Известия ТИНРО

2018 **Том 192**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

УДК 597.552.511–152.6

А.М. Каев*
Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии,
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196;
Сахалинский государственный университет,
693008, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290

СНИЖЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ГОРБУШИ (*ONCORHYNCHUS GORBUSCHA*) В САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОМ РЕГИОНЕ КАК СЛЕДСТВИЕ ДЕЙСТВИЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ

При анализе изменений численности горбуши в 2007–2016 гг. на о. Итуруп и в 4 районах восточного побережья о. Сахалин установлено ее снижение у поколений, попадавших под воздействие тайфунов в периоды эмбрионального развития в реках (нерестовые гнезда) или нагула молоди в прибрежье моря (в ближайшие дни после миграции из рек). Величина подходов горбуши в эти районы в 2017 г. полностью соответствовала установленным зависимостям для предыдущего периода. Эти результаты показывают решающую роль экстремальных факторов среды в формировании численности горбуши.

Ключевые слова: горбуша, Сахалин, Итуруп, динамика уловов, численность, экстремальные факторы, осадки, ветры.

DOI: 10.26428/1606-9919-2018-192-3-14.

Kaev A.M. Decreasing of the pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) abundance in Sakhalin-Kuril region as consequence of extreme environmental factors impact // Izv. TINRO. — 2018. — Vol. 192. — P. 3–14.

The pink salmon abundance dynamics is considered for Sakhalin-Kuril region in 2007–2016. The year-classes of pink salmon originated from Iturup Island and four areas of eastern Sakhalin became weaker if they were affected by typhoons during their embryonic development in rivers (spawning nests) or feeding of the juveniles in the coastal sea soon after their downstream migration from the rivers. That means that extreme environmental events are the most important for formation of the pink salmon abundance. The pink salmon runs to these areas in 2017 were successfully modeled using this dependence.

Key words: pink salmon, Sakhalin Island, Iturup Island, catch dynamics, abundance, extreme environmental factor, precipitation, wind.

Введение

Горбуше как наиболее короткоцикловому виду среди тихоокеанских лососей свойственны наиболее выраженные изменения численности, что крайне неблагопри-

** Каев Александр Михайлович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник СахНИРО, заведующий лабораторией СахГУ, e-mail: kaev@outlook.com.*

Kaev Alexander M., D.Sc., principal researcher, head of laboratory, e-mail: kaev@outlook.com.

ятно отражается на экономике рыбохозяйственного комплекса в годы крупных ошибок прогнозов возможного вылова. После ряда таких крупных прогнозных ошибок в первой половине 1980-х гг. было принято решение об интенсификации исследований лососей в рамках комплексной целевой программы «Лосось» (Глубоковский, Жирмунский, 1989). В последующие годы получены и проанализированы огромные массивы данных, особенно по морскому периоду жизни горбуши (Шунтов, 1994; Шунтов, Темных, 2008, 2011а), результаты которых в большинстве случаев реально способствовали уточнению оценок вероятной численности подходов рыб этого вида к районам воспроизводства (Каев, 2011). Тем не менее, несмотря на очевидные достижения в познании биологии и динамики численности горбуши, порой продолжают возникать крупные ошибки оценок ее вероятных уловов. Очередной «провал» прогноза случился в 2015 г., когда при ожидавшемся вылове на Итурупе и в южной части восточного побережья Сахалина 56,1 тыс. т было добыто всего 4,4 тыс. т горбуши, и это при том, что прогноз разрабатывался на основе анализа различного рода математических моделей.

Как показывает практика, прогнозы, основанные на среднестатистических параметрах, способны удовлетворительно предсказывать только незначительные изменения численности горбуши, в то время как ее резкие изменения остаются, как правило, неприятным сюрпризом для рыбохозяйственной отрасли. Такая ситуация вполне объясняется тем, что в пределах определенного диапазона широко меняющихся параметров среды популяции сохраняют относительную стабильность вследствие естественной устойчивости рыб к их варьированию, в то время как существенные изменения уровня элиминации детерминированы в большей мере случайными (редкими, необычными) воздействиями среды (Каев, 1989; Криксунов, 1995). Применительно к лососям к таким факторам в первую очередь следует отнести аномально высокие осенние паводки при прохождении тайфунов, в результате которых размывается грунт в реках и даже смещаются их русла, что, естественно, приводит к разрушению нерестовых гнезд и гибели эмбрионов (Каев, 1983; Путивкин, 1989; Каев, Чупахин, 2003). Негативное влияние на лососей тайфуны могут оказывать и в весенне-летний период, во время нагула молоди на прибрежном морском мелководье. Неоднократно после сильных штормов наблюдались массовые выбросы на берег калянид, являющихся излюбленным кормом молоди горбуши (Каев, Чупахин, 2002). Среди морских обитателей, выброшенных на берег, молодь лососей встречалась крайне редко. Однако при штормах она обычно сбивалась в плотные косяки и слабо реагировала на приближение наблюдателя (не исключено, что и хищников). В собранных в это время пробах у большинства особей, особенно с малой длиной тела (недавних покатников), в желудках отсутствовала пища. А в пробах, собранных после штормов, доля мелкой молоди снижалась, возможно, вследствие ее повышенной смертности, что и послужило основанием отнести недавних покатников к группе риска при возникновении экстремальных ситуаций во время нагула на прибрежном морском мелководье (Каев, 1992).

Таким образом, возможно прямое (разрушение нерестовых гнезд) или косвенное (повышенная смертность малоподвижной и, возможно, ослабленной молоди от воздействия хищников) негативное влияние тайфунов на формирование численности поколений горбуши, изучение которого и является задачей настоящего исследования. В качестве объекта послужила горбуша, воспроизводящаяся на о. Итуруп и восточном побережье Сахалина (заливы Анива и Терпения, юго-восточное и северо-восточное побережье острова). Географической изоляции локальных стад этих районов способствует наличие выступающих мысов, на которых нет рек для нереста, или широких проливов (Гриценко, 1990). Высокий уровень запасов рыб этой группировки (в среднем около половины дальневосточных уловов горбуши) способствует увеличению достоверности ежегодных оценок численности данных локальных стад.

Материалы и методы

Оптимальным вариантом для изучения влияния на формирование численности горбуши действия паводков в период нереста и после него и штормов во время ската

молоди из рек является использование индексов, характеризующих выживаемость в течение пресноводного (коэффициент ската как отношение численности покатников к числу родителей) и морского (коэффициент возврата как отношение численности вернувшихся на нерест рыб к числу покатников) периодов жизни. Однако использование этих индексов для данного исследования вряд ли возможно по следующим причинам. Прежде всего это короткий ряд наблюдений, так как привлекаемые для анализа данные по состоянию погоды имеются только с 2005 г. (https://rp5.ru). Составная часть обоих индексов — количество покатной молоди, рассчитываемое по данным ее учета всего в одной-двух реках в каждом из районов воспроизводства. Если при многолетнем ряде наблюдений возникающие порой по этой причине крупные ошибки выглядят как случайные выбросы из совокупности значений изучаемого показателя, то при коротком ряде они могут привести к неверным заключениям. Ситуация усугубилась еще и тем, что с 2012 г. прекращен учет покатной молоди в контрольных реках, проводившийся многие годы сотрудниками обширной сети контрольно-наблюдательных станций бассейнового управления «Сахалинрыбвод», вследствие чего почти в 3 раза сократился объем исходных данных для расчета численности молоди по районам воспроизводства, а для северо-восточного побережья Сахалина и о. Кунашир прервались соответствующие ряды наблюдений. Поэтому для анализа результативности воспроизводства горбуши используем абсолютную численность возврата рыб соответствующих поколений. Данные по численности основаны на первичных материалах, результаты обработки которых ежегодно представляются в виде статистических документов Северотихоокеанской комиссии по анадромным рыбам.

Еще одним нюансом, вносящим свою долю неопределенности в решение задачи, будет наличие в подходах рыб дикого и заводского происхождения. Если в морских водах факторы среды действуют одновременно на тех и других особей, то на пресноводном этапе воспроизводства разрушительное действие паводков преимущественно сказывается только на результатах нереста. Для устранения такого дисбаланса рыб в уловах условно разделяли по происхождению в соответствии с соотношением численности молоди, скатившейся с нерестилищ и выпущенной с рыборазводных заводов, допуская при этом их последующую одинаковую выживаемость в морских водах, так как к настоящему времени не получены достоверные данные о дифференцированной смертности горбуши дикого и заводского происхождения. К полученному значению количества выловленных рыб дикого происхождения добавлялось число рыб, учтенных на нерестилищах.

О вероятном прохождении дождевых паводков в реках судили по величине суточных атмосферных осадков (данные гидрометеорологических постов (ГМП)), за их пиковые значения принимали сумму наибольших осадков в течение двух смежных суток. Так как выпадение осадков неравномерно на обширной территории, на которую распространяются данные ГМП, для характеристики их количества в каждом из районов воспроизводства изучаемых стад горбуши по возможности использовали данные нескольких ГМП (рис. 1). Так, для анивской горбуши, нерестящейся в основном в реках западного и северо-западного побережий залива, расчет проведен по ГМП Южно-Сахалинск, Холмск и Невельск. Для горбуши юго-восточного побережья Сахалина, большинство нерестилищ которой сосредоточены в реках северной части района, — по ГМП Южно-Сахалинск и Долинск. Для горбуши зал. Терпения, около половины которой нерестится в горных реках западного побережья залива, остальная в бассейне Пороная и в соседних реках, протекающих по обширной низине, — по ГМП Макаров, Пильво, Поронайск, Первомайск и Пограничное. Для горбуши северо-восточного побережья острова, 75 % промысловых уловов которой обеспечивается нерестом производителей в горных реках южной части района, — по ГМП Первомайск, Пограничное и Тымовское. На Итурупе единственный ГМП Китовое находится практически в центре расположения наиболее продуктивных районов воспроизводства горбуши местного стада.

О вероятном возникновении штормовых условий судили по среднему значению максимальных порывов ветра, зафиксированных при 4–8-кратных измерениях в тече-

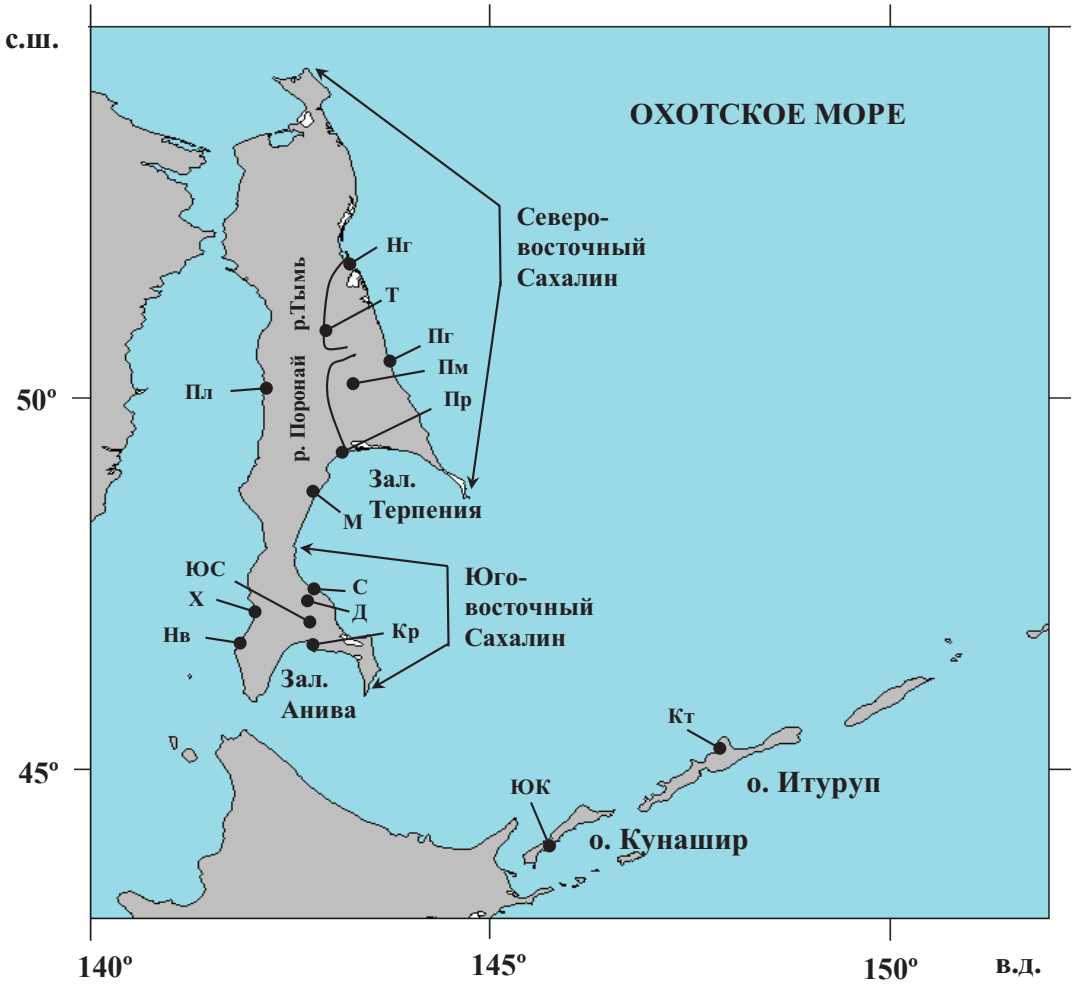

Рис. 1. Районы воспроизводства горбуши на восточном побережье Сахалина и южных Курильских островах и расположение гидрометеорологических постов: *ЮК* — Южно-Курильск, *Кт* — Китовое, *Нв* — Невельск, *Х* — Холмск, *Пл* — Пильво, *Кр* — Корсаков, *ЮС* — Южно-Сахалинск, *Д* — Долинск, *С* — Стародубское, *М* — Макаров, *Пр* — Поронайск, *Пм* — Первомайск, *Пг* — Пограничное, *Т* — Тымовское, *Нг* — Ноглики

Fig. 1. Areas of pink salmon reproduction at eastern Sakhalin and southern Kuril Islands and sites of hydrometeorological observations: *ЮК* — Yuzhno-Kurilsk, *Кт* — Kitovoye, *Нв* — Nevelsk, *Х* — Kholmsk, *Пл* — Pilvo, *Кр* — Korsakov, *ЮС* — Yuzhno-Sakhalinsk, *Д* — Dolinsk, *С* — Starodubskoye, *М* — Makarov, *Пр* — Poronaysk, *Пм* — Pervomaysk, *Пг* — Pogranichnoye, *Т* — Tymovskoye, *Нг* — Nogliki

ние суток. Для зал. Анива использованы данные ГМП Корсаков и Южно-Сахалинск, для юго-восточного побережья Сахалина — ГМП Южно-Сахалинск и Стародубское, для зал. Терпения — ГМП Макаров и Поронайск, для северо-восточного побережья острова — ГМП Пограничное и Ноглики, для о. Итуруп — ГМП Китовое, а в годы отсутствия наблюдений на этом посту о силе ветров (2016 г.) и количестве осадков (2015–2016 гг.) на Итурупе судили по данным ГМП Южно-Курильск (о. Кунашир).

Результаты и их обсуждение

Изменения уловов горбуши в рассматриваемых районах, на первый взгляд, сходны между собой. В 1980-е гг. повсеместно в той или иной степени отмечалось существенное падение уловов по четным годам, а с начала 1990-х гг. обозначилась устойчивая тенденция их роста, особенно по нечетным годам на Сахалине и по четным годам на

Итурупе, где произошла смена доминант в численности смежных поколений. Этот рост привел к достижению в 2006–2014 гг. исторических максимумов уловов по обеим генеративным линиям, после которых произошел спад уловов, особенно заметный в доминантных линиях по уровню запаса (рис. 2). В то же время темпы нарастания или спада уловов различались по районам, как не было синхронным для разных районов и появление их пиков и провалов, что особенно заметно для 2000-х гг. при наибольшем уровне запасов. Так, по линии нечетных лет наиболее раннее достижение максимального вылова горбуши (2007 г.) и последующее снижение уловов наблюдалось на Итурупе, а цикличным годом позже такие же события произошли в зал. Анива и на юго-восточном побережье Сахалина, причем темп снижения уловов в зал. Анива был существенно выше. В 2015 г. уловы в этих трех районах сократились до минимальных значений. Напротив, в северных районах Сахалина тенденция к нарастанию уловов наблюдалась вплоть до 2013 г., после чего последовало снижение, более выраженное в зал. Терпения по сравнению с северо-восточным побережьем острова. По линии четных лет наиболее рано (2006 г.) пик уловов наблюдался в зал. Анива и на о. Итуруп, а их последующее снижение более выраженным было в зал. Анива. С некоторым запозданием максимум уловов был достигнут на юго-восточном побережье Сахалина (2010 г.) и в зал. Терпения (2012 г.). Кратковременное увеличение уловов в 2014 г. в южных районах Сахалина с их синхронным снижением на Итурупе не вписываются в рассматриваемую тенденцию. Эти аномальные изменения были связаны с массовым стреингом курильской горбуши в южную часть Сахалина, что было тестировано по биологическим показателям рыб и структуре чешуи (Каев, Животовский, 2016). А на северо-восточном побережье Сахалина максимум уловов по линии четных лет был достигнут только в 2016 г. Таким образом, наряду со сходством в развитии общих тенденций изменения уловов каждому району были присущи свои особенности, в результате чего по обеим генеративным линиям наблюдалось более раннее достижение максимумов и последующее снижение уловов на Итурупе и на крайнем юге Сахалина и все большее запаздывание этих процессов в северном направлении вдоль восточного побережья Сахалина. Быстрый темп снижения уловов вплоть до их минимальных значений, начавшийся в 2015 г., также стал исторически рекордным, учитывая высокий уровень запасов в предшествующие годы. Следовательно, должны были существовать веские причины для развития такого процесса. Для прояснения ситуации сопоставили численность возвратов горбуши с наблюдавшимися экстремально большими осенними осадками и штормовыми ветрами в мае и июне (рис. 3), при этом учитывались сроки массового нереста и последующего ската молоди из рек в каждом из районов (Каев, в печати). Для лучшего восприятия времени действия этих факторов на изучаемое поколение фрагмент оси абсцисс для каждого года условно включает в себя диапазон временного промежутка с 11 августа по ноябрь применительно к дождевым осадкам и с 1 мая по 10 июля применительно к ветрам. Сначала рассмотрим воздействие этих факторов на формирование численности поколений горбуши возвратов в 2007–2016 гг., когда были получены первые результаты исследования в этом направлении.

На Итурупе наименьшая численность горбуши в 2015 г. была обусловлена воздействием сначала паводков во время массового нереста или после него (выпадение осадков > 8 см 17 сентября, 3 и 26 октября) и штормовых ветров (> 17 м/с 16 мая и 13 июня) в период массового ската молоди из рек, причем последний из штормов пришелся на время наибольших концентраций мальков на прибрежном морском мелководье. Негативное воздействие паводков и штормовых ветров просматривается и для других поколений. Не является исключением и поколение 2008 г. (здесь и далее под годом поколения понимается год его возврата), так как его численность существенно снизилась по сравнению с ее высоким значением у родительского поколения, о чем можно судить по динамике уловов (см. рис. 2). В то же время штормовые ветры не имели существенного значения в целом для формирования численности поколений 2007, 2008, 2009, 2010 гг., так как они наблюдались до массового ската молоди из рек, как и паводок для поколения 2010 г., наблюдавшийся в первой половине массового нереста его родителей.

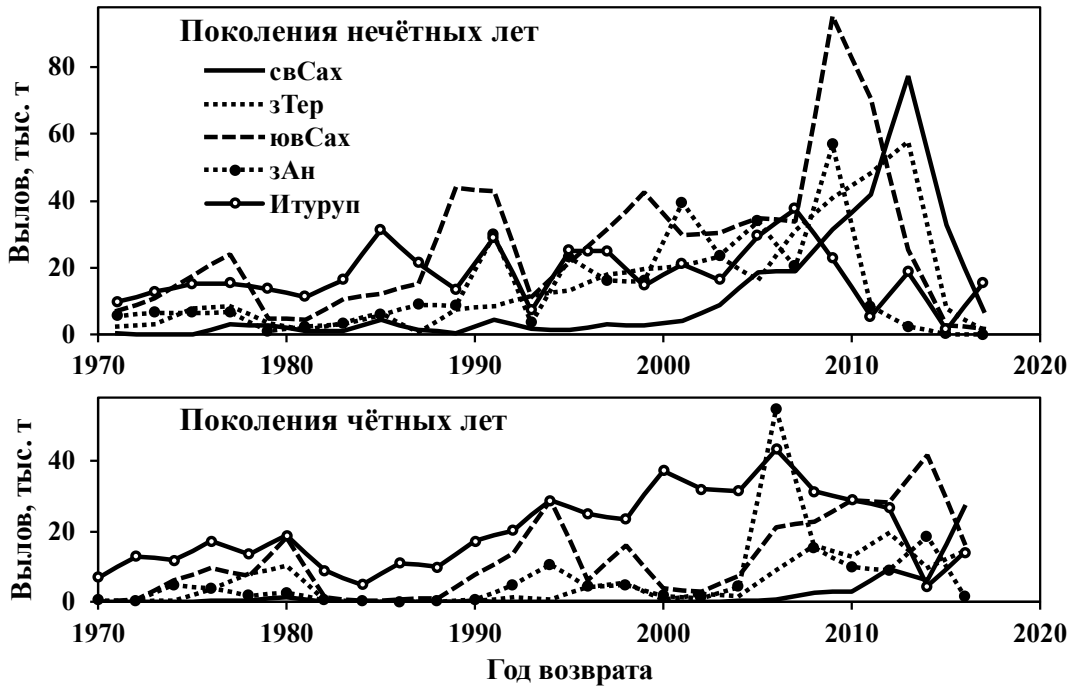

Рис. 2. Динамика вылова горбуши в разных районах Сахалино-Курильского региона по линиям нечетных и четных лет в 1970–2017 гг.

Fig. 2. Dynamics of pink salmon catch in certain areas of Sakhalin-Kuril region in 1970–2017, by odd and even broodlines

Для южных районов Сахалина приняли несколько пониженные пороговые значения количества осадков (> 6 см) и силы ветра (> 16 м/с), так как вероятность паводков возрастает при большей площади водосбора в среднем более крупных рек в этих районах*, а вследствие меньшей изрезанности береговой черты у молоди уменьшаются шансы найти укрытия при штормовых волнениях моря, и, возможно, из-за такой конфигурации побережья она быстрее откочевывает с прибрежного мелководья в сравнении с молодью у о. Итуруп (Шубин и др., 1996, 2007).

В бассейне зал. Анива наибольшему воздействию паводков, наблюдавшихся после завершения нереста, подверглось поколение горбуши 2013 г., а воздействию штормовых ветров — поколения 2016 г. и особенно (больше скорость и количество штормовых дней) 2015 г. В остальных случаях паводки приходились на первую половину нереста родителей, а штормы проходили либо в начале массового ската молоди из рек, либо после его завершения, когда подросшая молодь была уже не такой чувствительной к их воздействию (Каев, 1992). Аномально низкой выглядит в этом плане численность горбуши в 2011 г., однако есть основания считать, что это поколение подвергалось значительному воздействию паводка. Так, на двух ГМП в южной части сахалинского побережья Татарского пролива 19 сентября 2009 г. зарегистрированы сравнительно обильные осадки (4,7 и 3,6 см), которые могли быть следствием дождевого фронта с более сильными осадками на противоположных склонах горного массива со стороны зал. Анива. В реках, стекающих с него, в последние годы воспроизводится основная часть запаса анивской горбуши дикого происхождения. О сильном паводке в это время в реках Кура и Найча, стекающих с этого горного массива, было устное сообщение рыбака-любителя К.И. Митаки. О прохождении паводка свидетельствуют также результаты вскрытия в ноябре 2009 г. площадок в русле Куры (на нерестилищах среднего и нижнего

* Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 18: Дальний Восток. Вып. 4: Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 264 с.

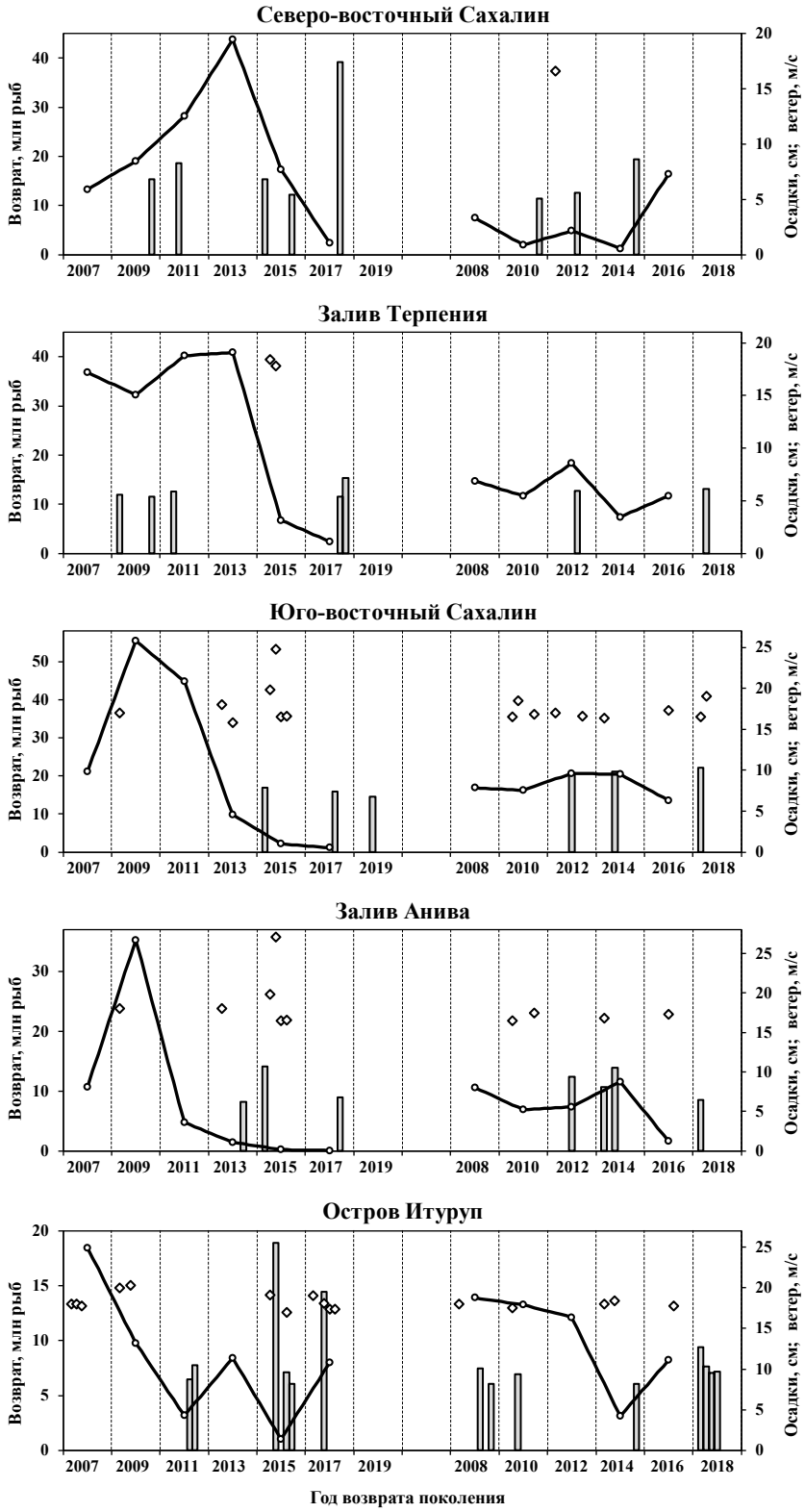

Рис. 3. Численность горбуши в линиях нечетных и четных лет (*линия*), встречаемость дней с экстремально большими осадками во время нереста родителей и после него (*столбцы*) и сильными ветрами при нагуле молоди в прибрежных морских водах (*символы*)

Fig. 3. Dynamics of pink salmon abundance, by odd and even broodlines (*lines*), number of the days with extremely high precipitation during its spawning and soon after the spawning (*columns*), and number of the days with strong wind during its juveniles feeding in the coastal sea (*symbols*)

течений в грунте не обнаружено живых эмбрионов) и учета в мае-июне следующего года покатной молоди в этой реке (от одной условной пары производителей скатилось в среднем по 16 мальков, в то время как из р. Быстрой, притока р. Лютога, впадающей в залив с его северного побережья, — по 173 малька) (фондовые материалы СахНИРО).

На юго-восточном побережье Сахалина наибольшему воздействию штормовых ветров, как и в зал. Анива, подверглось поколение 2015 г. Спад численности горбуши в 2013 г. был связан не с паводками в реках, как у горбуши зал. Анива, а с действием штормовых ветров. Штормовые ветры могли отразиться на формировании численности горбуши также для поколений 2012 и 2016 гг., в остальных случаях они отмечались либо в начале массового ската молоди из рек, либо после его завершения, когда основная часть молоди была уже подросшей. Действие паводков могло сказаться лишь на формировании численности поколения 2012 г. (во второй половине массового нереста родителей) и в меньшей степени поколения 2014 г. (в середине массового нереста родителей).

Для районов северной части Сахалина в связи с укрупнением рек приняли еще более низкое пороговое значение для осадков (> 5 см), которые могли вызвать сильные паводки.

Резкое снижение численности горбуши в зал. Терпения в 2015 г. было обусловлено воздействием на скатившуюся молодь сильных ветров. Влияние паводков могло существенно отразиться на формировании численности только у поколений 2009 и 2012 гг.

У горбуши северо-восточного побережья Сахалина (анализируется южная часть побережья, в реках которого сосредоточено основное воспроизводство этого вида) паводковые осадки, прошедшие после нереста, могли быть причиной существенного снижения численности поколений 2009, 2010 и 2014 гг. и в несколько меньшей степени поколений 2012 и 2015 гг. Выпадение ливневых осадков в середине нереста родителей поколения 2011 г. не могло столь же сильно отразится на формировании его численности, как у вышеперечисленных поколений. Единожды зарегистрированные сильные ветры не могли сказаться на формировании численности поколения 2012 г., так как выход молоди из рек только начинался.

С учетом полученных результатов и имевшихся данных о скорости ветров (Итуруп) и величине осадков (их паводковый уровень отмечен во всех районах, особенно сильными они были в северной части Сахалина) предполагалось, что в 2017 г. в южных районах региона сохранится депрессивный уровень запаса, а в северных — неизбежно значительное сокращение численности горбуши (Каев, в печати). Как показало развитие промысловой обстановки в этом году, данный сценарий был в полной мере реализован на восточном побережье Сахалина, в то время как на Итурупе подходы горбуши вдвое превысили прогнозные ожидания, хотя величина уловов все-таки не достигла даже среднемноголетнего уровня для поколений нечетных лет (рис. 2). Тем не менее необходимы какие-то версии данного феномена, когда при столь сильных паводковых осадках в период нереста и сильных ветрах в период нагула молоди на прибрежном морском мелководье уровень численности данного поколения не снизился до критически малых значений. Одной из причин стало использование для характеристики условий становления численности этого поколения гидрометеорологических данных по соседнему Кунаширу, но такие данные на этих островах могут заметно различаться, как, например, это отмечалось в соседних районах южной части Сахалина. Действие экстремальных факторов на формирование численности поколения 2017 г., возможно, было слабее, но все-таки наблюдалось. Судя по срокам, они сказались на результатах нереста родителей в первой половине его календарных сроков и условиях нагула молоди в морском прибрежье, также скатившейся из рек в первой половине миграционного потока. Об этом свидетельствует, например, динамика подходов горбуши к острову, заметно отличающаяся от среднемноголетней динамики для нечетных лет за счет сдвига модальной группы значений на поздние даты (рис. 4).

Таким образом, во всех рассмотренных районах воспроизводства горбуши отмечено снижение численности рыб в поколениях, подвергшихся аномально сильным

Рис. 4. Сезонная динамика уловов горбуши на о. Итуруп в 2017 г. в сравнении со среднемноголетней для предыдущих нечетных лет

Fig. 4. Seasonal dynamics of pink salmon catch on Iturup Island in 2017 compared with the mean dynamics for preceding odd years

воздействиям дождей в разгар нереста их родителей или после его завершения, или же ветровых волнений моря в период массового ската молоди из рек. Для математической интерпретации действия рассматриваемых экстремальных факторов среды максимальные значения обоих действующих факторов приняты за единицу, для остальных рассчитаны доли пропорционально их значениям относительно этих максимумов. Для поколений, слабо подвергшихся воздействию этих факторов (до разгара нереста, до или после массового ската молоди из рек), их значения приняты нулевыми. Корреляция изменений численности горбуши с полученными значениями экстремальных факторов в заливах Анива ($r = –0,52$, $p = 0,102$) и Терпения ($r = –0,47$, $p = 0,148$), юго-восточном ($r = –0,51$, $p = 0,106$) и северо-восточном ($r = –0,52$, $p = 0,104$) побережье Сахалина оказалась средней силы, а на Итурупе сильнее ($r = –0,70$, $p = 0,015$). Объективность происходящих процессов очевидна, поэтому можно полагать, что средний уровень значений коэффициента корреляции и отсутствие его статистической достоверности связаны с коротким рядом наблюдений, который еще более усугубляется тем, что только у 4–6 из 11 изученных в каждом районе поколений значения экстремальных факторов были переменными, в остальных случаях они были приравнены к нулю.

Полученные данные подтверждают решающую роль экстремальных факторов среды как предикторов резких сокращений численности горбуши. Из этого вытекает еще одно важное заключение, касающееся прогнозирования возможных уловов. Выше отмечалось, что изменения численности горбуши, если не вдаваться в детали (несовпадение пиков и короткоцикловых тенденций по годам, различный генезис резких изменений численности в виде паводков в реках или штормов в прибрежье моря), имеют одинаковую направленность в разных районах региона. Рассматривая такие многолетние тренды, нет смысла дискутировать по проблеме «волн жизни», связанных с действием космических факторов. Их наличие показано во многих работах, в том числе и на примере тихоокеанских лососей (Бирман, 1969, 1973; Beamish, Bouillon, 1993; Суханов, Тиллер, 2000; Klyashtorin, 2001; Кляшторин, Любушин, 2005). Проблема состоит не в сомнении в наличии таких связей, а в неясности конкретных механизмов их проявления. Без понимания этого процесса такие прогностические подходы (Котенев и др., 2010, 2015) остаются оторванными от системы связей объекта со средой обитания. А эти связи не только многообразны (Коновалов, 1985), их гибкость обусловливает неодинаковую цикличность в динамике численности разных популяций и видов, живущих в одних и тех же экосистемах (Шунтов, 2000; Шунтов, Темных, 2011а). Тем не менее нельзя не отметить хорошее совпадение трендов глобальных климатических индексов и численности рыб, выполненных на основе скользящих средних по 10 и более смеж-

ным годам, что вполне пригодно для долгосрочных оценок состояния сырьевой базы. Однако такие подходы неприемлемы для промыслового прогнозирования (Шунтов, Темных, 2010, 2011б). Действительно, разброс реальных значений от линий тренда настолько велик, что в некоторых парах фактических данных их значения становились диаметрально противоположными при анализе изменений численности и некоторых климатических индексов на примере некоторых стад горбуши в Сахалино-Курильском регионе (Kaev, 2012).

Число паводковых осадков за 11-летний период, воздействовавших на результаты нереста горбуши, в южных (в среднем по 6) и северных (по 5) районах региона было сопоставимым, а по числу дней со штормовыми ветрами при массовой миграции молоди из рек южные районы явно доминировали (в среднем около 5 дней против одного), что связано с траекториями прохождения циклонов, особенно южного происхождения (Земцова, 1968). К тому же характеристики каждого из циклонов (траектория и скорость передвижения, величина осадков и перепады давления) специфичны, что создает в регионе локальные очаги их влияния на воспроизводство горбуши. В качестве примера приведем некоторые результаты воздействия циклонов на формирование численности горбуши в соседних районах. В зал. Анива в 2011 г. произошло сокращение численности горбуши в результате паводка в реках его западного побережья, в то время как численность горбуши на юго-восточном побережье Сахалина сохранилась на высоком уровне. В 2013 г. уже в обоих районах произошло снижение численности, но его генезис был различен, в заливе снижение было следствием воздействия на нерест осеннего паводка в реках, а на юго-восточном побережье — штормовых ветров при нагуле молоди. Но даже и совпадение сроков действия природных факторов не всегда приводит к сходным результатам. Так, в зал. Анива и на юго-восточном побережье Сахалина даты с сильными ветрами все-таки чаще совпадают, однако их воздействие на формирование численности горбуши в этих районах неодинаково из-за различий в сроках ската молоди из рек (Каев, в печати). Такие сроки мало различаются у горбуши юго-восточного побережья острова и зал. Терпения, однако в южных широтах негативное воздействие циклонов проявлялось в большей мере через штормы в период нагула молоди, а в северных — через экстремальные осадки, вызывающие размыв грунта на нерестилищах.

Замечено, что появление череды малоурожайных поколений совпадает по времени со сменой теплых зональных и холодных меридиональных эпох, которая наблюдалась в 1980-е гг. и предположительно происходит в современные годы (Котенев и др., 2012). Возможно, смена этих эпох сопровождается смещением траекторий и времени прохождения циклонов, в результате чего в эти годы увеличивается вероятность их негативного воздействия на воспроизводство тех или иных стад горбуши. В то же время воздействие тайфунов имеет хорошо выраженный локальный характер, что связано не только с траекторией их движения, но и с особенностями жизненного цикла горбуши. Поэтому полученные результаты по влиянию экстремальных факторов среды на формирование численности горбуши полностью соответствуют точке зрения, что одной из важнейших причин несинхронных и неоднонаправленных тенденций в развитии физико-географических условий, динамики популяций и биоты в целом является хорошо выраженная региональная специфика, подразумевающая преобладающее влияние на развитие явлений и процессов именно местных условий (Шунтов, Темных, 2011б).

Полученные результаты позволяют предполагать, что численность горбуши в рассматриваемых районах в 2018 г. может быть на сравнительно высоком уровне по отношению к таковой у родительского поколения, так как паводковые осадки наблюдались до начала массового нереста (в том числе и серия осадков на Итурупе), как и штормовые ветры в зал. Терпения — до массового ската молоди из рек. Отсутствие паводковых осадков в 2017 г. (за исключением сравнительно небольших в разгар нереста в реках юго-восточного побережья Сахалина) дает надежду на постепенное восстановление численности горбуши по линии нечетных лет (при условии, что в

мае-июне скатившаяся из рек молодь не попадет под сильное пагубное воздействие штормовых ветров).

Заключение

Для любой популяции характерен обширный комплекс связей со средой обитания, в результате чего зачастую действие одних факторов на становление ее численности маскируется или даже компенсируется действием других факторов в случае их разнонаправленности, что может приводить даже к ошибочным выводам при анализе однофакторных зависимостей в динамике численности (Шунтов, Темных, 2011б). Тем не менее снижение во всех случаях численности поколений горбуши, попадавших под воздействие тайфунов в периоды эмбрионального развития в реках (нерестовые гнезда) или нагула молоди в прибрежье моря, позволяет судить об их существенном значении для становления численности этого вида, так как понятны механизмы их негативного воздействия. В некоторые смежные группы лет увеличивается частота тайфунов, приходящихся на указанные периоды жизненного цикла горбуши, что вызывает череду низкоурожайных поколений. В то же время сила тайфунов и границы их воздействия постоянно меняются, что и объясняет появление локальных особенностей в изменениях численности горбуши в регионе.

Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России 6.9561.2017/8.9.

Список литературы

Бирман И.Б. Гелиогидробиологические связи как основа для долгосрочного прогнозирования промысловых рыб (на примере лососей и сельди) // Вопр. ихтиол. — 1973. — Т. 13, № 1. — С. 23–37.

Бирман И.Б. Периодические колебания численности лососевых и солнечная активность // Тр. ВНИРО. — 1969. — Т. 67. — С. 171–189.

Глубоковский М.К., Жирмунский А.В. Предисловие // Резервы лососевого хозяйства Дальнего Востока. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 3–4.

Гриценко О.Ф. Проходные рыбы острова Сахалин : автореф. дис. … д-ра биол. наук. — М. : ВНИРО, 1990. — 21 с.

Земцова А.И. Климат Сахалина : моногр. — Л. : Гидрометеоиздат, 1968. — 197 с.

Каев А.М. Некоторые методические аспекты прогнозирования численности кеты и горбуши // Биол. моря. — 1989. — № 2. — С. 61–66.

Каев А.М. О влиянии экстремальных факторов среды на динамику численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Вопр. ихтиол. (в печати).

Каев А.М. О некоторых вопросах формирования численности популяций осенней кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum) (Salmonidae) Сахалина и о. Итуруп // Вопр. ихтиол. — 1983. — Т. 23, № 1. — С. 45–52.

Каев А.М. О существовании группы риска среди молоди кеты *Oncorhynchus keta* при нагуле в эстуарной зоне // Вопр. ихтиол. — 1992. — Т. 32, № 2. — С. 53–60.

Каев А.М. Оценка эффективности прогнозирования и управления промыслом горбуши в Сахалино-Курильском регионе // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 167. — С. 32–53.

Каев А.М., Животовский Л.А. Новые данные к дискуссии о локальных и флюктуирующих стадах горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* // Изв. ТИНРО. — 2016. — Т. 187. — С. 122–144.

Каев А.М., Чупахин В.М. Динамика стада горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* о. Итуруп (Курильские острова) // Вопр. ихтиол. — 2003. — Т. 43, № 6. — С. 801–811.

Каев А.М., Чупахин В.М. Ранний морской период жизни горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* о. Итуруп // Тр. СахНИРО. — 2002. — Т. 4. — С. 116–132.

Кляшторин Л.Б., Любушин А.А. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности : моногр. — М. : ВНИРО, 2005. — 235 с.

Коновалов С.М. Биологические исследования лососевых : моногр. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1985. — 191 с.

Котенев Б.Н., Богданов М.А., Кровнин А.С., Мурый Г.П. Изменение климата и динамика вылова дальневосточных лососей // Вопр. промысл. океанологии. — 2010. — Вып. 7, № 1. — С. 60–92.

Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Кивва К.К. и др. Низкочастотные изменения зимних климатических условий в северо-западной части Тихого океана в 1950–2012 гг. // Вопр. промысл. океанологии. — 2012. — Вып. 9, № 2. — С. 33–60.

Котенев Б.Н., Кровнин А.С., Кловач Н.В. и др. Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. // Тр. ВНИРО. — 2015. — Т. 158. — С. 143–161.

Криксунов Е.А. Теория пополнения и интерпретация динамики популяций рыб // Вопр. ихтиол. — 1995. — Т. 35, № 3. — С. 302–321.

Путивкин С.В. О формировании гидрологического режима нерестилищ анадырской кеты // Вопр. ихтиол. — 1989. — Т. 29, № 1. — С. 96–103.

Суханов В.В., Тиллер И.В. Спектральный анализ колебаний уловов лососевых рыб Камчатки // Вопр. ихтиол. — 2000. — Т. 40, № 2. — С. 241–246.

Шубин А.О., Коряковцев Л.В., Коваленко С.А., Стоминок Д.Ю. Молодь горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *Oncorhynchus keta* (Salmonidae) в ихтиоценах верхней эпипелагиали шельфа и свала глубин восточного Сахалина и южных Курильских островов в летний период 2002–2004 гг. // Тр. СахНИРО. — 2007. — Т. 9. — С. 16–36.

Шубин А.О., Федотова Н.А., Сенченко И.А. Распределение, кормовая база и питание молоди горбуши в прибрежье юго-востока Сахалина // Тр. СахНИРО. — 1996. — Т. 1. — С. 21–33.

Шунтов В.П. Новые данные о морском периоде жизни азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. — 1994. — Т. 116. — С. 3–41.

Шунтов В.П. Результаты изучения макроэкосистем дальневосточных морей России: задачи, итоги, сомнения // Вестн. ДВО РАН. — 2000. — № 1. — С. 19–29.

Шунтов В.П., Темных О.С. Изученность экологии горбуши на разных этапах жизненного цикла в связи с прогнозированием уловов и управлением ее ресурсами и промыслом // Бюл. № 5 реализация «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2010. — С. 226–242.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2008. — Т. 1. — 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011а. — Т. 2. — 473 с.

Шунтов В.П., Темных О.С. Современные перестройки в морских экосистемах в связи с климатическими изменениями: приоритетность глобальных или региональных факторов? // Бюл. № 6 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2011б. — С. 49–64.

Beamish R.J., Bouillon D.R. Pacific salmon production trends in relation to climate // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1993. — Vol. 50, № 5. — P. 1002–1016.

Kaev A.M. Production trends of pink salmon in the Sakhalin-Kuril region from the viewpoint of run timing // NPAFC Techn. Rep. — 2012. — № 8. — P. 21–25.

Klyashtorin L.B. Climate change and long-term fluctuations of commercial catches: the possibility of forecasting : FAO Fish. Techn. Paper. — № 410. — Rome : FAO, 2001. — 86 p.

Поступила в редакцию 19.02.18 г.

Принята в печать 26.02.18 г.