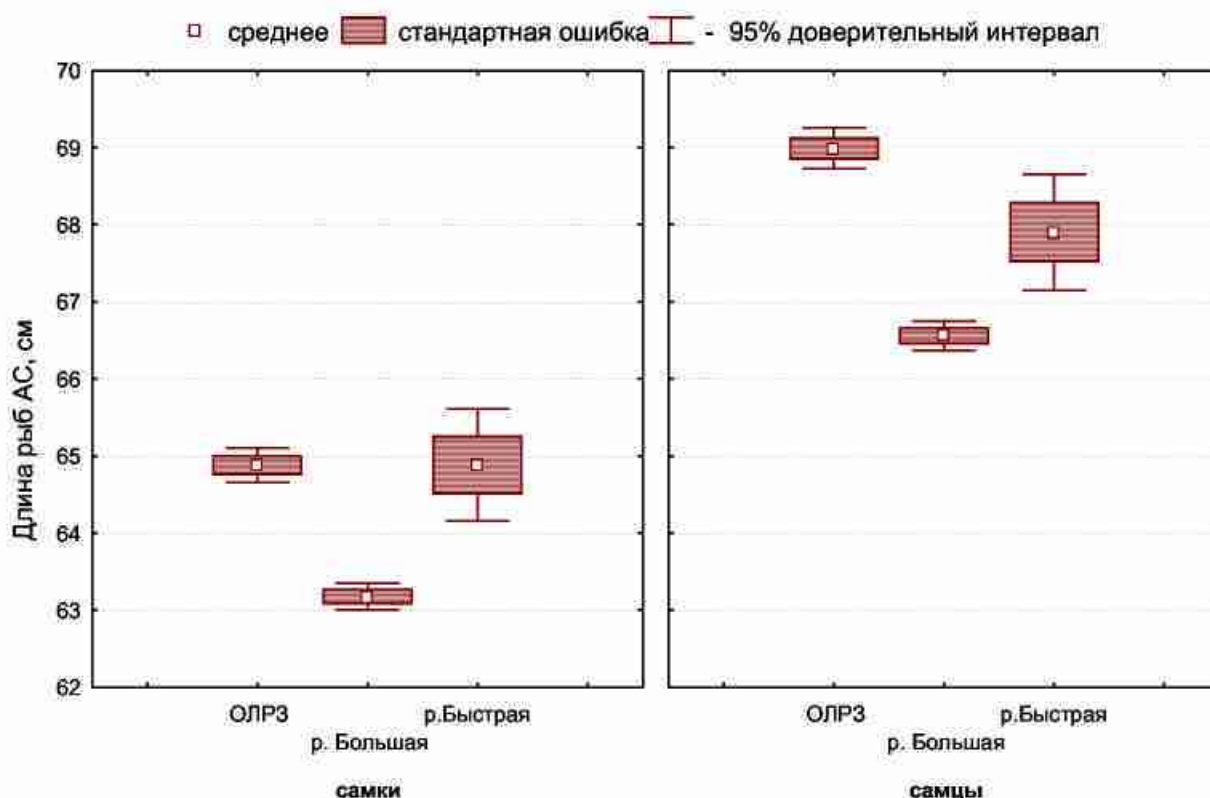


Рис. 6. Сравнение длины производителей кеты, пойманных у ЛРЗ "Озерки" (ОЛРЗ), в устье р. Большой и р. Быстрой в период с 1996-2005 гг.

На ЛРЗ «Озерки» выращивают также нерку. Возвращающиеся производители этого вида, отловленные у завода, мало отличаются от особей основной исходной популяции (из р. Быстрой – Большерецкой) по длине и общему возрасту возврата. В то же время, как и у кеты, сравнение размеров нерки из устья р. Большой с заводской, выявляет их значительные различия (рис. 7), что может свидетельствовать об отсутствии заметного влияния искусственного воспроизводства лососей на этом ЛРЗ на смешанные стада обоих видов.



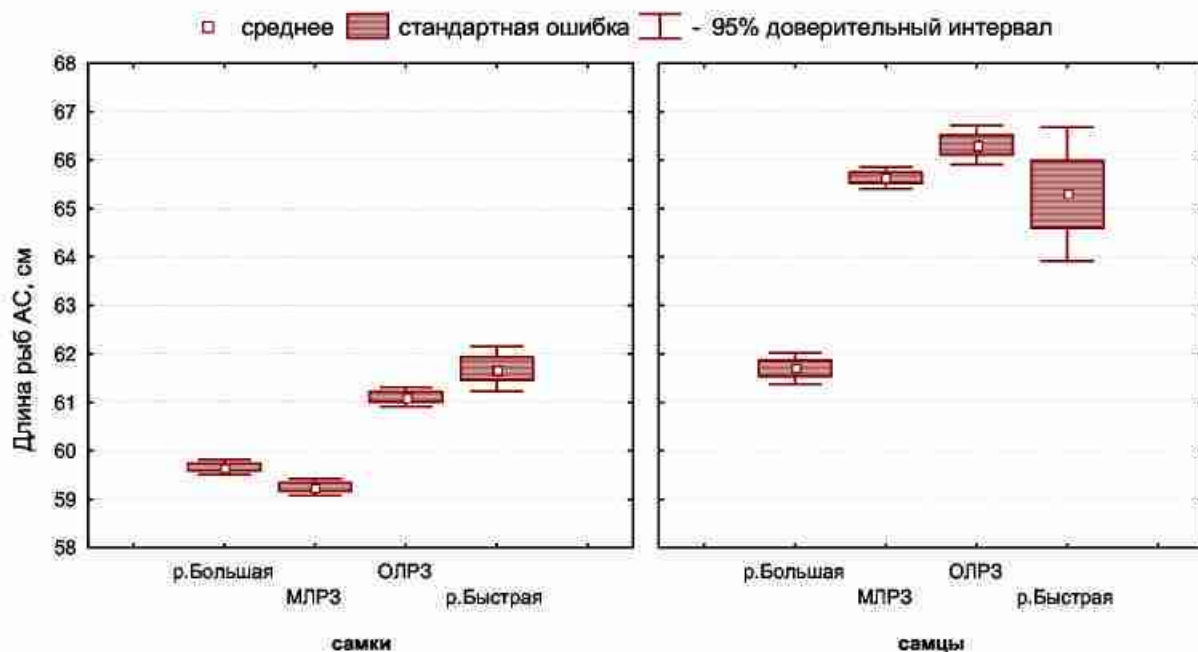


Рис. 7. Сравнение длины производителей нерки, пойманных в устье р. Большой, у Малкинского ЛРЗ (МЛРЗ), у ОЛРЗ, и в р. Быстрой в период 1996-2005 гг.

В другой части бассейна р. Большой, на р. Ключевке (притоке р. Быстрой), воспроизводят нерку и чавычу на Малкинском ЛРЗ (МЛРЗ). Акселерация роста молоди с помощью подогретой воды заметно сказывается на показателях возвращающихся производителей обоих видов. Во-первых, происходит ускорение полового созревания и снижение среднего возраста возврата ( $p < 0.0001$ ) (рис. 8).

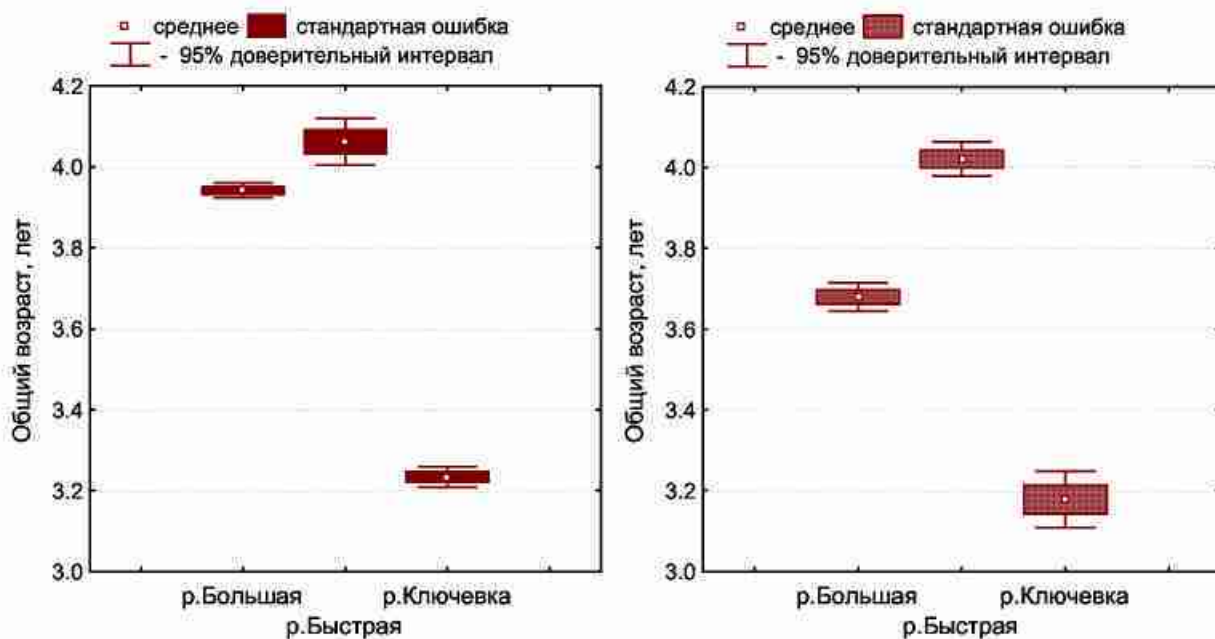


Рис. 8. Средний возраст возврата нерки (слева) и чавычи (справа) в устье р. Большой, в верховья р. Быстрой и в р. Ключевку (к МЛРЗ) в 1996-2005 гг.

Во-вторых, при этом уменьшается разнообразие возрастной структуры заводских популяций. Так, у нерки, пойманной в устье р. Большой, определено 18 возрастных классов, у чавычи – 14, а у производителей, отобранных в р. Ключевке у Малкинского ЛРЗ, спектр сужается в отдельные годы до двух-трех возрастных классов у обоих видов.

В-третьих, уменьшаются по сравнению с исходной популяцией (р. Быстрой), размеры рыб, особенно это заметно у самок нерки (см. рис. 7) и самцов чавычи (рис. 9).

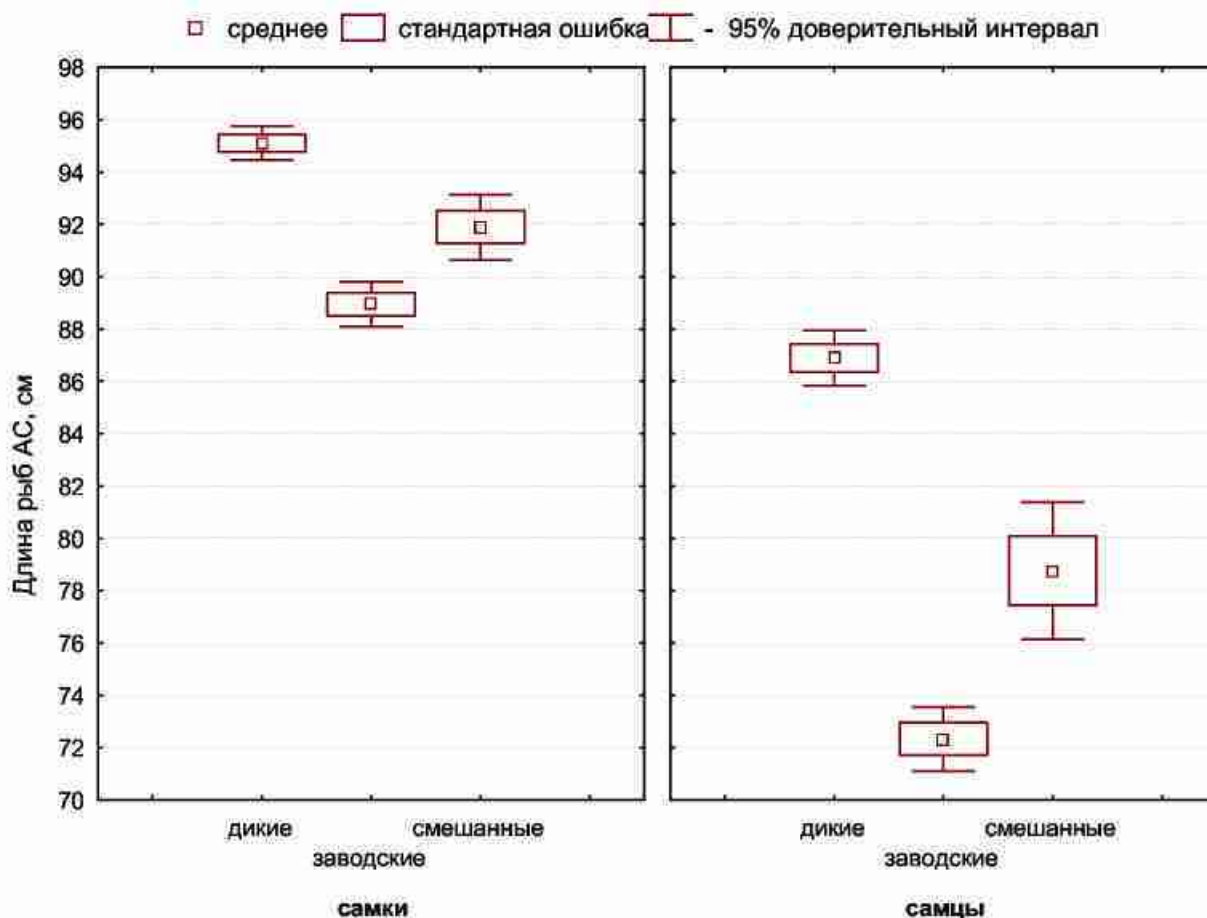


Рис. 9. Сравнение размеров производителей чавычи, пойманных в верховьях р. Быстрой (дикие) в р. Ключевке у МЛРЗ (заводские) и ниже МЛРЗ в р. Быстрой (смешанные) в 1996-2005 гг.

Регрессионный анализ связей между длительностью пресноводного и морского периода жизни чавычи и размерами возвращающихся производителей показал, что длина рыб в большей степени зависит от морского возраста, чем от пресноводного, причем у самцов сильнее, чем у самок. Соответствующие регрессионные уравнения выглядят так:

$$AC_{\sigma\sigma} = 31.38 + 9.72 \cdot AF + 14.68 \cdot AS; \beta_{AF} = 0.2, \beta_{AS} = 0.8; R = 0.79, p < 0.0001$$

$$AC_{\varphi\varphi} = 64.35 + 5.84 \cdot AF + 7.54 \cdot AS; \beta_{AF} = 0.25, \beta_{AS} = 0.64; R = 0.66, p < 0.0001,$$

где: AC – длина рыб по Смиуту, AF – пресноводный, а AS – морской возраст.

Отметим, что для самцов стандартизированный  $\beta$ -коэффициент (показывающий степень влияния независимой переменной на зависимую) при AS (0.8) вчетверо больше, чем при AF (0.2), а для самок - в 2.5 раза (0.64 и 0.25 – соответственно), что и подтверждает вышесказанное.

Морской возраст заводских и диких самок практически не различается, у самцов же отличия не только высоко значимы, но и весьма значительны (рис. 10). Это как раз и объясняет, почему размеры самок чавычи из р. Ключевки и верховьев р. Быстрой отличаются меньше, чем самцов (см. рис. 9).

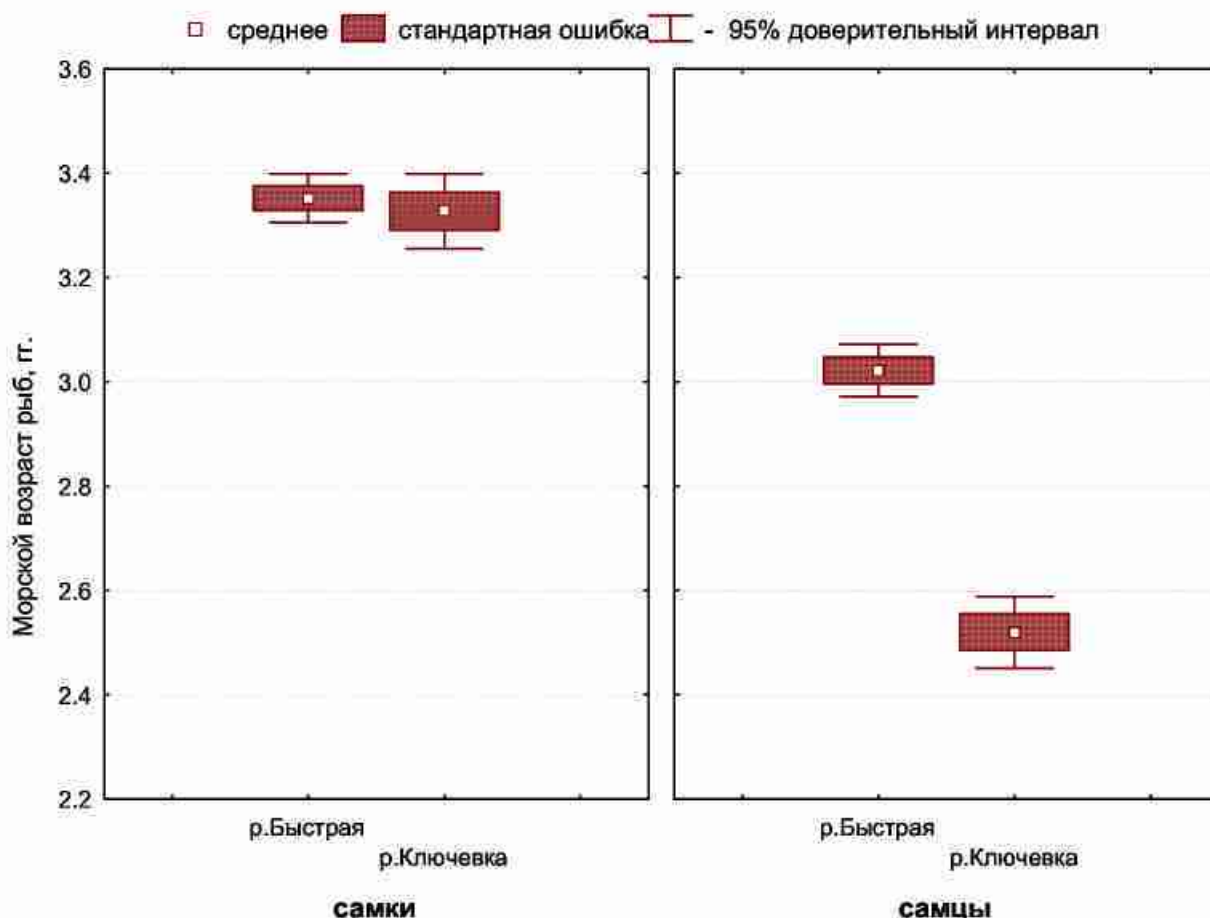


Рис. 10. Морской возраст производителей чавычи, пойманных в верховьях р. Быстрой и в р. Ключевке (у Малкинского ЛРЗ) в период 1996-2005 гг.

Оценить качество заводского возврата чавычи, по сравнению с естественным, можно также следующим образом: средняя масса диких самок чавычи в верховьях р. Быстрой в 1996-2005 гг. была  $\approx 10.9 \pm 0.1$  кг, а самцов –  $7.6 \pm 0.1$  кг; заводских самок  $\approx 8.9 \pm 0.1$  кг, а самцов -  $4.5 \pm 0.1$  кг. Отсюда масса 1000 особей дикой чавычи при соотношении полов 1:1 составляет  $\approx 9.3$  т, а заводской – в 1.4 раза меньше - 6.7 т.

Численность заводских возвратов чавычи непосредственно к Малкинскому ЛРЗ невелика и колеблется от нескольких десятков до нескольких сот экз. (см. таблицу). Возвраты заводской нерки более значительны и изменяются от 0.2 до 20 (в среднем 7. 2) тыс. экз. Тем не менее, и те и другие заводские производители

вносят заметный вклад в характеристики смешанных группировок обоих видов в р. Быстрой, причем не только вблизи завода (см. рис. 9).

Таким образом, на большинстве камчатских ЛРЗ имеются признаки омоложения возвращающихся производителей: снижение возраста возврата и связанные с этим уменьшение размеров рыб, а также сужение спектра разнообразия возрастной структуры. Причем, наиболее выражено это на Малкинском ЛРЗ, где температура воды самая высокая, и наименее – на ЛРЗ «Озерки», где используется самая холодная вода (Запорожец, Запорожец, 2004).

Обнаруженные тенденции не могут не вызвать тревоги у специалистов, изучающих тихоокеанских лососей. Пути выхода из этой ситуации мы видим в применении технологий искусственного воспроизводства, минимизирующих дивергенцию естественных и заводских популяций.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алтухов Ю. П. 1989. Генетические процессы в популяциях. М.: Наука. 328 с.
- Бачевская Л.Т., Велижанин Е.С., Пустовойт С.П., Хованский И.Е. 1997. Влияние искусственного воспроизводства кеты на численность и генетическое разнообразие ее популяций // Первый конгр. ихтиологов России: Тез. докл. (Астрахань, сентябрь, 1997 г.). М.: ВНИРО. С. 348.
- Запорожец Г.В., Запорожец О.М. 1994. Анализ эффективности искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей на Камчатке // Сист., биол. и биотехн. развед. лосос. рыб: Матер. 5 Всерос. совещ. СПб: ГосНИОРХ. С. 69-71.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2000. Дифференциация естественных и искусственно воспроизводимых популяций кеты (*Oncorhynchus keta*) по особенностям структуры чешуи // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. Вып. 5. С. 139-146.
- Запорожец О.М., Запорожец Г.В. 2003. Состояние популяций тихоокеанских лососей р. Паратунки (Восточная Камчатка) к началу XXI века // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Докл. III науч. конф. (Петропавловск-Камчатский, 26-27 ноября 2002 г.). Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО. С. 55-67.
- Запорожец О.М., Запорожец Г. В. 2004. Анализ эффективности работы камчатских лососевых рыбоводных заводов // Вопр. рыболовства. Т. 5. №2(18). С. 328-361.
- Кудерский Л. А. 2001. Акклиматизация рыб в водоемах России // Вопр. рыболовства. Т. 2. №1(5). С. 6-85.
- Макоедов А.Н. 1999. Кариология биохимическая генетика и популяционная фенетика лососевых рыб Сибири и Дальнего Востока: сравнительный аспект. М.: УМК "Психология". 291 с.
- Салменкова Е.А. 1994. Внутривидовое генетическое разнообразие лососевых и его изменения под влиянием антропогенных воздействий // Сист. биол. и биотехн. развед. лосос. рыб: Матер. 5 Всерос. совещ. СПб.: ГосНИОРХ. С. 167-168.
- Zapozhets O.M., Zapozhets G.V. 2005. Interaction between hatchery and wild Pacific salmon in the Far East of Russia: A review // Available from the Internet URL <http://dx.doi.org/10.1007/s11160-005-3583-y>. Publisher: Springer Science+Business

Media B.V., Formerly Kluwer Academic Publishers B.V. Published online: 08 June 2005.