Известия ТИНРО

2020 **Том 200, вып. 1**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ

УДК 597.552.511–152.6

Е.А. Шевляков[1], М.Г. Фельдман[2], В.А. Шевляков[1], А.Н. Канзепарова[1]*

[1] Тихоокеанский филиал ВНИРО (ТИНРО),
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4;
[2] Камчатский филиал ВНИРО (КамчатНИРО),
683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Набережная, 18

К МЕТОДИКЕ РАЗДЕЛЕНИЯ МИГРИРУЮЩИХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ОХОТОМОРСКОЙ ГОРБУШИ В ПРИКУРИЛЬСКИХ ВОДАХ ТИХОГО ОКЕАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГОНАДО-СОМАТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

Предложена оригинальная методика оперативной дифференциации региональных потоков горбуши, имеющих различные сроки нереста и уровень развития гонад (гонадо-соматический индекс — ГСИ). Приводится сравнительный анализ результатов дифференциации, полученных с помощью оригинальной и традиционной методологии. На основе предложенной методологии критически переосмыслены представления о существовании пространственных ниш для разных темпоральных группировок охотоморской горбуши в тихоокеанских водах прикурильского района. Представления обусловлены традиционным использованием неких числовых маркеров ГСИ для выборок в местах тралений. Принципиально показана ширина зоны пространственного перекрытия в распределении темпоральных группировок. Методика апробирована на результатах траловой съемки, проведенной в мае-июле 2018 г. в период анадромной миграции горбуши в прикурильских водах СЗТО на НИС «Профессор Кагановский», и имеет высокое соответствие с оценками долей вклада региональных группировок в подходах и уловах горбуши в охотоморском бассейне по данным официальной статистики промысла и пропуска производителей в реки. Подтверждены представления о тяготении позднесозревающих форм горбуши к южной части прикурильских тихоокеанских вод. Показано последовательное нарастание удельной (по разрезам) и нарастающей доли раннесозревающих форм горбуши по мере удаления районов исследования от Курильских проливов в тихоокеанские воды.

Ключевые слова: северо-западная часть Тихого океана, горбуша, гонадо-соматический индекс, траловые исследования, математическая модель.

DOI: 10.26428/1606-9919-2020-200-24-37.

** Шевляков Евгений Александрович, кандидат биологических наук, заведующий отделом, e-mail: evgeniy.shevlyakov@tinro-center.ru; Фельдман Марк Геннадьевич, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: feldman.m.g@kamniro.ru; Шевляков Валерий Александрович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, e-mail: valeriy.shevlyakov@tinro-center.ru; Канзепарова Альбина Назиповна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: albina.kanzeparova@tinro-center.ru.*

Shevlyakov Evgeny A., Ph.D., head of department, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: evgeniy.shevlyakov@tinro-center.ru; Feldman Mark G., Ph.D., leading researcher, Kamchatka branch of VNIRO (KamchatNIRO), 18, Naberezhnaya Str., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia, e-mail: feldman.m.g@kamniro.ru; Shevlyakov Valery A., Ph.D., senior researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: valeriy.shevlyakov@tinro-center.ru; Kanzeparova Albina N., Ph.D., researcher, Pacific branch of VNIRO (TINRO), 4, Shevchenko Alley, Vladivostok, 690091, Russia, e-mail: albina.kanzeparova@tinro-center.ru.

Shevlyakov E.A., Feldman M.G., Shevlyakov V.A., Kanzeparova A.N. To the methodology for separation of migrating population complexes of the Okhotsk Sea pink salmon in the Pacific waters at Kuril Islands using the gonad-somatic index // Izv. TINRO. — 2020. — Vol. 200, Iss. 1. — P. 24–37.

New method is proposed for operational differentiation of pink salmon runs with different time of spawning and different state of gonads measured quantitatively with a gonad-somatic index. Results of this new method and traditional methods of differentiating are compared. The conception of spatial niches in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands for certain temporal groupings of the Okhotsk Sea pink salmon is critically revised on the base of these new results. The runs cannot be separated using any fixed value of the gonad-somatic index. The zones of different groupings could be spatially overlapped. The method is tested on the data of trawl survey conducted aboard RV Professor Kaganovsky in May-July 2018, during anadromous migration of pink salmon, and shows a high compliance with the regional groupings ratio determined on the data of pink salmon catch in the Okhotsk Sea and their escapement to rivers. Tendency of the late-maturing forms of pink salmon to migrate through the southern Kuril waters is confirmed, whereas the portion of early-maturing pink has increased toward the Ocean.

Key words: North-West Pacific, pink salmon, gonad-somatic index, trawl survey, numeral model.

Введение

Ежегодно с 2004 г. в июне-июле в прикурильском районе северо-западной части Тихого океана ТИНРО проводится траловая учетная съемка производителей горбуши перед ее заходом в Охотское море через Курильские проливы. В этот период на данной акватории концентрируется горбуша разных районов происхождения — сахалинская и курильская, западнокамчатская, материкового побережья Охотского моря и амурская [Атлас…, 2002] группировки, подходящие из районов зимовки в Тихом океане перед их миграцией к местам воспроизводства в реках Охотского моря. Район является удобным полигоном для мониторинга общего захода горбуши в Охотское море. Очевидно, что задача более высокого уровня комплексного мониторинга заключается в дифференциации подходов на этой стадии миграции горбуши на региональные составляющие. В настоящее время нет надежных методик для разделения этих миграционных потоков. Между тем потребность в их дифференциации, несмотря на, казалось бы, незначительную заблаговременность (до месяца для западной Камчатки, двух — для Сахалина и южных Курильских островов) в ходе планирования расстановки перерабатывающего флота, имеет стратегическую значимость. С биологической точки зрения знание структуры мигрирующих потоков обеспечивает дополнительный контроль в системе управления региональными запасами, позволяя регулировать соотношение «вылов–пропуск» в соответствии с фактическим состоянием запаса конкретных группировок горбуши.

Ранее предпринимались попытки анализа структуры чешуи, основанного на различиях в темпах роста молоди разных комплексов в прибрежной зоне [Темных, 1998], метода, который давал определенные перспективы для разделения крупных региональных комплексов ранней (преимущественно западнокамчатской) и поздней (сахалинской и южнокурильской) сезонных форм горбуши. Метод даже пытались применять оперативно в режиме реального времени непосредственно в процессе проведения учетных работ, но впоследствии отказались, поскольку далеко не всегда по итогам промысла получали сравнимые с анализом результаты.

Известно, что западнокамчатская, североохотоморская, амурская группировки, в отличие от сахалинской и курильской, имеют значительно более ранние сроки нереста (июнь-июль) против августа-сентября для сахалино-курильских стад. По всей видимости, формирование в пределах Охотского моря двух темпорально разделенных комплексов горбуши является следствием ее регионального расселения из двух центров воспроизводства — материкового в направлении от западного побережья Камчатки на северо-запад и островного в южной части моря (Сахалин, южные Курильские острова, Хоккайдо) и адаптации к воспроизводству в соответствии с местными

средовыми характеристиками. Данная концепция распространения подтверждается и генетическими исследованиями [Шпигальская и др., 2011], в частности уровнем внутри и межгрупповой дисперсии группировок, слагающих темпоральные комплексы. Заблаговременность работ по генетической дифференциации молоди горбуши в период формирования нагульных скоплений перед ее откочевкой в тихоокеанские воды в 3 мес. позволяет получать результат к периоду формирования материалов прогноза ее вылова в дальневосточных регионах на год, следующий за учетным. И напротив, временной отрезок от подхода уже зрелых мигрирующих рыб к курильским проливам до их появления в районах воспроизводства продолжительностью в один месяц такой возможности не дает.

Сверхмалый период пресноводного нагула горбуши от выхода из гнезд до завершения покатной миграции в морские воды предопределяет отсутствие надежных региональных маркеров условий обитания на регистрирующих структурах рыб, которые позволяли бы зафиксировать стабильные во времени региональные особенности темпа роста молоди.

Таким образом, возможность дифференциации региональных потоков горбуши в СЗТО в период, предшествующий анадромной миграции, ограничивается, с одной стороны, крупными комплексами материковых (западнокамчатских, североохотоморских, амурских) и островных (сахалинских, южнокурильских, хоккайдских) стад Охотского моря, а с другой стороны, по крайней мере учитывая текущий уровень научных знаний и представлений о внутривидовой организации, — только показателями зрелости рыб из этих комплексов, имеющих различные сроки нереста и уровень развития гонад. Соответственно, производителей горбуши смежных группировок должны маркировать различные показатели уровня гонадо-соматического индекса (ГСИ).

Информация о результатах учетной съемки горбуши в прикурильском районе СЗТО весьма востребована предприятиями рыбной промышленности. Во-первых, предварительно оцененный уровень охотоморского подхода и вылова горбуши позволяет сформировать представление о предполагаемой экономической эффективности промысла в терминальный год. Во-вторых, адресная оценка подхода дает возможность скоординировать расстановку рыбоперерабатывающего флота в зависимости от результатов исследований. Понятно, что уровень востребованности такой информации для рационального рыболовства в дальневосточном бассейне высок. Соответственно, высоки требования и к ее надежности.

Современная организация учетных работ в упрощенном виде предполагает проведение серии поверхностных тралений в горизонте глубин 0–50 м по стандартной сетке станций. При этом для целей оценки численности и структуры распределенной на акватории горбуши фиксируются фактические параметры тралений, численность рыб в улове и их биологическая характеристика. Последняя — по результатам биологического анализа, как правило, до 50 экз. из улова в случае уловов, равных или превышающих это число, и всех рыб в улове, если их количество ниже 50 экз. Информация о биологических характеристиках лососей обобщается и направляется в головную организацию для дальнейшей аналитики и оперативного представления информации. Эта же информация рассылается по другим заинтересованным институтам, которые также имеют возможность анализировать оперативно поступающие со съемки данные.

Параметр ГСИ уже достаточно давно используется в оперативной диагностике подходов горбуши в прикурильский район [Радченко и др., 2009]. При этом в качестве показателя, характеризующего обловленные скопления, в целях оперативности используется средний индекс ГСИ, дифференцированный по полу рыб. Между тем средний за траление показатель зрелости рыб может корректно указывать на их принадлежность только в точках распределения или преобладания рыб лишь одной региональной (темпоральной) принадлежности и совершенно не отражать реального положения в местах смешанного распределения группировок рыб. Другими словами, если бы горбуша разных районов происхождения формировала перед курильскими

проливами обособленные, не перемешивающиеся скопления, то применение в анализе средних для выборки параметров ГСИ было бы методически допустимо и корректно. В противном случае применяемую методику следует расширить до использования в анализе распределения ГСИ всех особей в выборке, приведенной на фактический улов в точке траления.

В работе нами проводится сравнительный анализ результатов дифференциации, полученных как с помощью традиционной методологии, т.е. с использованием средних показателей ГСИ в точке тралений, так и с привлечением первичного материала по зрелости всех рыб, полученного в результате проведения биологического анализа, приведенного на величину улова в точке траления. Целью работы при этом является разработка оперативной методики дифференциации скоплений производителей горбуши, учтенных в результате проведения траловых съемок в СЗТО, по основным региональным комплексам Охотского моря.

Материалы и методы

Кластеризация является одной из наиболее важных задач обработки данных. В настоящее время разработано большое количество методов и алгоритмов кластеризации, однако не все они могут эффективно работать с большими массивами данных. Одним из алгоритмов кластеризации, позволяющих эффективно преодолевать эту проблему, является EM-алгоритм. Алгоритм основан на методике итеративного вычисления оценок максимального правдоподобия, предложенной в 1977 г. Демстером [Dempster et al., 1977; Королев, 2007]. В основе идеи EM-алгоритма лежит предположение, что данные в каждом кластере подчиняются определенному закону распределения, а именно нормальному распределению. С учетом этого предположения можно определить параметры — математическое ожидание и дисперсию, которые соответствуют закону распределения элементов в кластере, наилучшим образом «подходящему» к наблюдаемым данным. Поскольку исходные распределения индексов ГСИ отвечают логнормальным распределениям, кластеризация проводилась после процедуры логарифмирования исходных данных. При наличии нескольких кластеров задача будет заключаться в «подгонке» распределений смеси к данным, а затем в определении вероятностей принадлежности наблюдения к каждому кластеру. Наблюдение должно быть отнесено к тому кластеру, для которого данная вероятность выше. EM-алгоритм имеет ряд преимуществ по сравнению с другими алгоритмами кластеризации, среди которых для целей исследования можно выделить основное — преимущество при работе с необособленными (перекрывающимися) кластерами. Обработка массивов на кластеризацию проведена в программе Deductor Academic 5.3.0.88 [https://basegroup.ru/deductor/download].

Для формирования взвешенных массивов данных количество проанализированных рыб из каждого траления приводили к общей величине улова в точке траления (N трал/N анализ) с округлением вверх до целого числа. Например, если пойманных и проанализированных рыб меньше 50 экз., то придаваемый выборке вес равен 1, если при тралении поймано 1000 экз., при этом из них проанализировано 50 экз., то присваиваемый выборке вес равен 20.

Результаты и их обсуждение

Традиционно в процессе выполнения съемки скопления горбуши в пределах общего распределения относили к тому или иному комплексу по некоему фиксированному показателю ГСИ раздельно по полу особей. Понятно, что показатели год от года могут варьировать в зависимости от физиологического состояния стад, но без больших вариаций отклонений. Так, специалистами КамчатНИРО в качестве дифференцирующего в сезоне 2018 г. был принят уровень ГСИ для самцов — 1,0 % и для самок — 3,5 % [Шевляков и др., 2018] (рис. 1). Специалисты ТИНРО при анализе смешанных ско-

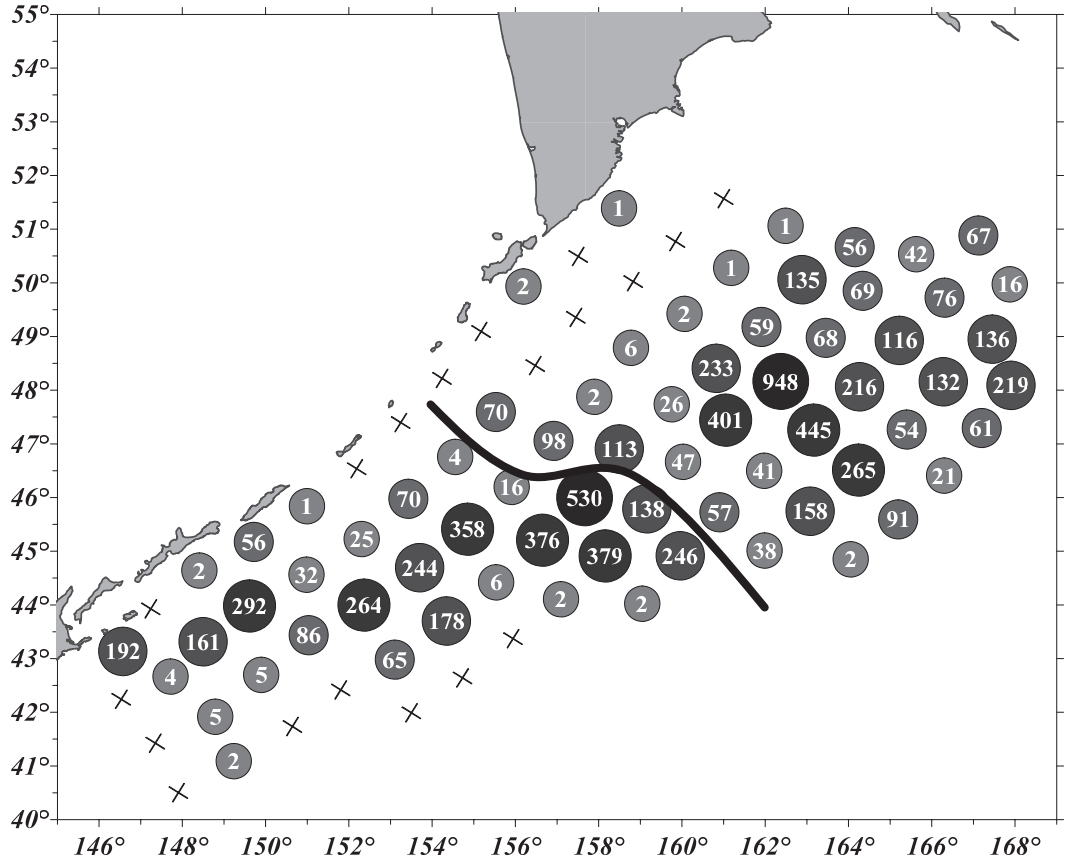


Рис. 1. Распределение уловов горбуши, вариант проведения линии, разделяющей «ранние» и «поздние» группировки по показателю ГСИ самок, равному 3,5 %. НИС «Профессор Кагановский», 31.05–07.07.2018 г. [по: Шевляков и др., 2018]

Fig. 1. Distribution of pink salmon catches and the isoline of gonad-somatic index 3.5 % as the border between its «northern» and «southern» groupings corresponded with early and late runs on the data of RV Professor Kaganovsky trawl survey conducted on 31.05–07.07.2018 [from: Шевляков и др., 2018]

плений того же года склонялись к определению пограничных значений ГСИ — 1,5 % для самцов и 4,0 % для самок. Условная граница скоплений на полигоне по индексу зрелости самок, равному 3,5 %, позволяет в первом приближении разделить темпоральные комплексы в порядках величин, примерно соответствующих соотношению берегового вылова горбуши в районах воспроизводства — 3 : 1, против фактических 4 : 1 в пользу преобладания комплекса раннесозревающей горбуши.

Традиционно применяемый методический подход предполагает, что миграционные потоки темпоральных форм горбуши распределены на тихоокеанской акватории, примыкающей к курильским проливам, обособленно, пространственно занимая области, тяготеющие к северным курильским проливам, для ранней формы, и наоборот — южные акватории для поздней сезонной формы. Более подробное рассмотрение с использованием первичной информации о зрелости рыб по результатам биоанализа на всех выполненных траловых станциях позволяет отметить существование двух модальных групп в частотном распределении мигрирующих рыб, по крайней мере в отношении распределения зрелости самок, характеризующегося большей рельефностью (рис. 2). Графически распределяются самцы по ГСИ весьма компактно, распределение логнормальное, без явных признаков наличия внутренней структурированности.

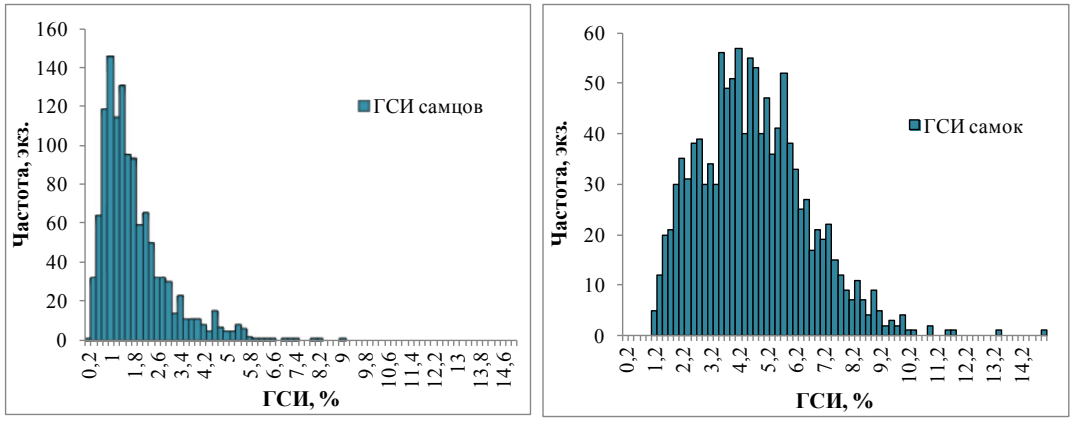


Рис. 2. Распределение горбуши по ГСИ в прикурильском районе Тихого океана 31.05–07.07.2018 г. по результатам биоанализа рыб

Fig. 2. Gonad-somatic index of pink salmon in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018 (for analyzed specimens)

Учитывая неоднородность распределения численности горбуши на обследованной акватории (см. рис. 1) и фиксированный объем выборки для проведения биологического анализа на станциях, определенный методикой исследований, мы привели результаты биоанализа рыб в точках тралений на фактический улов в этих точках. Структурированность распределений самок ожидаемо выросла (рис. 3).

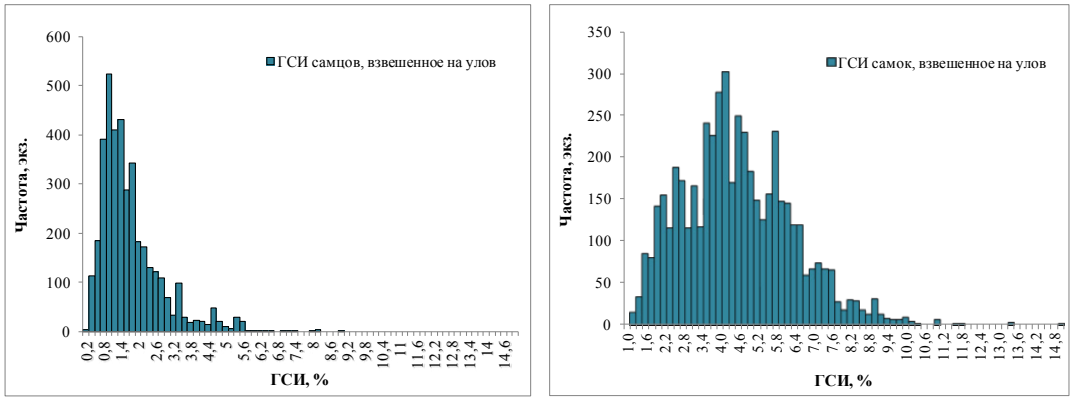


Рис. 3. Распределение горбуши по ГСИ в прикурильском районе Тихого океана 31.05–07.07.2018 г., взвешенное на улов

Fig. 3. Gonad-somatic index of pink salmon in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018 (recalculated for the whole catches)

Для проверки гипотезы о пространственном тяготении горбуши сезонных комплексов к разным прикурильским акваториям сравнили распределение производителей, определенных ранее как «северные» и «южные» стада (рис. 4) [Шевляков и др., 2018].

В пределах акваторий, ранее условно определенных как пространство преобладающего распределения разных сезонных форм, состав рыб достаточно однородный (рис. 4). Точнее, на обеих акваториях широко распределены рыбы двух комплексов, зона перекрытия весьма широка, охватывает более половины диапазона признака и в целом свидетельствует о необоснованности представлений о существовании неких пространственных ниш для двух сезонных (региональных) комплексов горбуши в прикурильском районе тихоокеанских вод.

В связи с этим несомненный интерес представляет анализ однородности распределения зрелости рыб в центрах скоплений, традиционно относимых к региональным

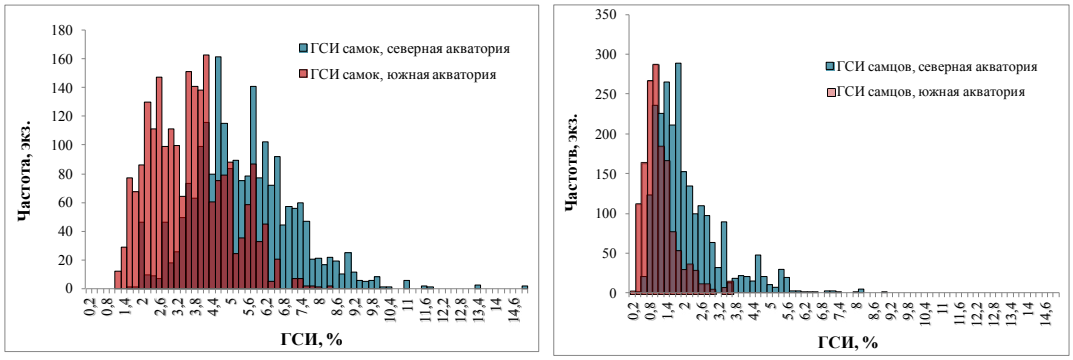


Рис. 4. Распределение горбуши по ГСИ в «северных» и «южных» акваториях прикурильского района Тихого океана 31.05–07.07.2018 г., взвешенное на улов

Fig. 4. Gonad-somatic index of pink salmon in the northern and southern Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018 (recalculated for the whole catches)

комплексам, а также между ними. Для этого с учетом плотности распределения рыб на обследованных акваториях были сформированы 3 разреза — два по широте («южный» и «северный») и один в условно меридиональном направлении (рис. 5).

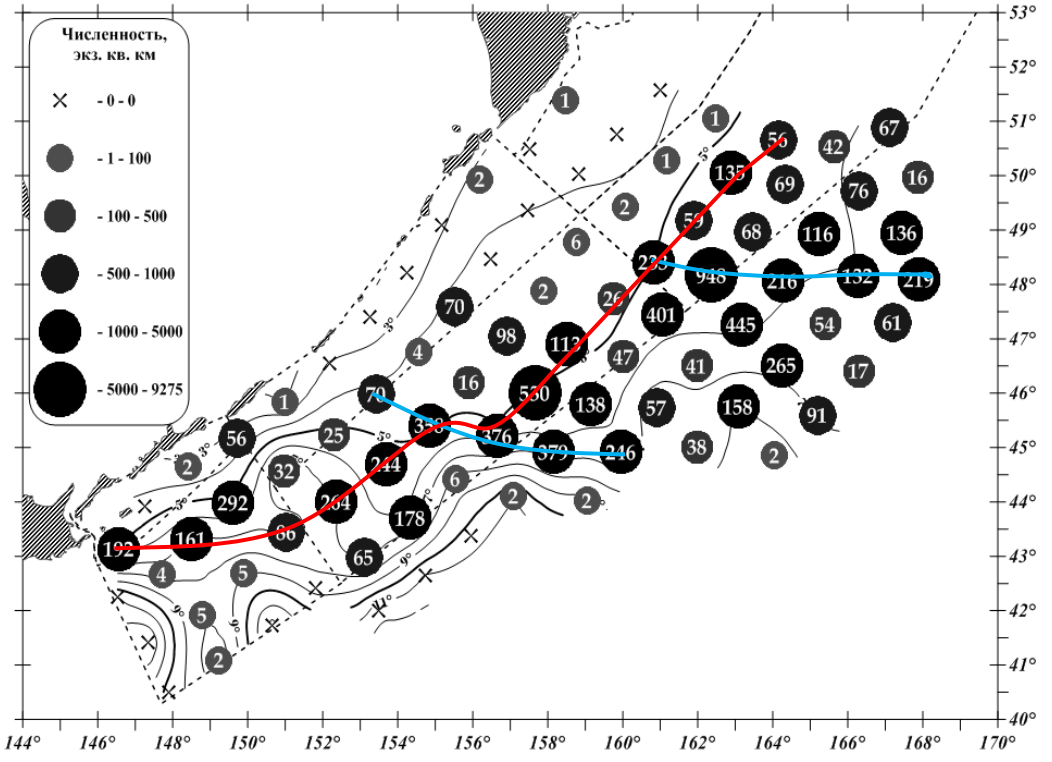


Рис. 5. Распределение уловов горбуши (НИС «Профессор Кагановский», 31.05–07.07.2018 г.) и схема разрезов по станциям для анализа неоднородности распределения по ГСИ

Fig. 5. Pink salmon catches and scheme of the transects with sampling for analysis of their gonad-somatic index distribution (RV Professor Kaganovsky, 31.05–07.07.2018)

Анализ индекса зрелости на двух параллельных разрезах, «северном» и «южном», также не выявил в районах максимальных концентраций горбуши более одной группы однородных по зрелости рыб (рис. 6).

Меридиональный разрез (рис. 7, слева), как и следовало ожидать, характеризовался максимальным диапазоном значений ГСИ как для самцов, так и для самок, включая

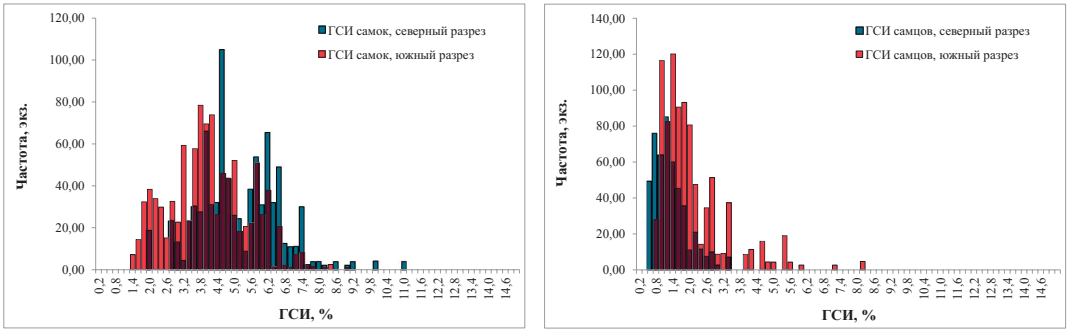


Рис. 6. Распределение горбуши по ГСИ на «северном» 27.06–05.07.18 г. и «южном» 10.06–03.07.2018 г. разрезах прикурильского района Тихого океана, взвешенное на улов

Fig. 6. Gonad-somatic index of pink salmon recalculated for the whole catches at the northern (27.06–05.07.2018) and southern (10.06–03.07.2018) transects in the Pacific waters at Kuril Islands

все сезонные формы и группы производителей из разных районов происхождения. Тренд на увеличение значений ГСИ для обоих полов по направлению с юга на север (рис. 7, справа) однозначно указывает на то, что широтная клина в распределении ранне- и поздненерестующих рыб тем не менее устойчива в пространстве и времени и сохраняется даже в ряду экстравысокочисленных поколений, каковым и является поколение горбуши 2018 г. возврата, однако сами региональные группы распределены в прикурильском районе практически по всей акватории. Данное обстоятельство не позволяет в пределах прикурильского полигона однозначно выделять районы с явным доминированием одной из сезонных группировок, соответственно, использовать средние показатели ГСИ с точек тралений как надежный маркер региональных группировок.

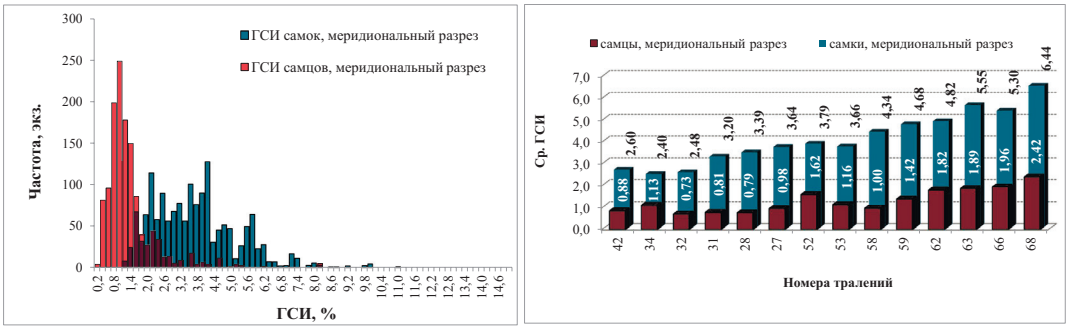


Рис. 7. Распределение горбуши по ГСИ на меридиональном разрезе прикурильского района Тихого океана 10–29.06.2018 г. (**слева**), средний ГСИ по тралениям, слева-направо в направлении юг-север (**справа**)

Fig. 7. Gonad-somatic index of pink salmon at the longitudinal transect in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 10–29.06.2018 (**left**) and mean values of gonad-somatic index, by trawls (**right**, left to right order corresponds to south-north direction)

Основные ограничения детального анализа зрелости рыб по выборкам заключаются прежде всего в их недостаточных (статистически недостоверных) объемах, связанных с невысокими уловами на значительной части станций тралений (см. рис. 1), тем более после разделения по половому признаку, а также в ограниченном времени на обработку больших по объему выборок горбуши непосредственно во время проведения работ, даже и на «уловистых» станциях. Поэтому в дальнейшем в качестве анализируемых выборок использовали общую сумму выборок на тралениях каждого разреза (рис. 1), проводимого вдоль Курильской гряды, при этом первые два разреза ввиду малых уловов были объединены в одну выборку. Анализ ГСИ самцов сочли малоинформативным, и в дальнейшем в исследовании использовались материалы только в отношении самок.

Соотношение полов у горбуши варьирует в весьма узких пределах, благодаря этому результаты дифференциации обловленных скоплений, полученные для самок, могут быть приведены к количественным оценкам всех учтенных рыб.

По мере удаления от Курильских островов структура облавливаемых скоплений горбуши претерпевает определенные изменения (рис. 8). На первых двух от островов разрезах уже начинает формироваться бимодальный характер распределения горбуши —

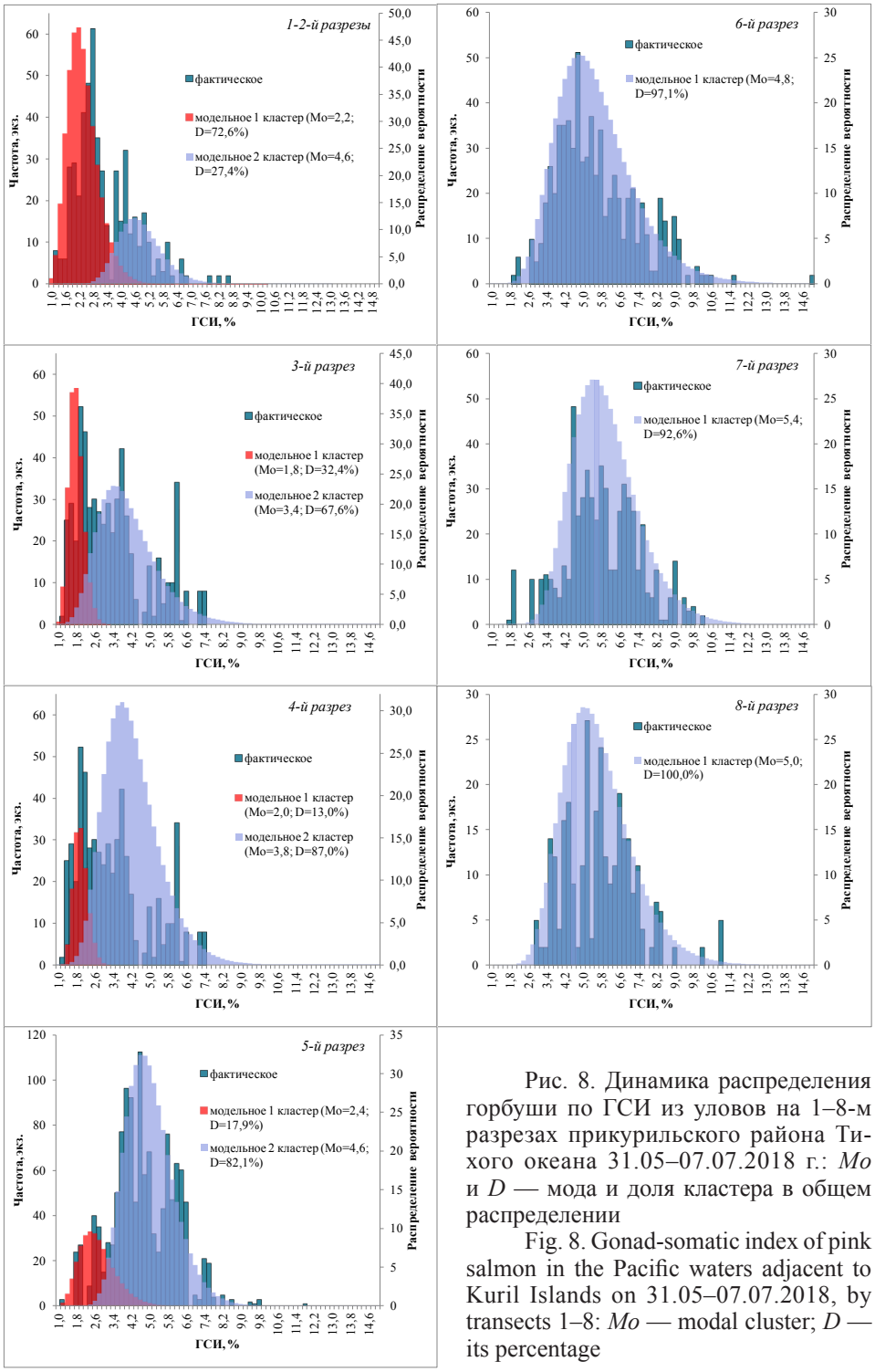


Рис. 8. Динамика распределения горбуши по ГСИ из уловов на 1–8-м разрезах прикурильского района Тихого океана 31.05–07.07.2018 г.: *Mo* и *D* — мода и доля кластера в общем распределении

Fig. 8. Gonad-somatic index of pink salmon in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018, by transects 1–8: *Mo* — modal cluster; *D* — its percentage

преобладающее (73 %) распределение с модой ГСИ самок, равной 2,2, и относительно немногочисленное (27 %) — с модой 4,6. Первая группировка соответствовала, судя по всему, поздненерестующей группировке сахалино-курильских стад, вторая — ранненерестующей горбуше североохотоморского комплекса. На следующих разрезах (рис. 8) данная группа (ранненерестующая) начинает оформляться в наиболее значимую со средними значениями ГСИ, изменяющимися в процессе исследований (продолжительность 2–3 нед) до 5,4. Удельный вес четвертого разреза составил порядка 23 % всех учтенных рыб, он же является и самым разнородным по диапазону ГСИ (рис. 8). Начиная с третьего разреза доля поздненерестующих рыб (поздняя группировка) существенно сокращается, и с четвертого разреза в уловах абсолютно преобладала ранненерестующая группировка. Отдельно следует добавить, что внутри группировки северо-охотоморского комплекса можно выделить две визуально отчетливо различающиеся по степени созревания группы горбуши со средними показателями ГСИ около 3,8–4,0 и более 5,0 %, которые процедура кластеризации тем не менее объединяет в одно распределение. Дополнительно отметим, что в подходах горбуши к рекам западной Камчатки в 2018 г. отмечено две «волны» миграции, разобщенных по времени подхода и зрелости гонад.

Накопленные по мере проведения разрезов распределения ГСИ позволяют оценивать происходящие изменения более рельефно (разрезы 1–2 — рис. 8; разрезы 1–8 — рис. 9). После проведения четвертого разреза отмечено снижение количества сахалино-курильской горбуши поздней группировки, а после пятого она практически полностью исчезает из уловов. В дальнейшем все изменения структуры зрелости самок происходят только за счет ранних охотоморских группировок (рис. 8–10). Причем, как уже ранее упоминалось, выделяются как минимум две группировки горбуши ранней формы: наиболее многочисленная с модой по ГСИ = 3,8–4,0 % и менее значимая по численности с модой ГСИ > 5,0 %. При некоторых режимах кластеризации иногда удавалось получить отдельное распределение горбуши по сумме 7 разрезов (95 % всей совокупности) в диапазоне значений ГСИ самок более 6,0 % и удельным весом от совокупной выборки 6,7 %. Есть предположение, что такой группировкой может быть только амурская горбуша, в массе облавливаемая в июне.

Безусловно, подход в 2018 г. в прикурильские акватории Тихого океана экстравысокочисленного поколения западнокамчатской горбуши мог, а, по всей видимости, и существенно изменил характерное для последних четных лет распределение группировок различного происхождения в районе (рис. 10).

Только в южной части первого прикурильского разреза сохранялись относительно однородные скопления горбуши сахалино-курильского происхождения со значениями ГСИ менее 2,6 % (см. рис. 1, 7), по мере удаления от проливов структура уловов характеризовала резкое сокращение присутствия этого стада, указывая как на его невысокую относительную численность (см. рис. 9, 10), преимущественно южное распределение (см. рис. 6), так и на небольшую «глубину» распространения (см. рис. 1, 5, 6, 8).

Полученная оценка соотношения ранних и поздних форм охотоморской горбуши (84,3 и 15,7 %, рис. 10) несколько выше, но тем не менее очень сходна с оценками долей вклада региональных группировок в подходы и уловы горбуши в охотоморском бассейне по данным официальной статистики промысла и результатам научно-исследовательских работ (см. таблицу).

Заключение

Наши результаты предполагают даже больший вклад западнокамчатской составляющей в общие вылов и подход в охотоморском бассейне в текущем цикле воспроизводства горбуши, чем это было оценено ранее [Шевляков и др., 2018]. С одной стороны, не исключена погрешность метода обработки данных, с другой — при такой высокой численности возврата неизбежны потери в статистике промысла. Ожидается,

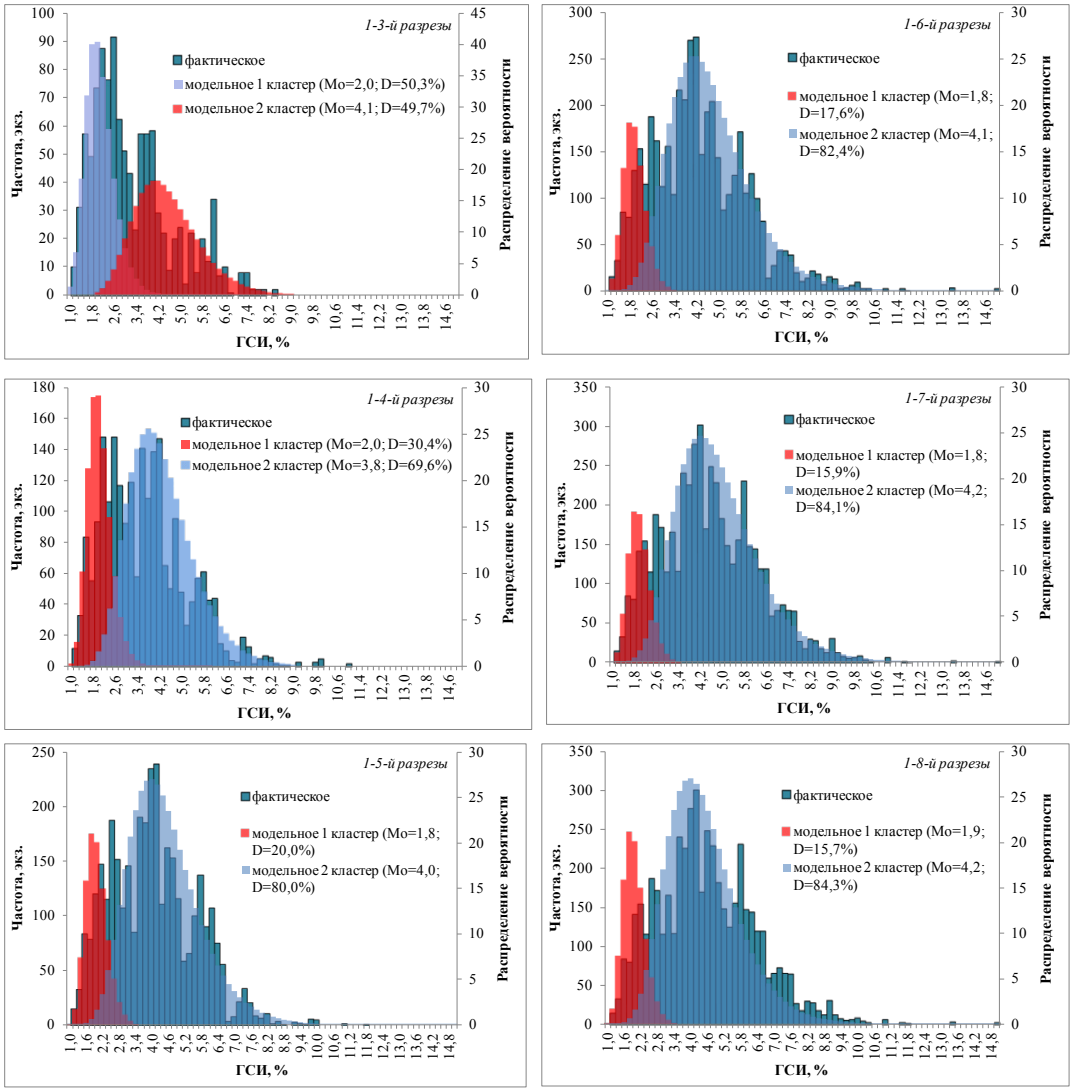


Рис. 9. Динамика распределения накопленных параметров ГСИ горбуши из уловов на 1–8-м разрезах прикурильского района Тихого океана 31.05–07.07.2018 г.: *Mo* и *D* — мода и доля кластера в общем распределении

Fig. 9. Accumulated gonad-somatic index of pink salmon in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018, by transects 1–8: *Mo* — modal cluster; *D* — its percentage

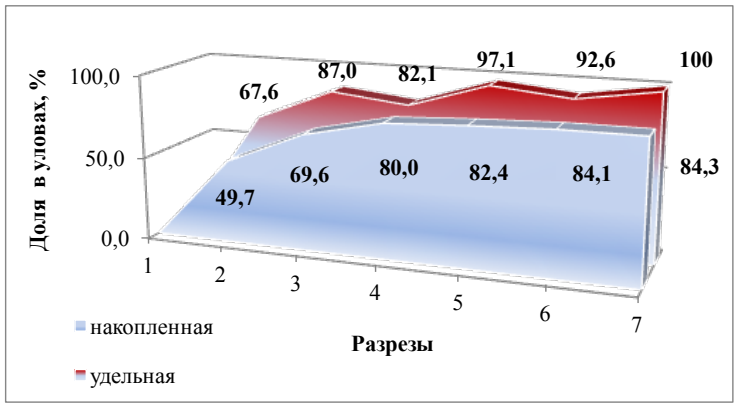


Рис. 10. Динамика удельной и накопленной (по разрезам) доли ранней сезонной расы охотоморской горбуши в прикурильской части Тихого океана 31.05–07.07.2018 г.

Fig. 10. Portion of the early seasonal race of pink salmon and its accumulated values, by transects in the Pacific waters adjacent to Kuril Islands on 31.05–07.07.2018

Оценка вклада региональных группировок в вылов и подход горбуши
в бассейне Охотского моря в 2018 г.
Contributions of the regional groupings to catches and returns of pink salmon
in the Okhotsk Sea in 2018

Сезонная форма	Районы воспроизводства	Вылов, т	Доля в вылове, %	Подход, млн экз.	Доля в подходе, %
Ранняя	МПОМ*	9,3	2,4	18,4	4,0
	Р. Амур	2,0	0,5	4,7	1,0
	Западная Камчатка	301,3	76,6	351,0	76,0
	Всего	***312,6***	***79,5***	***374,1***	***81,0***
Поздняя	Восточный Сахалин	47,4	12,0	57,5	12,5
	Южные Курильские острова	33,4	8,5	30,0	6,5
	Всего	***80,8***	***20,5***	***87,5***	***19,0***
Всего		**393,4**		**461,6**	

* Материковое побережье Охотского моря в границах Хабаровского края и Магаданской области.

что фактический недоучет сырца горбуши, обусловленный ее выбросами из ловушек и садков ставных неводов по причине некондиционности либо низкой сортности качества сырья в условиях сильно ограниченной возможности сдачи на переработку и задержки улова в орудиях лова, составляет десятки тысяч тонн.

Как уже обсуждалось ранее, иногда выделялась группа очень зрелых рыб (ГСИ > 6 %), в сумме составляющая 6,7 % учтенных рыб либо в эквиваленте подхода/улова — около 25 млн экз., или 30 тыс. т. Наиболее ранние подходы в охотоморском бассейне наблюдались в р. Амур и в реках материкового побережья в границах Хабаровского края и Магаданской области. Оценки фактического вылова горбуши в этих районах в 2018 г. (см. таблицу) очень малы, и это обстоятельство связано с организацией самого промысла, однако оценки подходов вполне укладываются в полученные по результатам дифференциации мигрирующих скоплений. Также известны проблемы учета пропускаемых на нерест производителей в бассейнах р. Амур и североохотоморских рек, в частности в границах Хабаровского края.

В пределах распределений ранней формы горбуши начиная с суммы по 5 разрезам (см. рис. 9) визуально явно выявляется внутригрупповая неоднородность, которая, на наш взгляд, может отражать как региональную, так и внутрипопуляционную структуру ранней формы. Абсолютное преобладание в подходах и морских исследованиях 2018 г. горбуши западнокамчатской группировки позволяет уверенно относить к ней две промежуточные модальные группы (моды ГСИ ~4,0 и 5,0–6,0 %). Явилось ли формирование двух последовательно созревающих форм производителей следствием колоссальной численности поколения и как итог снижения кормовой обеспеченности и дифференциации особей в поколении по темпам полового созревания на быстро и медленно созревающих, неизвестно. Однако нетипично продолжительный период активного промысла горбуши (35 сут) в прибрежных районах западнокамчатского побережья вполне объясняется последовательной сменой двух по зрелости «волн» производителей при общем периоде подходов до 50 дней [Шевляков и др., 2018].

Благодарности

Выражаем благодарность научной группе НИС «Профессор Кагановский» во главе с А.Н. Старовойтовым за предоставленную информацию о состоянии производителей горбуши в период анадромной миграции тихоокеанских лососей во время проведения учетной тралово-акустической съемки в северо-западной части Тихого океана в летний период 2018 г.

Финансирование работы

Исследование проведено в рамках ежегодного целевого финансирования отраслевых исследований и государственного мониторинга по Программе выполнения работ при осуществлении рыболовства в научно-исследовательских и контрольных целях комплексных исследований морского периода жизни тихоокеанских лососей в СЗТО, Охотском и Беринговом морях на 2018 г.

Соблюдение этических стандартов

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с использованием живых объектов. Траловые съемки по учету производителей тихоокеанских лососей в прикурильских водах СЗТО проводились в соответствии с Планом ресурсных исследований ФГБНУ «ТИНРО-центр» в 2018 г. Материал для получения качественных характеристик производителей горбуши отбирался из траловых уловов в поверхностном слое (0–50 м).

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Информация о вкладе авторов

Е.А. Шевляков разработал концепцию исследования, осуществил критический анализ материалов, подготовил рукописный вариант статьи. М.Г. Фельдман разработал алгоритм математической обработки материалов. В.А. Шевляков, А.Н. Канзепарова осуществили всю обработку массива данных. Все авторы участвовали в анализе, интерпретации и обсуждении результатов.

Список литературы

Атлас распространения в море различных стад тихоокеанских лососей в период весенне-летнего нагула и преднерестовых миграций / под ред. О.Ф. Гриценко. — М. : ВНИРО, 2002. — 190 с.

Королев В.Ю. ЕМ-алгоритм, его модификации и их применение к задаче разделения смесей вероятностных распределений. Теоретический обзор. — М. : ИПИ РАН, 2007. — 94 с.

Радченко В.И., Лобода С.В., Овсянников Е.Е. и др. Подходы к оперативной дифференциации горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* по морфо-физиологическим признакам в смешанных морских уловах // Бюл. № 4 реализации «Концепции дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей». — Владивосток : ТИНРО-центр, 2009. — С. 39–53.

Темных О.С. Региональная изменчивость склеритограмм чешуи азиатской горбуши // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 375–390.

Шевляков Е.А., Фельдман М.Г., Ерохин В.Г., Шубкин С.В. Итоги промысла западнокамчатской горбуши в 2018 г., перспективы дальнейшего состояния ее запаса и промысла // Бюл. № 13 изучения тихоокеанских лососей на Дальнем Востоке. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2018. — С. 41–51.

Шпигальская Н.Ю., Брыков В.А., Кухлевский А.Д. и др. Региональная идентификация смешанных морских скоплений молоди горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*) на основе изменчивости фрагмента Cytb/D-loop митохондриальной ДНК // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 165. — С. 89–103.

Dempster A.P., Laird N.M., Rubin D.B. Maximum Likelihood from Incomplete Data via the *EM* Algorithm // Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). — 1977. — Vol. 39, № 1. — P. 1–38.

References

Atlas rasprostraneniya v more razlichnykh stad tikhookeanskikh lososey v period vesenne-letnego nagula i prednerestovykh migratsiy (Atlas of the distribution in the sea of various herds of Pacific salmon during the spring-summer feeding and pre-spawning migrations), Gritsenko, O.F., ed., Moscow: VNIRO, 2002.

Korolev, V.Yu., *YEM-algoritm, yego modifikatsii i ikh primeneniye k zadache razdeleniya smesey veroyatnostnykh raspredeleniy. Teoreticheskiy obzor* (The EM algorithm, its modifications, and their application to the problem of separating mixtures of probability distributions. Theoretical review), Moscow: IPI RAN, 2007.

Radchenko, V.I., Loboda, S.V., Ovsyannikov, E.E., Kovtun, M.V., Ovsyannikova, S.L., and Savin, V.A., Approaches to the operational differentiation of pink salmon Oncorhynchus gorbuscha according to morphophysiological characteristics in mixed sea catches, in *Byull. N 4 realizatsii "Kontseptsii dal'nevostochnoi basseinovoi programmy izucheniya tikhookeanskikh lososei"* (Bull. No. 4 Implementation "Concept of the Far Eastern Basin Program for the Study of Pacific Salmon"), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2009, pp. 39–53.

Temnykh O.S. Regional variability of the Asian pink salmon scales' scleritogrammas, *Izv. Tikhookean. Nauchno–Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 1998, vol. 124, pp. 375–390.

Shevlyakov, E.A., Feldman, M.G., Erokhin, V.G., and Shubkin S.V., The results of the fishing of Western Kamchatka pink salmon in 2018, the prospects for the further state of its stock and fishing, in *Byull. N 13 izucheniya Tikhookeanskikh lososei na Dal'nem Vostoke* (Bull. No. 13 for the Study of Pacific Salmon in the Far East), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2018, pp. 41–51.

Shpigalskaya, N.Y., Brykov, V.A., Kukhlevsky, A.D., Saravansky, O.N., Klimov, A.V., Chetvertak, A.A., and Shevlyakov, E.A., Regional identification of mixed aggregations of juvenile pink salmon Oncorhynchus gorbuscha in the sea on the base of mitochondrial DNA Cytb/D-loop fragment variety, *Izv. Tikhookean. Nauchno–Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2011, vol. 165, pp. C. 89–103.

Dempster, A.P., Laird, N.M., and Rubin, D.B., Maximum Likelihood from Incomplete Data via the *EM* Algorithm, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 1977, vol. 39, no. 1, pp. 1–38.

Поступила в редакцию 29.07.2019 г.
После доработки 21.11.2019 г.
Принята к публикации 20.02.2020 г.