

УДК 597.553.2.574.34

РЕГИОНАЛЬНАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКАТНОЙ МИГРАЦИИ МОЛОДИ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (SALMONIDAE) В РЕКАХ САХАЛИНО-КУРИЛЬСКОГО РЕГИОНА

© 2024 г. А. М. Каев¹, *, Л. В. Ромасенко¹, В. Г. Самарский¹,
П. С. Сухонос², И. С. Бобров²

¹Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – СахНИРО, Южно-Сахалинск, Россия

²Сахалинский филиал Главного бассейнового управления по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов, Южно-Сахалинск, Россия

*E-mail: kaev@outlook.com

Поступила в редакцию 17.11.2023 г.

После доработки 17.01.2024 г.

Принята к публикации 31.01.2024 г.

Представлены результаты изучения покатной миграции молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в 11 реках островов Сахалин и Итуруп. По срокам миграции установлено большое расхождение, соответствующее известному её смещению на более ранние даты в южном направлении. Рассчитана корреляция между температурой воздуха в месяцы с её плюсовыми значениями в целом за периоды эмбрионального и личиночного развития горбуши и сроками ската её молоди в реках юго-восточного побережья о-ва Сахалин ($r = -0.79$, 14 поколений) и о-ва Итуруп ($r = -0.68$, 16 поколений). Наличие такой связи показывает, что межгодовые изменения сроков и динамики ската молоди в пределах локальных районов определяются не только весенними уровнем и термическим режимами в реках, но и в значительной степени фенологическим сдвигом биологических процессов в целом за пресноводный период развития горбуши. При этом в одни и те же годы внутри каждого из локальных районов сроки и динамика ската в разных реках довольно схожи. Однако в отдельных случаях между ними наблюдаются кратные по величине различия по эффективности воспроизводства, оцениваемого через индекс ската (количество скатившейся молоди по отношению к числу производителей, зашедших в реку для нереста). Зачастую причины таких расхождений очевидны. В основном они связаны с разной плотностью скоплений горбуши на нерестилищах либо с разрушением грунта нерестилищ при осенних паводках. Учёт таких обстоятельств весьма важен при расчётах суммарной численности молоди, скатывающейся из рек того или иного района, так как этот показатель представляется более объективным для оценки запасов горбуши, чем численность родителей.

Ключевые слова: молодь горбуши, покатная миграция, сроки, динамика, численность, Сахалин, Итуруп.

DOI: 10.31857/S0042875224050066 **EDN:** QYRUCU

Горбуша *Oncorhynchus gorbuscha* является важнейшим объектом лососёвого промысла в Сахалино-Курильском регионе, составляя на пике своей численности в 2001–2014 гг. 83% уловов тихоокеанских лососей. И даже с наступлением в последующие годы депрессии состояния запасов вид сохранил высокий уровень в составе уловов (~50%). В то же время горбуше с её двухлетней, за редким исключением у отдельных особей (Каев, 2003; Зеленина и др., 2022; Зеленников, Мякишев, 2023), продолжительностью жизненного

цикла, наиболее короткого среди тихоокеанских лососей, свойственны большие межгодовые изменения численности. Они связаны как с наличием практически изолированных двух генеративных линий чётных и нечётных лет, обычно существенно различающихся по уровню запасов, так и с разной выживаемостью поколений внутри каждой линии. Высокая значимость горбуши в функционировании рыбохозяйственного комплекса региона требует адекватных оценок объёмов предстоящих её подходов в прибрежные районы

промысла. Как правило, первоосновой таких оценок являются данные по числу производителей на нерестилищах. Однако давно известно, что точность прогнозирования изменения запасов, основанная на регрессионном анализе связи уровней запаса родителей и потомков, формализованной различными способами, часто далека от желаемой (Bradford, 1992; Чигиринский, 1993). Развитие вычислительной техники предоставило широкие возможности для моделирования процессов в паре запас—пополнение, исходя из совокупности ряда факторов (плотностные и климатические индексы), действующих в критические этапы становления численности поколений горбуши (Котенёв и др., 2015; Бугаев и др., 2018; Кровнин и др., 2021; Островский, 2022). Такие построения пригодны для долгосрочных оценок состояния сырьевой базы. Однако прогнозы по конкретным поколениям зачастую оказываются несостоятельными, так как наряду с глобальными факторами на условия обитания и выживания, особенно при эмбриогенезе и раннем онтогенезе, не меньшее и даже большее влияние оказывают провинциальные условия, развитие которых может не соответствовать глобальным событиям (Шунтов и др., 2019). На Сахалине и южных Курильских о-вах издавна существовала разветвлённая сеть пунктов количественного учёта покатной молоди лососей, по результатам которого судили об эффективности воспроизводства отдельных поколений горбуши в разных районах её нереста (Каев, 2007). Однако условия её воспроизводства в этих районах вследствие протяжённости региона в меридиональном направлении (от 44° до 54° с.ш.) весьма различны, что, видимо, и отражается на характеристиках покатной миграции молоди, в частности, на сроках и динамике её ската (Каев и др., 2024). Для перспективной оценки состояния запасов горбуши в регионе используют, как правило, результаты учётов покатной молоди в двух реках в каждом из основных районов её воспроизводства. Однако вопрос, насколько сопоставимы показатели ската в разных реках с точки зрения возможности их использования в данном направлении, остаётся открытым. В соответствии с этим цель нашего исследования — выявить региональную и межгодовую изменчивость покатной миграции молоди горбуши в реках Сахалино-Курильского региона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Использованы первичные данные количественных учётов покатной молоди горбуши в районах Сахалинской области, в которых наи-

более велики уловы этого вида: в девяти реках на восточном побережье о-ва Сахалин и в двух реках на о-ве Итуруп (рис. 1). Промысловый запас горбуши формируется за счёт воспроизводства отдельных её стад в реках северо-восточного и юго-восточного побережий Сахалина и заливов Терпения и Анива, а также о-ва Итуруп (Каев, 2007). Ежегодно в каждом из этих районов, за исключением побережья зал. Терпения, учёт осуществляли в двух реках сотрудники разных организаций — Сахалинских филиалов Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии и Главного бассейнового управления по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов (далее соответственно СахНИРО и СРВ). Учёт вели методом выборочных обловов, адаптированным к небольшим водотокам Сахалина и Курильских о-вов (Воловик, 1967), однако методически эти операции несколько различались. На подконтрольных СРВ реках (Даги, Пугачёвка, Очепуха,

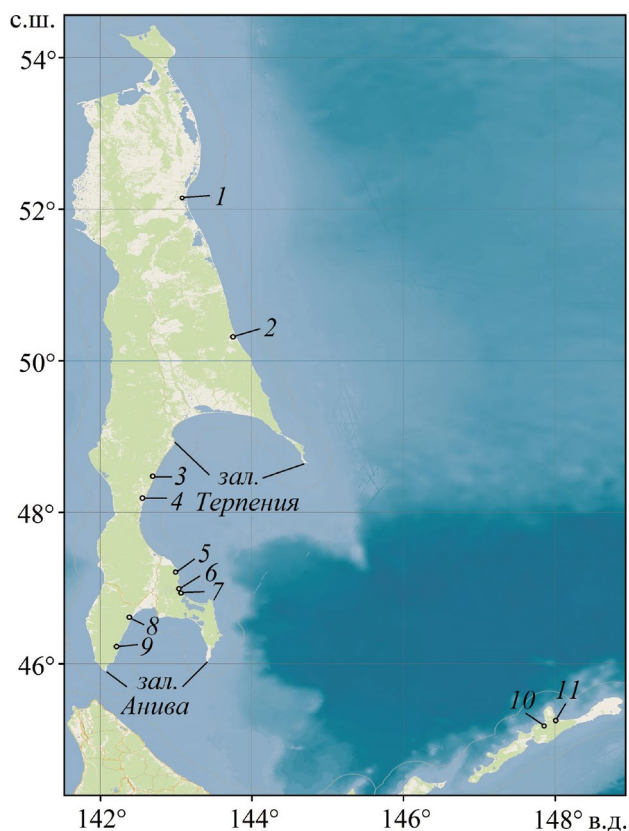


Рис. 1. Схема пунктов учёта покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках о-вов Сахалин (1–9) и Итуруп (10, 11): 1 — Даги, 2 — Малая Хузи, 3 — Лазовая, 4 — Пугачёвка, 5 — Бахура, 6 — Вознесенка, 7 — Очепуха, 8 — Таранай, 9 — Кура, 10 — Рыбачья, 11 — Оля.

Таранай и Оля) по результатам обловов в разных местах учётного створа выбирали позиции постановки ловушки, в которых наблюдалась расчётная средняя плотность миграционного потока молоди. Количество молоди, мигрировавшей через учётный створ, рассчитывали путём умножения величины уловов на кратную разницу между площадью живого сечения реки в створе и площадью облова молоди ловушкой. На подконтрольных СахНИРО реках (Малая Хузи, Лазовая, Вознесенка, Кура и Рыбацкая) мальковую ловушку устанавливали в стреловой части потока. Долю пойманных мальков в их общем числе, мигрировавшем в это же время через весь учётный створ, также определяли на основе серий ловов в его разных позициях, при этом расчёт доли вели с учётом быстро менявшейся в течение ночи интенсивности покатной миграции (Каев, 2010). Затем следовали одинаковые для обеих организаций расчёты численности молоди в соответствии с ритмикой ловов в контрольной позиции в течение ночи. Так как учёт вели, как правило, в режиме ночь через ночь, численность скатившейся молоди в пропущенные ночи принимали средней между учётной в смежные ночи.

Сравнительный анализ покатной миграции молоди в реках разных районов провели на основе данных её учёта в 2019–2022 гг., то есть по паре чётных и нечётных лет, учитывая наличие у горбуши двух обособленных генеративных линий. Короткий диапазон (по 4 года) обусловлен стремлением использовать в каждом из районов неизменный набор сравниваемых рек в одни и те же годы, так как в текущем веке неоднократно происходила смена проведения наблюдений за скатом с одних рек на другие. На южном участке северо-восточного побережья Сахалина из-за отсутствия корректных данных по скату молоди в р. Малая Хузи в 2020 г. заменили их данными её учёта в этой реке в 2018 г. (Кириллова и др., 2020), то есть поколения той же генеративной линии. Многолетний анализ характеристик покатной миграции молоди горбуши провели по данным её учётов в двух районах — на о-ве Итуруп (р. Рыбацкая, 2007–2009, 2011–2023 гг.) и юго-восточном побережье Сахалина, где вели наблюдения за скатом в р. Бахура до 2011 г. (СРВ) и в 2016–2017 гг. (СахНИРО), а в 2012–2015, 2018–2023 гг. — в р. Вознесенка (СахНИРО). Данные гидрометеорологических станций (ГМС) по среднемесячной температуре воздуха в этих районах (ГМС 32174 в с. Китовое, 45°15' с.ш., 147°53' в.д.; ГМС 32150 в г. Южно-Сахалинск, 46°57' с.ш., 142°43' в.д.) получены на сайте “Погода и климат” (<http://www.pogodaiklimat.ru>).

При анализе эффективности нереста горбуши использованы представленные на сайте “Расписание погоды” (<http://rp5.ru>) суточные данные ГМС по величине осадков в населённых пунктах Южно-Сахалинск (ГМС 32150), Долинск (ГМС 32133, 47°20' с.ш., 142°48' в.д.), Ильинское (ГМС 32121, 47°59' с.ш., 142°12' в.д.), Макаров (ГМС 32116, 48°38' с.ш., 142°46' в.д.) и Поронайск (ГМС 32098, 49°13' с.ш., 143°06' в.д.).

Возникает вопрос о корректности сопоставления данных по скату молоди из разных рек и в разные годы, так как, с одной стороны, они получены методом выборочных обловов, с другой стороны, при частично различающихся методических подходах. Ранее было показано, что применение метода выборочных обловов даёт сопоставимые результаты, судя по сравнению тотального (100%) и выборочного (118%) учётов молоди горбуши в р. Очепуха (Воловик, 1967). А если исключить при сопоставлении этих данных случаи с повышенным уровнем воды, что вело к частичному подтоплению забиваемых мусором щитов, перекрывавших створ реки при сплошном учёте, то результаты выборочного учёта были ещё ближе к таковым при сплошном учёте (109%). Аналогичное сопоставление этих методов в р. Оля также дало небольшое расхождение — выборочный учёт привёл к завышению расчётного объёма ската на 3.4% (Чупахин, 1973). При проведении учёта молоди горбуши в р. Малая Хузи по методике для малых рек (Каев, 2010) одновременно провели расчёты численности покатников, исходя из их концентраций в разных участках речного потока (аналог метода СРВ). Итоговые оценки различались всего на 0.02% (Павлов и др., 2015).

При рассмотрении характеристик покатной миграции молоди в соответствующих иллюстрациях использованы данные по количеству мальков, скатывающихся от нереста 1000 условных производителей (далее эту величину будем именовать индексом ската), что позволяет сопоставлять как динамику ската, так и эффективность воспроизводства горбуши в разных реках. Продолжительность массовой покатной миграции молоди оценивали по периоду между датами с наибольшей интенсивностью ската, в течение которого мигрировало ~ 80% мальков.

Известно, что особенности воспроизводства горбуши, как и ската её молоди во многом определяются характером рек — крупные или малые, протекают ли по обширным равнинам или по горной местности (Гриценко, 2002; Каев и др.,

2010). О характере рек судили по рельефу местности (Атлас ..., 1967), длине их основного русла, площади водосборного бассейна и наличию нерестилищ (Ресурсы ..., 1964; Перечень ..., 1997¹). Площадь нерестилищ горбуши в историческом плане сравнительно стабильна, так как она в значительной мере связана с геоморфологией рек (Montgomery et al., 1999). Однако в некоторых случаях использованы скорректированные специалистами СахНИРО и СРВ данные по нерестовому фонду, если ранние его оценки были явно нереальны или появились данные по площади нерестилищ в реках, которые до этого не обследовали.

Использованные в статье данные по численности покатной молоди, заходам производителей в реки и общей величине возвратов горбуши разных поколений отдельных стад основаны на результатах ежегодных оценок этих параметров стандартными методами (Каев, Irvine, 2016). Наличие связей между изучаемыми процессами оценивали по коэффициентам парной корреляции Пирсона (r) и ранговой корреляции Спирмена (r_s). Совокупные данные по длине рек и площади их водосбора для рассмотренных районов приведены в виде диапазона варьирования, для некоторых рассчитали средние значения и стандартные отклонения ($M \pm SD$). Статистическую обработку провели в программах MS Office Excel и Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ

При представлении результатов анализа темпоральных характеристик покатной миграции обращаем также внимание, насколько выбранные реки соответствуют в своих районах другим рекам, в которых нерестится горбуша.

В южной части Северо-Восточного Сахалина все реки имеют горный характер, стекая с простирающихся вдоль побережья Восточно-Сахалинских гор. Наиболее крупной является р. Лангери (длина основного русла 101 км, площадь водосбора 1360 км²). Остальные 19 рек короче, 14–61 (30.7 ± 14.0) км, и с меньшей площадью водосбора – 16–550 (179.2 ± 142.4) км². В реках, попавших в диапазон площади водосбора $M \pm SD$, сосредоточено 62% нерестилищ, среди них р. Малая Хузи (32 км, 129 км², 37 тыс. м² нерестилищ). Севернее 50°50' с.ш. горы отступают вглубь острова. В этой части побережья долины рек обширны и местами заболочены, часть рек

(в том числе все крупные) впадает в заливы лагунного типа. Исключительно крупной является р. Тымь (330 км, 7850 км²). Остальные 34 (малые реки) значительно уступают по длине русла (6–117 км) и площади водосбора (12–1440 км²). Во многих из них, протекающих по заболоченным низменностям, нерестилищ горбуши крайне мало; 90% нерестилищ сосредоточены в 13 реках длиной русла 20–117 км и площадью водосбора 45–1440 км². Среди них р. Даги (98 км, 780 км², 323 тыс. м² нерестилищ). Массовая миграция молоди горбуши во все годы была продолжительнее в р. Малая Хузи в сравнении с р. Даги, в нечётные годы в среднем 24 против 18 ночей, в чётные – 18 против 13 ночей. В то же время различия в сроках и продолжительности миграции в одни и те же годы в разных реках не так заметны, как в разные годы. Так, в 2021 и 2022 гг., то есть по обеим генеративным линиям, произошло смещение покатной миграции на более поздние даты с одновременным сокращением её продолжительности (рис. 2). Весьма существенной выглядит разница в эффективности воспроизводства горбуши в реках, протекающих на разных участках побережья. Средняя величина индекса ската в р. Малая Хузи в чётные и нечётные годы (соответственно 214.4 и 154.8 тыс. мальков) былакратно больше, чем в р. Даги (100.8 и 44.6 тыс. мальков).

В северной части Юго-Восточного Сахалина (севернее 48° с.ш.) все реки имеют горный характер, протекая в основном по юго-восточным отрогам Камышового хребта. Они характеризуются сравнительно небольшой вариабельностью по длине основного русла – 12–97 (39.2 ± 29.1) км – и площади водосбора – 29–589 (236.4 ± 206.6) км². В реках, попавших в диапазон площади водосбора $M \pm SD$, сосредоточено 62% нерестилищ, среди них – Лазовая (36 км, 312 км², 220 тыс. м² нерестилищ) и Пугачёвка (47 км, 295 км², 217 тыс. м² нерестилищ). Между этими двумя реками не выявлено сколько-нибудь значимых различий по динамике покатной миграции в одни и те же годы. Продолжительность массового ската в реках Лазовая и Пугачёвка была в среднем одинаковой как в нечётные, так и в чётные годы – соответственно по 19 и 18 ночей. Различия проявились только в смещении сроков ската в чётные годы на более поздние даты (рис. 3). В то же время при сравнительно близких значениях индекса ската в реках Лазовая и Пугачёвка в чётные годы (в среднем соответственно 44.9 и 52.7 тыс. мальков) в нечётные годы его значения в р. Лазовая были много-

¹ Перечень нерестовых водоёмов Сахалинской области. 1997 // Науч. арх. СахНИРО. № 7603. 42 с.

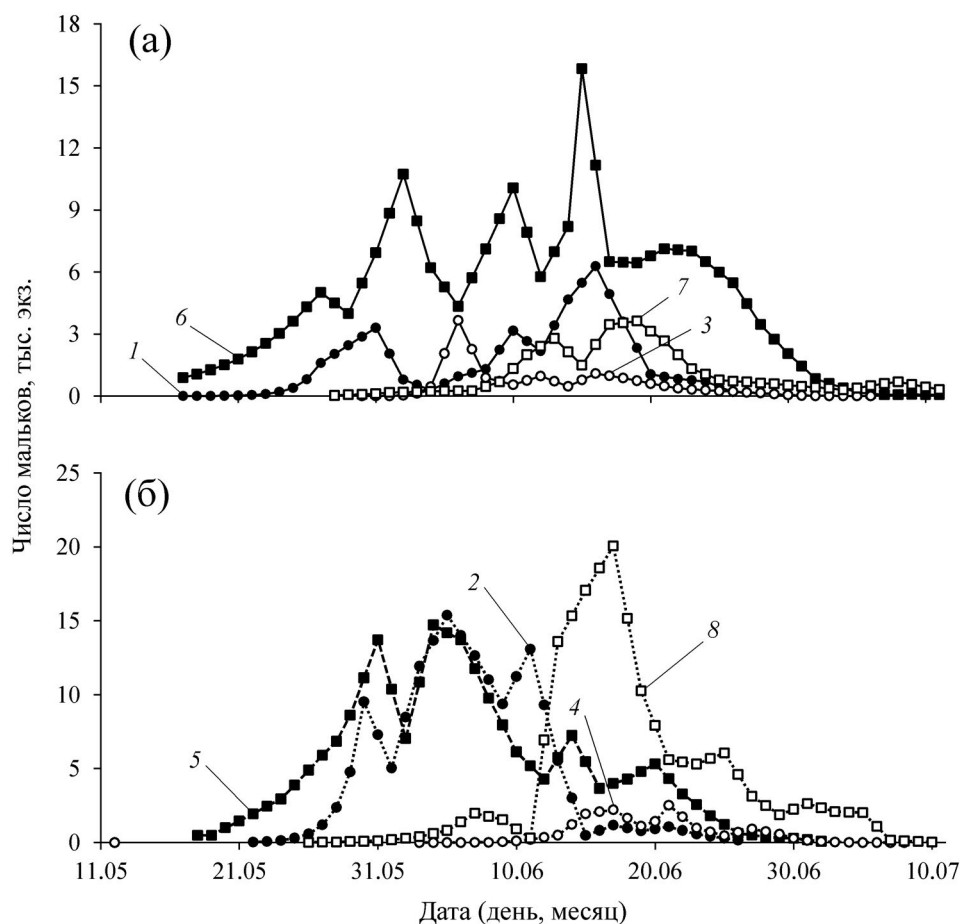


Рис. 2. Динамика численности покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Даги и Малая Хузи в нечётные (а) и чётные (б) годы в расчёте на 1000 учтённых в реках производителей: р. Даги: 1 – 2019, 2 – 2020, 3 – 2021, 4 – 2022; р. Малая Хузи: 5 – 2018, 6 – 2019, 7 – 2021, 8 – 2022.

кратно ниже (особенно в 2021 г.) – 10.3 против 51.0 тыс. мальков в 2019 г. и 4.7 против 81.5 тыс. мальков в 2021 г.

В южной части Юго-Восточного Сахалина (южнее 48° с.ш.) находятся две обширные низменности. Одна из них представляет собой долину р. Найба (119 км, 1660 км²), здесь же расположено оз. Лебяжье с притоками (площадь зеркала и водосбора соответственно 7.6 и 67.1 км²). Во второй (Муравьёвская низменность) расположены несколько озёрно-речных систем, крупнейшая из которых оз. Тунайча с притоками (174 и 731 км²). В бассейнах р. Найба и притоков озёр сосредоточена половина нерестового фонда горбуши, имеющегося в этой части Сахалина. Однако её запас формируется в основном за счёт нереста производителей в 19 реках, стекающих в Охотское море с хребта Шренка (севернее р. Найба) и Сусунайского хребта (между указанными низменностями). Эти реки относятся к средним по протяжённости основного русла –

8–37 (16.2 ± 8.7) км – и площади водосборного бассейна – 9–206 (62.9 ± 64.0) км². В реках, попавших в диапазон площади водосбора $M \pm SD$, сосредоточено 46% нерестилищ, в их число входят реки Бахура (12 км, 55.5 км², 37 тыс. м² нерестилищ) и Вознесенка (14 км, 31 км², 21 тыс. м² нерестилищ). Из четырёх сравнительно крупных рек, не попавших в данный диапазон, Очепуха (31 км, 206 км², 131 тыс. м² нерестилищ) является весьма высокопродуктивной рекой в отношении воспроизводства горбуши. Об этом свидетельствует не только площадь нерестилищ, приходящаяся на 1 км русла реки (4.23 тыс. м²), но и средняя за годы наблюдений плотность скоплений производителей на её нерестилищах, сопоставимая с таковой в 12 регулярно обследуемых из 19 продуктивных горных рек этой части побережья (2.72 против 2.57 экз/м²). Покатная миграция основной массы молоди была в среднем продолжительнее в р. Очепуха по сравнению с р. Вознесенка в нечётные (29 против 17 ночей)

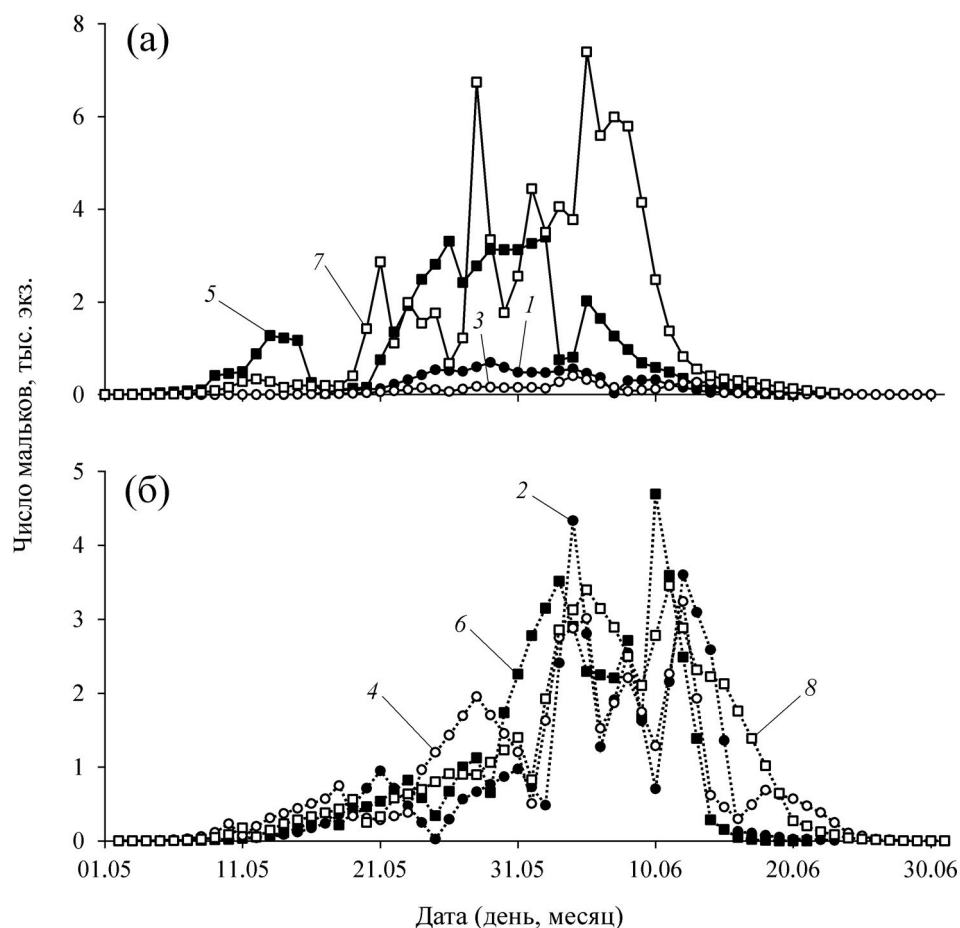


Рис. 3. Динамика численности покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Лазовая и Пугачёвка в нечётные (а) и чётные (б) годы в расчёте на 1000 учётных в реках производителей: р. Лазовая: 1 – 2019, 2 – 2020, 3 – 2021, 4 – 2022; р. Пугачёвка: 5 – 2019, 6 – 2020, 7 – 2021, 8 – 2022.

и чётные (19 против 14 ночей) годы. Однако в целом не наблюдалось заметных различий по срокам массовой миграции молоди в этих реках в разные годы, за исключением их смещения на более поздние даты в 2020 г., более выраженного в р. Очепуха (рис. 4). При сравнительно небольшой разнице индексов ската у горбуши в реках Вознесенка и Очепуха в нечётные годы (в среднем 88.0 против 111.1 тыс. мальков) и в 2022 г. (44.7 против 29.4 тыс. мальков), в 2020 г. его значение в р. Вознесенка втрое превысило таковое в р. Очепуха (361.2 против 121.7 тыс. мальков).

Северная часть побережья зал. Анива представлена обширной Сусунайской низменностью, по которой протекают крупные реки Лютога (130 км, 1530 км²) и Сусуя (83 км, 823 км²). Горный рельеф восточного и западного побережий залива придаёт соответствующий характер протекающим здесь рекам. Часть из них представлена небольшими водотоками, в которых на 1 км русла приходится не более 300 м² нерестилищ, суммар-

ная площадь которых составляет всего ~3% имеющейся в реках этих побережий. Остальные 19 рек относятся в основном к средним на Сахалине по протяжённости основного русла – 8–57 (22.4 ± 13.3) км – и площади водосборного бассейна – 10–291 (84.0 ± 80.8) км². В реках, попавших в диапазон площади водосбора $M \pm SD$, сосредоточено 69% нерестилищ, в их число входит р. Кура (31 км, 115 км², 176 тыс. м² нерестилищ). Таранай (57 км, 291 км², 104 тыс. м² нерестилищ) занимает особое положение в группе этих рек, так как его нижнее течение находится в пределах западной окраины Сусунайской низменности. Поэтому пункт учёта покатной молоди в этой реке расположен в 10 км от её устья (начало гористой местности), в то время как в других реках региона – от нескольких сотен метров до 2 км, за исключением р. Пугачёвка (в 7 км из-за больших глубин в нижнем течении). В реках Таранай и Кура покатная миграция протекала в наиболее ранние сроки. В обеих реках в 2021 г. наблюдалось смещение периода массовой

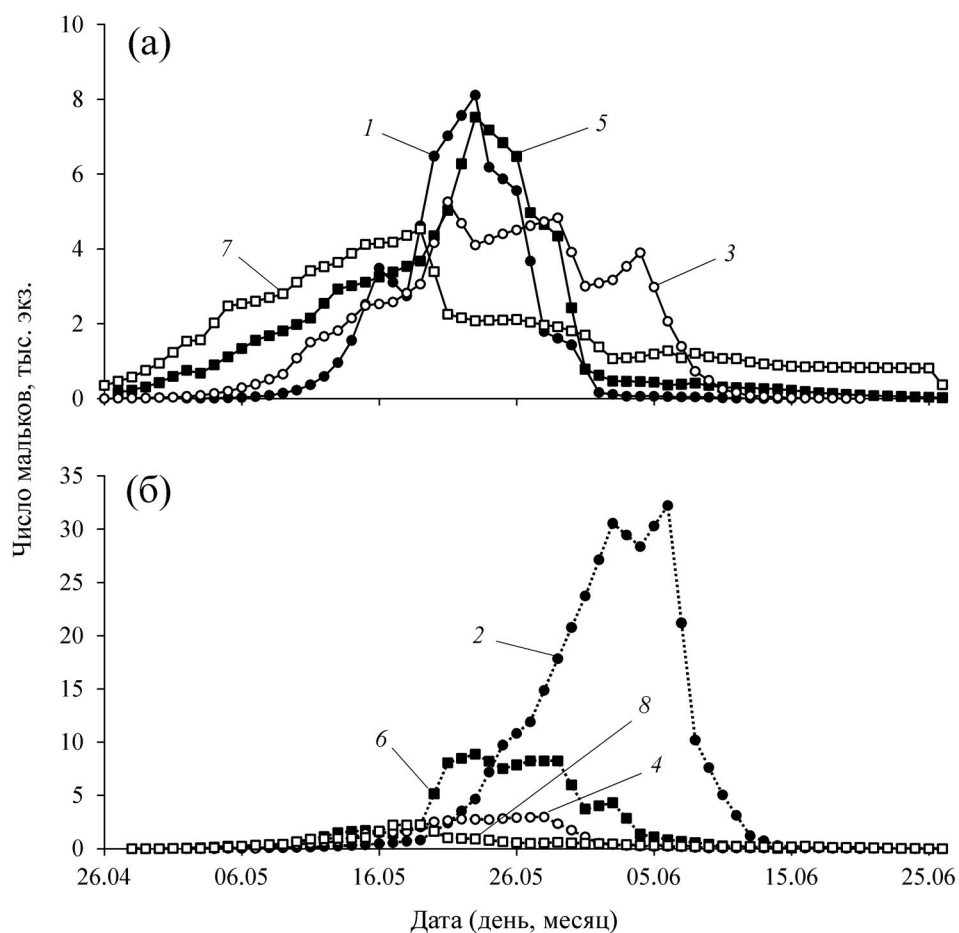


Рис. 4. Динамика численности покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Вознесенка и Очепуха в нечётные (а) и чётные (б) годы в расчёте на 1000 учтённых в реках производителей: р. Вознесенка: 1 – 2019, 2 – 2020, 3 – 2021, 4 – 2022; р. Очепуха: 5 – 2019, 6 – 2020, 7 – 2021, 8 – 2022.

миграции молоди на более поздние даты в сравнении с 2019 г., а в 2022 г., напротив, на более ранние даты в сравнении с 2020 г. (рис. 5). Массовый скат также характеризовался наиболее коротким периодом, почти не различавшимся в разных реках в одни и те же годы (12 и 13, 13 и 14, 15 и 16 ночей соответственно в 2019, 2021 и 2022 гг.), за исключением 2020 г., в котором он был вдвое протяжённее в р. Таранай в сравнении с р. Кура (20 против 10 ночей). Отметим также, что в этом же году величина индекса ската в р. Кура многократно превысила таковую в р. Таранай (30.9 против 6.9 тыс. мальков), в то время как в остальные годы не наблюдалось существенных расхождений между его значениями в этих реках в нечётные годы (в среднем соответственно 37.5 и 26.3 тыс. мальков) и в 2022 г. (30.6 и 30.4 тыс. мальков).

На о-ве Итуруп промысел горбуши базируется на запасах, формирующихся за счёт её воспроизводства в реках, впадающих в море с центрального

и северного участков охотоморского побережья. Численность производителей на немногочисленных нерестилищах (площадью 0.5–2.5 тыс. м²) в реках южного участка этого побережья мала (Каев, 2022), вследствие чего мы не рассматриваем эти реки в контексте данной статьи. Рельеф острова преимущественно гористый с наличием целого ряда вулканов, вследствие чего почти все реки носят ярко выраженный горный характер. Куйбышевка, Курилка и Славная (22–27 км, 145–156 км²) явно крупнее прочих 16 рек центрального и северного участков охотоморского побережья по протяжённости основных русел – 2–18 (39.2 ± 29.1) км – и особенно площади их водосборных бассейнов – 3–40 (18.9 ± 11.2) км². Лишь одна из этих рек (Рейдовая) протекает по обширной долине. В реках, попавших в диапазон площади водосбора $M \pm SD$, сосредоточено 70% нерестилищ, среди них Рыбачья (8 км, 30 км², 12 тыс. м² нерестилищ) и Оля (8 км, 18 км², 17 тыс. м² нерестилищ). Продолжи-

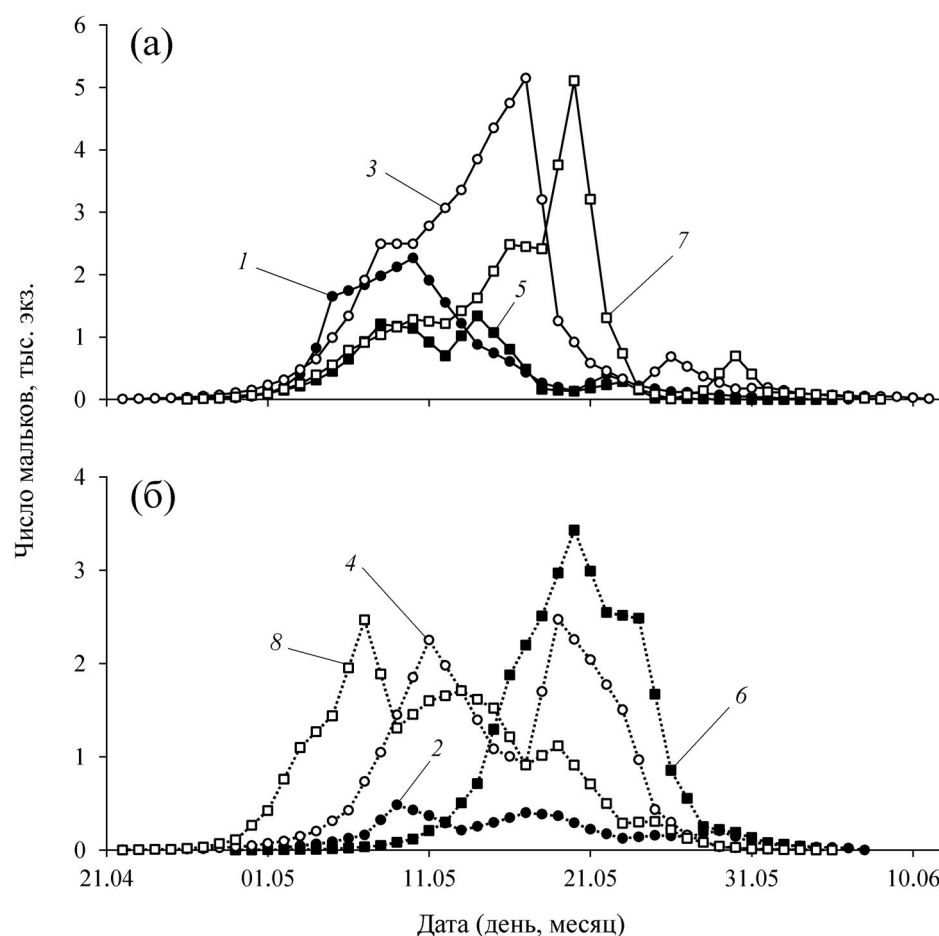


Рис. 5. Динамика численности поклатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Таранай и Кура в нечётные (а) и чётные (б) годы в расчёте на 1000 учётных в реках производителей: р. Таранай: 1 – 2019, 2 – 2020, 3 – 2021, 4 – 2022; р. Кура: 5 – 2019, 6 – 2020, 7 – 2021, 8 – 2022.

тельность массовой поклатной миграции молоди в этих двух реках была почти одинаковой, хотя она изменялась в разные годы: в 2019 г. соответственно 15 и 14 ночей, в 2021 г. по 21 ночи, в 2020 г. 17 и 13 ночей, в 2022 г. 17 и 15 ночей. В то же время наблюдались существенные различия по срокам массового ската (рис. 6), который в р. Оля протекал в среднем на 12 ночей позже, если судить по датам достижения 50% численности скатившейся молоди. Несмотря на столь большие расхождения по срокам миграции, значения индекса ската молоди горбуши в реках Рыбацкая и Оля различалась несущественно в нечётные годы (в среднем соответственно 262.3 и 191.2 тыс. мальков) и в 2022 г. (215.1 и 233.5 тыс. мальков), за исключением 2020 г., в котором величина индекса ската в р. Рыбацкая шестикратно превысила таковую в р. Оля (397.3 против 67.5 тыс. мальков).

В среднем за четырёхлетний период наблюдений проявилась хорошо выраженная тенденция

смещения в южном направлении на более ранние даты сроков массового ската молоди горбуши в реках восточного побережья о-ва Сахалин. При этом его сроки и даты, на которые приходились 50% численности скатившихся мальков, не столь сильно различались в реках, протекающих в одном и том же районе. Показательным исключением из данной тенденции был скат молоди в реках о-ва Итуруп, расположенного на юге рассматриваемого региона. Сроки массового ската молоди горбуши в реках Рыбацкая и Оля не только сместились в противоположном направлении по отношению к обозначенной выше тенденции, но и существенно различались в каждой из этих рек (рис. 7).

Известно, что скорость развития эмбрионов и личинок лососей, в частности горбуши, зависит от температуры воды (Смирнов, 1975; Канидьев, 1984; Тарасюк, Тарасюк, 2007). Поэтому в более холодных районах дефицит тепла

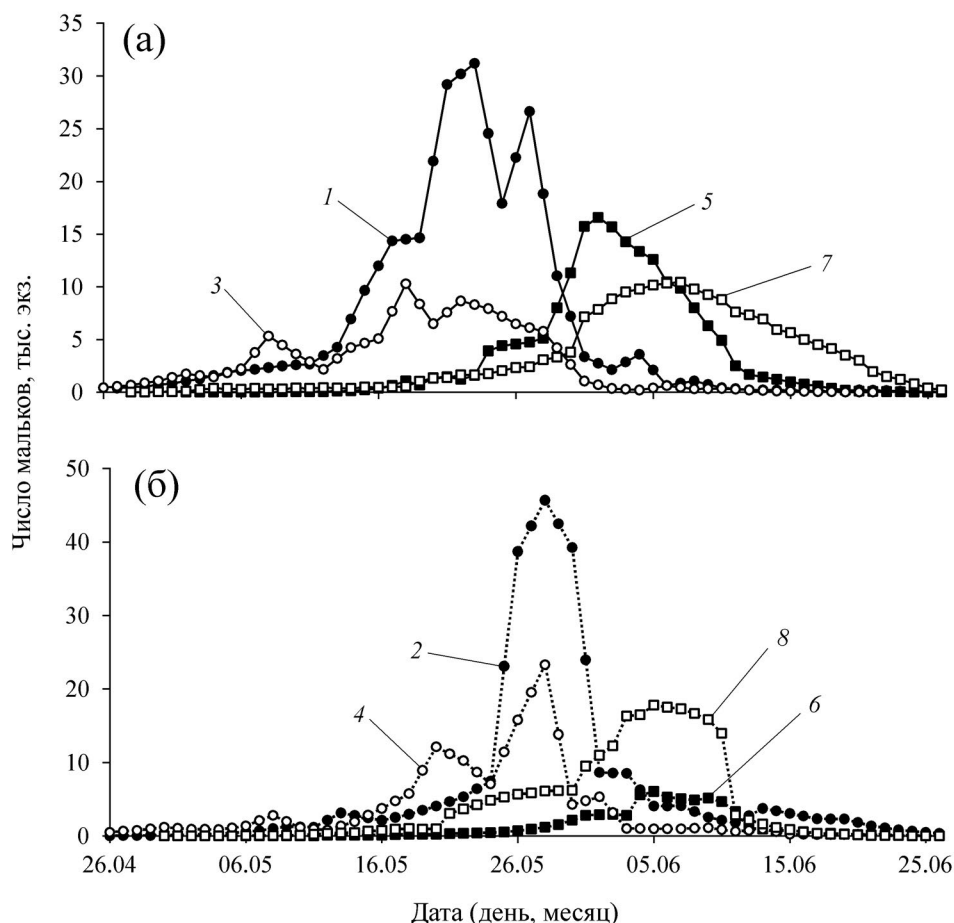


Рис. 6. Динамика численности покатной молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Рыбачкая и Оля в нечётные (а) и чётные (б) годы в расчёте на 1000 учтённых в реках производителей: р. Рыбачкая: 1 – 2019, 2 – 2020, 3 – 2021, 4 – 2022; р. Оля: 5 – 2019, 6 – 2020, 7 – 2021, 8 – 2022.

компенсируется не только поздней покатной миграцией, но и ранним нерестом. Так, судя по динамике уловов ставными неводами, середина периода подходов горбуши в 2009–2013 гг. к северо-восточному побережью Сахалина приходилась в среднем на 5 августа, к юго-восточному – на 12 августа, к побережью зал. Анива – на 18 августа (Каев, Кловач, 2014). В нашем распоряжении нет корректных данных по температуре подруслового потока в каждом из районов (разные годы и сроки наблюдений), чтобы оценить, насколько разный термический режим в этих районах отражается на скорости эмбрионального развития горбуши. Однако об этом можно судить, например, по данным контроля в 2014–2022 гг. за развитием горбуши на лососёвом рыбноводном заводе “Фирсово” (юго-восточное побережье Сахалина). От закладки первой партии икринок на инкубацию в первой декаде сентября до вылупления проходило в среднем 63 сут (590.9 градусо-дней), а у партии, заклады-

ваемой через ~10 сут после первой, вылупление начиналось в среднем через 72 сут (548.0 градусо-дней). То есть эти данные подтверждают известное положение о снижении темпа развития эмбрионов при более низких температурах, о которых можно судить по уменьшению суммы накопленных градусо-дней за более длительный период инкубации у второй партии. Нерестовые гнёзда горбуши омываются подрусловым потоком, температура которого в решающей степени зависит от температуры воздуха в месяцы с её положительными значениями (Крючков, 2007). Следовательно, температуру воздуха в этот период вполне можно использовать для опосредованного суждения о термическом режиме в процессе эмбрионального и личиночного развития горбуши в реках рассматриваемых районов.

На юго-восточном побережье Сахалина при анализе 14 поколений горбуши установлена статистически достоверная связь между суммой

положительных температур воздуха в период развития потомства в нерестовых гнёздах (сентябрь–октябрь, апрель–май) и датами ската 50% молоди ($r = -0.79$, $p = 0.0008$; $r_s = -0.80$). Аналогичная связь с температурой воздуха в апреле–мае ($r = -0.52$) или только в мае ($r = -0.40$) слабее. При анализе не использованы данные по скату молоди в р. Бахура в 2009–2011 гг., так как в эти годы ориентировочно от 11 до 36% мальков скатилось до начала учёта. Наибольшая сумма реконструированного числа скатившихся мальков до начала наблюдений среди принятых для анализа поколений составила 4.8% (470 тыс. мальков) в 2007 г. в р. Бахура, что лишь немного превышало численность покатинок, скатывавшихся в этой реке за ночь в период массовой миграции (в среднем по 405 тыс. с 31 мая по 18 июня). То есть такая корректировка не могла оказать существенного влияния на определяемую дату середины ската, так как её величина определяла максимально возможное смещение рассчитываемой даты всего на одну ночь в диапазоне её значений от 21 до 37 ночей в реках юго-восточного побережья Сахалина (рис. 8). Сравнительно тесная связь между рассматриваемыми процессами ($r = -0.68$, $p = 0.0039$; $r_s = -0.64$) установлена также на примере ската молоди 16 поколений горбуши в р. Рыбацкая. Однако в этом случае расширен диапазон рассчитываемых температур по месяцам. К осенним месяцам добавлен ноябрь, средняя температура воздуха в котором в отличие от южной части Сахалина (-0.8 ($-4.9...1.3$)°C) во все годы

была положительной: 4.4 (1.3–5.5)°C. К весенним месяцам добавили вторую половину марта в основном уже с его положительными температурами воздуха. Аналогичная связь с температурой воздуха в апреле–мае ($r = -0.55$) или только в мае ($r = -0.30$) также оказалась слабее.

Соотношение между заходами производителей в реки и последующим скатом молоди с возвратом рыб соответствующих поколений рассмотрено на примере южной части юго-восточного побережья Сахалина и о-ва Итуруп (таблица), то есть для районов не только с самым длительным периодом наблюдений, но и с наиболее высокой в среднем численностью горбуши, что немаловажно для точности оценок. Связь возвратов с численностью родителей в обоих районах оказалась значительно слабее, чем с численностью покатинок с нерестилищ. Связь возвратов с численностью молоди заводского происхождения была либо слабой, либо даже отрицательной, что отмечалось и ранее (Каев, 2012). Однако эта зависимость не свидетельствует напрямую о меньшей выживаемости рыб заводского происхождения. В значительной степени это определяется, видимо, как в среднем двукратно меньшей численностью заводской молоди, так и меньшей амплитудой её межгодовых изменений. Поэтому оценка возвратов с суммарной численностью скатывающихся из рек мальков не привела к усилению рассматриваемой связи. Эти результаты свидетельствуют о существенном значении учётов покатной молоди дикого происхождения для прогнозирования

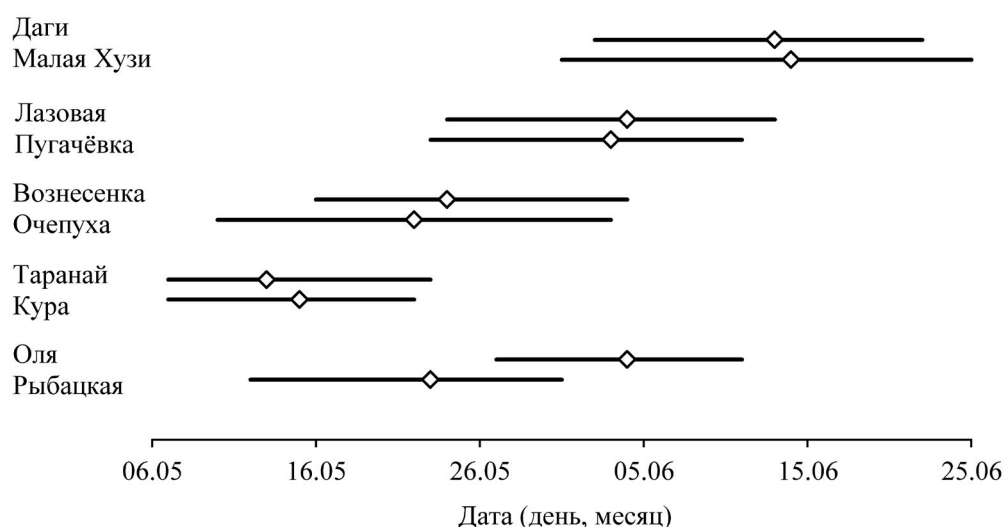


Рис. 7. Период массовой покатной миграции молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (—) и дата, на которую приходилось 50% скатившихся мальков (◊), в разных реках в среднем за четыре изученных года.

Численность (млн экз.) горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* на разных этапах онтогенеза и связь возвратов взрослых рыб с числом производителей в реках (заход) и покатной молоди дикого (Д) и заводского (З) происхождения на о-ве Итуруп и в южной части юго-восточного побережья о-ва Сахалин для поколений от нереста соответственно в 1976–2020 и 1970–2020 гг.

Показатель	Итуруп			Сахалин		
	<i>M</i>	lim	<i>r</i>	<i>M</i>	lim	<i>r</i>
Заход	1.48	0.64–2.46	0.20	3.47	0.39–10.60	0.10
Скат (Д)	236.5	57.3–661.9	0.40	231.1	35.2–1229.8	0.48
Выпуск (З)	133.0	62.0–215.0	–0.17	98.6	17.2–259.4	0.19
Д + З	369.5	183.4–773.8	0.36	329.7	71.1–1452.5	0.47
Возврат	16.61	1.58–33.10	45*	17.74	1.44–66.11	51*

Примечание. *M* – среднее значение, lim – пределы варьирования, *r* – коэффициент парной корреляции Пирсона; *число поколений.

вероятной численности возвратов горбуши соответствующих поколений. В то же время отмеченные в ряде случаев расхождения по величине индексов ската между реками в пределах отдельных районов требуют обсуждения.

ОБСУЖДЕНИЕ

При оценках условий питания молоди лососей в ранний морской период жизни существенное значение имеет время формирования высоких концентраций кормовых организмов относительно сроков её ската и выхода в море. В южнобереальных районах начинающие увеличиваться в апреле численность и биомасса планктона максимальных годовых значений достигают в мае–июне. В северобереальных районах эти процессы сдвинуты на время до двух месяцев и более, но обычно максимум приходится на июнь и июль (Шунтов, Темных, 2008). Поэтому не удивительно, что сроки ската основной массы молоди в разных реках одного района почти совпадают, а при сравнении разных районов наблюдается хорошо выраженная тенденция смещения от северных к южным широтам сроков ската на более ранние даты (рис. 7). В общем виде на более ранний скат молоди горбуши в южных широтах, где климат теплее, уже обращали внимание исследователи (Гриценко, 2002; Шунтов, Темных, 2008). Действительно, северо-восточное побережье Сахалина является наиболее холодным на острове, где переход средней суточной температуры воздуха весной через 0°C проходит между 21 апреля и 01 мая, а в южной части острова – между 01 и 11 апреля, северная часть юго-восточного побережья Сахалина занимает промежуточное положение – между 11 и 21 апреля (Атлас ..., 1967). Казалось

бы, что реки в южной части Сахалина (между 46° и 48° с.ш.) находятся в одинаковых условиях (Южно-Сахалинская климатическая область), однако это не так. На климат п-ова Крильон, по которому протекают реки Кура и Таранай, оказывает влияние тёплое Цусимское течение. В южной части юго-восточного побережья Сахалина (реки Бахура, Вознесенка и Очепуха), напротив, климат определяется холодными водами Охотского моря. Как следствие, в первом из этих районов переход средней суточной температуры воздуха весной через 0°C проходит между 1 и 6 апреля, а во втором – между 6 и 11 апреля.

На первый взгляд, реки Рыбацкая и Оля на о-ве Итуруп полностью выпадают из указанной выше тенденции, так как являются наиболее южными (около 45° с.ш.) из рассмотренных. Однако климат на этом острове в значительной мере определяется переносом воздуха между Тихим океаном и Охотским морем, в результате чего для него характерны небольшие сезонные изменения температуры воздуха, то есть сравнительно холодное лето и тёплая зима (Атлас ..., 1967). А более чем 10-суточная разница между датами, на которые приходилась половина скатившейся молоди в Рыбацкой и Оле (рис. 7), связана с системой формирования водного стока в этих реках. Рыбацкая, как и многие другие реки, протекает в гористой местности с высотами до 700 м, а р. Оля уникальна тем, что частично подпитывается водами, стекающими со склона вулкана Богдан Хмельницкий (1585 м), на котором мощные снеговые пласты в ущельях могут сохраняться вплоть до осени. Вследствие этого вода в р. Оля прогревается медленнее. К примеру, средняя температура воды при скате молоди с 6 мая по 22 июня 2019 г. (период синхронных на-

блюдений) в р. Оля составила 6.3, а в р. Рыбачья 7.8°C (Каев и др., 2020). В данном случае задержка ската основной массы молоди в этой реке не ведёт к потенциально низкой её обеспеченности пищей в морском прибрежье, так как именно в этом районе среди зоопланктона даже в июле доминируют его мелкие формы (*Pseudocalanus* spp. и представители Harpacticoida), которыми преимущественно питается мелкая молодь (недавние покатики) горбуши (Каев, 2003; Чебанова и др., 2018).

Различия сроков ската молоди из рек о-ва Итуруп полностью укладываются в схему сроков покатной миграции в зависимости от температурного режима в периоды эмбрионального и личиночного развития горбуши (рис. 8). Представляя эти данные, мы тем самым полностью разделяем точку зрения о том, что изменяющиеся по годам и по районам сроки и интенсивность покатной миграции во многом определяются фенологическим сдвигом биологических процессов в целом (Голованов, 1982; Черешнев и др., 2002; Шунтов, Темных, 2008). Именно поэтому во многих случаях в весенние месяцы в реках не выявляются чёткие зависимости сроков и динамики покатной миграции от уровня (прохождение весеннего паводка) и термического режимов, которые традиционно рассматривают исследователи при описаниях ската молоди гор-

буши (Воловик, 1967; Гриценко и др., 1987; Гаврилов, Пушкарева, 1996; Колпаков, Колпаков, 2006; Колпаков и др., 2007; Павлов и др., 2010; Зеленихина и др., 2015; Канзепарова и др., 2015; Ромасенко и др., 2015; Кириллов и др., 2018; Кириллова, 2022).

Серьёзным контраргументом в дискуссии об использовании учтённой в контрольных реках численности покатной молоди горбуши для прогнозирования возвратов взрослых рыб является, на первый взгляд, существенное расхождение в отдельные годы значений индекса ската в разных реках одного района. И это несмотря на то, что они являются типичными нерестовыми реками в своих районах. Так, наряду с мощным влиянием на урожайность покатников численности производителей на нерестилищах воздействие метеорологических факторов может многократно изменять урожайность покатников при одном и том же числе производителей (Островский, 2011, 2014). В то же время разный эффект воздействия таких факторов (средний уровень воды в реках, степень прогрева или выхолаживания воздуха осенью, зимой и весной, промерзание нерестилищ и другие) в большей мере должен проявляться в межгодовом аспекте, а не в пределах отдельных районов. Свидетельством этому является показанное нами сходство по срокам и динамике покатной миграции в разных реках того

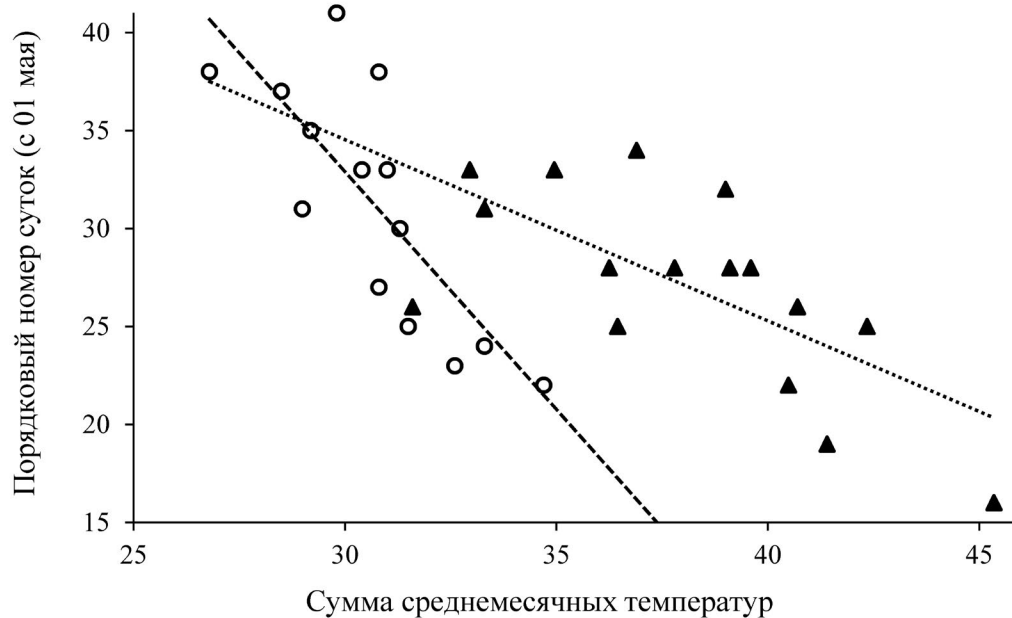


Рис. 8. Связь между изменениями суммы накопленных температур в течение эмбрионально-личиночного развития соответствующих поколений горбуши *Oncorhynchus gorbusha* и датами, на которые приходились 50% скатившихся мальков, в реках Бахура и Вознесенка в 2007–2008, 2012–2023 гг. (O, — — —) и Рыбачья в 2007–2009, 2011–2023 гг. (▲,).

или иного района в одни и те же годы при заметных межгодовых различиях по этим параметрам. Однако к появлению различий в эффективности нереста горбуши в пределах локальных районов вполне могут привести как разная плотность скоплений производителей в реках, так и размыв грунта нерестилищ вследствие мощных осенних дождей осадков. О последствиях воздействия паводков на эффективность нереста горбуши можно судить по результатам ската её молоди с нерестилищ в реках Лазовая и Пугачёвка в 2019 г. В 2018 г. в разгар нереста горбуши в северной части юго-восточного побережья Сахалина и далее по побережью зал. Терпения были зафиксированы экстремально обильные осадки (151 и 162 мм 5 сентября соответственно на Макаровской и Поронайской ГМС), в то время как в южных районах острова при прохождении этого же атмосферного фронта осадки были невелики — 17, 18 и 28 мм соответственно на Ильинской, Долинской и Южно-Сахалинской ГМС. Значение индекса ската молоди этого поколения в р. Лазовая было в 5 раз ниже такового в р. Пугачёвка, водосборный бассейн первой находится вблизи г. Макаров, а второй — вблизи с. Ильинское. Ярким примером последствий разной плотности скоплений производителей на нерестилищах является скат молоди горбуши в 2023 г. из рек Очепуха и Вознесенка. Индекс ската в р. Очепуха, на нерестилищах которой было сравнительно немного производителей (0.70 экз/м²), составил 136.9 тыс. мальков, а в р. Вознесенка при допущенном экстремально большом заходе горбуши (3.81 экз/м²) — всего 17.4 тыс. мальков. Осенью 2022 г. при нересте производителей в этих реках не наблюдалось экстремально больших осадков. В то же время на примере рек Камчатского края показано, что при скоплениях производителей горбуши на нерестилищах свыше 2 экз/м² происходит уже сплошное перекапывание всех имеющихся нерестовых гнёзд. Причём переполнение нерестилищ увеличивало популяционную смертность не только за счёт перекапывания бугров, но и в результате массовой гибели производителей до нереста и откладки икры за границами пригодных нерестилищ (Есин и др., 2012).

Расхождения по индексу ската молоди между реками на северо-восточном побережье Сахалина преимущественно связаны с особенностями воспроизводства горбуши в этом районе. Как уже отмечалось, в его южной части реки соответствуют горбушённому типу, они в среднем короче и имеют горный характер. По результатам синхронных в 1986–1991, 1997–2002 гг. учётов

молоди в реках Мелкая (южная часть побережья) и Даги, индекс ската в первой из них во все годы был выше — в среднем в 1.33 раза (Каев, 2019). Полученные в последние годы данные по другим рекам в южной части побережья (Большая и Малая Хузи, Хой) фактически придают уже закономерный статус обнаруживаемой разнице по эффективности нереста горбуши в реках северной и южной частей данного побережья.

Расчёт суммарной численности молоди горбуши, скатывающейся из всех рек того или иного района, осуществляется умножением числа учтённых в них производителей на среднее значение индекса ската в контрольных реках данного района. Использование первичных данных по заходу горбуши в реки и величине суточных осенних осадков даёт возможность вносить коррективы в эти расчёты, придавая больший статус одному из значений индекса ската (Каев и др., 2020). Понятно, что численность покотников изначально определяется наличием производителей на нерестилищах. Вследствие меняющихся условий развития эмбрионов и личинок корреляция между численностью покотников и последующим возвратом взрослых рыб в 2–4 раза выше, чем в паре родители—потомки (таблица). Тем не менее, она всё же недостаточна для безошибочного прогноза, так как выживаемость разных поколений в течение морского периода жизни у рассматриваемой нами горбуши юго-восточного побережья о-ва Сахалин и о-ва Итуруп изменяется в пределах соответственно от 0.65 до 18.02% и от 0.92 до 10.04% (Каев, Irvine, 2016). Однако сравнительно точная оценка численности поколения при завершении пресноводного периода воспроизводства увеличивает шансы для верной оценки вероятной тенденции изменения запаса, что уже весьма важно для подготовки рыбопромышленного комплекса к предстоящей путине.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В реках региона (восточное побережье о-ва Сахалин и о. Итуруп) наблюдается большое расхождение по срокам покотной миграции молоди горбуши, соответствующее широко известному их смещению на более ранние даты в южном направлении к районам с более тёплым климатом. Действие климатического фактора проявляется также в межгодовых изменениях динамики ската в пределах локальных районов. То есть сроки миграции и её интенсивность определяются не только весенними уровнем и термическим режимами в реках, но и в значительной степени

фенологическим сдвигом биологических процессов в целом за периоды эмбрионального и личиночного развития горбуши. Поэтому зачастую не выявляются чёткие зависимости сроков и динамики покатной миграции от изменений, обычно регистрируемых при изучении параметров её среды (уровень и температура воды). В то же время внутри каждого из локальных районов сроки и динамика ската в разных реках в одни и те же годы довольно схожи, однако в отдельных случаях наблюдаются существенные различия по эффективности воспроизводства. Зачастую причины таких расхождений обусловлены разной плотностью скоплений горбуши на нерестилищах либо разрывом нерестовых гнёзд при паводках. Учёт таких обстоятельств весьма важен при расчётах суммарной численности молоди, скатывающейся с нерестилищ рек того или иного района, так как этот показатель представляется более объективным для оценки запасов горбуши, чем численность зашедших в реку производителей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность всем сотрудникам Сахалинских филиалов Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии и Главного бассейнового управления по рыболовству и сохранению водных биологических ресурсов, принимавшим участие в количественном учёте молоди горбуши, результаты которых использованы в данном исследовании. Отдельную признательность выражаем генеральному директору ООО “Меридиан” А.И. Шушпанову за предоставленные данные по количеству градусо-дней между датами закладки икры горбуши на инкубацию и последующего вылупления по отдельным партиям на лососёвом рыбоводном заводе “Фирсово” в 2014–2022 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Сахалинской области. 1967. М.: ГУГК при СМ СССР, 135 с.
- Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И. 2018. Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 49. С. 5–50.
<https://doi.org/10.15853/2072-8212.2018.49.5-50>
- Воловик С.П. 1967. Методы учёта и некоторые особенности поведения покатной молоди горбуши в реках Сахалина // Изв. ТИНРО. Т. 61. С. 104–117.
- Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф. 1996. Динамика численности приморской горбуши // Там же. Т. 119. С. 178–193.
- Голованов И.С. 1982. О естественном воспроизводстве горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum)

- (Salmonidae) на северном побережье Охотского моря // Вопр. ихтиологии. Т. 22. Вып. 4. С. 568–575.
- Гриценко О.Ф. 2002. Проходные рыбы острова Сахалин (систематика, экология, промысел). М.: Изд-во ВНИРО, 248 с.
- Гриценко О.Ф., Ковтун А.А., Косткин В.К. 1987. Экология и воспроизводство кеты и горбуши. М.: Агропромиздат, 166 с.
- Есин Е.В., Леман В.Н., Сорокин Ю.В., Чалов С.Р. 2012. Популяционные последствия высокочисленного подхода горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* к северо-восточному побережью Камчатки в 2009 году // Вопр. ихтиологии. Т. 52. № 4. С. 446–455.
- Зеленина Д.А., Животовский Л.А., Сошнина В.А. и др. 2022. Внутривидовая дифференциация азиатской горбуши по данным о последовательности митохондриального гена СУТВ // Генетика. Т. 58. № 11. С. 1280–1291.
<https://doi.org/10.31857/S0016675822110145>
- Зеленихина Г.С., Ельников А.Н., Тоцилина Т.Г. 2015. Покатная миграция сеголетков горбуши и кеты в р. Рейдовой о. Итуруп (южные Курильские острова) в весенне-летний период 2014 г. // Тр. ВНИРО. Т. 158. С. 6–14.
- Зеленников О.В., Мякишев М.С. 2023. О прогнозировании вылова горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) на острове Итуруп // Вопр. ихтиологии. Т. 63. № 2. С. 210–217.
<https://doi.org/10.31857/S0042875223020315>
- Каев А.М. 2003. Особенности воспроизводства кеты в связи с ее размерно-возрастной структурой. Южно-Сахалинск: Изд-во СахНИРО, 288 с.
- Каев А.М. 2007. Биологические основы рационального промысла лососей в Сахалино-Курильском регионе // Вопр. рыболовства. Т. 8. № 4 (32). С. 713–733.
- Каев А.М. 2010. Методические аспекты количественного учёта покатной молоди лососей в реках Сахалино-Курильского региона // Изв. ТИНРО. Т. 162. С. 194–206.
- Каев А.М. 2019. Некоторые результаты изучения динамики численности горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* на северо-восточном побережье острова Сахалин // Вопр. ихтиологии. Т. 59. № 6. С. 672–680.
<https://doi.org/10.1134/S0042875219060043>
- Каев А.М. 2022. Особенности промысла и показатели воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* о. Итуруп (Курильские острова) // Изв. ТИНРО. Т. 202. № 1. С. 71–91.
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2022-202-71-91>
- Каев А.М., Сафронов С.Н., Никитин В.Д. и др. 2010. Подходы к созданию лососевых рыбохозяйственных заповедных зон в Сахалинской области // Лососевые рыбохозяйственные заповедные зоны на Дальнем Востоке России. М.: Изд-во ВНИРО. С. 51–59.
- Каев А.М., Дзен Г.Н., Сухонос П.С., Бобров И.С. 2020. Оценка численности покатной молоди горбуши в

- реках островов Сахалин и Итуруп в 2019 г. // Изв. ТИНРО. Т. 200. № 1. С. 82–100.
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-82-100>
- Каев А.М., Ромасенко Л.В., Дзен Г.Н. 2024. Суточная и сезонная изменчивость покатной миграции молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) в реках Сахалино-Курильского региона // Вопр. ихтиологии. Т. 64. № 3. С. 277–293.
<https://doi.org/10.31857/S0042875224030032>
- Канзепарова А.Н., Золотухин С.Ф., Балушкин В.А. 2015. Молодь горбуши и кеты р. Иска (Сахалинский залив, Охотское море) в пресноводный период // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 55–68.
<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2015-182-55-68>
- Канидьев А.Н. 1984. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 216 с.
- Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Павлов Д.С. 2018. Закономерности покатной миграции молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в р. Малая Хузи (Сахалинская область) // Вопр. ихтиологии. Т. 58. № 6. С. 710–723.
<https://doi.org/10.1134/S0042875218060139>
- Кириллова Е.А. 2022. Результаты количественного учёта покатной молоди горбуши в реке Малая Хузи (северо-восток острова Сахалин) в 2021 году // Бюл. № 16 изучения тихоокеан. лососей на Дальнем Востоке. С. 110–118.
https://doi.org/10.26428/losos_bull16-2022-110-118
- Кириллова Е.А., Кириллов П.И., Павлов Д.С. 2020. Скот молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в р. Малая Хузи (северо-восток о. Сахалин) в 2018 г. // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. № 56. С. 84–92.
<https://doi.org/10.15853/2072-8212.2020.56.84-92>
- Колпаков Е.В., Колпаков Н.В. 2006. Особенности покатной миграции горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в р. Великая Кема (северное Приморье) // Бюл. № 1 реализации “Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей”. С. 213–216.
- Колпаков Е.В., Мирошник В.В., Климкин В.В., Климкин А.Ф. 2007. Катадромная миграция молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в р. Серебрянка (Тернейский район, Приморский край) в 2007 г. // Бюл. № 2 реализации “Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей”. С. 209–213.
- Котенёв Б.Н., Кровнин А.С., Кловач Н.В. и др. 2015. Влияние климато-океанологических факторов на состояние основных запасов горбуши в 1950–2015 гг. // Тр. ВНИРО. Т. 158. С. 143–161.
- Кровнин А.С., Кивва К.К., Мурый Г.П., Сумкина А.А. 2021. Влияние климатических факторов на межгодовые колебания запасов камчатской горбуши в 2014–2020 гг. // Вопр. рыболовства. Т. 22. № 4. С. 35–45.
<https://doi.org/10.36038/0234-2774-2021-22-4-35-45>
- Крючков Г.П. 2007. Гидрогеотермический режим речных долин для прогнозирования условий инфильтрационного водоснабжения // Пробл. регион. экологии. № 4. С. 15–18.
- Островский В.И. 2011. Факторы, определяющие численность покатной молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) р. Иска // Изв. ТИНРО. Т. 166. С. 88–102.
- Островский В.И. 2014. Факторы, влияющие на численность покатной молоди тихоокеанских лососей // Чт. памяти В.Я. Леванидова. Вып. 6. С. 501–508.
- Островский В.И. 2022. Прогнозирование запасов тихоокеанских лососей при направленной изменчивости условий воспроизводства // Бюл. № 16 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. С. 88–95.
https://doi.org/10.26428/losos_bull16-2022-88-95
- Павлов Д.С., Кириллова Е.А., Кириллов П.И. 2010. Покатная миграция молоди лососевых рыб в р. Утхолок и ее притоках (северо-западная Камчатка). 1. Покатная миграция молоди первого года жизни // Изв. ТИНРО. Т. 163. С. 3–44.
- Павлов Д.С., Кириллов П.И., Кириллова Е.А., Черешкевич Ф.Г. 2015. Покатная миграция молоди горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) в реке Малая Хузи (северо-восток острова Сахалин) // Биология внутр. вод. № 4. С. 64–75.
<https://doi.org/10.7868/S0320965215040129>
- Ресурсы поверхностных вод СССР. 1964. Гидрологическая изученность. Т. 18. Дальний Восток. Вып. 4. Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеиздат, 124 с.
- Ромасенко Л.В., Захаров А.В., Никитин В.Д. 2015. Покатная миграция молоди горбуши и кеты в некоторых реках Сахалинской области в 2015 г. // Бюл. № 10 изучения тихоокеан. лососей на Дальнем Востоке. С. 112–115.
- Смирнов А.И. 1975. Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М.: Изд-во МГУ, 334 с.
- Тарасюк Е.В., Тарасюк С.Н. 2007. Метод масштабных характеристик и его применение для совершенствования биотехники искусственного разведения горбуши. М.: Изд-во ВНИРО, 149 с.
- Чебанова В.В., Френкель С.Э., Зеленихина Г.С. 2018. Связь питания молоди кеты *Oncorhynchus keta* и горбуши *O. gorbuscha* с обилием зоопланктона в прибрежье залива Простор (о. Итуруп) // Вопр. ихтиологии. Т. 58. № 5. С. 608–616.
<https://doi.org/10.1134/S0042875218050053>
- Черешнев И.А., Волобуев В.В., Шестаков А.В., Фролов С.В. 2002. Лососевидные рыбы Северо-Востока России. Владивосток: Дальнаука, 496 с.
- Чигиринский А.И. 1993. Глобальные природные факторы, промысел и численность тихоокеанских лососевых // Рыб. хоз-во. № 2. С. 19–22.
- Чупахин В.М. 1973. К характеристике естественного воспроизводства горбуши на о. Итуруп // Изв. ТИНРО. Т. 91. С. 55–67.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр, 481 с.

Шунтов В.П., Темных О.С., Найдено С.В. 2019. Ещё раз о факторах, лимитирующих численность тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp., сем. Salmonidae) в океанический период их жизни // Изв. ТИНРО. Т. 196. С. 3–22.

<https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-196-3-22>

Bradford M.J. 1992. Precision of recruitment predictions from early life stages of marine fishes // Fish. Bull. V. 90. № 3. P. 439–453.

Kaev A.M. 2012. Wild and hatchery reproduction of pink and chum salmon and their catches in the Sakhalin-Kuril region, Russia // Environ. Biol. Fish. V. 94. № 1. P. 207–218.

<https://doi.org/10.1007/s10641-011-9900-5>

Kaev A.M., Irvine J.R. 2016. Population dynamics of pink salmon in the Sakhalin-Kuril region, Russia // NPAFC Bull. № 6. P. 297–305.

<https://doi.org/10.23849/npafcb6/297.305>

Kaev A.M., Klovach N.V. 2014. Revision of data on pink salmon abundance in East Sakhalin and Kuril Islands // NPAFC Doc. № 1501. 11 p.

Montgomery D.R., Beamer E.M., Pess G.R., Quinn T.P. 1999. Channel type and salmonid spawning distribution and abundance // Can. J. Fish. Aquat. Sci. V. 56. № 3. P. 377–387.

<https://doi.org/10.1139/f98-181>

REGIONAL AND INTERANNUAL VARIABILITY OF THE TEMPORAL CHARACTERISTICS OF THE DOWNSTREAM MIGRATION OF JUVENILE PINK SALMON *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (SALMONIDAE) IN THE RIVERS OF THE SAKHALIN–KURIL REGION

A. M. Kaev¹, *, L. V. Romasenko¹, V. G. Samarskii², P. S. Sukhonos², and I. S. Bobrov²

¹*Sakhalin Branch, Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

²*Main Basin Management for Fisheries and Water Biological Resource Conservation, Sakhalin Branch, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia*

*E-mail: kaev@outlook.com

The results of a study of the downstream migration of juvenile pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* in 11 rivers of the Sakhalin and Iturup islands are presented. A large discrepancy has been established in the timing of migration, which corresponds to its known shift to earlier dates in the southern direction. The correlation has been calculated between the air temperature in months with its positive values throughout the periods of embryonic and larval development of pink salmon and the timing of migration of pink salmon juveniles in the rivers of the southeastern coast of the Sakhalin Island ($r = -0.79$, 14 generations) and Iturup Island ($r = -0.68$, 16 generations). The presence of this correlation shows that interannual changes in the timing and dynamics of the downstream migration of pink salmon juveniles within local areas are determined not only by the spring level and thermal regimes in the rivers, but also significantly by the general phenological shift in biological processes throughout the freshwater period of pink salmon development. The timing and dynamics of downstream migration within each local area are quite similar in different rivers in the same years. However, multiple differences can sometimes be observed between them in terms of the efficiency of reproduction, estimated through the downstream migration index (the ratio of the number of juveniles that migrated downstream to the number of spawners that entered the river for spawning). The reasons for such discrepancies are often obvious. They are generally determined by different densities of pink salmon aggregations on spawning grounds or by the destruction of the ground of spawning areas during autumn floods. It is very important to take into account such conditions when calculating the total number of juveniles that migrate downstream from rivers in a certain area, since this index seems to be more objective for estimating pink salmon stocks than the number of parents.

Keywords: juvenile pink salmon, downstream migration, timing, dynamics, abundance, Sakhalin, Iturup.