

УДК 639.371.1 (571.64)

## СТРАТЕГИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ В САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2018 г. Л. А. Животовский<sup>1,2</sup>, Б. П. Смирнов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства  
и океанографии, Москва, 107140

<sup>2</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, Москва, 119991  
E-mail: levazh@gmail.com

Поступила в редакцию 31.01.2018 г.

В условиях усиливающихся антропогенных нагрузок на лососевые экосистемы Сахалинской области искусственное воспроизводство — это первое, что может не только поддержать стада лососей на должном уровне, но и прирастить их добычу. Вместе с тем не существует какой-либо программы искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Сахалинской области и практически отсутствует надежная и легкодоступная информационная база о состоянии заводских и диких стад лососей. Для их создания требуется решить три главных проблемы: оценить эффективность работы действующих лососевых рыбоводных заводов; выявить единицы запаса кеты, горбуши и других видов тихоокеанских лососей и создать общедоступную онлайн-базу данных о состоянии стад лососей (в том числе о текущем вылове в каждом районе промысла, закладке икры на каждом заводе, заполнении нерестилищ, скате, данных биоанализов и пр.); оптимизировать видовой и популяционный состав разводимых лососей и соотношение объемов искусственного и естественного воспроизводства. Для решения этих проблем следует паспортизировать все популяции тихоокеанских лососей в каждом нерестовом водоеме Сахалинской области; выделить единицы запаса каждого вида и запретить перевозки оплодотворенной икры между стадами из разных единиц запаса; проводить широкую идентификацию заводских и диких популяций Сахалинской области на основе отолитного маркирования и ДНК-маркеров; ввести в Закон об аквакультуре положение о рыбоводно-биологическом обосновании лососевых рыбоводных заводов; оценивать эффективность деятельности каждого рыбоводного завода Сахалинской области, закрывая или перепрофилируя неэффективные.

**Ключевые слова:** тихоокеанские лососи, горбуша, кета, сима, нерка, кижуч, Сахалин, рыбоводный завод, искусственное воспроизводство, дикий лосось, отолитное маркирование, ДНК-маркеры, единица запаса, эффективность и рентабельность завода.

### ВВЕДЕНИЕ

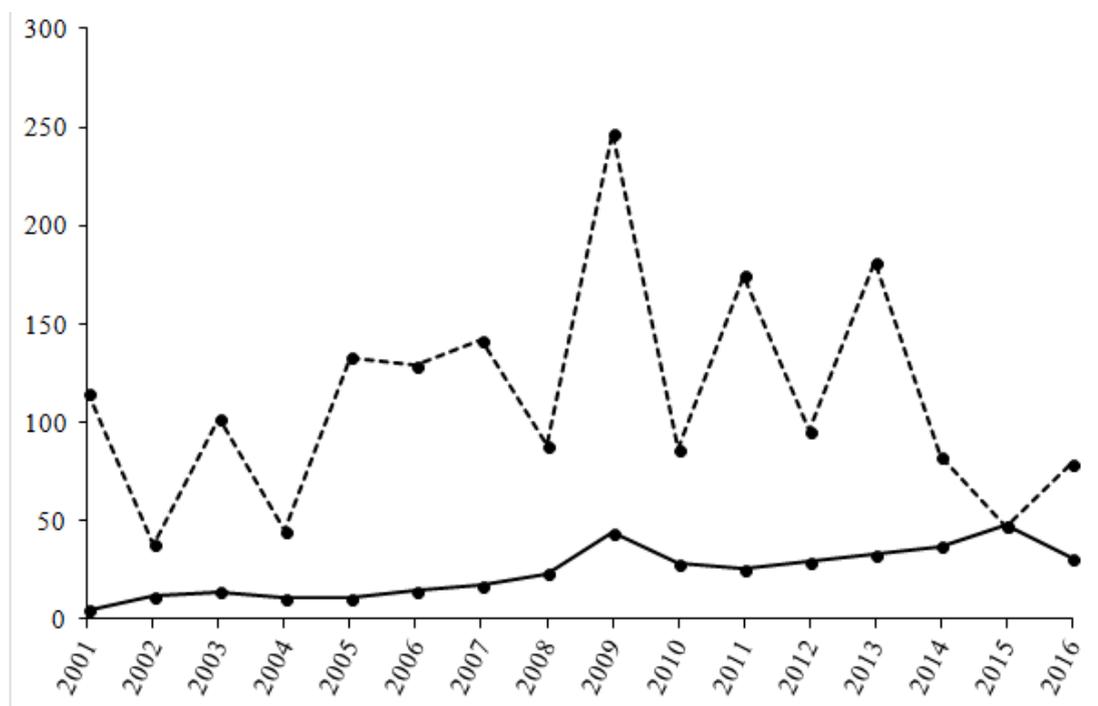
Основные объекты естественного и искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей в Сахалинской области — это кета *Oncorhynchus keta* и горбуша *O. gorbuscha*. В 2001–2016 гг. общие промысловые уловы горбуши варьировали от 38,1 до 247,1 тыс. т, а кеты — от 4,7 до 47,55 тыс. т (рис. 1).

За последние 20 лет общие объемы выпуска молоди лососевых в области вырос-

ли, варьируя от 459 до 822 тыс. экз. за счет увеличения числа негосударственных лососевых рыбоводных заводов (ЛРЗ) (рис. 2).

В настоящее время в Сахалинской области действуют 46 ЛРЗ, при этом в общем выпуске молоди выросла доля кеты, более привлекательной для разведения из-за ее лучших товарных свойств и более значительного хоминга (рис. 3).

В тех условиях, в которые поставлен о. Сахалин нынешним ростом антропоген-



**Рис. 1.** Промысловые уловы горбуши ( - - - ) и кеты ( — ) в Сахалинской области в 2001–2016 гг., по материалам Сахалинрыбвода и Комиссии по анадромным рыбам северной части Тихого океана, тыс. т.

ных нагрузок, искусственное воспроизводство — это основное, что может не только поддержать стада лососей на должном уровне, но и прирастить их добычу. Вместе с тем отсутствуют какая-либо программа искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей и надежная, легкодоступная информационная база о состоянии заводских и диких стад лососей в Сахалинской области. Для их создания требуется решить три главных проблемы:

1) оценить эффективность работы действующих ЛРЗ,

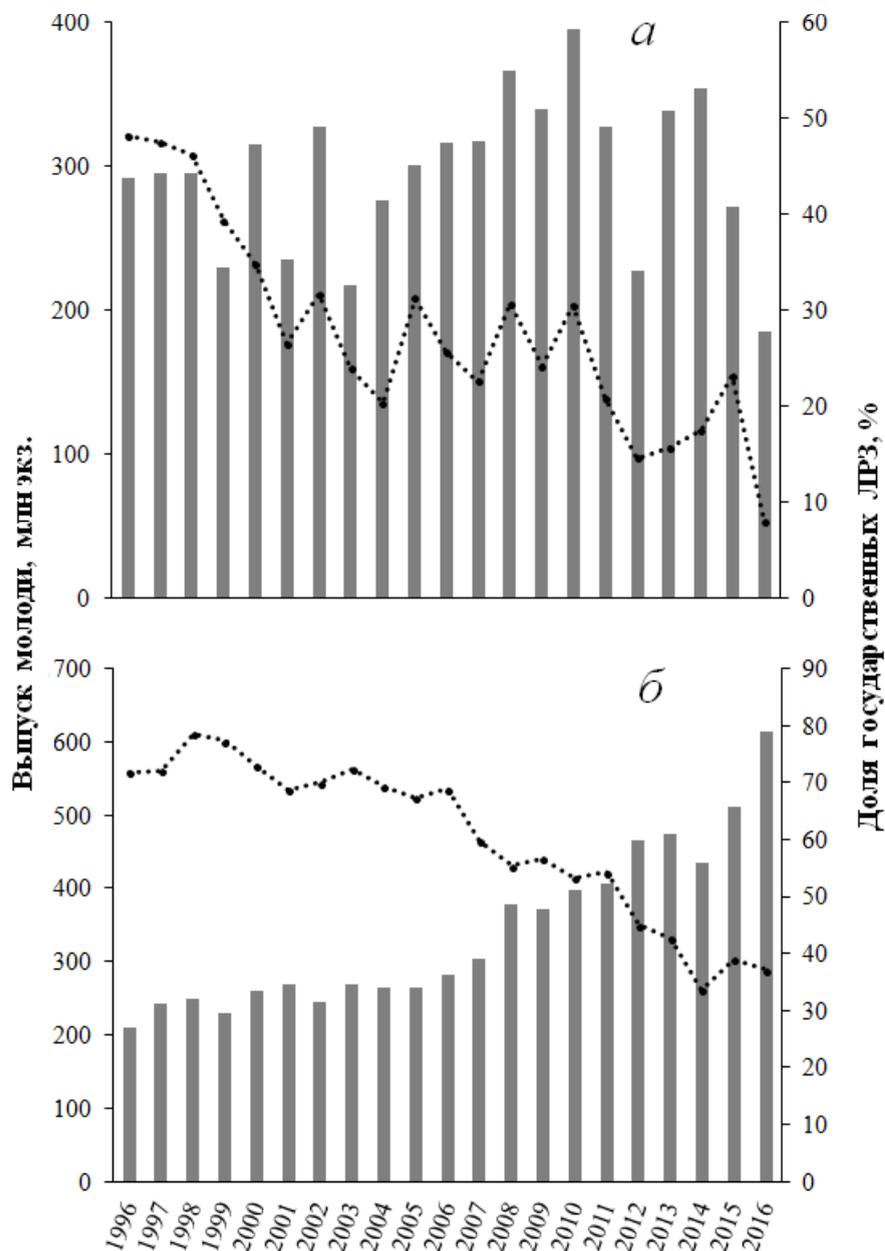
2) выявить единицы запаса кеты и горбуши и создать общедоступную онлайн-базу данных о состоянии стад лососей (в том числе о текущем вылове в каждом районе промысла, закладке икры на каждом ЛРЗ, заполнении нерестилищ и скате, данных биоанализов и пр.),

3) оптимизировать видовой и популяционный состав разводимых лососей и соотношение объемов искусственного и естественного воспроизводства.

## ОСНОВНЫЕ МОМЕНТЫ СТРАТЕГИИ ИСКУССТВЕННОГО РАЗВЕДЕНИЯ ЛОСОСЕЙ

**Рыбохозяйственное районирование.** Стратегия развития искусственного воспроизводства, закрытие неэффективных и строительство новых рыбоводных заводов требуют создания генеральной карты территориального размещения рыбоводных хозяйств с выделением районов, где строительство новых ЛРЗ целесообразно, запрещено или возможно с предосторожным подходом. Предлагалось также создание РХЗЗ — рыбохозяйственных заповедных зон (Спрингмейер и др., 2007; Глубоковский и др., 2010; Каев и др., 2010). На фоне сложившейся в последние годы ситуации с низкими подходами лососевых и разгулом браконьерства без скорейшего решения данного вопроса можно потерять уникальные популяции тихоокеанских лососей в Сахалинской области.

**Рыбоводно-биологическое обоснование (РБО).** Препятствием к по-



**Рис. 2.** Выпуск молоди горбуши (а) и кеты (б) с лососевых рыболовных заводов (ЛРЗ) Сахалинской области в 1996–2016 гг. (■) и доля государственных ЛРЗ (····) в общем выпуске молоди данных видов.

строению эффективно работающей системы искусственного воспроизводства лососей в Сахалинской области в настоящее время является отсутствие законодательно закрепленных норм разработки РБО. Требования к РБО подробно изложены в книге Зиничева с соавторами (2012). В законодательных нормах необходимо указать, что грубейшими нарушениями в деятельности ЛРЗ являются:

- выпуск видов лососевых, не указанных в РБО;
- выпуск большего объема молоди, чем указано в РБО;
- закладка оплодотворенной икры от производителей из иных водоемов, чем базовый водоем, или завоз оплодотворенной икры из другого речного бассейна, если только отдельным пунктом в РБО не указаны

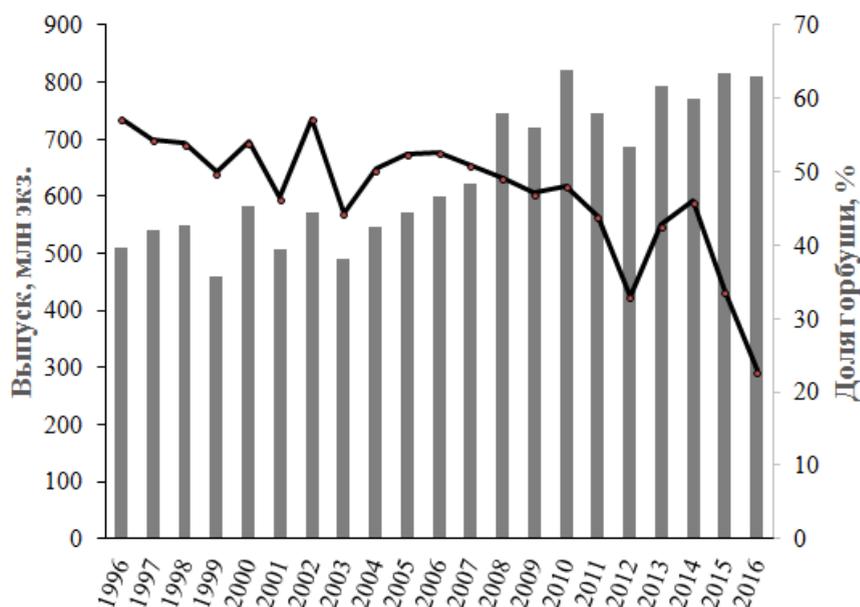


Рис. 3. Выпуск молоди с лососевых рыбоводных заводов Сахалинской области в 1996–2016 гг. (■) и доля горбуши (—) в общем выпуске.

обоснованность, места сбора, объемы и сроки таких перевозок;

— низкий уровень возврата рыбы, не обеспечивающий необходимого объема закладки икры и рентабельность завода.

Эти нарушения снижают эффективность, рентабельность и прогнозируемость деятельности рыбоводного завода и ведут к ухудшению биологического состояния как разводимого стада, так и диких популяций лососевых рыб данного бассейна.

**Оценка эффективности деятельности рыбоводного завода.** Важнейшим показателем успешности работы ЛРЗ является величина возврата заводской рыбы после нагула в море. Для точной оценки коэффициентов возврата необходимо проводить мечение всей выпускаемой в Сахалинской области молоди и организовать учет заводской рыбы на путях миграции и в промысловых уловах (оценки браконьерского изъятия носят экспертный характер, тем не менее их также следует принимать во внимание).

Согласно Временным биотехническим показателям по разведению молоди (личинки) (Приказ Росрыболовства от 19.04.2010 г. № 349), для выпуска 1 млн экз. молоди кеты и горбуши необходи-

мо заложить на инкубацию 1,25 и 1,18 млн икринок соответственно (при выживаемости от заложенной икры до выпуска молоди 80 и 85%). Если принять для расчетов среднюю рабочую плодовитость для кеты и горбуши, равную 2500 и 1200 икринок, то для этого потребуется 1 и 2 тыс. производителей соответственно. С учетом гибели при выдерживании до созревания и выбраковки производителей, не отвечающих рыбоводным требованиям, необходимое количество производителей возрастет еще примерно на 30%. Таким образом, для выпуска с ЛРЗ по 1 млн молоди кеты и горбуши потребуется, соответственно, около 1400 и 2800 производителей. Для получения такого количества производителей коэффициент возврата от выпущенной молоди должен быть не менее 0,14% для кеты и 0,28% — для горбуши, а для приемлемой рентабельности — гораздо больше (см. ниже).

**Маркирование всей выпускаемой молоди — необходимый инструмент оценки эффективности рыбоводного завода.** Для оценки коэффициента возврата наилучшим методом является отолитное маркирование (Akinicheva et al., 1998). Безусловно, необходимо обеспечить отолитное

маркирование всей выпускаемой молодежи каждым ЛРЗ и создать широкую систему отолитного мониторинга по идентификации происхождения рыбы в речных и прибрежных уловах. На его основе следует разработать общую методику оценки возврата и соответствующую оценку эффективности деятельности каждого рыболовного завода Сахалинской области.

На основе мониторинга маркированной рыбы необходимо выявить проблемные ЛРЗ и возможности их усовершенствования, перепрофилирования или закрытия. Разводить определенный вид тихоокеанских лососей следует только на рыболовных заводах с доказанной эффективностью выпуска этого вида, а неэффективные ЛРЗ закрывать. В частности, неэффективные горбушевые ЛРЗ Сахалинской области следует переводить на разведение более ценной летней кеты р. Поронай при наличии соответствующего РБО с дальнейшей оценкой эффективности ее разведения. Возможность разведения летней кеты на горбушевых заводах с низкими температурами воды показана экспериментально (Лапшина и др., 2015; Лапшина, 2017). Также следует провести строгие научные исследования и разработать практические рекомендации по разведению осенней кеты на горбушевых ЛРЗ.

**Рентабельность рыболовного завода.** Для оценки деятельности ЛРЗ с экономической точки зрения (рентабельность) необходимо сделать прозрачными и доступными следующие параметры:

- количество выпускаемой молодежи и ее видовой состав;
- затраты на содержание ЛРЗ;
- коэффициенты возврата;
- стоимость возврата.

При оценке рентабельности ЛРЗ необходимо также учитывать затраты на промысел. Так, установка и обслуживание ставного невода на время путины стоят около 3 млн рублей. Если у владельца ЛРЗ есть перерабатывающие мощности, то нужно учитывать стоимость разделки рыбы. Поскольку оптовые цены указываются на потроше-

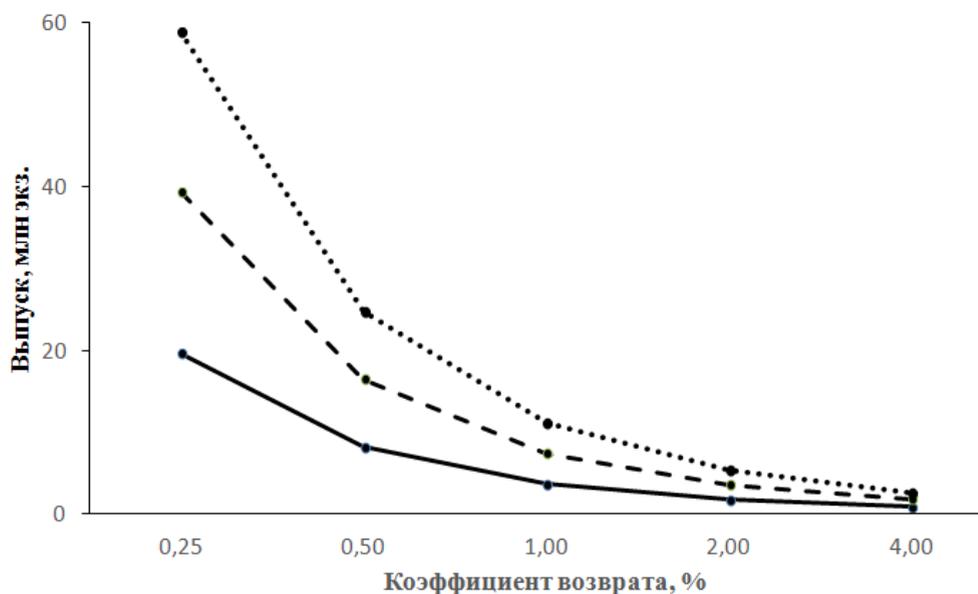
ную рыбу, то для оценки стоимости целой рыбы применяются коэффициенты.

Как модельный пример мы рассчитали взаимосвязь между затратами на содержание ЛРЗ, объемом выпуска и коэффициентом возврата, взяв для оценочных расчетов цены в 2016 г. Средний выход разделанной рыбы принимали: для горбуши — 85%, для кеты — 85,5–86,0%. Так как выход икры варьирует в зависимости от вида рыбы, региона и места лова, то в расчетах в среднем принимали величину 5% от общей массы самцов и самок в уловах и цену 1200 руб/кг. На основании вышеизложенного рассчитывается стоимость рыбы на промысле. Затем оценивается, сколько нужно поймать рыбы, чтобы оправдать затраты на содержание ЛРЗ. В конкретных расчетах необходимо учитывать затраты на промысел, хранение, переработку и т.д., а также количество производителей, необходимое для закладки определенного количества икры. На рис. 4 приведены графики, на которых показана связь между объемом выпуска молодежи кеты и коэффициентами возврата, при которой достигается нулевая рентабельность при различных затратах на содержание ЛРЗ.

Так, например, при коэффициенте возврата 0,5% и затратах на содержание ЛРЗ в 20 млн руб. в год необходимо выпускать не менее 8,2 млн экз. молодежи кеты. Естественно, что данные расчеты носят модельный характер, так как в зависимости от разводимого вида лососей на разных ЛРЗ и в разные годы оценка рентабельности может существенно изменяться. Однако в перспективе на основании предлагаемого подхода и при наличии необходимой информации можно оценивать экономическую эффективность деятельности каждого ЛРЗ.

## РИСКИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

При оценке деятельности каждого ЛРЗ необходимо учитывать и оценивать как



**Рис. 4.** Зависимость объема выпуска молоди кеты от коэффициента возврата, при котором достигается нулевая рентабельность, при различных затратах на содержание лососевого рыбного завода: (—) — 20, (---) — 40, (· · ·) — 60 млн руб.

негативные, так и позитивные стороны работы ЛРЗ. Одним из возможных рисков является выпуск чрезмерно большого количества заводской молоди, что может привести к вытеснению дикой молоди с местообитаний, превышению приемной емкости в реке или побережье, конкуренции за пищу и в итоге к снижению выживаемости искусственной и естественной молоди.

Тем не менее есть много примеров, когда выпуск большого количества молоди горбуши и кеты не приводил к негативному влиянию на объемы возврата. Наиболее яркий пример — воспроизводство горбуши в проливе Принца Уильяма на Аляске, где выпуск искусственной молоди горбуши в 2010—2016 гг. варьировал от 600 до 673 млн экз., а общий выпуск всех видов лососевых (горбуши, кеты, нерки, чавычи, кижуча) достигал 860 млн экз. И это — результат деятельности всего только шести рыбных хозяйств, причем одно из них — Solomon Gulch — ежегодно выпускало более 200 млн молоди горбуши. При этом уловы лососевых в данном регионе резко возросли и превысили исторический максимум. Одновременно здесь наблюдался рост численности от

естественного нереста: даже при большом количестве заводских рыб в уловах, превышавшим в пять—шесть раз количество диких особей, промысел смешанных популяций не приводил к перелову диких группировок лососей. В 2015 г. возврат заводской горбуши составил 72 млн экз., а коэффициенты возврата варьировали за эти годы от 2 до 6%.

Этот пример показывает большие экономические выгоды от крупномасштабного заводского воспроизводства горбуши, а также отсутствие влияния заводского воспроизводства на дикие популяции. Еще одним примером успешного заводского воспроизводства является о. Итуруп. Сейчас там действуют 12 ЛРЗ, а общий выпуск молоди кеты и горбуши в 2016 г. превысил 300 млн экз. Проведенные нами анализ структуры чешуи и обратное расчисление роста показали, что скорости роста не различались в первый год жизни у кеты в периоды низкой численности заводских стад и в периоды их высокой численности. Это доказывает, что при данных объемах выпуска условия нагула здесь в ранний морской период не лимитируют рост молоди. Однако нельзя забывать о возможности плот-

ностно-зависимого роста, и поэтому при дальнейшем наращивании выпуска кеты и горбуши на Итурупе необходимо контролировать состояние молоди в прибрежье.

**Риски селективного разведения.** Одним из негативных последствий деятельности ЛРЗ является селективное воспроизводство, вызванное как селективным промыслом, так и селективностью самого рыбоводного процесса. Действительно, в самом начале нерестового хода промыслом изымаются практически все производители. Вследствие этого из рыбоводного процесса исключаются рыбы самых ранних сроков нереста, что фактически оборачивается интенсивным искусственным отбором против ранней рыбы. Это может привести к изменению временной динамики нерестового хода в последующих поколениях, поскольку сроки возврата лососей наследственно обусловлены (Smoker et al., 1998; McGregor et al., 1999; Sato et al., 2000), и даже отрицательно сказаться на товарном качестве рыбы (Животовский и др., 2010). Более того, закладка икры на инкубацию проводится обычно лишь при массовом подходе зрелых производителей, так как чем меньше времени рыба выдерживается в ловушках до созревания, тем удобнее работать рыбоведам, тем более что на некоторых ЛРЗ отсутствуют возможности для длительной передержки производителей. Такая организация рыбозаводного процесса также преобразует стадо, вводя искусственный отбор как против ранней рыбы, так и на наследственное закрепление в стаде быстро созревающих производителей.

Не менее вредное влияние селективного разведения не только на заводское стадо, но и на естественные популяции лососевых в базовых реках рыбозаводных заводов может оказать противоположная ситуация — когда рыбозаводный процесс заканчивается в начале-середине рунного хода. Такое происходит тогда, когда к ЛРЗ подходит большое количество рыбы в ограниченный отрезок времени. Заложка икры от производителей начала массового хода в сжатые сроки также может привести к изменению возрастной

структуры и соотношения полов в популяции, поскольку в начале хода преобладают крупные самцы старших возрастных групп. Селективность промысла в отношении размеров рыб, особенно браконьерского вылова, когда промыслом изымаются наиболее крупные особи или преимущественно самки, также ведет к измельчанию популяции и нарушению половой структуры.

**Риски неконтролируемого пропуска рыбы в базовые реки.** Свободный пропуск рыбы в реки чреват экономическими и экологическими рисками. Пропуск рыбы в чрезмерном количестве — намного больше, чем требуется для искусственного воспроизводства и полноценного заполнения нерестилищ, — ведет к потере товарной продукции, вместо того чтобы ей попасть на рынок. Это экономический риск. Экологические риски возникают из-за возможности массовых заморов и гибели инкубируемой икры как на нерестилищах, так и на ЛРЗ, если туда попадет речная вода с разлагающимися тканями рыб. Общеизвестный пример тому — экологическая катастрофа на Западной Камчатке в 1983 г., когда неожиданный заход в реки огромного количества горбуши привел к замору такой силы, что выжила только ничтожная доля икры на нерестилищах. Как результат, в течение многих лет поколения нечетных лет горбуши Западной Камчатки практически не имели промыслового значения, лишь недавно численность западнокамчатского стада горбуши стала восстанавливаться (Бугаев, Шевляков, 2008).

В последние годы была поднята проблема постановки или снятия рыбоучетных заграждений (РУЗов) в устьях базовых рек. Аналогично вышесказанному, при чрезмерных подходах рыбы полный запрет промыслового изъятия на РУЗах может привести к отрицательному воздействию на естественные популяции — вплоть до их полного угнетения в годы высокой численности, а также к снижению экономической составляющей путины. К тому же рыба, выловленная на самих забойках ЛРЗ, существенно хуже по качеству выловленной на РУЗах. Поэтому

полный запрет РУЗов не снимает проблемы. Хищническое использование РУЗов рыболовными компаниями и неисполнение своих прямых функций государственными органами, которым надлежит контролировать работу РУЗов, — это и есть основная проблема. Решение этой проблемы — надлежащий контроль пропуски рыбы в реки.

**Риски чрезмерного промысла.**

Очевидно, что если не будет контроля за промыслом, то в путину будет выловлена вся пошедшая рыба. Путина 2017 г. на Сахалине, когда практически вся рыба изымалась промыслом, несмотря на очень низкую численность подходов горбуши и кеты к Южному Сахалину, являет собой очередной пример хищничества. Как итог, нерестилища рек южной части о. Сахалин оказались малозаполненными, возобновились перевозки икры из ЛРЗ других районов Сахалинской области, в том числе с рыбоводных заводов о. Итуруп. В результате не хватило рыбы даже медведям, и на о. Сахалин были отмечены случаи гибели людей от голодного зверя. Если подобное будет повторяться впредь, то Сахалин ожидает печальное будущее — без своего лосося.

**Риски разведения видов с длительным пресноводным периодом.** Выпуск в Сахалинской области сеголеток лососевых с длительным пресноводным периодом жизни может привести к серьезным экологическим и экономическим рискам. Молодь, выпущенная при массе ниже порогового размера смолта, не мигрирует в море в год выпуска, а остается для нагула в пресной воде еще на один—два года. (Отметим, что пороговый размер смолта равен: для кижуча — 15—20 г, для нерки — 4 г, для чавычи — 7 г.) Тем самым выпуск сеголеток привносит большие проблемы. Во-первых, смертность молоди от хищников сразу после выпуска и во время зимовки в пресной воде очень высокая. Во-вторых, нагульные площади в пресноводных водоемах ограничены, поэтому наращивать выпуск сеголеток нереально. В-третьих, выпущенные сеголетки занимают те же станции, что и дикая молодь, а спектр питания у них сходный, так что возникает

негативная конкуренция как за корм, так и за пространство. Более того, после одного—двух лет нагула в пресной воде молодь кижуча становится хищником по отношению к молоди кеты и горбуши. Именно хищничеством молоди кижуча по отношению к заводской молоди кеты было обусловлено прекращение выпуска сеголеток кижуча с Охотского ЛРЗ (Юго-Восточный Сахалин).

В настоящее время в Сахалинской области молодь кижуча массой около 1,5 г выпускают только Адо-Тымовский и Буюкловский ЛРЗ. Поскольку промысловый возврат от выпуска сеголеток невысокий, то деятельность этих заводов можно рассматривать лишь как природоохранную, предотвращающую полное исчезновение данного вида в реках Тымь и Поронай. Получить смолта-сеголетку реально только для нерки и чавычи, что возможно на дорогостоящих ЛРЗ с подогревом воды или на заводах с замкнутым водоснабжением.

**Другие риски.** Имеются и другие ошибки в управлении рыбоводным процессом с существенным негативным влиянием на эффективность деятельности ЛРЗ:

— перевозки оплодотворенной икры между стадами, принадлежащими разным единицам запаса (см. ниже); это приводит к аутбридингу, нарушению генетической структуры нативных стад и к низким возвратам лососей;

— выпуск молоди с ЛРЗ в сроки, когда температурные условия в прибрежье не оптимальны; при этом практически отсутствуют исследования раннего морского периода жизни лососей;

— неадекватные условия выращивания на ЛРЗ; например, низкая температура воды в зимний период при подращивании молоди осенней кеты приводит к высоким отходам и низкому качеству выпускаемой молоди.

**ИСКУССТВЕННОЕ РАЗВЕДЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ**

Несомненно, искусственное воспроизводство важно при создании стад в местах,

где этот вид отсутствовал, и при восстановлении подорванных популяций тихоокеанских лососей. Поэтому на общий вопрос «Важны ли для Сахалинской области лососевые рыболовные заводы?» есть только один общий ответ: «Да, важны». Но *важны только те ЛРЗ, что работают эффективно*, обеспечивая требуемый уровень численности качественной рыбы, и при этом не влияют разрушительно на природные популяции разводимого вида и других видов гидробионтов, с которыми у них может возникнуть конкуренция. *Сохранение биоразнообразия должно быть положено в основу искусственного воспроизводства тихоокеанских лососей* (Зиничев и др., 2010), что в свою очередь связано с необходимостью рыбохозяйственного зонирования бассейнов рек Сахалинской области (Глубоковский и др., 2010; Каев и др., 2010). Сохранение биоразнообразия включает в себя сохранение: 1) видового разнообразия, 2) внутривидовых форм, 3) диких популяций.

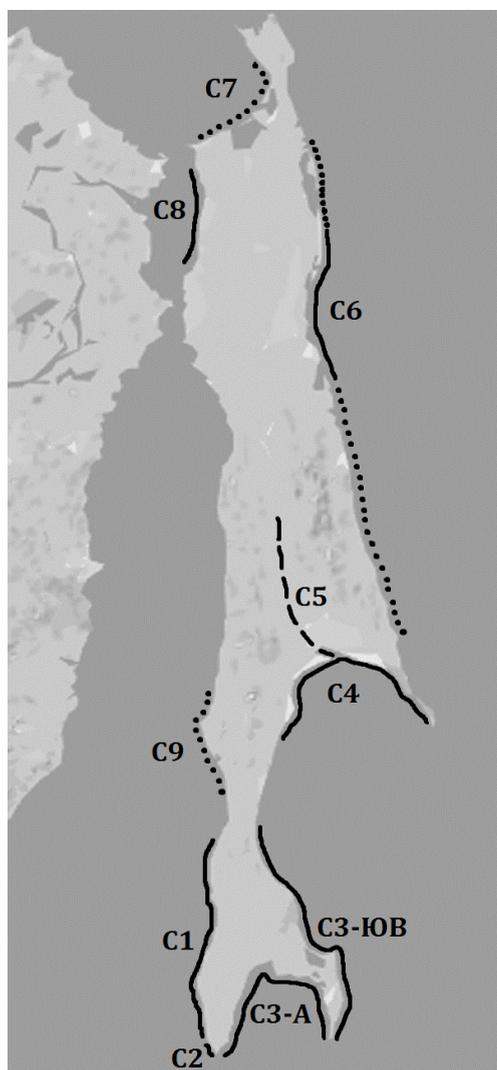
**Сохранение видового разнообразия.** Критерий устойчивого развития биоресурсов за счет искусственного воспроизводства — это одновременное достижение двух основных целей: *увеличения численности разводимых промысловых видов и сохранения биоразнообразия*. Эти цели взаимно несовместимы, ибо искусственное воспроизводство лососевых в Сахалинской области сейчас ориентировано только на разведение кеты и горбуши в массовом количестве и не учитывает того, что в речных экосистемах существуют другие виды со своими биологическими требованиями, хотя эти виды важны для промысла (сима), спортивного рыболовства (сахалинский таймень) и охоты (медведь) и несут большой социальный и экономический потенциал. Поэтому устойчивое воспроизводство тихоокеанских лососей требует экосистемного подхода, в котором важен компромисс между разведением массовых промысловых видов и поддержанием малочисленных видов (Зиничев и др., 2010). Необходимо научно обоснованное планирование видовой специализации, территориаль-

ного размещения и мощностей новых ЛРЗ, а также объективная оценка эффективности существующих рыболовных заводов — без этого строительство новых рыболовных заводов и внезаводских хозяйств неприемлемо.

**Сохранение внутривидового разнообразия.** Биоразнообразие — это не только наличие разных видов растений и животных. В любом регионе каждый вид представлен своими уникальными популяциями, приспособленными к своей среде обитания, своим географическим и климатическим особенностям. Вследствие этого вид не однороден, а состоит из популяционных группировок — рас, экологических форм. Поэтому сохранение биоразнообразия означает также и сохранение природных популяций, а в контексте обсуждаемой проблемы — сохранение нерестовых единиц запаса, из которых складывается суммарный запас данного вида (Зиничев и др., 2010).

В деле сохранения биологического разнообразия важно поддерживать различные уникальные экотипы, формы и популяции лососей. Они важны для самого искусственного воспроизводства, ибо являются генетически и экологически уникальными и могут служить в качестве генетических резерватов, в том числе для создания и пополнения новых локальных заводских стад. У кеты Сахалинской области к ним можно отнести летнюю кету р. Поронай, озерную кету Южных Курил (о-вов Итуруп и Кунашир), уникальные популяции кеты некоторых водоемов, таких как р. Рыбацкая на о. Итуруп, и рек южной части Юго-Западного Сахалина (рис. 5, С2).

**Сохранение диких популяций лососевых рыб.** При заводском разведении лосось защищен от многих негативных внешних воздействий на ранних этапах развития и роста, что позволяет выпускать большие объемы молоди. В то же время сейчас ширится взгляд на природную продукцию как более качественную и полезную для человека по сравнению с искусственно произведенной рыбой. Однако в воспроизводстве дикого лосося можно отметить критические момен-



**Рис. 5.** Нерестовые единицы запаса кеты о. Сахалин (по: Животовский, 2016): С1 — кета юго-западного Сахалина, представленная в основном заводскими стадами; С2 — природные популяции, не имеющие особого промыслового значения, но являющиеся уникальной частью биоразнообразия кеты; С3 — южная охотоморская кета Сахалина, включающая стада зал. Анива (С3-А) и Юго-Восточного Сахалина (С3-ЮВ); С4 — осенняя кета р. Поронай и соседних рек; С5 — кета летней расы р. Поронай (все остальные единицы запаса о. Сахалин и Южных Курил относятся к осенней расе этого вида); С6 — кета Северо-Восточного Сахалина; С7 — кета Сахалинского залива (р. Большая и др.); С8 — кета Амурского лимана (р. Лангры и др.); С9 — кета Западного Сахалина; (—) — примерный район устьев рек, кета которых входит в одну нерестовую единицу запаса; (···) — предположительное отнесение кеты этого района к одной единице запаса.

ты. Наиболее уязвимое место в жизненном цикле дикого лосося — воспроизводство на нерестилищах, где наблюдается большая гибель производителей как от крупных хищников и браконьеров, так и икры и личинок из-за паводков и промерзания. Агрессивное вмешательство человека в дикую природу — вырубка лесов в зоне водосбора, добыча ископаемых, загрязнение воды — также приводит к сокращению лососевых нерестовых площадей, ухудшению их качества, падению численности дикого лосося. Остановить этот негативный процесс может только охрана существующих диких популяций, поддержание нерестилищ. Для этого необходим комплекс законодательных актов и проводимых в жизнь мер, направленных на охрану и сохранение водоемов, приостановку вырубки лесов в районах водосбора лососевых рек, обуздание браконьерства, введение в цивилизованные рамки любительского рыболовства. Далее, пастбищное воспроизводство также может подавить дикие популяции лососей при массовом выпуске заводской рыбы в природную среду обитания дикого лосося вследствие возможного отрицательного взаимодействия между ними (Зиничев и др., 2010). Значит, увеличивать число и мощность рыбоводных заводов следует до разумных пределов — с учетом мощности подходов лосося к конкретным районам воспроизводства, популяционной структуры вида, кормовой базы побережья, качества получаемой продукции, взаимодействия заводского и дикого лососей, селективного воспроизводства и пр.

Важность поддержания естественных стад тихоокеанских лососей не означает негативного отношения к искусственному воспроизводству (говоря о Сахалинской области, мы в первую очередь должны иметь в виду пастбищное воспроизводство кеты и горбуши как наиболее массовых видов в этом регионе). Но надо отдавать себе отчет в том, что пастбищное воспроизводство означает выпуск молоди в среду обитания природного лосося. А значит, одним из необходимых требований к работе существующих и планируемых рыбоводных заводов является ми-

нимизация влияния выпускаемого лосося на существующие природные группировки лососей. Это достигается, в частности, размещением новых ЛРЗ в небольших водоемах или в притоках крупных рек, где отсутствуют нерестилища видов, с которыми у заводской рыбы возможна конкуренция.

Сохранение диких популяций важно не только с позиций общей природоохранной концепции. Оно необходимо для долгосрочной стратегии воспроизводства лососевых рыб, в том числе их искусственного воспроизводства. Дело в том, что выживаемость лососей и коэффициенты их возврата определяются во многом нам неизвестными и неконтролируемыми условиями среды в местах морского нагула. Тем не менее, экспериментально уже давно показано, что наличие генетически различных рыб с различными врожденными требованиями и различной устойчивостью к непредсказуемо меняющимся из года в год условиям морской среды обеспечивает устойчивость генофондов стад (Seiger et al., 1997). Именно генофонды естественных (диких) популяций всегда будут служить основой улучшения и поддержания имеющихся заводских стад и создания новых искусственно воспроизводимых стад лососей, адаптированных к меняющимся условиям среды. Так что сохранение природных популяций лососей — это экономически выгодно в долгосрочной перспективе и потому требует весомой государственной поддержки.

### ЕДИНИЦЫ ЗАПАСА ЛОСОСЕЙ

Для искусственного разведения тихоокеанских лососей, их промысла и охраны наряду с рыбохозяйственным районированием необходимо выделить *единицы запаса* данного вида. Основное требование к каждой из единиц запаса — это ее популяционная независимость от других единиц запаса данного вида. Это означает, что стратегия воспроизводства, промысла и охраны *разрабатывается для каждой единицы запаса отдельно*.

Единица запаса вида — это группировка особей данного вида, состоящая из

одной или нескольких соседних популяций, объединенных:

- общими условиями среды обитания;
- сходными биологическими признаками;

— единым планом управления (воспроизводства, промысла, охраны) (Животовский, 2016, 2017).

Для тихоокеанских лососей можно говорить о *нерестовой единице запаса*, в которую входят нерестовые популяции соседствующих водоемов, имеющих сходные экологические особенности и генетически близкие друг другу вследствие генных потоков между ними. Тем самым нерестовая единица запаса очерчивается географическими границами, что удобно для практических целей реализации стратегии управления запасами. Например, у кеты, нерестящейся в реках Сахалинской области, мы предварительно выделили 13 нерестовых единиц запаса (Животовский, 2016): девять на о. Сахалин (рис. 5) и четыре на Южных Курилах — речную и озерную формы о-вов Итуруп и Кунашир. Эти нерестовые единицы запаса согласуются с ранее выделенными подразделениями кеты Сахалинской области (Двинин, 1959; Иванов, 1968, 1972; Каев, 2001, 2003; Гриценко, 2002). Нерестовые единицы запаса тихоокеанских лососей отличаются друг от друга по экологическим характеристикам, условиям среды на ранних стадиях развития, генетическим параметрам. Необоснованное смешивание популяций из разных единиц запаса может вести к деградации наследственных свойств популяций. Поэтому следует запретить межбассейновые перевозки между стадами из разных единиц запаса за исключением случаев формирования новых искусственных популяций уникальных экологических форм, если они отсутствуют в данном водоеме, при наличии строгого рыбоводно-биологического обоснования и на определенный срок. Перевозки оплодотворенной икры, молоди или производителей из одного водоема в другой, где данный вид или разводимая экологическая форма присутствует, разрешаются только в пределах одной единицы запаса.

Для однозначного выделения единиц запаса основных видов тихоокеанских лососей Сахалинской области необходимо провести их детальную паспортизацию, т. е. собрать гидрологические и биологические данные о всех нерестовых реках и всех популяциях — как заводских, так и диких. Объектами паспортизации должны стать как промысловые виды лососевых, так и редкие и исчезающие виды, подлежащие охране. Помимо данных о состоянии бассейна воспроизводства, численности, вылове, заполнении нерестилищ, плотности молоди в прибрежье и пр., каждая популяция обязательно должна описываться размерно-весовыми признаками, показателями плодовитости и упитанности и т.п., а также ее генетическим паспортом, основанным на ДНК-маркерах. Подчеркнем, что необходимым элементом такой паспортизации является отолитное маркирование заводской молоди с последующим широким мониторингом метки.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ

Анализируя доступные данные по искусственному воспроизводству тихоокеанских лососей в России и других странах, мы заключаем, что нет непреодолимых проблем в наращивании выпуска молоди лососей в Сахалинской области. При этом мы сталкиваемся с дилеммой: идти ли по пути Японии, наращивая количество малых рыболовных заводов до нескольких сотен, или учитывать опыт Аляски, где в настоящее время функционируют всего 24 рыболовных хозяйства, но каждый — большой мощности, некоторые до 150–200 млн экз. выпускаемой молоди.

Учитывая небольшие размеры нерестовых рек Сахалинской области, мы рекомендуем строительство здесь в основном небольших рыболовных заводов, выпускающих до 15–25 млн экз. молоди кеты или

горбуши. Деятельность каждого рыболовного завода обязана строго следовать своему РБО и ежегодно проходить контроль на эффективность. При этом все существующие заводы (вне зависимости от формы собственности) — как большой, так и малой мощности — тоже должны быть встроены в общую систему ЛРЗ при условии их эффективности и рентабельности.

Масштабы расширенного искусственного воспроизводства кеты и горбуши в Сахалинской области должны в обязательном порядке соответствовать оценкам состояния кормовой базы в прибрежье во время ската молоди — как основному фактору, формирующему численности этих видов.

Для адекватной оценки эффективности и рентабельности ЛРЗ Сахалинской области необходимо получение достаточной для анализа информации. Для уточнения коэффициентов возврата необходимо маркировать всю выпускаемую молодь на всех рыболовных заводах области с широкомасштабным мониторингом метки на путях миграции рыб и в промысловых уловах. Рекомендовать территориальным управлениям Росрыболовства:

- запрашивать в обязательном порядке у владельцев частных ЛРЗ данные по коэффициентам возврата и затратам на содержание заводов;
- добиваться повышения коэффициентов промыслового возврата;
- строго соблюдать рекомендованные наукой сроки выпуска молоди с ЛРЗ;
- рекомендовать ЛРЗ повышать массу выпускаемой молоди согласно научным рекомендациям;
- отказаться от практики заполнения всех производственных мощностей при нехватке производителей;
- запретить заготовку производителей для закладки икры на ЛРЗ с естественных нерестилищ; в противном случае такая заготовка способна подорвать природные популяции при фиксированном объеме выпуска рыб на нерестилища;
- рекомендовать строительство небольших по мощности ЛРЗ в районах с не-

благоприятными для естественного воспроизводства условиями;

— поддержать развитие внезаводских малозатратных методов воспроизводства;

— рекомендовать закрытие ЛРЗ, для которых коэффициенты возврата остаются ниже 0,14% для кеты и 0,28% для горбуши по данным о возвратах рыбы как минимум от трех выпусков для кеты и каждой из линий горбуши;

— разработать статус и порядок функционирования ЛРЗ экологической направленности, целью строительства и деятельности которых будет являться восстановление численности популяции какого-либо вида тихоокеанских лососей, находящейся под угрозой исчезновения вследствие антропогенного воздействия.

## ВЫВОДЫ

### **1. Следует знать «в лицо» каждый нерестовый водоем Сахалинской области.**

*По производителям:* вылов каждого вида тихоокеанских лососей, пропуск на нерестилища, состав уловов в реках и прибрежных уловах, численность, репродуктивные и размерно-возрастные характеристики производителей и пр.

*По молоди:* закладка икры и выпуск молоди каждого вида с каждого ЛРЗ, происхождение и характеристики производителей, стадии развития молоди при выпуске, сроки выпуска, коэффициенты возврата, скат дикой молоди и т.п.

*По раннему морскому периоду:* условия нагула молоди в ранний морской период жизни в прибрежье.

Необходимо создать общедоступные онлайн-базы данных, содержащие указанные сведения по тихоокеанским лососям Сахалинской области.

### **2. Выделить единицы запаса каждого вида тихоокеанских лососей и запретить перевозки в Сахалинской области.**

Выделить нерестовые единицы запаса каждого из видов тихоокеанских лососей.

Запретить межбассейновые перевозки икры, в том числе сбор икры от произво-

дителей из рек, которые не являются базовыми водоемами ЛРЗ.

При необходимости поддержания заводского стада перевозки разрешаются только между группировками, входящими в одну нерестовую единицу запаса данного вида лососевых.

Зарыбление водоема отсутствующим там видом или экоформой лосося из донорской популяции другой нерестовой единицы допускается только при наличии строгого РБО и на определенное время.

### **3. Проводить широкую идентификацию заводских и диких популяций тихоокеанских лососей Сахалинской области на основе отолитного маркирования и ДНК-маркеров.**

Для оценки эффективности работы ЛРЗ разработать общую методику оценки возврата, обеспечить ежегодное отолитное маркирование всей выпускаемой молоди каждым ЛРЗ и создать на его основе широкую систему мониторинга по идентификации происхождения рыбы в речных и прибрежных уловах.

Осуществлять регулярный генетический мониторинг заводских и диких популяций с целью ДНК-идентификации рыб естественного происхождения.

### **4. Оценивать эффективность деятельности каждого лососевого рыбозавода Сахалинской области.**

Разработать и утвердить положение о РБО на строительство ЛРЗ. Необходимо внести соответствующее дополнение в Закон об аквакультуре.

Проводить работы по оценке приемной емкости в прибрежных районах нагула молоди, где формируется основная численность стад кеты и горбуши. Предусмотреть бюджетное финансирование этих работ.

Выявлять неэффективные ЛРЗ и возможность их усовершенствования, репрофилирования или закрытия.

Разводить горбушу только на ЛРЗ с доказанной эффективностью.

Закрывать неэффективные ЛРЗ о. Сахалин и по возможности переводить их

на разведение поронайской летней кеты при наличии РБО и дальнейшей оценки эффективности.

Не выпускать молодь лососевых с длительным пресноводным периодом жизни, не достигшей стадии смолтификации.

### 5. Сохранять дикие популяции тихоокеанских лососей Сахалинской области.

Восстанавливать естественное воспроизводство горбуши.

Поддерживать уникальные дикие популяции кеты как генетические резерваты, в том числе для пополнения локальных заводских стад:

- а) летнюю кету р. Поронай (о. Сахалин),
- б) озерную кету о-вов Итуруп и Кунашир,

в) генетически уникальные стада малых рек (например, южной части Юго-Запада Сахалина, р. Рыбацкая на о. Итуруп).

Организовать охрану, воспроизводство и мониторинг редких видов тихоокеанских лососей Сахалинской области: симы, кижуча, нерки о-вов Итуруп и Уруп.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа частично выполнена по Госзаданию №А18-118012490139-7 (Программа Президиума РАН № 41 «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России») и при поддержке РФФИ (проекты № 15-29-02421 и 18-016-00033).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев А.В., Шевляков Е.А. Флюктуации численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* западного и восточного побережий Камчатки на рубеже XX и XXI веков // Бюл. № 3 реализации «Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». 2008. С. 63–74.

Глубоковский М.К., Павлов Д.С., Леман В.Н. и др. Методические рекомендации по организации рыбохозяйственных заповедных зон на примере лососевых рыб Дальнего Востока России // Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Даль-

нем Востоке России. М.: Изд-во ВНИРО, 2010. С. 98–123.

Гриценко О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин. Систематика, экология, промысел. М.: Изд-во ВНИРО, 2002. 248 с.

Двинин П.А. Лососи Сахалина и Курил. М.: Главгосинспекция по охране рыб. запасов и регулированию рыболовства при СМ СССР, 1959. 37 с.

Животовский Л.А. Провизорное районирование единиц запаса кеты Дальнего Востока России // Бюл. №11 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. 2016. С. 193–198.

Животовский Л.А. Две ветви исследований популяционной структуры вида — экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. 2017. Т. 53. С. 1244–1253.

Животовский Л.А., Федорова Л.К., Шитова М.В. и др. Изменчивость цвета мяса у производителей заводской кеты о. Итуруп // Вопр. рыболовства. 2010. Т. 11. №2. С. 313–326.

Зиничев В.В., Леман В.Н., Животовский Л.А., Ставенко Г.А. Теория и практика сохранения биоразнообразия при разведении тихоокеанских лососей. М.: Изд-во ВНИРО, 2010. 238 с.

Иванков В.Н. Тихоокеанские лососи острова Итуруп // Изв. ТИНРО. 1968. Т. 65. С. 49–74.

Иванков В.Н. Особенности экологии и структура популяций осенней кеты различных районов Сахалина // Уч. зап. ДВГУ. 1972. Вып. 60. Фауна и рыбохозяйственное значение прибрежных вод северо-западной части Тихого океана. С. 27–35.

Каев А.М. Распространение осенней кеты в связи с особенностями водоносных комплексов Сахалина и Курильских островов // Чт. памяти В.Я. Леванидова. 2001. Вып. 1. С. 344–349.

Каев А.М. Особенности воспроизводства кеты *Oncorhynchus keta* в связи с ее размерно-возрастной структурой. Южно-Сахалинск: СахНИРО, 2003. 288 с.

Каев А.М., Сафронов С.Н., Никитин В.Д. и др. Подходы к созданию лосо-

севых рыбохозяйственных заповедных зон в Сахалинской области // Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России. М.: Изд-во ВНИРО, 2010. С. 51–59.

Лапина А.Е. Летняя раса кеты (*Oncorhynchus keta*) острова Сахалин: биологические особенности и возможности заводского разведения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ВНИРО, 2017. 23 с.

Лапина А.Е., Самарский В.Г., Животовский Л.А. Летняя кета Сахалина: происхождение, биологические особенности, перспективы использования // Уч. зап. СахГУ. 2015. Вып. XI/XII. С. 77–81.

Спрингмейер Д., Пинский М.Л., Портлин Н.М. и др. Ранжирование сахалинских речных бассейнов для сохранения лососевых // Тр. СахНИРО. 2007. Т. 9. С. 264–294.

Akinicheva E., Rogatnykh A., Saffronenkov B. Mass marking of salmon and

identification of hatchery fish in mixed stocks // NPAFC Doc. 379. 1998. 8 p.

Geiger H.J., Smoker W.W., Zhi-votovskiy L.A. et al. Variability of family size and marine survival in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) has implications for conservation biology and human use // Can. J. Fish. Aquatic Sci. 1997. V. 54. P. 2684–2690.

McGregor A.J., Lane S., Thomason M.A. et al. Migration timing, a life history trait important in the genetic structure of pink salmon // Nat. Pac. Anadr. Fish. Comm. Bull. 1998. №1. P. 262–273.

Sato H., Amagaya A., Ube M. et al. Manipulating the timing of a chum salmon (*Oncorhynchus keta*) run using preserved sperm // NPAFC Bull. 2000. №2. P. 353–357.

Smoker W.W., Gharrett A.J., Stekoll M.S. Genetic variation in return date in a population of pink salmon: A consequence of fluctuating environment and dispersive selection in Alaska // Fish. Res. Bull. 1998. V. 5. P. 46–54.

## A STRATEGY OF REPRODUCTION OF PACIFIC SALMON IN THE SAKHALIN DISTRICT

© 2018 г. Л.А. Zhivotovsky<sup>1,2</sup>, В.Р. Smirnov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, 107140

<sup>2</sup>N.I. Vavilov Institute of General Genetics RAS, Moscow, 119991

In the face of increasing anthropogenic pressures on salmon ecosystems of the Sakhalin region, artificial reproduction is the first that can maintain salmon stocks at the appropriate level, as well as increase their production. However, there is no any program of artificial reproduction of Pacific salmon in Sakhalin region and, virtually, no reliable and easily accessible database on the hatcheries and wild salmon populations. To create them it is required: evaluating the effectiveness of the existing hatcheries; identifying the management units of chum and pink salmon and other species and developing an online database on Pacific salmon stocks (including current catches in each fishing area, incubated eggs in each hatchery, escapements, bioanalyses, etc.); optimizing the species' and populations' composition of farmed salmon and the proportion of artificial and natural reproductions. To solve these problems it is required to: characterize all salmonid species in each river of the Sakhalin region; allocate each stock unit and prohibit the transfer of fertilized eggs; perform extensive identification of hatchery and wild Pacific salmon populations from Sakhalin region using otolith marking and DNA markers; assess the effectiveness of each hatchery in Sakhalin region, closing or restructure inefficient ones; demand strictly that the hatchery followed with all specified requirements for artificial reproduction; save river basins and maintain wild populations of Pacific salmon in the Sakhalin region.

**Keywords:** Pacific salmon, pink salmon, chum salmon, Sakhalin, salmon hatchery, artificial reproduction, wild salmon, otolith marking, DNA markers, management unit, hatchery efficiency and profitability.