



Правительство Сахалинской области



Федеральное агентство по рыболовству



*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии»*

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛОСОСЕВОГО ХОЗЯЙСТВА НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Научная конференция
(г. Южно-Сахалинск, 7–8 ноября 2017 года)

Материалы

ФГБНУ «СахНИРО»
Южно-Сахалинск'2018

Издание материалов осуществлено по решению оргкомитета конференции и при поддержке Правительства Сахалинской области.

С 56 Современное состояние и перспективы развития лососевого хозяйства на Дальнем Востоке России [Электронный ресурс] : Материалы научной конференции (г. Южно-Сахалинск, 7–8 ноября 2017 года). – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2018. – 164 с. – Режим доступа <http://www.sakhniro.ru/userfiles/conference%207-8.11.2017/materials2017.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.

Ответственность за правильность ссылок на литературные источники в тексте и сами списки литературы несут нижеперечисленные в содержании авторы материалов конференции, в частности в части соблюдения требований ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

Радченко В. И. Состояние запасов и промысла горбуши в местах ее массового искусственного воспроизводства в северной части Тихого океана
3

Каев А. М. Состояние мониторинга и прогнозирование горбуши в Сахалино-Курильском регионе
28

Фельдман М. Г., Шевляков Е. А., Дубинин В. А. Оценка величины, прогноз и управление запасами тихоокеанских лососей в Камчатском регионе
38

Великанов А. Я., Цициашвили Г. Ш., Шатилина Т. А., Радченкова Т. В. Многолетняя динамика уловов горбуши восточного Сахалина и климатогидрологические факторы
49

Курганский Г. Н., Марковцев В. Г. Состояние искусственного воспроизводства лососей в Приморском крае. Проблемы и перспективы
75

Животовский Л. А., Смирнов Б. П. Стратегия воспроизводства лососевых рыб в Сахалинской области
84

Самарский В. Г. Проблемы организации системы воспроизводства тихоокеанских лососевых в Сахалинской области
104

Коряковцев Л. В. Искусственное воспроизводство тихоокеанских лососей на федеральных ЛРЗ Сахалинской области. Проблемные вопросы и пути их решения
107

Макеев С. С. Лососевое браконьерство в зеркале социальной психологии
116

Бугаев А. В., Рудакова С. Л., Растягеева Н. А., Чистякова А. И., Фролов О. В., Ромаденкова Н. Н., Ким О. О. Научное сопровождение мероприятий по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в Камчатском крае
121

Лапшина А. Е., Животовский Л. А., Самарский В. Г., Зеленников О. В. Перспективы и обоснование искусственного воспроизводства летней кеты в Сахалинской области
135

Шубин А. О., Лисицын Д. В. О причинах катастрофического снижения численности горбуши в Сахалино-Курильском регионе в 2015–2017 годах и роль ее искусственного разведения
143

Ефанов В. Н. Экологические аспекты воспроизводства тихоокеанских лососей
157

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

В.алерий Н.иколаевич Ефанов

**ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет»,
yefanov.vn@mail.ru**

Представители рода тихоокеанских лососей по характеру размножения – специфическая экологическая группа пойкилотермных моноциклических видов, совершающих анадромные миграции. В зависимости от нерестового субстрата они относятся к литофильно-закапывающим, а по способу размножения – к видам, охраняющим потомство [17].

Исходя из специфической экологической приуроченности рассмотрим эффективность воспроизводства тихоокеанских лососей по разным этапам онтогенеза. Однако для того чтобы судить о воздействии абиотических и биотических факторов среды на эффективность их воспроизводства, кратко затронем такие два аспекта, как моноциклическость и анадромность.

В чем причина моноциклическости всех видов рода. Существует достаточно большое количество гипотез, объясняющих это явление. К примеру, **гипотеза истощения:** у рыб происходят значительные траты энергии в процессе анадромной миграции, а также на созревание половых продуктов, приводящие к необратимым нарушениям физиологических процессов в организме.

Инфарктная гипотеза – от поражения сердечно-сосудистой системы, от инфаркта миокарда, который возникает в результате внезапной смены среды обитания – перехода из морской среды в пресную. В стенках сосудов наблюдаются дистрофические, некротические явления.

Гипотеза гормональных изменений – некоторые гормоны, например, усиленно выделяющиеся кортикостероиды, выполняют функцию сигналов, включающих аппарат «самоубийства» клеток нерестующих лососей. Стресс признается основным фактором, приводящим к смерти рыб.

Генетическая гипотеза – посленерестовая гибель лососей связана с изменением структуры и функции генетического аппарата клеток рыб, то есть с изменениями на молекулярном уровне. Эти механизмы можно назвать «генетическими часами смерти».

Гипотеза биологической целесообразности – заключающаяся в том, что тихоокеанские лососи обеспечивают кормовую базу для своей молодежи. После нереста лососи, разлагаясь, поставляют в водоемы как основные биогенные вещества – такие, как углерод, азот и фосфор, так и макроэлементы.

В настоящее время наиболее распространена последняя гипотеза. В соответствии с ней олиготрофность водотоков и недостаток в эстуарных экосистемах биогенов покрывается за счет весьма существенной энергии, привносимой лососями из океана.

Из сказанного вытекает, что заполнение рек производителями – процесс, необходимый не только с позиции размножения и формирования численности потомства, но и с позиции формирования кормовой базы потомства.

Следующий экологический аспект – внутривидовая дифференциация лососей. Большинство исследователей отмечают, что у тихоокеанских лососей существует значительная биотопическая приуроченность, следствием чего считают ярко выраженный хоминг. Отсутствие последнего у горбуши и выдвижение гипотезы флюктуирующих популяций, по нашему мнению, – либо некорректность сбора материала, либо недостаток натурных наблюдений [14, 15, 16].

Что касается горбуши Сахалино-Курильского бассейна, то у нее, по результатам наших исследований, выделены поколения четных и нечетных лет, между которыми существует темпоральная изоляция, – летняя и осенняя горбуша, нерест которых происходит на различных биотопах (биотопическая изоляция), и специфические комплексы, приуроченные к определенным территориям (территориальная изоляция). То есть у горбуши, как и у других видов лососей, налицо наличие различных типов популяционных структур [1, 2].

На **рисунке 1** представлена схема популяционной структуры горбуши юга Сахалина.

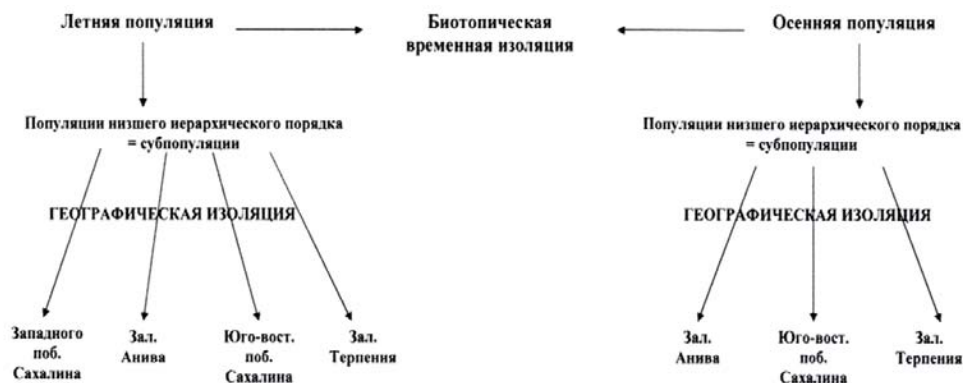


Рис. 1. Популяционная структура горбуши юга Сахалина

Нерест особей горбуши летней и осенней внутривидовых группировок на различных биотопах обязывает принять следующие управленческие решения: оптимальным заполнением производителями следует считать не общее количество рыб в водотоке, а оптимальное заполнение производителями биотопа каждой внутривидовой группировки.

Возникает вопрос – а что значит оптимальное заполнение нерестилищ. Как отмечено ранее, тихоокеанские лососи относятся к литофильно-закапывающим, нерестящимся, как правило, на перекатах. Не вдаваясь в подробности процесса нереста, заметим, что после откладки икры самка формирует так называемый нерестовый бугор, в основном овальной формы. Размер бугра зависит от вида – у горбуши он в длину до 1,5 м и 0,6 м в ширину. То есть его максимальная площадь равна 0,9 м². Исходя из плотности заполнения, при которой достигается наилучшая обеспеченность икры проточной водой, количество рыб на 100 м² нерестилищ должно быть в среднем равно 200 шт., при соотношении полов 1:1. Что касается других видов лососей, то оно оценивается в 80–120 шт.

Что позволяет достичь оптимального количества заходящих особей? Во-первых, отложить количество икры, позволяющее получить достаточное количество потомства, при котором обеспеченность икры, а в последующем эмбрионов и личинок, кислородом оптимальна. Во-вторых, размножение оптимального количества производителей обеспечивает достаточное количество основных биогенных элементов для последующего формирования кормовой базы в эстуарной зоне прибрежья. Кривая эффективности воспроизводства лососей от плотности заполнения нерестилищ производителями представлена на **рисунке 2**.

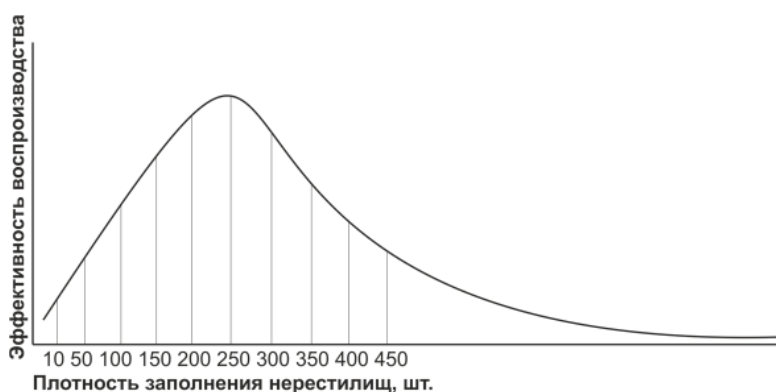


Рис. 2. Кривая зависимости эффективности воспроизводства от плотности заполнения нерестилищ

Судя по представленному рисунку, наивысшая эффективность воспроизводства по горбуше достигается при плотности заполнения, варьирующейся между 200 и 300 особями на 100 м² нерестовой площади. Обращает на себя внимание тот факт, что в том случае, когда в реки на нерест заходит менее 50 особей, эффективность воспроизводства уменьшается, налицо так называемый эффект Олли, ранее показанный на примере горбуши западного Сахалина [2].

При этом уменьшение эффективности происходит, несмотря на увеличение количества покатников от пары производителей, до 900–1 000 шт. Отсюда понятно, что причина низкой эффективности – следствие слабо развитой кормовой базы в эстуарной зоне, обусловленной недостаточным количеством поступающих биогенов от разложившихся производителей.

Следующий аспект нашего рассмотрения – это отнесение лососей, как организмов, к среде обитания (биотопу). Ряд исследователей относят их к эврибионтам на том основании, что они обитают в весьма разнообразных условиях среды. Однако лососи на разных этапах онтогенеза обитают в четырех, а некоторые в пяти экосистемах и при этом, по крайней мере в пресноводной лотической, а нерка и в ленточной, а также в эстуарных экосистемах, на ранних этапах онтогенеза весьма требовательны к условиям среды. Так, стенобионтность горбуши в речной период заключается в высокой требовательности ее особей к расходам воды и плотности, а в эстуарный – к термическому режиму и численности покатников.

Стенобионтность лососей на ранних этапах онтогенеза можно продемонстрировать кривой выживаемости, изображенной на **рисунке 3**.



Рис. 3. Зависимость реакции организма от интенсивности действия фактора среды

Из **рисунка 3** следует, что отклонение среды от оптимума обитания пойкилотермного организма приводит к уменьшению выживаемости. Следует отметить, что чем больше сумма отклонений, накопленных в каждый день, тем выживаемость меньше, и наоборот. Именно на этой основе построены экологические модели для прогнозирования тихоокеанских лососей, жизненный цикл которых протекает в весьма различных по условиям среды экосистемах. В моделях, разработанных совместно с Е. И. Скалецкой [2, 6, 7, 8, 9], выживаемость представлена в зависимости от абиотических и биотических факторов [4, 5], по крайней мере, по трем этапам онтогенеза – таким, как нерест, эмбрионально-личиночный и ранний морской периоды жизни. Для построения интегральных моделей выживаемости достаточно использовать такие абиотические факторы, как расход или скорость воды в водотоках и температура воды в прибрежье, а из биотических – плотность как производителей, так и молоди.

Ниже представлены модели выживаемости по трем этапам онтогенеза.

Модель эффективности нереста в зависимости от расходов воды и плотности заполнения нерестилищ производителями (1).

$$E = \frac{1}{aP} (1 - e^{-aP}) \times \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e^{-\beta(V_i - V_0)^2}, \quad (1)$$

где: E – эффективность нереста; $P = n/S$ – плотность заполнения нерестилищ производителями; N – продолжительность нереста в сутках; V_i – скорость течения в i -е сутки нереста (м/сек); V_0 – некоторая оптимальная скорость течения воды; $a=0,1$ при плотности P , измеряемой в экз./100 м²; β – коэффициент, принимающий два возможных значения: $\beta=\beta_1$, если $V_i \geq V_0$; $\beta=\beta_2$, если $V_i < V_0$.

Модель выживаемости горбуши в течение эмбрионально-личиночного периода в зависимости от скорости течения воды и плотности производителей (2).

$$\sigma = \alpha \exp(-V_1 Q / V_2 (V_2 - Q)) \exp(-\gamma \sum_{i=1}^{N_1} V_i - V^0)^2), \quad (2)$$

где: σ – выживаемость в зависимости от плотности; Q – плотность икры на нерестилище; V_i – скорость течения воды в i -й день эмбрионально-личиноч-

ного периода ($i=1, \dots, N_1$); N_i – продолжительность этого периода в сутках; V_0 – оптимальное значение скорости течения воды.

Модель выживаемости горбуши в течение морского периода жизни в зависимости от численности покатников и температуры воды в прибрежье (3).

$$S_M = ANe^{-\gamma N} \sum_{i=1}^T N_i \exp \left\{ -\beta \sum_{j=0}^9 (t_{j+i} - t_{j+i}^0)^2 \right\} / \sum_{i=1}^T N_i, \quad (3)$$

где: S_M (%) – выживаемость от N (млн шт.); T – продолжительность ската в сутках; N_i – количество мальков, скатившихся в i -й день; t_i – температура воды в прибрежной зоне моря в i -й день; t_i^0 – оптимальное значение температуры в i -й день; k, β_j ($j=0 \dots k$) – константы.

Величина k означает количество дней, в течение которых молодь горбуши особенно чувствительна к условиям внешней среды, то есть k – это продолжительность периода адаптации.

Прогнозирование роста популяции тихоокеанских лососей на основе модели Рикера (потомство–родители) [18], а также им подобных [3] возможно для суждения о численности будущего поколения только в первом приближении. Значительная ошибка при использовании этих типов моделей в прогнозе – следствие того, что лососи – пойкилотермные организмы, и накопление изменений среды обитания у них, типичных стенобионтов на разных этапах онтогенеза, приводит к значительной вариабельности их выживаемости.

В заключение представим метод прогнозирования интенсивности возврата лососей в прибрежье, при этом отметим, что особям каждой внутривидовой группировки свойственны свои сроки возврата в прибрежную зону. При этом заметим, что этот метод был представлен ранее в различных изданиях [10, 11, 12, 13].

На **рисунках 4 и 5** представлены кривые среднесуточной интенсивности подхода горбуши к юго-восточному побережью Сахалина и динамика изменения соотношения полов по срокам хода.

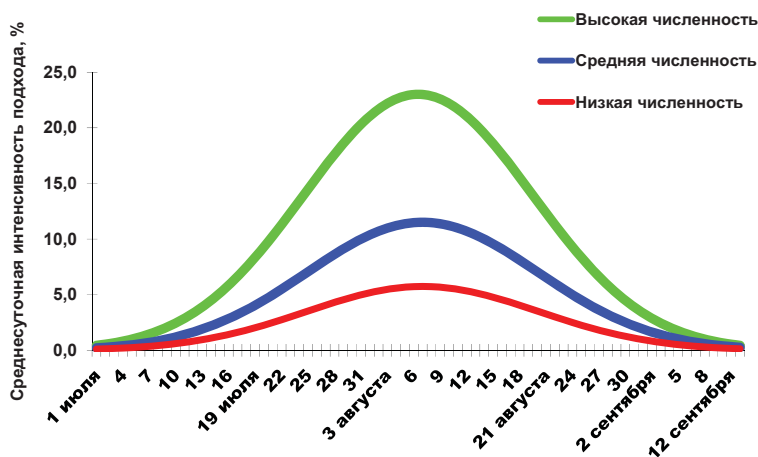


Рис. 4. Среднесуточная интенсивность подхода горбуши к юго-восточному побережью Сахалина

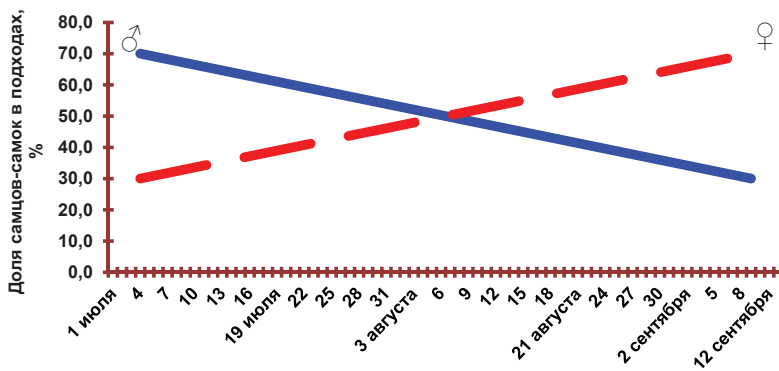


Рис. 5. Динамика доли самцов и самок горбуши

По представленным данным можно отметить так называемый «эффект кажущегося изменения сроков подхода рыбы в прибрежье в зависимости от численности поколения». Однако этот «эффект» – кажущееся явление, заключающееся в том, что при низкой численности возврат рыб незначителен и их вылов орудиями лова ничтожен. Отмеченная зависимость позволяет на основании данных по суточному вылову и динамике соотношения полов прогнозировать интенсивность подхода рыбы с недельной заблаговременностью.

В завершение работы представим основополагающие заключения, вытекающие как из настоящей работы, так и проделанных ранее исследований, довольно подробно представленных ранее в монографии [2].

1. Заполнение рек производителями – процесс как необходимый, так обязательный не только с позиции размножения и формирования потомства, но и с позиции формирования кормовой базы потомства.

2. Оптимальным заполнением производителями следует считать не общее количество рыб в водотоке, а оптимальное заполнение производителями биотопа каждой внутривидовой группировки.

3. Прогнозирование количества возвращающихся тихоокеанских лососей возможно только на основе экологических моделей, в которых по этапам онтогенеза рассмотрена зависимость выживаемости от абиотических и биотических факторов среды.

4. Исходя из постулата о том, что особям каждой внутривидовой группировки лососей свойственны свои сроки возврата на основе кривых среднесуточной интенсивности подхода и динамики изменения соотношения полов, возможно осуществлять краткосрочный прогноз подхода рыбы в прибрежную зону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефанов В. Н. 1989. Популяционная структура горбуши, воспроизводящейся в реках Сахалинской области // Резервы лососевого хоз-ва Дальнего Востока: Сб. науч. тр. Владивосток. С. 52–65.
2. Ефанов В. Н. 2003. Организация мониторинга и моделирование запасов популяций рыб (монография). Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ. 258 с.
3. Ефанов В. Н., Евзеров А. В., Никулин О. А. 1978. Прогнозирование численности промысловых подходов лососей в СССР// Биология лососевых: Тез. докл. Междунар. четырехсторон. совещ. (СССР, США, Канада, Япония). Южно-Сахалинск, октябрь, 1978. С. 70–72.

4. Ефанов В. Н., Климов С. М. Некоторые аспекты исследования связей «среда–объект» на примере горбуши // Тез. докл. VII Всесоюз. конф. по промысловой океанографии, посвящ. 125-летию со дня рождения Н. М. Книповича (Астрахань, 19–21 мая 1987 г.). 1987. С. 213–214.
5. Ефанов В. Н., Климов С. М. 1990. Количественный анализ численности горбуши южных районов о-ва Сахалин. Математическое моделирование в популяционных исследованиях. Владивосток, ДВО АН СССР. С. 115–122.
6. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1989. Математическое моделирование динамики численности южно-сахалинской горбуши. Депонировано в ВИНТИ. 22 с.
7. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1990а. Математическая модель динамики численности популяции горбуши. Математические проблемы экологии // Тез. докл. 3 школы. Чита. С. 54.
8. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И. 1990 б. Краткосрочное прогнозирование численности популяции горбуши Юга Сахалина. Математическое моделирование в популяционных исследованиях. Владивосток. ДВО АН СССР. С. 108–114.
9. Ефанов В. Н., Скалецкая Е. И., Громова Н. П. 1988. Зависимость эффективности нереста горбуши от числа производителей и гидрологического режима нерестовых рек. Математическое моделирование в проблемах рационального природопользования // Тез. докл. 12 школы семинара. Ростов-на-Дону. С. 294.
10. Ефанов В. Н., Чупахин В. М., Хоревин Л. Д. 1978а. Методика краткосрочного прогнозирования подходов горбуши к побережью. Биология лососевых. Владивосток: ТИНРО. С. 46–47.
11. Ефанов В. Н., Чупахин В. М., Хоревин Л. Д. 1978 б. Методика краткосрочного прогнозирования интенсивности подходов горбуши к побережью. Международное 4-стороннее (СССР, США, Канада, Япония) совещание по биологии тихоокеанских лососей. Владивосток. С. 65–67.
12. Ефанов В. Н., Чупахин В. М. 1980. Методика прогнозирования сроков и интенсивности подходов горбуши в побережье. Количественные методы в экологии животных. Л.: ЗИН АН СССР. С. 52–53.
13. Ефанов В. Н., Чупахин В. М. 1983. Колебания численности горбуши, воспроизводимой в реках Сахалино-Курильского бассейна, и некоторые факторы, ее определяющие // В кн.: Биологические основы развития лососевого хозяйства в водоемах СССР. М.: Наука. С. 98–102.
14. Животовский Л. А., Глубоковский М. К. 1989. Роль миграций и отбора в генетической дифференциации горбуши. Докл. АН СССР Т. 308 С. 1235–1240.
15. Животовский Л. А., Глубоковский М. К., Викторovsky Р. М. и др. 1989. Генетическая дифференциация горбуши // Генетика. Т. 25. № 7. С. 1261–1274.
16. Животовский Л. А., Храмцов В. В., Глубоковский М. К. 1996. Модель динамики численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиологии Т. 36, № 3. С. 369–385.
17. Никольский Г. В. Экология рыб. Москва: Высшая школа, 1963. – 368 с.
18. Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Fish. Res. Board Canada. Bull. Vol. 191 P. 1–382.