

УСЛОВИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

УДК 597 639.371.12

**О ВАРИАЦИЯХ ВЫЖИВАЕМОСТИ ЭМБРИОНАЛЬНО-ЛИЧИНОЧНЫХ
СТАДИЙ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* И КЕТЫ *ONCORHYNCHUS
KETA* НА НЕРЕСТИЛИЩАХ РЕК О. САХАЛИН**

© 2013 г. А. А. Живоглядов, А. А. Антонов, В. А. Руднев, Ким Хе Юн

Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии,
Южно-Сахалинск, 693023

Статья поступила в редакцию 01.02.2012 г.

Окончательный вариант получен 08.04.2013 г.

Представлены результаты исследований эффективности воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* о. Сахалин в 2007-2011 гг. Выявлены статистически достоверные различия в эффективности воспроизводства горбуши и кеты на нерестилищах разных зон русел лососевых рек. Показано, что наиболее низкие показатели выживаемости эмбриональных стадий горбуши и кеты приурочены к нерестилищам равнинной части русел.

Ключевые слова: горбуша, кета, о. Сахалин, лососевые реки, зоны русла, эффективность воспроизводства.

ВВЕДЕНИЕ

Цикл развития тихоокеанских лососей включает ряд последовательных этапов: нерестовый, эмбрионально-личиночный, пресноводный и морской. По мнению ряда авторов, одним из важнейших периодов пресноводной жизни лососевых является эмбрионально-личиночный. Условия, в которых развиваются икра и личинки лососевых, в значительной мере определяют не только качественный, но и численный состав генерации (Рухлов, 1968; Шершнев, Ардавичус, 1994; Бакштанский и др., 1981; Казаков, 1982; Ефанов, 1983; Тарасюк, Тарасюк, 2007 и др.). Считается, что факторы, действующие на лососей в этот период, весьма разнообразны, а для их выяснения и уточнения необходимы исследования и наблюдения на субпопуляционном уровне, т.е. на уровне отдельных рек и водных систем (Ricker, 1954; Рикер, 1971; Заварина, 2008; Золотухин, 2003; Шунтов, 2010).

Особенности воспроизводства тихоокеанских лососей в реках о. Сахалин с этой точки зрения изучены слабо (Ефанов, 2003), несмотря на то, что подобные сведения значимы с научной и прикладной точек зрения (Коновалов, 1987; Пустовойт, 1999). Разработка соответствующих подходов и выявление таких закономерностей является одним из шагов на пути получения комплексного знания о механизмах формирования численности тихоокеанских лососей.

Выполняя подобные работы, необходимо учитывать современные представления о неоднородности русел рек (Леман, 2005; Чалов, 2008; Есин и др., 2009) и приуроченности темпоральных группировок (подходов, ходов, субпопуляций и т.п.) лососей к различным русловым зонам (Леман, 2003; Марченко, 2004; Кульбачный, Иванков, 2004). Разнокачественность условий нереста оказывает заметное воздействие на экстерьер, биологические особенности, генотип и, в конечном счете, на эффективность воспроизводства соответствующих группировок лососей (Ефанов, 2003; Марченко, 2004; Кульбачный, Иванков, 2004).

Учитывая, что более 90% нерестового фонда сахалинских рек используется горбушей и кетой (Рухлов, 1970), представляется важным первоочередное изучение экологии нереста именно этих видов, как наиболее массовых и значимых.

Цель работ на данном этапе – сравнить эффективность воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* в пределах различных русловых зон (морфодинамических типов русел) лососевых рек о. Сахалин.

Поскольку на Сахалине горбуша преобладает по численности, основное внимание в данной работе уделено именно *O. gorbuscha*.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Полный цикл оценки эффективности нереста горбуши, включающий обследование нерестилищ, регистрацию плотности производителей горбуши на разных участках, вскрытие нерестовых гнезд и учет мигрирующей молоди проведен на трех реках – Кура, Дудинка, Лазовая весной, летом и осенью 2009-2010 гг. (рис. 1).

Для выяснения выживаемости покоящихся стадий развития горбуши и кеты на различных морфодинамических типах русел привлечены данные, полученные авторами при проведении работ по изучению эффективности нереста горбуши на 25 лососевых реках о. Сахалин в октябре-ноябре 2007, 2009, 2010, 2011 гг. (см. обозначения рис. 1).

На обследованных нами водоемах устойчивое и массовое воспроизводство кеты отмечено только для рек северо-западного побережья. Это бассейн р. Лангры (р. Большой Комулан, руч. Стланниковый, ручей б/н) и бассейн р. Большая (р. Булкунар). На других водотоках (восточного и юго-западного побережий) численность нерестящейся кеты низка, нерестилища расположены мозаично, их площадь невелика, при вскрытии контрольных площадок икры данного вида не обнаружено. Поэтому при обсуждении эффективности воспроизводства кеты фигурируют данные, полученные на указанных реках Северо-Запада Сахалина.

Деление обследованных участков русел на морфодинамические типы выполнено согласно принципам типизации русловых процессов, изложенным в работах ряда исследователей (Леман, 2005; Леман и др., 2008; Протасов, 2008; Чалов, 2008), с учетом таких показателей, как продольный уклон реки и порядок по Шайдеггеру.

При этом использованы следующие термины и определения:

Продольный уклон реки – отношение падения реки на участке к длине этого участка. Уклон реки выражается в промилле или процентах, а также как величина падения на длину участка (Чеботарев, 1978).

Порядок реки по Шайдеггеру (Sh) – безразмерная величина, отражающая изменение величины и водности водотоков. Порядок реки определяют по формуле:

$$N=1+\log_2 P,$$

где P – общее число притоков 1-го порядка (с длиной < 10 км) в бассейне реки выше данного участка (Леман, 2005).

Помимо перечисленных, нами использованы следующие термины и определения:

Эффективность нереста – величина, показывающая количество оплодотворенной икры на нерестилище данного вида рыб (Козлов, Абрамович, 1982).

Плотность засева нерестилищ – количество икринок на единицу площади нерестилищ.

Выживаемость в эмбрионально-личиночный период жизни – отношение количества живых эмбрионов и личинок к погибшим в процентах.

При оценке эффективности нереста и выживаемости покоящихся стадий горбуши использованы традиционные методы, принятые в системе ТИНРО, и основанные на прямом учете численности производителей, икры, личинок и мальков.

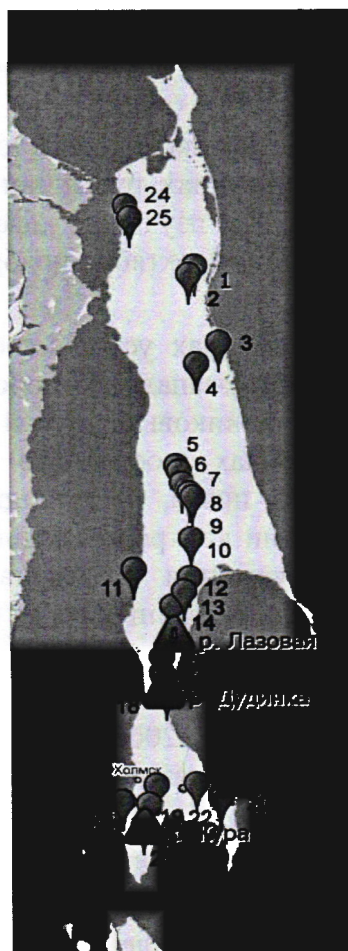


Рис. 1. Карта-схема района работ. Обозначения рек: 1-Джимдан; 2-Даги; 3-Соболиный; 4-Набиль; 5-Быстрая; 6-Ю. Хандаса; 7-Житница; 8-Алла; 9-Орловка; 10-Леонидовка; 11-Покосная; 12-Нитуй; 13-Горная; 14-Лесная; 15-Тихая; 16-Красная; 17-Баклановка; 18-Фирсовка; 19-Таранай; 20-Игривая; 21-Шебунинка; 22-Бачинская; 23-Колхозный ключ; 24-Большая, Булкунар; 25-Лангры, Б. Комулан, руч. Стланниковый, ручей б/н.

Fig. 1. Schematic map of the study region. Legend: 1-Dzhimdan; 2-Dagi; 3-Soboliny; 4-Nabil; 5-Bystraya; 6-Yuzhnaya Khandasa; 7-Zhitnitsa; 8-Alla; 9-Orlovka; 10-Leonidovka; 11-Pokosnaya; 12-Nituy; 13-Gornaya; 14-Lesnaya; 15-Tikhaya; 16-Krasnaya; 17-Baklanovka (Chyornaya); 18-Firsovka; 19-Taranay; 20-Igrivaya; 21-Shebuninka; 22-Bachinskaya; 23-Klyuch Kolkhoznyi; 24-Bolshaya, Bulkunar; 25-Langry, B. Komulan, Stlannykoviyy brook, namless brook.

Методы оценки качества нерестилищ и эффективности нереста тихоокеанских лососей

При обследовании рек наличие потенциальных нерестилищ диагностировали по присутствию характерных элементов руслового ландшафта лососевой реки – участков перехода перекат-плес и плес-перекат, русловых меандров, нерестовых ключей и притоков и наличию типичных для нерестовых участков донных отложений (Рухлов, 1969, 1971; Методические указания..., 1987; Леман, 2003; Makeев, 2011).

Маркерами нерестилищ являются гравийно-галечные отложения (диаметр 2-10 мм), гравийно-валунные отложения (диаметр более 10 мм) и гравийные отложения с примесью песка (диаметр 0,5-0,2 мм). Диапазон глубин на потенциальных нерестилищах составляет от 0,2 до 0,5 м. В случае обнаружения участков, пригодных для нереста лососевых рыб, выполняли оценку потенциальных нерестовых площадей, согласно общепринятым методическим указаниям (Методика..., 1976). Границы фактических нерестилищ определяли по скоплениям нерестящихся рыб и следам нереста. При обнаружении сформированных нерестовых гнезд проводили вскрытие контрольных площадок.

Методы учета производителей в реках

В рр. Кура, Дудинка и Лазовая численность производителей горбуши устанавливали методом сплошного учета. Этот метод заключается в визуальном подсчете рыб наблюдателями при движении вниз по течению по руслу обследуемой реки от верховья до устья.

Метод вскрытия контрольных площадок на нерестилищах лососей

Данные по плотности засева и выживаемости икринок на обследуемых участках русел получали, вскрывая контрольные площадки площадью 0,5-0,7 м² на нерестилищах горбуши. Учет икры вели с применением специального икроуловителя, который полностью охватывал площадку по ширине.

Раскапывание контрольной площадки обычно начинали с нижней (относительно течения) части нерестового бугра. После вскрытия каждой площадки улов доставляли на берег для изучения.

Живую и мертвую икру различали визуально, величину смертности устанавливали сопоставлением количества личинок, живых и мертвых икринок. Отдельно учитывали количество неоплодотворенных икринок и оболочек.

Учет производителей и регистрацию плотности засева нерестилищ икрой проводили перед началом осенних паводков (август-сентябрь), выживаемость покоящихся стадий регистрировали в период после прохождения осенних паводков и до начала весеннего половодья (ноябрь-апрель).

Метод учета покатной молодежи лососей

Учет численности покатников горбуши на реках Кура, Дудинка, Лазовая проведен в период с апреля по июнь 2010 г. Сбор данных выполнен по методике выборочных обловов (Таранец, 1939; Воловик, 1967). Согласно этой методике, для проведения обловов использовали стандартную воронкообразную мальковую ловушку из капронового сита №4 с квадратным сечением входного отверстия (площадью 0,25 м²), длиной кутца ловушки 2,0 м. Обловы вели на протяжении 40-50 сут., с начала покатной миграции молодежи до ее фактического завершения.

На *р. Лазовая* учетные работы проведены на участке, находящемся в 1,9 км выше устья, ширина поперечного сечения русла в этом месте в зависимости от водности варьируется от 32 до 40 м. Профиль дна корытообразный, ложе реки – скальные выходы, прикрытые тонким слоем аллювия. Преобладающие фракции донных отложений – средняя и мелкая галька, небольшие валуны.

Река Кура. Учет выполнен на участке реки, находящемся в 850 метрах от ее устья, что исключало влияние приливных течений. Грунты поверхностного слоя дна состояли из среднего и мелкого галечника. Ширина поперечного сечения русла в месте облова – 31 м.

Река Дудинка. Работы проведены в 500 м от устья реки вне зоны воздействия прилива. Участок имеет малую извилистость русла, дно сложено средними и мелкими фракциями галечника. Ширина поперечного сечения реки в створе – 25 м.

Расчет достоверности различий между выживаемостью икры на нерестилищах различных морфодинамических типов русел выполнен при помощи двухвыборочного *t*-критерия Стьюдента для независимых выборок (Плохинский, 1982).

Позиционирование на водоемах осуществляли при помощи портативного GPS-навигатора, величины продольных уклонов русла и порядок реки по Шайдеггеру рассчитывали при помощи программ SASPlanet v11.04.18 и GPSMapEdit.

Общее количество выполненных обследований и учетов приведено в таблице 1.

Таблица 1. Количество обследований и учетов по каждому виду полевых исследований, 2007, 2010, 2011 гг.

Table 1. Number of inspections and accounts by each type of field researches, 2007, 2010, 2011.

Вид работ	Кол-во учетных суток	Кол-во обследованных водотоков	Площадь нерестилищ, подвергнутая вскрытию, м ²
Учет покатной молоди лососей	175	3	-
Учет производителей лососей	-	3	-
Вскрытие контрольных площадок	-	29	404,3

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА РАБОТ

Орография и типизация рек. Рельеф на участке исследований разнообразен – от пологохолмистого (Северо-Сахалинская равнина) до уплощенного и средневысотного (Тынь-Поронайская низменность, Восточно- и Западно-Сахалинские горы) (Ресурсы поверхностных вод..., 1973).

Тип и возраст отложений, составляющих ложе исследуемых водотоков, меняются в соответствии с рельефом – от древних палеозойско-мезозойских метаморфических комплексов и верхнемеловых отложений (Восточно- и Западно-Сахалинские горы), до более молодых неогеновых и четвертичных отложений (Северо-Сахалинская равнина и Тынь-Поронайская низменность) (Атлас Сахалинской области, 1967; Ресурсы поверхностных вод ..., 1973). Поскольку более древние породы имеют меньшую водопропускную способность (Гидрогеология СССР, 1977), возраст подстилающих грунтов обуславливает закономерное

изменение водопроницаемости, и, в совокупности с основными формами рельефа, преобладание горных либо равнинных типов русел, питания (паводково-дождевого либо грунтового) и других характеристик. При этом молодость и рыхлость подстилающих пород способствуют формированию на Сахалине рек со сравнительно крутыми уклонами и быстрой сменой морфодинамических типов русел (Михайлов, 2005).

Выделяют шесть основных групп рек, протекающих по участку исследований (Рухлов, 1982; Гриценко и др., 1987).

Водотоки северо-западного побережья, от м. Уанги до м. Елизаветы (представитель – рр. Лангры и Большая) имеют преимущественно равнинный характер. Вода в нижнем течении имеет красноватый цвет. Здесь заметно влияние морских приливов, поднимающих уровень до 1,5 метра на расстоянии 2-4 км от устья. Все реки сильно меандрируют, коэффициент извилистости около 2. Поймы большей частью заболочены. Длина большинства рек составляет 30-60 км (не более 100). Только три реки – Лангры, Чингай и Большая – имеют более или менее значительные стада осенней кеты. На остальных (исключая водотоки п-ова Шмидта) количество нерестилищ незначительно, их качество невысоко, располагаются нерестилища в верхнем течении.

К группе рек северо-восточного побережья Сахалина (рр. Даги и Джимдан) отнесены водотоки, расположенные на участке побережья от м. Елизаветы до устья р. Тымь. Эти реки берут начало на уплощенном водоразделе Северо-Сахалинской низменности. Характер течения равнинный, многие имеют вид так называемых «торфяных каналов» (Тиунова, 2003). Преобладающая длина – около 100 км. Грунт нижнего течения – сильно заиленный песок, только в верховьях наблюдаются небольшие участки гравийных грунтов. Реки, как правило, сильно извилисты.

Реки южнее бассейна Тыми (р. Набиль, ручей Соболиный). Они берут начало на Восточно-Сахалинском хребте, русла извилистые, поток бурный. Грунты галечно-гравийные с преобладанием булыжника. Долины узкие, сухие.

Реки бассейна Пороная (рр. Быстрая, Ю. Хандаса, Житница, Алла, Орловка, Леонидовка). Бассейн р. Пороная находится в пределах Тымь-Поронайской низменности. Реки, впадающие в Поронай в верхнем течении, имеют горно-предгорный характер. Реки нижнего течения Пороная преимущественно равнинного типа, нижнее течение заболочено.

Реки, расположенные южнее р. Поронай (включая реки, впадающие в зал. Анива) имеют преимущественно горный характер, с узкими долинами и значительными уклонами русел. Грунты галечные, в верхнем течении – крупногалечные, на порожистых участках преобладают валуны и скальные обнажения. Представлены реками Нитуй, Горная, Лесная, Лазовая, Тихая, Красная, Баклановка (Черная), Дудинка, Фирсовка, Таранай, Кура, Игровая, Шебунинка, Бачинская, Ключ Колхозный.

Водоемы юго-западного Сахалина (реки Покосная и Шебунинка) расположены между мысом Крильон на юге и мысом Корсаков на севере. Все реки данного района берут свое начало на западных склонах Камышового хребта и впадают в Татарский пролив. Реки здесь имеют типично горный характер, расположены в узких долинах, русла их сильно извилисты, неразветвлены и

загромождены в верховьях глыбами горных пород. Грунты – песчано-галечные, с примесью ракушечника, слегка заилены. Выше они переходят в галечно-гравийные, затем в каменистые и скальные. На большей части рек много порогов и водопадов.

Наиболее подробно в рамках настоящего исследования изучены рр. Кура (п-ов Крильон), Дудинка (юго-восточное побережье) и Лазовая (восточная часть побережья зал. Терпения), относящиеся к группе рек, расположенных южнее р. Поронай.

Указанные водотоки входят в состав бассейна Камышевского гидрогеологического массива, имеют ряд общих черт. Породы, слагающие их русла, представлены, в основном, миоценовыми и верхнемеловыми отложениями. В силу малой водопроницаемости таких пород разгрузка грунтовых вод происходит преимущественно в речные долины, поэтому в пределах данного гидрогеологического массива преобладают водотоки со смешанным типом питания, в балансе которых наибольшее значение имеют талые и дождевые воды (Атлас Сахалинской области...1969; Ресурсы поверхностных вод ...1973). Подавляющее большинство рек данного района относится к горбушевым, доля нерестилищ других видов лососей в них невелика.

СахНИРО использует указанные реки в качестве контрольных (т.е., на них регулярно собирают данные о воспроизводстве лососей в течение ряда лет), в соответствии с приказами ФАР № 191 от 16 марта 2009 г. и № 818 от 17 сентября 2009 г. данные водотоки являются водными объектами высшей рыбохозяйственной категории (табл. 2).

Таблица 2. Некоторые характеристики рр. Кура, Дудинка, Лазовая.

Table 2. Some characteristics of the Kura, Dudinka and Lazovaya rivers.

Водоток	Площадь водосбора, км ²	Длина русла, км	Падение высот, м	Нерестовая площадь, тыс. м ²
Кура	115	31	210	175,7
Дудинка	56,8	15	140	29,4
Лазовая	303	45	540	220,3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что организация биологических сообществ соответствует структуре среды обитания (Беклемишев, 1969; Богатов, 1994; Протасов, 2008). Распределение нерестилищ лососей по русловым зонам рек также подчиняется определенным закономерностям. Так, на участках русел тип А по Росгену (Rosgen, 1994), соответствующих прямолинейному горному типу русла с неразвитым рельефом дна (Чалов, 2008) нерестилища лососей занимают в среднем 16,5% от площади водного зеркала, горбуша на них присутствует только в годы наивысшей численности (Макеев, 2011).

На остальных участках русла (тип В по Росгену или предгорные реки с развитыми аллювиальными формами, С, Е и F – меандрирующие полугорные и равнинные реки, отличающиеся формой речных долин) средняя плотность нерестилищ варьируется от 24,2 до 33,2% от площади водного зеркала (Макеев, 2011). Основные нерестилища горбуши расположены именно на этих участках.

В летне-осенний период 2009 г. нами проведен учет потенциальных нерестовых площадей, численности производителей и плотности засева икрой горбуши в пределах предгорной и равнинной русловых зон рр. Кура, Лазовая и Дудинка (табл. 3).

Таблица 3. Некоторые показатели, характеризующие репродуктивную способность нерестилищ горбуши в пределах разных русловых зон рек Кура, Дудинка, Лазовая, июль-сентябрь, 2009 г.

Table 3. Some indices defining a reproductive performance of pink salmon spawning grounds within different channel zones of the rivers of Kura, Dudinka, Lazovaya, June-September 2009.

Зона (морфодинамический тип) русла	Нерестилища, % от водного зеркала	Плотность горбуши, экз./м ²			Плотность засева нерестилищ икринками, шт./м ²
		июль	август	сентябрь	
р. Кура					
Предгорный неразветвленный	5-30	-	0,2	0,1	н/о*
Предгорный разветвленный	20-70	0,1	1,5	0,8	12
Равнинный меандрирующий	10-90	0,3	3	2,5	205,1
р. Дудинка					
Предгорный неразветвленный	5-10	-	0,2	0,1	577,6
Предгорный разветвленный	5-20	0,3	1,2	0,5	20,4
Равнинный меандрирующий	5-70	0,15	2,5	0,9	196,3
р. Лазовая					
Предгорный неразветвленный	5-10	-	0,1	0,2	6
Предгорный разветвленный	20-70	0,2	1,7	0,5	72
Равнинный меандрирующий	20-70		2,7	0,8	188

Примечание: * – участок не обследовали.

Note: * – site didn't inspect.

Из таблицы 3 видно, что показатели плотности заполнения производителями (в летний период) и плотности засева икрой (в осенний период) отличались на разных участках русла.

Максимальные плотности заполнения нерестилищ производителями отмечены на равнинном участке р. Кура. Максимальные показатели засева икрой выявлены на предгорном неразветвленном участке р. Дудинка, минимальные – на нерестилищах предгорного разветвленного участка обследованных рек.

На следующем этапе работ, в весенний период (апрель-май) 2010 г., вскрыты контрольные площадки на нерестилищах предгорного (Дудинка) и равнинного участков (Дудинка, Кура, Лазовая). В это время в грунте находятся личинки горбуши, практически готовые к миграции (Рухлов, 1972).

После оценки выживаемости личиночных стадий выполнены стандартные работы по учету покатной молоди на тех же реках (май-июль). Результаты данного этапа приведены в таблице 4.

Таблица 4. Выживаемость ранних стадий развития горбуши (икры и личинок) на предгорном и равнинном участках русла и количество покатной молоди из рек Кура, Дудинка, Лазовая, апрель-июль, 2010 г.

Table 4. Survival rate of pink salmon eggs and larvae at semimountain and flat sections of the rivers of Kura, Dudinka, Lazovaya, April-July 2010.

Водоток	Выживаемость, %		Количество мальков с м ² нерестилищ, шт.	Количество мальков от одной самки, шт.
	предгорный участок	равнинный участок		
Кура	н/о*	0	20,3	33,0
Лазовая	н/о*	0	14,5	56,5
Дудинка	100	50	358	300,0

Примечание: * – участок не обследовали.

Note: * – site didn't inspect.

На двух реках (Лазовая и Кура) в пределах равнинной части русла живых личинок не найдено. Однако, если в грунте р. Кура отмечена погибшая икра (до 200 шт./м²), то на «равнинных» нерестилищах р. Лазовая ни икры, ни личинок не найдено вовсе.

Судя по данным пеших обследований, гибель покоящихся стадий на нерестилищах равнинного участка рр. Кура и Лазовая обусловлена двумя основными причинами. В низовье и на среднем участке русла р. Кура в августе-сентябре 2009 г. отмечена массовая гибель производителей горбуши, тела которых в ряде случаев образовали обширные скопления. Насколько можно судить, продукты гниения и вызванный разложением фрагментов тел дефицит кислорода в водном потоке обусловили тотальную гибель икры в грунте. Прошедшие в сентябре-октябре на реках данного района паводки разрушили часть нерестовых гнезд и вынесли уже мертвую икру в поверхностные слои донных отложений.

На р. Лазовая массовых заморов нерестовиков горбуши не отмечено. Причина отсутствия покоящихся стадий в грунте равнинного участка р. Лазовая – неравномерный водный режим (следствие низкой облесенности водосбора этой реки) и мощные осенние паводки, прошедшие осенью 2009 г. и вызвавшие полное разрушение нерестовых гнезд на данном участке. Подобные явления характерны для данного водоема (Канидьев, Салмин, 1970; Канидьев и др., 1970).

На фоне значительной смертности икры и личинок несколько неожиданным было количество мигрировавшей из описываемых рек молоди. Так, численность скатившихся весной 2010 г. из р. Кура мальков горбуши оценена в 2,9 млн. экз. (20,3 экз. с 1 м² или 33 малька от одной отнерестившейся самки, табл. 4), что, хотя и явилось рекордно низкой величиной за ряд последних лет (табл. 5), тем не менее, превысило наши ожидания. Численность пополнения горбуши из р. Лазовая в 2010 г. была довольно высокой и оценена в 12,4 млн. мальков (14,5 экз./м², 56,5 экз. от одной самки).

На р. Дудинка были вскрыты нерестилища не только в пределах равнинной зоны, но и на предгорном участке этой реки. Выживаемость личиночных стадий практически на всех обследованных участках была высока, при этом на равнинном участке – в два раза ниже, чем на предгорном (табл. 4). Численность скатившейся в 2010 г. из р. Дудинка молоди горбуши определена в 10,5 млн. экз. (358 экз. с м² и 300 мальков от одной самки), что близко к максимальным значениям за весь период наблюдений на данной реке (табл. 5).

Таблица 5. Количество мигрировавшей молоди горбуши (тыс. экз.) из трех контрольных рек СахНИРО, 2007-2010 гг. (Каев и др., 2007; 2008; 2009, наши данные).

Table 5. A number of pink salmon fry (thousands of specimens), migrating from three Sakhalin checkpoint rivers, 2007-2010.

Водоток / год	2007	2008	2009	2010
Кура	15085,0	47005,6	12767,8	2963,0
Дудинка	2142,0	4568,9	1373,2	10521,0
Лазовая	-*	-*	5800,0	12433,0

Примечание: * – учет не проводили.

Note: * – calculation didn't execute.

В качестве рабочей гипотезы, объясняющей полученные данные, нами было выдвинуто предположение о различной выживаемости эмбрионально-личиночных стадий на нерестилищах равнинной и предгорной зон.

Известно, что грунты равнинного участка аккумулируют мелкие (диаметром 1-3 мм) фракции, влияющие на выживаемость ранних стадий развития горбуши (Эрозионные процессы, 1984; Леман, Лошкарева, 2009; Рухлов, 1969; 1971; 1973; Шершнев, Ардавичус, 1994; Леванидов, 1968; Голованов, 1990; Леман, Упрямов, 1994; Шершнев, Ардавичус, 1994). Помимо того, меандрирующие типы русел, выполненные легкоразмываемым аллювием (типичным для рек Сахалина) (Михайлов, 2005), являются областями наиболее высокой интенсивности и активности развития горизонтальных и вертикальных русловых деформаций (Егоркина, 2004). При этом особенности гидрологического режима определяют максимальную интенсивность русловых деформаций в периоды половодий и паводков (Смирнова, 2009).

Вероятно, преобладание процессов оседания мелких фракций твердого стока, активные процессы деформаций русла, высокие скорости течения и значительные перемещения грунта во время паводков и половодий обуславливают повышенную, по сравнению с горно-предгорной зоной, смертность икры и личинок горбуши на нерестилищах равнинных типов русел.

При этом наиболее критичным для покоящихся стадий горбуши следует считать период ливневых паводков (для Сахалина это август-сентябрь) (Ресурсы поверхностных вод..., 1973), когда на реках Дальнего Востока отмечены максимальные модули стока (Соколов, 1952), а икра лососей находится на стадиях развития, чувствительных к механическому воздействию (Тарасюк, Тарасюк, 2007). Так, для горбуши северного побережья Охотского моря и тихоокеанского побережья Северной Америки известна зависимость между количеством потомства и водностью рек в июле, августе и октябре (Костарев, 1970).

Для проверки выдвинутого предположения привлечены данные, полученные при обследовании нерестилищ горбуши и кеты 27 рек восточного и западного побережий о. Сахалин в 2007, 2009 и 2010 гг., в период после прохождения осенних паводков (в октябре-ноябре, табл. 6, 7).

Таблица 6. Средняя выживаемость икры, стандартная ошибка и площадь вскрытых участков на нерестилищах горбуши, о. Сахалин, октябрь-ноябрь 2007, 2009, 2010 гг.

Table 6. Average survival rate of pink salmon eggs, a standard deviations and the area of the opened spawning areas on the Sakhalin island salmon rivers in October-November 2007, 2009 and 2010.

Водоток	выживаемость, % от засева, горбуша	стандартная ошибка	площадь вскрытия, м ²
Алла	-	-	22,0
Баклановка	48,0	6,6	7,0
Бачинская	100,0	0,0	4,0
Быстрая	-	-	9,7
Горная	-	-	8,5
Даги	-	-	15,5
Джимдан	88,5	2,6	11,0
Дудинка	80,0	20,0	19,0
Житница	26,5	1,5	17,0
Игривая	0,0	-	4,2
Колхозный ключ	0,0	-	1,0
Красная	93,8	0,0	4,0
Кура	0,0	-	15,5
Лазовая	19,7	6,5	6,9
Леонидовка	-	-	20,0
Лесная	67,4	18,9	11,0
Набиль	-	-	13,0
Нитуй	17,8	11,4	12,0
Орловка	24,3	24,3	15,0
Покосная	-	-	3,0
Соболиный	-	-	3,0
Таранай	97,7	1,5	6,6
Тихая	59,5	5,0	13,0
Фирсовка	94,5	1,7	8,0
Шебунинка	-	-	1,9
Ю. Хандаса	-	-	9,0
Б. Комулан	51,7	5,8	102,5
Лангры руч. Б/Н	-	-	19,5
Руч. Стланниковый	-	-	3,5
Булкунар	-	-	18
<i>Всего</i>	-	-	<i>404,3</i>

Для дифференциации обследованных участков рек на морфодинамические типы использованы следующие величины: продольный уклон на участке (м/км, ‰) и порядок участка по Шайдеггеру (Sh). При этом в качестве ориентира использована классификация участков русла, принятая для рек Западной Камчатки (Есин и др., 2009).

Как видно из таблицы 8, разница в эффективности воспроизводства тихоокеанских лососей на нерестилищах русел разных морфодинамических типов довольно велика.

Таблица 7. Средняя выживаемость икры, стандартная ошибка и площадь вскрытых участков на нерестилищах кеты, о-в Сахалин, октябрь-ноябрь 2010 гг.

Table 7. Average survival rate of chum salmon eggs, a standard deviations and the area of the opened spawning areas on the Sakhalin island salmon rivers in October-November 2010.

Водоток	выживаемость, % от засева, кета	стандартная ошибка	площадь вскрытия, м ²
Б. Комулан	16,2	2,9	102,5
Лангры руч. Б/Н	12,1	7,2	19,5
Руч. Стланниковый	6,4	4,1	3,5
Булкунар	20	20	18
Всего	-	-	143,5

Таблица 8. Некоторые характеристики русловых зон и показатели выживаемости икры горбуши и кеты на реках о-ва Сахалин, октябрь-ноябрь 2007, 2009-2011 гг. В числителе – пределы величин, в знаменателе – средняя арифметическая.

Table 8. Some characteristics of channel zones and survival rate indicators of pink and chum salmon eggs of Sakhalin island rivers, October-November 2007, 2009-2011. At numerator – value limits, at denominator – average arithmetical value.

Зона (морфодинамический тип) русла	уклон на участке (м/км, ‰)	Sh	выживаемость икринок горбуши, % от засева	выживаемость икринок кеты, % от засева	количество обследованных участков
Горный порожисто- водопадный	<u>18,9-32,7</u> 23,12	<u>1,0-6,32</u> 2,77	<u>80,0-100,0</u> 93,54	-**	15
Горный с неразвитыми аллювиальными формами	<u>15,6-16,2</u> 15,7	<u>3,3-3,8</u> 3,75	100*	-**	10
Горный с выраженными аллювиальными формами	<u>6,1-11,5</u> 7,18	<u>1,0-6,65</u> 2,77	<u>0,0-100,0</u> 49,37	<u>0,0-100,0</u> 13,9	89
Равнинный с выраженными аллювиальными формами	<u>2,04-5,31</u> 2,9	<u>1,0-6,9</u> 4,76	<u>0,0-100,0</u> 31,6	<u>0,0-100,0</u> 8,2	210
Равнинный с неразвитыми аллювиальными формами	<u>0,37-0,86</u> 0,7	<u>4,3-6,64</u> 5,56	-**	-**	49

Примечание: * – икра найдена только на одном участке; ** – икра не обнаружена.

Note: * – spawn was found only on one site; ** – spawn didn't found.

На горном порожисто-водопадном участке (продольный уклон русла – 18,9-32,7‰ Sh от 1,0 до 6,32) выживаемость икры горбуши была высока (в среднем 93,54%). Икры кеты на данном участке не обнаружено.

На нерестилищах горного участка с неразвитыми аллювиальными формами (продольный уклон русла – 15,6-16,2‰; Sh от 3,3 до 3,8) выживаемость икры горбуши была максимальной и составила 100% от величины засева. Икры кеты не найдено.

Средняя выживаемость икры горбуши на нерестилищах горного участка с выраженными аллювиальными формами (продольный уклон русла – 6,1-11,5‰;

Sh от 1,0 до 6,65) составила 49,37% от величины засева. Выживаемость икры кеты на данном участке составила в среднем 13,9%.

Наиболее низкая выживаемость икры как горбуши, так и кеты, выявлена в пределах равнинной части русла с выраженными аллювиальными формами рельефа (продольный уклон русла – 0,7-11,6⁰/₀₀ ; Sh от 4,3 до 6,9) зоны. Ее величина составила 31,6% от засева для горбуши и 8,2% – для кеты.

На равнинном участке с неразвитыми аллювиальными формами рельефа (продольный уклон русла – 0,37-0,86 ⁰/₀₀; Sh от 4,3 до 6,64) икринок тихоокеанских лососей не обнаружено.

При оценке различий величин средних значений выживаемости икры горбуши на разных типах русел, проведенном при помощи t-критерия Стьюдента (Плохинский, 1982) выявлено, что средние величины выживаемости эмбриональных стадий горбуши на горных типах русел достоверных различий не имеют.

Различие между средними показателями выживаемости икры на нерестилищах горной и равнинной зон, оцененное тем же методом, было достоверным при 95% уровне надежности.

Различие между средними значениями выживаемости икры кеты на горном участке с выраженными аллювиальными формами рельефа и на равнинном участке с выраженными аллювиальными формами рельефа, оцененное при помощи t-критерия Стьюдента, было недостоверным.

Следует отметить различия в расположении нерестовых стадий горбуши и кеты. Так, нерестилища горбуши расположены в основном русле рек и в притоках, на участках с развитыми и с неразвитыми аллювиальными формами рельефа.

Нерестилища кеты найдены только на участках с развитыми аллювиальными формами рельефа. Нерестовые станции данного вида, как правило, приурочены к небольшим притокам основного русла и так называемым лимнокренам, т. е., родникам, образующим при выходе на поверхность небольшой проточный водоем с четко очерченными границами, «ванну», из которой вытекает ручей, впадающий в реку.

Указанные различия в локализации нерестилищ и вариациях уровня выживаемости икринок мы связываем с разными требованиями горбуши и кеты к особенностям фильтрационного режима грунтовых вод и ряду других параметров (Леванидов, 1968; Рухлов, 1969; Леман, Кляшторин, 1987; Леман, 1992; Леман, 2003; Базаркин, 2008 и др.).

Следствием этих различий являются специфические для каждого вида факторы эмбрионально-личиночной смертности. Если для кеты наиболее важными факторами ранней смертности принято считать истощение запасов подземных вод в зимнюю межень и обмеление нерестовых бугров в маловодный период (Костарев, 1970; Леман, 2003), то на выживаемость ранних стадий развития горбуши в условиях сахалинских рек, по нашему мнению, существенное влияние оказывают процессы русловых деформаций во время летне-осенних паводков, наиболее активно протекающие в пределах равнинной зоны русел.

ВЫВОДЫ

1. Эффективность воспроизводства горбуши на протяжении русла лососевых рек о. Сахалин дифференцирована.

2. Дифференциация эффективности воспроизводства кеты в условиях сахалинских нерестовых рек существенно ниже.

3. Средняя величина выживаемости эмбриональных стадий горбуши на нерестилищах горной зоны варьируется от 49,37 до 100%, средняя выживаемость икры кеты составляет 13,9%.

4. На нерестилищах равнинного типа русел отмечены наиболее низкие показатели выживаемости эмбрионов тихоокеанских лососей. Средняя величина выживаемости ранних стадий развития горбуши на данном участке составила 31,6%, кеты – 8,2%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас Сахалинской области. М.: Изд-во ГУКиК при Совете Министров СССР, 1967. 135 с.

Базаркин В.Н. Типология нерестилищ по элементам гидрологии, гидрохимии и геоморфологии у разных видов тихоокеанских лососей рода *Oncorhynchus* // Известия ИГУ. Серия «Науки о Земле». 2008. Т. 1. № 1. С. 43-55.

Бахитанский Э.Л., Нерестов В.Д., Черницкий А.Г. Рекомендации по выпуску молоди атлантического лосося и кумжи. М.: ВНИРО, 1981. 28 с.

Беклемишев В.Н. Биоценозы реки и речной долины в составе животного покрова земли. // Тр. ВГБО. 1956. Т.7. С. 77-98

Богатов В.В. Экология речных сообществ российского Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 1994. 218 с.

Воловик С.П. Методы учета и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина // Известия ТИНРО. 1967. Т.61.С. 104-117.

Гидрогеология СССР. Вып. 3. Ресурсы подземных вод СССР и перспективы их использования. М.: Недра, 1977. 279 с.

Голованов И.С. О гидрологическом режиме нерестилищ горбуши северного побережья Охотского моря // Международный симпозиум по тихоокеанским лососям, Ю.-Сахалинск. 1990. Тез. Докл. 9-17 сентября 1989. С. 71-74.

Гриценко О. Ф., Ковтун А. А., Косткин В. К. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 166 с.

Егоркина С.С. Горизонтальные русловые деформации рек Пермского Прикамья: Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени канд. геогр. наук. Пермь: Тип. Перм. ун-та, 2004. 17 с.

Есин Е. В., Чебанова В. В., Леман В. Н. Экосистема малой лососевой реки Западной Камчатки (среда обитания, донное население и ихтиофауна). М.: Т-ва науч. изд-в КМК, 2009. 176 с.

Ефанов В.Н. Смертность горбуши на различных этапах развития и факторы, ее обуславливающие // IV Всесоюзное совещание по научно-техническим проблемам марикультуры. Владивосток. 1983. С. 47-48.

Ефанов В.Н. Организация мониторинга и моделирования запасов популяций рыб (на примере горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* Walb.). Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 2003. 134 с.

Заварина Л. О. Биология и динамика численности кеты (*Oncorhynchus keta*) северо-восточного побережья Камчатки: автореф. диссер. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. М.: КамчатНИРО, 2008. 25 с.

Золотухин С. Ф. Нерестовый фонд и современный статус популяций лососей в Приморском крае: автореф. диссерт на соиск. уч.степени канд. биол. наук. Хабаровск: ХоТИНРО, 2003. 259 с.

Казаков Р.В. Биологические основы разведения атлантического лосося. М.: Легкая и пищ. промышленность, 1982. 141 с.

Канидъев А.Н., Салмин С.А. О влиянии вырубки леса в бассейнах нерестовых рек // Изв. ТИНРО. 1970. Т. 74. С. 168-173.

Канидъев А.Н., Салмин С.А., Семенова А.Е. Влияние леса в бассейнах рек Сахалина на естественное воспроизводство лососевых рыб // Изв. Сахалин. отд-ния ГО СССР. 1970. Вып. 1. С. 160-172.

Козлов В.И., Абрамович Л.С. Краткий словарь рыбовода. М.: Россельхозиздат, 1982. 160 с.

Коновалов С. М. Оптимальное заполнение нерестилищ как фактор стабильности и высокой эффективности лососевого промысла // Биология моря. 1987. № 3. С. 44-55.

Костарев В.Л. Влияние некоторых климатических факторов на эффективность естественного воспроизводства охотской кеты // Изв. ТИНРО. 1970. Т. 71. С. 109-121.

Кульбачный С.Е., Иванков В.Н. Темпоральные субпопуляции тихоокеанских лососей. // Региональная конференция по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии: тез. докл. Владивосток: ДВГУ. 2004. С. 78-79.

Леванидов В. Я. О гидрологическом режиме нерестилищ кеты и горбуши // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 64. С. 101-125.

Леман В.Н. Нерестовые станции кеты *Oncorhynchus keta* (Walb.), микрогидрологический режим и выживаемость потомства в нерестовых буграх (бассейн р. Камчатки) // Вопр. ихтиологии. 1992. Т. 32. Вып. 5. С. 120-131.

Леман В.Н. Экологическая и видовая специфика нерестилищ тихоокеанских лососей р. *Oncorhynchus* на Камчатке // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 12-34.

Леман В. Н. Продольное зонирование малой лососевой реки по характеру русловых процессов, макрозообентосу и ихтиофауне (р. Начилова, Западная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 18-35.

Леман В. Н. Есин В. В., Чалов С. Р., Чебанова В. В. Продольное зонирование малой лососевой реки по характеру русловых процессов, макрозообентосу и ихтиофауне (р. Начилова, Западная Камчатка) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2008. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 18-35.

Леман В. Н., Кляшторин Л. Б. Методические указания по оценке состояния нерестилищ тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 1987. 28 с.

Леман В.Н., Лошкарева А.А. Справочное пособие по природоохранным и мелиоративным мероприятиям при производстве строительных и иных работ в бассейнах лососевых нерестовых рек Камчатки. М.: Тов. науч. изд-в КМК. 2009. 192 с.

Леман В.Н., Упрямов В.Е. Экологическая оценка влияния осушительной агромелиорации на воспроизводство лососей в нерестовых реках (Камчатка) // Материалы 5-го Всероссийского совещания: Систематика, биология, биотехника разведения лососевых рыб. С-Петербург. 1994. С. 116-118.

Макеев С.С. Новые подходы к оценке нерестового фонда рек Сахалина // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 5. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 329-345.

Марченко С.Л. Особенности биологии и популяционная структура горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) северного побережья Охотского моря: Автореф. диссерт. на соиск. уч. степени канд. биол. наук. Владивосток, 2004. 24 с.

Методика экспедиционного обследования рыбохозяйственных водоемов Сахалинской области. ФГУ «Сахалинрыбвод», 1976. 17 с.

Методические указания. Оценка состояния нерестилищ тихоокеанских лососей. М.: ВНИРО, 1987. 28 с.

Михайлов В. М. Горные реки равнин и горы с равнинными реками // Природа. 2005. №5. С.46-53.

Плохинский Н.А. Биометрический анализ в биологии. М.: МГУ, 1982. 157 с.

Протасов А. А. Речной и озерный континуумы. Попытка анализа и синтеза // Биология внутренних вод. 2008. № 2. С. 3-11.

Пустовойт С. П. Генетическое разнообразие популяций североохотоморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиологии. 1999. Т. 39. № 4. С. 521-526.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Сахалин и Курилы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1973. Т. 18. Вып. 2. 262 с.

Рикер В. Е. Сопоставление двух кривых воспроизводства // Рыбн. хозяйство. 1971. № 3. С. 16-21.

Рухлов Ф. Н. Речной период жизни сахалинской горбуши // Рыбн. хозяйство. 1968. №12. С. 12-17.

Рухлов Ф. Н. Материалы по характеристике механического состава грунта нерестилищ и нерестовых бугров горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) и осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) на Сахалине // Вопр. ихтиологии. 1969. Т. 9. Вып.5 С. 839-849.

Рухлов Ф. Н. Нерестилища лососей рода *Oncorhynchus* на Сахалине // Зоологический ж. 1970. Т. 49. Вып. 3. С. 390-398.

Рухлов Ф.Н. Влияние лесозаготовок в бассейнах нерестовых рек на воспроизводство лососей // Рыбн. хозяйство. 1971. № 5. С. 19-21.

Рухлов Ф. Н. О речном периоде жизни нерестовой осенней кеты и горбуши Сахалина.// Изв. ТИНРО. 1973. Т. 91. С. 25-30.

Рухлов Ф. Н. Жизнь тихоокеанских лососей. Южно-Сахалинск, 1982. 110 с.

Смирнова Е. А. Сопротивление размыву грунтов и горизонтальные деформации русла р. Десна: (в среднем течении): автореферат диссерт. на соиск. уч. степени канд. геог. наук: Брянск.: Изд-во БГУ, 2009. 23 с.

Соколов А.А. Гидрография СССР. Л.; Гидрометеиздат, 1952. 287 с.

Таранец А. Я. Исследования нерестилищ кеты и горбуши в р. Иске // Рыбн. хозяйство. 1939. № 12. С. 1-4.

Тарасюк Е. В., Тарасюк С. Н. Метод масштабных характеристик и его применение для совершенствования биотехники искусственного разведения горбуши. М.: Изд-во ВНИРО, 2007. 148 с.

Тиунова Т.М. Поденки (Ephemeroptera) юга Дальнего Востока (фауна, биология, функциональная экология): Автореф. диссерт. на соискан. уч.степени докт. биол. наук. Владивосток, 2003. 47 с.

Чалов С. Р. Принципы классификации русловых процессов при изучении условий формирования речных экосистем // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2008. Вып. 4. С. 5-15.

Чеботарев А. И. Гидрологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.

Шершнев А.П., Ардавичус А.И. Влияние мелких частиц грунта на выживаемость икры горбуши в период эмбрионально-личиночного развития. Сб. Рыбохозяйственные исследования в Сахалино-Курильском районе и сопредельных акваториях. СахНИРО. 1994. С. 68-71.

Шунтов В. П. О программах комплексных исследований тихоокеанских лососей на период 2010-2014 гг. // Бюлл. № 4 реализации Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей. Владивосток. ФГУП ТИНРО-центр. 2010. С. 183-199.

Эрозионные процессы. М.: Мысль, 1984. 253 с.

Ricker W.E. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Can, 1954. V. 11. 5. P. 559-623.

Rosgen D.L. A classification of natural river // Catena. Amsterdam. Eisevier Science. 1994. V. 22. P. 169-199.

VARIATIONS OF REPRODUCTION EFFICIENCY OF PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* AND CHUM SALMON *ONCORHYNCHUS KETA* AT SPAWNING GROUNDS OF SAKHALIN ISLAND RIVERS

© 2013 y. A.A. Zhivoglyadov, A.A. Antonov, V.A. Rudnev, Kim Khe Yun

Sakhalin Research Institute of Fishing and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk

The results of studying the efficiency of reproduction of pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* and chum salmon *Oncorhynchus keta* in the Southern Sakhalin in 2007-2011 are represented. Statistically authentic distinctions in efficiency of pink salmon and chum salmon reproduction on spawning grounds of different channel zones are revealed. It is shown that the lowest indicators of embryonic stages survival rate are dated for spawning areas of a flat rivers part.

Key words: pink salmon, chum salmon, Southern Sakhalin, efficiency of reproduction, salmon river, channel zones.