ВОПРОСЫ ИХТИОЛОГИИ, 2021, том 61, № 2, с. 206–218

УДК 597.553.2.574.2/34

ВЛИЯНИЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ДИНАМИКУ ВЫЛОВА (ЧИСЛЕННОСТИ) ПРИМОРСКОЙ ГОРБУШИ *ONCORHYNCHUS GORBUSCHA* (SALMONIDAE) НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ДАННЫХ (ЯПОНСКОЕ МОРЕ, ТАТАРСКИЙ ПРОЛИВ)

© 2021 г. А. В. Лысенко[1], Т. А. Шатилина[1], Л. А. Гайко[2, *]

[1]*Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии – ТИНРО, Владивосток, Россия*

[2]*Тихоокеанский океанологический институт Дальневосточного отделения РАН – ТОИ ДВО РАН, Владивосток, Россия*

*****E-mail: gayko@yandex.ru*

Поступила в редакцию 11.03.2020 г.
После доработки 24.03.2020 г.
Принята к публикации 25.03.2020 г.

Посвящается памяти коллеги и друга Александра Александровича Горяинова, положившего начало изучению влияния гидрометеорологических условий на воспроизводство тихоокеанских лососей в Приморском крае

Проанализированы многолетние (1980–2018) данные температурного режима вод и сопряжённых с ними синоптических процессов в благоприятные и неблагоприятные годы формирования численности и возврата горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* к япономорским рекам Приморского края. Показано, что низкие уловы приморской горбуши в конце прошлого века сопровождались отрицательными аномалиями температуры прибрежных вод, а увеличение уловов в первые два десятилетия нового века – положительными. Горбуша подходит к рекам при температуре морских вод 8.6–14.9°С, а значения ниже 3.0–4.0°С являются одной из причин перераспределения анадромных миграционных потоков приморской горбуши в подзоне Приморье. На конкретных примерах описана синоптическая и гидрологическая ситуация при разной интенсивности подходов горбуши. При большой повторяемости ложбин холода, характерных для первой (холодной) стадии дальневосточного муссона, вызванного охотским антициклоном, подходы горбуши задерживались, а при усилении второй (тёплой) стадии летнего муссона, обусловленного распространением гавайского антициклона на Японское море, отмечались экстремально высокие уловы. Полученные результаты могут быть использованы для краткосрочного прогнозирования динамики подхода приморской горбуши.

Ключевые слова: горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, уловы, численность, скат молоди, гидрометеорологические условия, температура морских вод, синоптические процессы, Японское море, Татарский пролив.

DOI: 10.31857/S0042875221020156

Нерестовый ареал приморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* расположен на территории Российской Федерации и занимает восточное побережье Японского моря от прол. Невельского на севере до р. Туманная на юге. Большая часть стада заходит на нерест в реки Хабаровского края (Ванинский и Советско-Гаванский районы). Наиболее многочисленные популяции горбуши Приморского края воспроизводятся в северных реках Тернейского района, расположенных между мысами Золотой и Олимпиады (реки Желтая, Кузнецова). К югу от р. Кузнецова до р. Джигитовка популяции малочисленны и имеют промысловое значение только в годы высокой численности подходов. Чем южнее от м. Елагина расположена река, тем численность возвращающейся горбуши меньше. Так в водах зал. Петра Великого, на краю ареала, в период массовой нерестовой миграции горбуша встречается единично. Искусственное воспроизводство приморской горбуши незначительное, ведётся в реках подзоны Приморье на территории Хабаровского края. Изучение распределения, численности и освоение запаса приморской горбуши промыслом началось ещё в 1930-х гг. Имеется относительно много публикаций, посвящённых данному вопросу (Миловидова-Дубровская, 1937;

Кагановский, 1949; Василенко, 1959; Василенко-Лукина, 1962; Пушкарева, 1975, 1981; Гаврилов, Пушкарёва, 1996; Семенченко, 2006; Горяинов и др., 2007). Результаты сравнения таких показателей, как сроки миграции в реки, размерно-весовые характеристики, плодовитость и другие, свидетельствуют о существовании единого приморского стада от прол. Невельского на севере до зал. Петра Великого на юге. По данным официальной статистики, наибольшие уловы приморской горбуши отмечаются севернее м. Золотой на реках Совгаванского и Ванинского районов Хабаровского края, где совокупный вылов за период 1998–2019 гг. составил 56 тыс. т, тогда как южнее – в границах Тернейского района Приморского края – лишь 16 тыс. т. На протяжении этого периода только в 2018 г. разница в вылове между административными районами была незначительная. По последним данным (Семенченко, 2006; Назаров, Лысенко, 2018), с начала XXI в. доля Приморского края в общем вылове приморской горбуши в годы высокой численности (чётные) выросла до 33–47%, а ранее не превышала 10%.

Следует признать, что механизм взаимосвязи колебаний климата и численности тихоокеанских лососей изучен недостаточно, хотя этот вопрос Леванидов (1969) поднимал ещё в конце 1960-х гг. и его продолжают обсуждать до сих пор (Котенев и др., 2015; Шунтов и др., 2019). Стоит отметить, что в последние годы этой проблеме всё же стало уделяться больше внимания, о чём свидетельствует ряд работ (Котенев и др., 2010, 2015; Кровнин и др., 2010; Бугаев, Тепнин, 2011; Фельдман, Шевляков, 2015; Бугаев и др., 2018). Недооценка действия этих взаимосвязанных составляющих часто приводит к некорректному прогнозированию динамики запаса и отсюда – к неправильному выбору стратегии эксплуатации популяций, что либо усугубляет напряжённое положение с запасами, либо может приводить к экономическим потерям. В настоящее время прогноз вылова приморской горбуши корректируется на основе фактических данных промысловых уловов и учёта производителей во время нерестового хода в реки, но не рассматривается влияние гидрометеорологических условий прибрежных морских вод на сроки подхода горбуши. Будущий возврат лососей формируется в наиболее критичные периоды выживаемости: перехода молоди из реки в море и начального морского нагула (Vernon, 1958; Шершнев, 1974; Каев, 1985; Шунтов и др., 2019). Непосредственно исследованию изменчивости гидрологических условий в прибрежных районах северо-западной части Японского моря и особенностям происходящих над районом барических процессов посвящён ряд работ (Гайко, 2005, 2006, 2007, 2013, 2016, 2019; Шатилина, Анжина, 2010, 2011; Шатилина и др., 2018, 2019). Изменение гидрологического режима морских вод, вызванное определённой синоптической ситуацией, приводит к перераспределению миграционных потоков горбуши на 700-километровом участке материкового побережья Японского моря (Семенченко, 2006). При миграции несколькими потоками из центральной части Японского моря (места морского нагула) на север гидрометеорологические условия моря вынуждают рыб разных районов происхождения (приморских, западносахалинских) отклоняться от генерального направления. Например, в отдельные годы к местам промысла, расположенным недалеко от основных рек воспроизводства Приморского края, рыбы мигрируют с севера, и их численность в водах зал. Петра Великого возрастает. Низкий хоминг горбуши, наличие большого числа слабо изолированных между собой рек, меняющаяся гидрометеорологическая обстановка во время ската молоди в море и на путях анадромной миграции приводят к неожиданным результатам: в реки заходит приморская горбуша в количестве, многократно превышающем величину родительского поколения, как, например, в 2002, 2010 и 2016 гг., или, наоборот, уловы горбуши на территории Хабаровского и Приморского краёв выравниваются (2018 г.).

Цель данной работы – на основе ретроспективных данных выявить закономерности изменения динамики численности приморской горбуши в зависимости от гидрометеорологических условий Японского моря. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: проанализировать динамику численности возврата горбуши в реки Приморского края в 2000–2018 гг.; исследовать гидрологический режим района в периоды покатной (скат молоди) и анадромной (с мест нагула к нерестовым рекам) миграций япономорской горбуши; изучить синоптическую обстановку в 1980–2018 гг.; сопоставить и выявить взаимосвязь между численностью приморской горбуши и гидрометеорологическими условиями.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Данные по численности возврата горбуши в реки подзоны Приморье в 1980–2018 гг. взяты из базы официальной статистики уловов с привлечением материалов о пропуске производителей на нерест из документов Северотихоокеанской комиссии по анадромным рыбам (NPAFC, 2000–2019). Исходя из того что промысел горбуши в Приморье с конца 1990-х гг. осуществляется одинаковым количеством ставных неводов (пассивные орудия лова) на установленных традиционных промысловых участках, предполагается, что уловы, особенно в годы высоких подходов, адекватно отражают основные тенденции динамики численности вида в регионе. Рассмотрены сроки интенсивности подхода (возврата) производителей к основным рекам севера Тернейского муни-

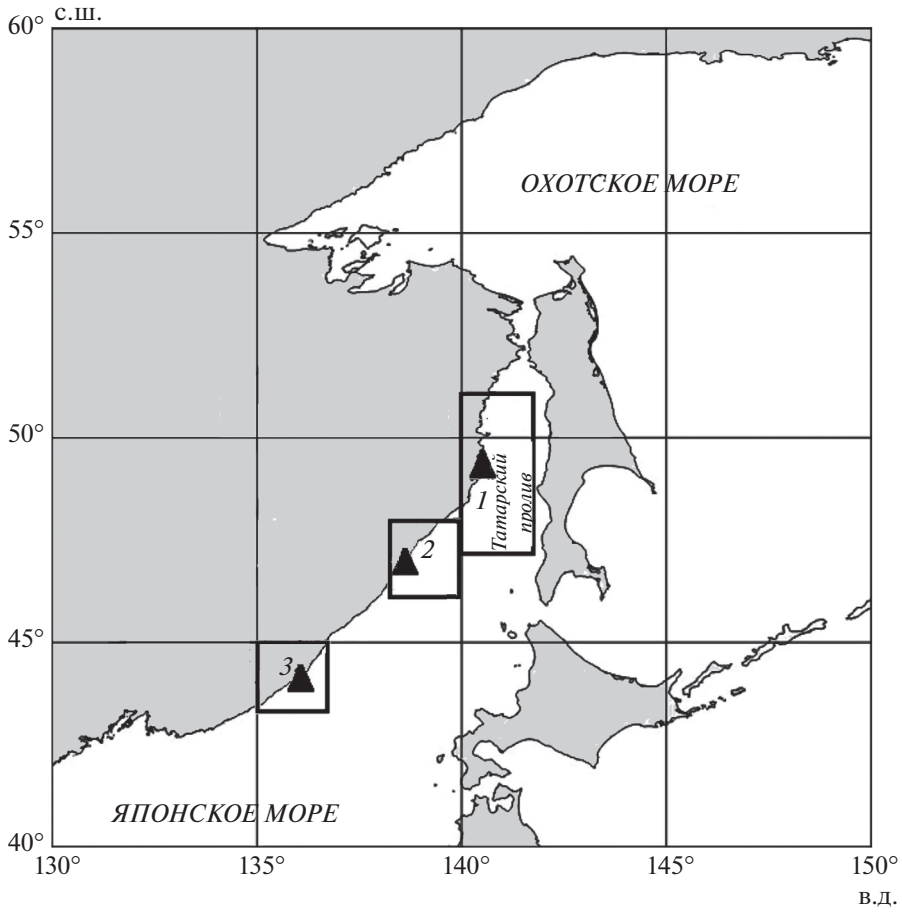

Рис. 1. Расположение районов исследования (*1–3*) и гидрометеорологических станций (▲): *1* – юго-восточное побережье Хабаровского края, северо-запад Татарского пролива, гидрометеостанция (ГМС) Советская Гавань; *2* – северо-восточное Приморье, юго-запад Татарского пролива, ГМС Сосуново; *3* – юго-восточное Приморье, север Японского моря, ГМС Рудная Пристань.

ципального района Приморского края. В качестве предиктора, отражающего возврат горбуши к рекам Приморского края, использовали показатель кратности возврата относительно числа родителей ($K_в$).

Температурный режим вод и синоптические процессы изучали в трёх промысловых районах (рис. 1): 1 – юго-восточное побережье Хабаровского края, северо-запад Татарского пролива (47°–51° с.ш. 140°–142° в.д.); 2 – северо-восточное побережье Приморья, юго-запад Татарского пролива (46°–48° с.ш. 138°–140° в.д.); 3 – юго-восточное побережье Приморья, север Японского моря (43°–45° с.ш. 135°–137° в.д.). Температуру морской воды в мае–июле 1980–2018 гг. в прибрежной зоне этих районов анализировали по данным гидрометеорологических станций (ГМС) – соответственно Советская Гавань, Сосуново и Рудная Пристань (архив Приморского территориального управления по гидрометеорологии и контролю природной среды). Для анализа температуры воды исследуемых районов Японского моря и Татарского пролива использованы среднемесячные значения аномалий температуры воды по факсимильным картам архива японского метеорологического агентства в узлах регулярной сетки 0.25° × 0.25° в те же месяцы за период 1985–2018 гг. (NEAR-GOOS, 2019). Для исследования изменчивости температуры воды на ГМС для каждого месяца рассчитаны отклонения среднемесячного значения для каждого года от средней за период 1980–2018 гг., а для ГМС Сосуново – еще и отклонения среднедекадной температуры. Линейный тренд изменения температуры воды определяли с помощью регрессионного анализа; наличие тренда для длительности рядов 40 лет принято при $R^2 \geq 0.1024$ ($p < 0.05$).

Для анализа атмосферной циркуляции над Японским морем и прилегающими районами использовали карты средних месячных значений абсолютной барической топографии поверхности 500 гПа (AT_{500}) и карты приземного атмосферного давле-

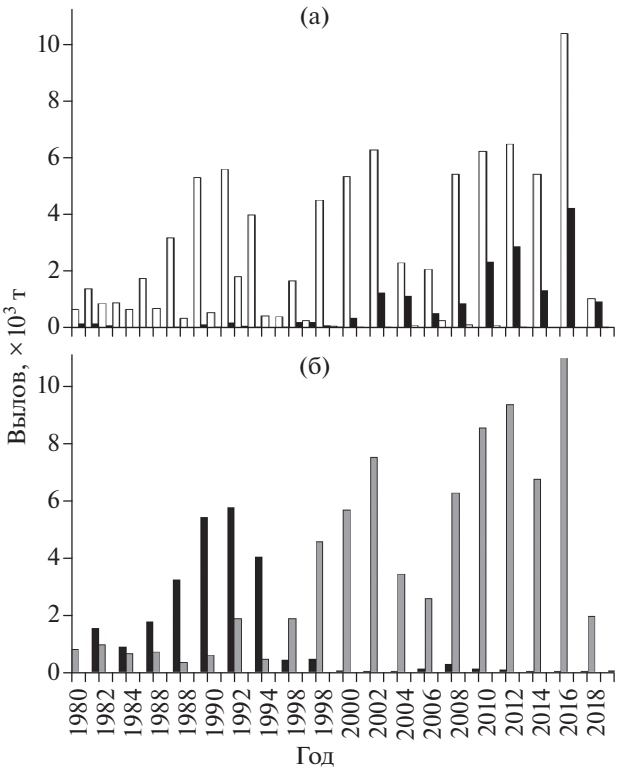

Рис. 2. Уловы горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в 1980–2018 гг.: а – Хабаровский (□) и Приморский (■) края, б – общий вылов в чётные (▩) и нечётные (■) годы.

ния (P_0): архив реанализа в узлах регулярной сетки 2.5° × 2.5° за период 1980–2018 гг. (NEARGOOS, 2019).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Динамика численности горбуши Японского моря

В целом во второй половине XX в. произошло снижение уловов приморской горбуши, что связанно, возможно, со сменой циркуляционных эпох в Северном полушарии (Горяинов и др., 2007). В Хабаровском крае до 1995 г. относительно высокие уловы горбуши отмечались в нечётные годы с максимумом в 1989 и 1991 гг. – соответственно 5300 и 5600 т, а подходы горбуши к рекам Приморского края как чётных, так и нечётных лет до 2000 г. были малочисленные (рис. 2а). После смены доминирующих поколений приморской горбуши в 1994 г. с нечётных лет на чётные (рис. 2б) отмечается тренд на увеличение численности возврата рыб чётных лет: в Хабаровском крае с 1998 г., в Приморском – с 2000 г. После 1995 г. самые низкие уловы наблюдались в нечётные годы с абсолютным минимум в 2013 и 2017 гг. (рис. 2а). За весь анализируемый период (1980–2018) наиболее высокие уловы зарегистрированы в 2002, 2010 и 2012 гг., максимальные – в 2016 г., но в 2018 г. вылов горбуши как в Хабаровском, так и в Приморском крае резко упал (соответственно до 1032 и 930 т).

При рассмотрении динамики численности подходов горбуши в реки Приморского края за последние 20 лет все поколения по величине кратности возврата относительно числа родителей разделили на четыре группы: минимальная, низкая, средняя и максимальная условная выживаемость (табл. 1). В чётные годы значения $K_в$ изменялись в пределах от 1.03 (2004) до 3.86 (2010), а в нечётные – от 0.67 (2009) до 1.95 (2011). Связь этого показателя с численностью пропущенных на нерестилища рыб не выявлена.

Сроки возврата производителей горбуши к рекам в разные годы варьировали (в среднем ±10 сут) в зависимости от гидрометеорологических условий, среди которых важное место занимает температура прибрежных вод. В табл. 2 представлены даты подхода горбуши к рекам Приморского края и среднедекадная температура воды в июне и июле 2000–2018 гг., по данным ГМС Сосуново.

В 2000–2018 гг. температура воды в начале хода горбуши варьировала в пределах 5.5–12.2°С (табл. 2); при этом разница между предельными значениями в чётные (7.0–12.2°С) и нечётные (5.5–10.5°С) годы составляла 1.5 и 1.7°С. Массовый подход в чётные годы наблюдался при температуре 9.9–14.8°С, за исключением 2012 г., когда подход горбуши произошёл при более низких значениях (6.8–8.6°С), а в нечётные годы – при 8.0–14.9°С. Таким образом, в чётные и в нечётные годы горбуша массово подходила в одном и том же интервале температуры – 8.6–14.9°С.

Заметим, что самыми холодными годами были 2012 и 2013. В 2012 г. наблюдалась отрицательная аномалия температуры воды в начале и во время массовой миграции лосося. Так, линза холодной воды, сформировавшаяся 29–30 июня в прибрежной зоне Советско-Гаванского района Хабаровского края, спровоцировала резкое снижение поверхностной температуры воды с 13.3 до 6.5°С, а на глубине 2–3 м – до 2.0°С, что повлияло на динамику миграции горбуши и, соответственно, на объёмы её вылова, которые в Приморском крае 1 июля составили всего 10 т (против 40 и 45 т/сут 29 и 30 июня). После размывания холодной линзы уловы вновь начали увеличиваться и 5 июля достигли 100 т/сут. На примере 2012 г. можно заключить, что поверхностная температура воды ниже 3–4°С может являться одной из причин перераспределения анадромных миграционных потоков приморской горбуши в подзоне Приморье. В 2005 г. отмечалась похожая ситуация задержки и даже полного прекращения миграции рыб в реки, так как она сопровождалась аномальным понижением температуры прибрежных вод (Семенченко, 2006).

Таблица 1. Величины пропуска горбуши *Oncorhynchus gorbuscha,* возврата и его кратности относительно родителей в реках Приморского края в 2000–2019 гг.

Год нереста	Число производителей, тыс. экз.	Год		Численность возврата, тыс. экз.	Кратность возврата ($K_в$)	Условная выживаемость поколения*
		ската	возврата			
2000	1433.0	2001	2002	2461.00	1.72	Средняя
2001	Н.д.	2002	2003	Н.д.		
2002	1550.0	2003	2004	1599.60	1.03	Низкая
2003	Н.д.	2004	2005	94.90		
2004	900.0	2005	2006	1513.20	1.68	Средняя
2005	90.5	2006	2007	139.40	1.54	То же
2006	1150.0	2007	2008	1934.10	1.68	“-“
2007	135.0	2008	2009	89.85	0.67	Минимальная
2008	1400.0	2009	2010	5402.00	3.86	Максимальная
2009	87.4	2010	2011	170.10	1.95	Средняя
2010	3300.0	2011	2012	4126.00	1.25	Низкая
2011	165.0	2012	2013	141.33	0.86	Минимальная
2012	1550.0	2013	2014	2411.00	1.56	Средняя
2013	140.0	2014	2015	154.21	1.10	Низкая
2014	1545.0	2015	2016	4820.00	3.12	Максимальная
2015	150.0	2016	2017	128.00	0.85	Минимальная
2016	1330.0	2017	2018	1500.00	1.13	Низкая
2017	127.9	2018	2019	195.00	1.52	Средняя
2018	550.0	2019				
2019	90.0					

Примечание. *Диапазоны значений кратности в выделенных группах: минимальная – <1.00, низкая – 1.00–1.49, средняя – 1.50–2.00, максимальная – >2.00. Здесь и в табл. 2: н.д. – нет данных, так как в годы низкой численности промышленный лов не вели.

Для выявления возможной взаимозависимости величины кратности подхода горбуши к приморскому побережью от климатических условий мы проанализировали температурный режим района миграции и особенности атмосферной циркуляции в мае–июле 1980–2018 гг. в трёх районах – в северо-западной и юго-западной части Татарского пролива и в северной части Японского моря (рис. 1).

Температура поверхностного слоя воды, по данным японского архива

Северо-запад Татарского пролива (рис. 3а–3в). В мае самое большое понижение температуры произошло в 1999 г., когда отклонение от средней за период 1985–2018 гг. (Δt_w) составило –1.7°С, довольно холодными были также 1992 (–1.4°С) и 1987 гг. (–1.1°С). Наибольшие положительные аномалии (1.5°С) отмечены в 2009 г., а $\Delta t_w > 1.0$°С – в 2002 (1.2°С) и 1996 гг. (1.1°С). В июне значительное понижение температуры воды отмечено в 1999 ($\Delta t_w = -2.4$°С), 1985 (–2.0°С) и 1994 (–1.5°С) гг.; максимальные положительные Δt_w – в 1998 (1.9°С) и 2010 (1.7°С) гг. В июле самые низкая температура воды наблюдалась в 1982 г. ($\Delta t_w = -3.3$°С); значительные отрицательные аномалии были в 1985 (–1.4°С), 1987 (–1.3°С), 1997 и 2018 (–1.1°С) гг. Наибольшие положительные значения Δt_w отмечались в 2013 (1.7°С), 2010 (1.6°С), 1990 и 2000 (1.5°С), а также в 2006 (1.2°С) и 2012 (1.1°С) гг.

В многолетнем ходе аномалий температуры воды в северо-западной части Татарского пролива в мае, июне и июле тренд статистически не значим (соответственно $y = 0.0139x - 0.2315$ ($R^2 = 0.0349$), $y = 0.0226x - 0.3557$ ($R^2 = 0.0601$) и $y = 0.0325x - 0.5434$ ($R^2 = 0{,}0881$)). Однако линии регрессии имеют небольшой положительный наклон, т.е. прослеживается тенденция к потеплению прибрежных вод в этом районе.

Юго-запад Татарского пролива (рис. 3г–3е). В мае наибольшие отрицательные аномалии были отмечены в 1987 (–1.4°С) и 2006 (–1.2°С); максимальное повышение температуры ($\Delta t_w = 1.5$°С) – в 1991, 2000 и 2002 гг. В июне самое большое пониже-

Таблица 2. Сроки подхода горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* на нерест к рекам Приморского края и среднедекадная температура воды в этот период, по данным ГМС Сосуново, 2000–2018 гг.

Год	Дата хода		Температура воды, °С						Аномалия температуры воды (Δt_w), °С					
	начала	массового	Июнь			Июль			Июнь			Июль		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2000	20–23.06	27.06–10.07	7.9	9.0	**10.8**	13.8	14.3	15.9	1.4	0.8	0.9	2.6	1.5	2.2
2001	29.06–03.07	04–15.07	6.0	7.8	**9.3**	**12.7**	13.3	15.0	–0.5	–0.4	–0.6	1.5	0.5	1.3
2002	18–20.06	10–18.07	7.5	**9.4**	10.9	12.8	14.0	14.2	1.0	1.2	1.0	1.6	1.2	0.5
2003	12–13.06	30.06–18.07	5.7	**7.2**	10.7	12.4	14.9	13.4	–0.8	–1.0	0.8	1.2	2.1	–0.3
2004	13–14.06	19–25.06	6.6	**7.8**	10.6	12.6	13.9	15.7	0.1	–0.4	0.7	1.4	1.1	2.0
2005	23–25.06	03–12.07	5.9	6.9	**7.2**	11.2	12.4	15.7	–0.6	–1.3	–2.7	0	–0.4	2.0
2006	20–23.06	10–20.07	5.7	6.8	**8.5**	10.0	12.2	15.4	–0.8	–1.4	–1.4	–1.2	–0.6	1.7
2007	15–17.06	03–09.07	6.4	**9.7**	10.5	12.9	11.3	9.7	–0.1	1.5	0.6	1.7	–1.5	–4.0
2008	27–29.06	30.06–05.07	7.0	8.3	**10.3**	9.9	15.2	15.9	0.5	0.1	0.4	–1.3	2.4	2.2
2009	Н.д.	Н.д.	7.9	7.7	8.4	10.6	12.5	15.7	1.4	–0.5	–1.5	–0.6	–0.3	2.0
2010	24–26.06	03–25.07	6.5	7.2	**12.2**	14.5	14.8	16.3	0	–1.0	2.3	3.3	2.0	2.6
2011	19–25.06	01–20.07	6.1	**7.4**	**9.3**	11.6	14.4	11.3	–0.4	–0.8	–0.6	0.4	1.6	–2.4
2012	15–20.06	23.06–15.07	4.6	**7.0**	8.6	6.8	11.6	13.3	–1.9	–1.2	–1.3	–4.4	–1.2	–0.4
2013	19–22.06	02.07–12.07	6.1	**5.5**	**9.2**	8.0	9.1	11.4	–0.4	–2.7	–0.7	–3.2	–3.7	–2.3
2014	13–20.06	29.06–10.07	8.5	**9.3**	11.4	13.9	15.9	10.9	2.0	1.1	1.5	2.7	3.1	–2.8
2015	15–17.06	03–15.07	7.4	**9.8**	11.1	11.7	13.5	15.7	0.9	1.6	1.2	0.5	0.7	2.0
2016	15–23.06	28.06–15.07	7.9	**9.2**	**10.9**	10.4	13.5	13.5	1.4	1.0	1.0	–0.8	0.7	–0.2
2017	20–23.06	30.06–15.07	6.3	8.0	**10.5**	13.0	14.5	15.0	–0.2	–0.2	0.6	1.8	1.7	1.3
2018	05–10.06	20.06–10.07	**6.3**	8.6	10.6	12.5	13.8	15.4	–0.2	0.4	0.7	1.3	1.0	1.7

Примечание. Δt_w – отклонение среднедекадной температуры каждого года от средней за период 2000–2018 гг.; полужирным шрифтом выделены значения температуры в начале хода, серой заливкой – в период массового хода.

ние температуры воды произошло в 2001 (–1.4°С), 1985 и 1989 (–1.3°С) и 2017 (–1.1°С); максимальное повышение – в 1998 г. (Δt_w = 2.3°С), Δt_w > > 1.0°С – в 1991 (1.4°С) и 1988 (1.1°С) гг. В июле наибольшие отрицательные аномалии зарегистрированы в 1989 (–1.6°С), 2015 (–1.4°С), 1996 и 2009 (–1.3°С) гг.; наибольшие положительные – в 1988 (2.2°С) и 1990 (1.6°С) гг.

В многолетнем ходе аномалий температуры воды в юго-западной части Татарского пролива в мае, июне и июле отрицательный тренд статистически не значим (соответственно $y = -0.0133x + 0.2488$ ($R^2 = 0.0329$), $y = -0.0014x + 0.0343$ ($R^2 = 0.0003$), $y = -0.0014x + 0.0026$ ($R^2 = 0.0003$)). Лишь в мае наклон линии регрессии выражен в большей степени, т.е. в мае прослеживается тенденция к похолоданию прибрежных вод у северо-западных берегов Приморья.

Север Японского моря (рис. 3ж–3и). В мае самое большое понижение температуры воды в районе, прилегающем к юго-восточному побережью Приморья и граничащем с югом Татарского пролива, зарегистрировано в 1987 (Δt_w = –1.7°С); наибольшие положительные аномалии – в 2002 (1.6°С) и 1991 (1.3°С) гг. В июне значительные отрицательные аномалии наблюдались в 1987 и 1989 (–1.7°С), в 2017 (–1.6°С) и 1997 (–1.4°С); максимальное повышение температуры – в 1998 (Δt_w = 2.4°С), 1991 (2.0°С), 2003 (1.6°С) и 2013 (1.1°С) гг. В июле наибольшие отрицательные значения Δt_w наблюдались в 1986 (–2.6° С), 1989 (–1.1°С), 1996 (–1.9°С), 2009 (–1.3°С) и 2015 (–1.5°С) г.; наибольшие положительные значения – в 2013 (1.5°С), 2006 (1.3°С), 2014 (1.2°С), 1988, 2000 и 2010 (1.1°С) гг.

В районе юго-восточного Приморья в эти три месяца температурный тренд не выявлен ($y = 0.001x + 0.0294$ ($R^2 = 0.0002$), $y = 0.0043x - 0.1088$ ($R^2 = 0.002$, $y = 0.0097x - 0.2061$ ($R^2 = 0.01$)), температура воды колеблется около среднего многолетнего значения.

Температура поверхностного слоя воды, по данным гидрометеорологических станций

ГМС Советская Гавань (рис. 4а–4в). В мае самые большие отрицательные аномалии темпера-

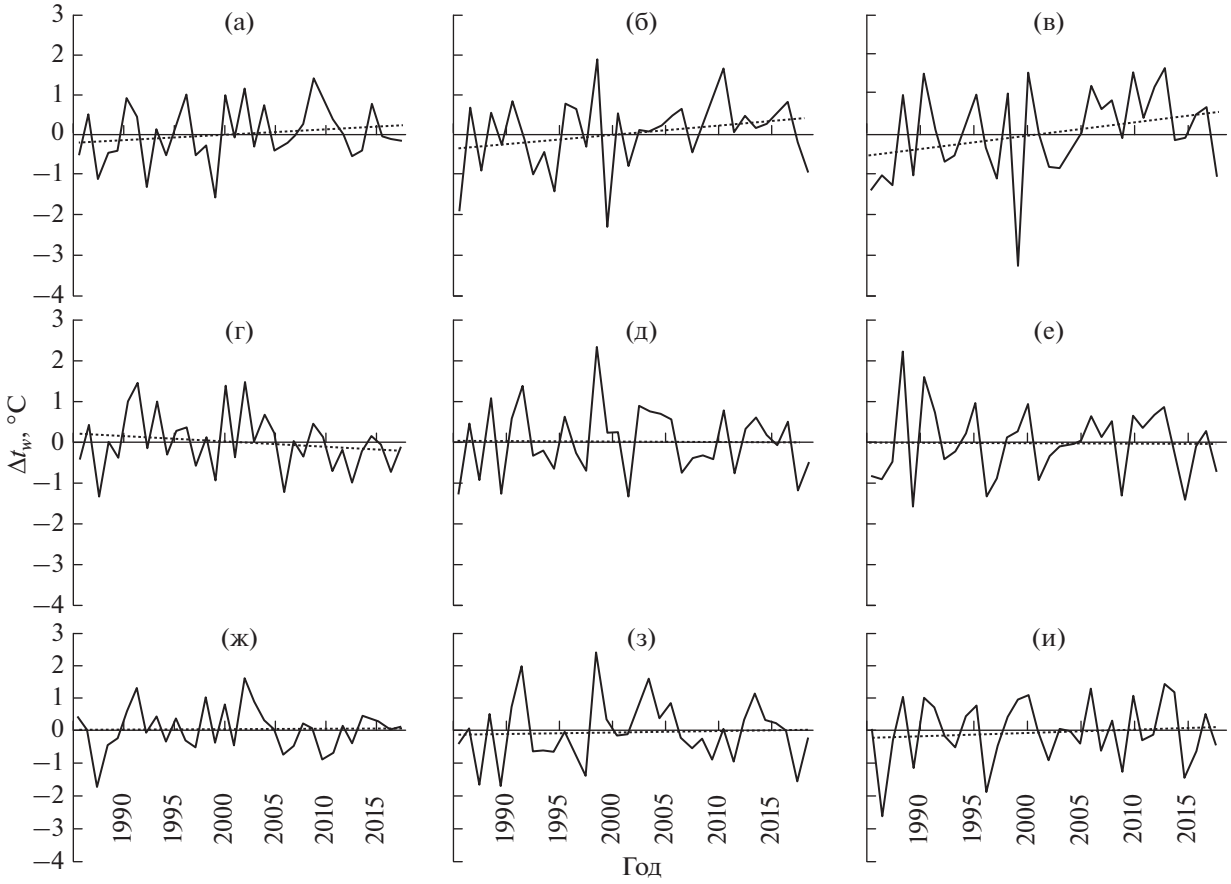

Рис. 3. Аномалии среднемесячной температуры морской воды (Δt_w) в мае (а, г, ж), июне (б, д, з) и июле (в, е, и) от средней за период 1985–2018 гг.: а–в – северо-западная часть Татарского пролива, г–е – его юго-западная часть, ж–и – северная часть Японского моря; (–) – Δt_w, (···) – линейные тренды.

туры были отмечены в 1980 и 1987 (1.9°C), 2001 (–1.4°C), 1999 (–1.3°C) и 2005 (–1.2°C); наибольшие положительные аномалии – в 1990, 1995 и 2018 (1.5°C), 2009 и 2012 (1.4°C), 2014 (1.2°C), 1984 и 2000 (1.1°C) гг. В июне значительное понижение температуры воды было в 1981 (Δt_w = –2.0°C), 1983 (–1.7°C), 1987 и 1993 (–1.5°C), 1982, 1984 и 2001 (–1.1°C); наибольшее повышение – в 2010 (3.4°C), 1995 (2.4°C), 2013 (1.6°C), 2005 (1.5°C), 1991 (1.3°C) гг. В июле значительные отрицательные аномалии были отмечены в 1983 (–3.0°C), 2003 (–2.4°C), 1980 (–2.0°C), 1988 (–1.9°C), 1986 (–1.7°C), 1987 –1.6°C), 2014 (–1.1°C); наибольшие положительные аномалии – в 2011 (2.5°C), 2010 (2.1°C), 1995 (1.8°C), 2004 и 2017 (1.6°C), 1997 и 2005 (1.4°C), 2001 (1.1°C) гг.

В мае, июне и июле в ходе аномалий температуры воды на ГМС Советская Гавань выявлен положительный значимый ($p < 0.05$) тренд: соответственно $y = 0.035x - 0.7392$ ($R^2 = 0.1792$), $y = 0.0406x - 0.8606$ ($R^2 = 0.1780$), $y = 0.047x - 0.9683$ ($R^2 = 0.1801$), т. е. температура воды у побережья северо-западной части Татарского пролива за рассматриваемый период повысилась.

ГМС Сосуново (рис. 4г–4е). В мае самые значительные отрицательные аномалии отмечены в 1980 (–2.1°C), 1987 г. (–1.1°C); наибольшие положительные аномалии – в 2014 (1.7°C) и 1990 (1.3°C) гг. В июне самое большое понижение температуры воды было в 1980 (Δt_w = –2.2°C), 2012 (–1.6°C), 1984 (–1.4°C), 1987 и 2006 (–1.3°C), 2005 (–1.1°C); максимальное повышение – в 2008 (2.0°C), 2014 (1.7°C), 1995 (1.4°C), 1990 и 2015 (1.1°C) гг. В июле самая низкая температура наблюдалась в 1982 (Δt_w = –3.6°C), 1980 (–3.4°C), 1989 (–3.3°C), 1986 и 2012 (–2.1°C), 1981 (–1.2°C), 1983 (–1.0°C), 1984 (–1.7°C), 2007 (–1.6°C), 2011 (–1.5°C); самая высокая – в 2010 (Δt_w = 2.4°C), 2014 (2.0°C), 1997 и 2000 (1.9°C), 2017 (1.4°C), 2004 (1.3°C), 1995 (1.2°C) гг.

В ходе аномалий температуры воды на ГМС Сосуново в мае и июле выявлен положительный значимый ($p < 0.05$) тренд: $y = 0.0209x - 0.3746$ ($R^2 = 0.1031$) и $y = 0.0643x - 1.3312$ ($R^2 = 0.2380$), следовательно, у юго-западного побережья Татарского пролива в мае и июле происходит рост тем-

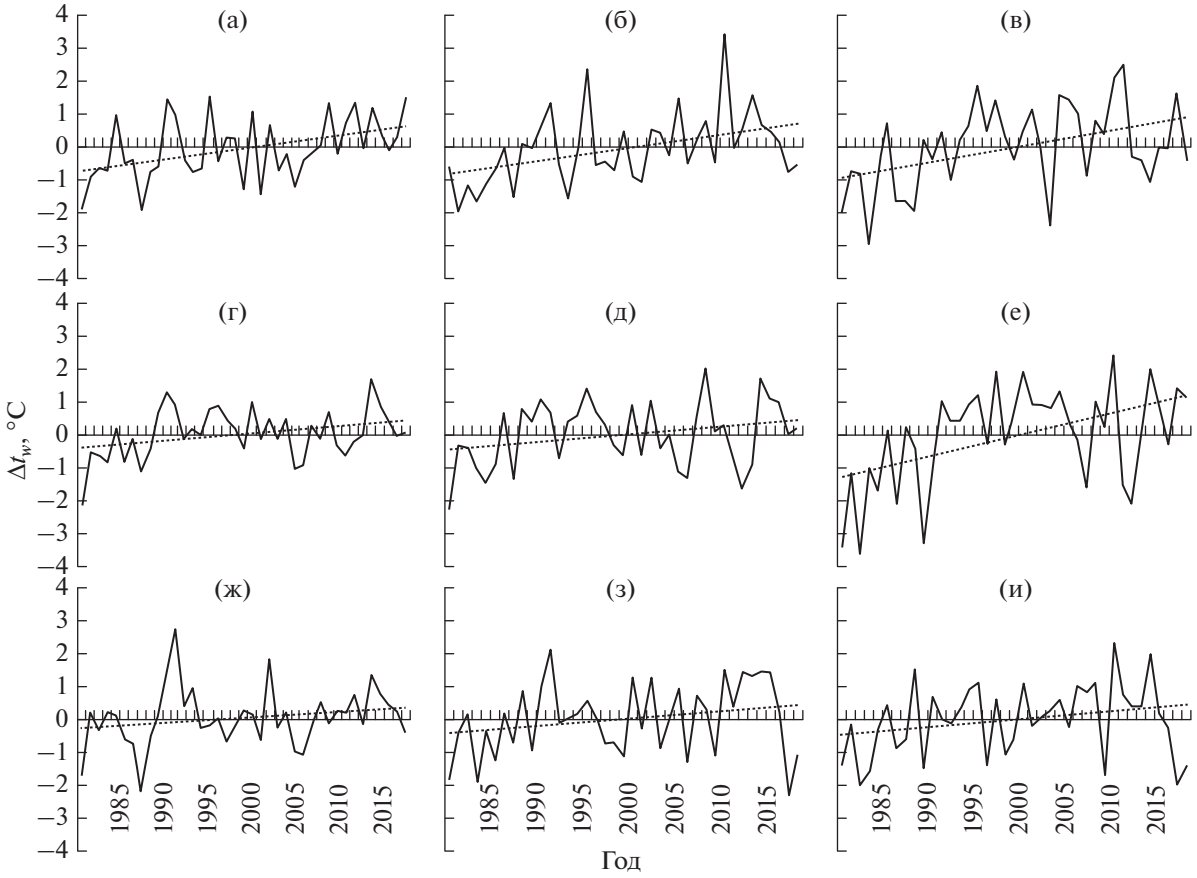

Рис. 4. Аномалии температуры морской воды (Δt_w) в районах расположения гидрометеостанций в мае (а, г, ж), июне (б, д, з) и июле (в, е, и) от средней за период 1980–2018 гг.: а–в – Советская Гавань, г–е – Сосуново, ж–и – Рудная Пристань; обозначения см. на рис. 3.

пературы воды. В июне тренд не выявлен ($y = 0.0217x - 0.4285$ ($R^2 = 0.0643$)), колебания температуры происходят около среднего многолетнего.

ГМС Рудная Пристань (рис. 4ж–4и). В мае значительные отрицательные аномалии наблюдались в 1987 (–2.2°С), 1980 (–1.7°С), 2006 (–1.1°С), 2005 (–1.0°С); положительные – в 1991 (2.7°С), 2002 (1.8°С), 1990 и 2014 (1.3°С) гг. В июне значительное понижение температуры воды отмечено в 1980 ($\Delta t_w = -2.2$°С), 2012 (–1.6°С), 1984 (–1.4°С), 1987 и 2006 (–1.3°С), 2005 г. (–1.1°С); наибольшее повышение – в 1991 (2.1°С), 2010 (1.5°С), 2012 и 2014–2015 (1.4°С), 2000, 2002 и 2013 (1.3°С) гг. В июле значительные отрицательные аномалии были отмечены в 1982 и 2017 (–2.0°С), 2009 (–1.7°С), 1983 (–1.6°С), 1989 (–1.5°С), 1980, 1996, 2018 и 2012 (–1.4°С), 1998 г. (–1.1°С); наибольшие положительные – в 2010 (2.3°С), 2014 (2.0°С), 1988 (1.5°С), 1995, 2000 и 2008 (1.1°С) гг.

В мае, июне и июле среднемесячная температура воды у северо-западного побережья Японского моря колеблется около среднего за весь период наблюдений с несущественным ($p > 0.05$) положительным трендом ($y = 0.0165x - 0.2848$ ($R^2 = 0.0455$), $y = 0.0225x - 0.4417$ ($R^2 = 0.0567$), $y = 0.0229x - 0.4896$ ($R^2 = 0.0584$)).

Особенности барических полей во время ската и возврата приморской горбуши

Атмосферная циркуляция во многом определяет термический режим поверхностных вод и динамику течений. Основными структурными элементами циркуляции воздушных масс над Дальним Востоком в тёплый сезон являются летняя дальневосточная депрессия (ЛДД) и охотский антициклон (ОА) (Шатилина и др., 2019). Эти структуры представлены на рис. 5.

Июнь 2012 г. – минимальная условная выживаемость поколения 2011 г., $K_в = 0.86$ (табл. 1). Над большей частью Японского моря и прилегающей частью суши отмечался высотный гребень, в вершине которого находился очаг повышенных значений геопотенциала (H_{500}). Над Охотским морем наблюдался холодный высотный циклон, в дельте высотной ложбины отмечался очаг с экс-

тремально низкими значениями H_{500}, что свидетельствует об ослаблении влияния гавайского антициклона (рис. 5в). В приземном поле центр ЛДД отмечался в координатах 117° в.д. 45° с.ш., а центр ОА – 155° в.д. 46° с.ш., что южнее их среднего климатического положения (рис. 5г). Основной поток тёплого воздуха был сосредоточен над континентальными районами Дальнего Востока, что является экстремальным, а над морем наблюдались восточные вторжения холодного воздуха по периферии антициклона, которые задерживали прогрев вод во время ската молоди горбуши. Очаг экстремально тёплых воздушных масс у земли был приурочен к вершине тропосферного гребня, а очаг холодных располагался несколько восточнее от очага экстремально низких значений H_{500} (рис. 5в). По данным ГМС Сосуново, отмечен пониженный фон поверхностной температуры воды ($\Delta t_w = -1.6$°C), что свидетельствует об усилении влияния холодного Приморского течения.

Май 2009 г. – максимальная условная выживаемость поколения 2008 г., $K_в = 3.86$ (табл. 1). Структура барических полей существенно отличалась от таковой в июне 2012 г. Изогипсы давления H_{500} имели зональный характер, холодная депрессия располагалась в северо-западной части материкового побережья; над районом воспроизводства в зональном потоке воздушных масс наблюдались повышенные значения H_{500} (рис. 5а). В приземном поле центр ЛДД располагался на севере (125° в.д. 57° с.ш.); в передней части приземных циклонов, формирующих депрессию, распределялись тёплые воздушные массы (рис. 5б). Наибольшие положительные аномалии (1.5°C) были отмечены в Татарском проливе, что свидетельствует об усилении влияния на район воспроизводства тёплых вод Цусимского течения.

Июнь 2018 г. – средняя условная выживаемость ($K_в = 1.13$) и низкий возврат поколения 2016 г. (табл. 1). Охотское море находилось под воздействием обширной холодной депрессии. Области отрицательных экстремальных значений H_{500} располагались над Охотским морем и континентальными районами Приморского края (рис. 5ж). В приземном поле над Охотским морем преобладало поле ОА. Результатом охотских вторжений было появление областей экстремально низкой температуры воздуха у земли, располагающихся над северо-западной частью Охотского моря и Татарским проливом (рис. 5з). Активной оказалась первая (холодная) стадия дальневосточного муссона, которая и определила особенности термического режима в Японском море и прилегающих районах.

Июнь 2010 г. – средняя условная выживаемость молоди поколения 2009 г. ($K_в = 1.95$) и максимальный возврат горбуши 2010 г. (табл. 1). Центр холодной тропосферной депрессии смещён в северо-восточную часть Охотского моря, Японское море находилось под влиянием тёплого тропосферного гребня. Такая структура барического поля была аномальной, что видно по положению и величинам областей с экстремальными значениями H_{500} (рис. 5д). В приземном поле отмечалась вторая (тёплая) стадия летнего муссона, очаги тёплых воздушных масс которого располагались над Амуром и северной частью Татарского пролива (рис. 5е). Эти условия определяли экстремально тёплый режим в рассматриваемых районах Японского моря.

Июль 2016 г. – максимальная условная выживаемость поколения 2014 г. ($K_в = 3.12$) и высокий возврат горбуши (табл. 1). Центр тропосферной депрессии располагался над северо-западной частью материкового побережья Охотского моря. Области экстремальных аномалий H_{500} располагались над Амуром и восточной частью Охотского моря (рис. 5и). Центр ЛДД был смещён на восток. Японское море находилось под воздействием гребня гавайского антициклона, очаги экстремально тёплых воздушных масс локализовались над областью депрессии и над восточной частью Охотского моря. Температура воды в районах воспроизводства и миграций была выше нормы (рис. 5к).

ОБСУЖДЕНИЕ

Уловы приморской горбуши в 1980–1999 гг. были ниже, чем в 2000–2019 гг. (рис. 2). Увеличение запаса и уловов горбуши совпало с положительным направлением тренда аномалий температуры воды в прибрежной зоне в мае, июне и июле 1980–2018 гг. (рис. 4): в период низких уловов (до 2000 г.) наблюдались преимущественно отрицательные аномалии температуры, а затем стали преобладать положительные. В эти же месяцы в мористой части районов положительные аномалии температуры воды преобладают в Татарском проливе, а в северной части Японского моря их проявления незначительны (рис. 3).

Выживаемость молоди горбуши в 2009 и 2015 гг. была максимальной, что подтверждается кратностью возврата (табл. 1). В период ската молоди в мае 2009 г. температура поверхностного слоя воды была выше средней за период исследования, причём наибольшее повышение ($\Delta t_w = 1.5$°C) произошло на севере как в прибрежной зоне (ГМС Советская Гавань), так и мористее, что связано, возможно, с повышением влияния на район воспроизводства тёплых вод Цусимского течения. Благоприятным условиям выживания молоди соответствовала синоптическая обстановка, когда центр ЛДД располагался на 55° с.ш. и в передней части приземных циклонов распространялись тёплые воздушные массы.

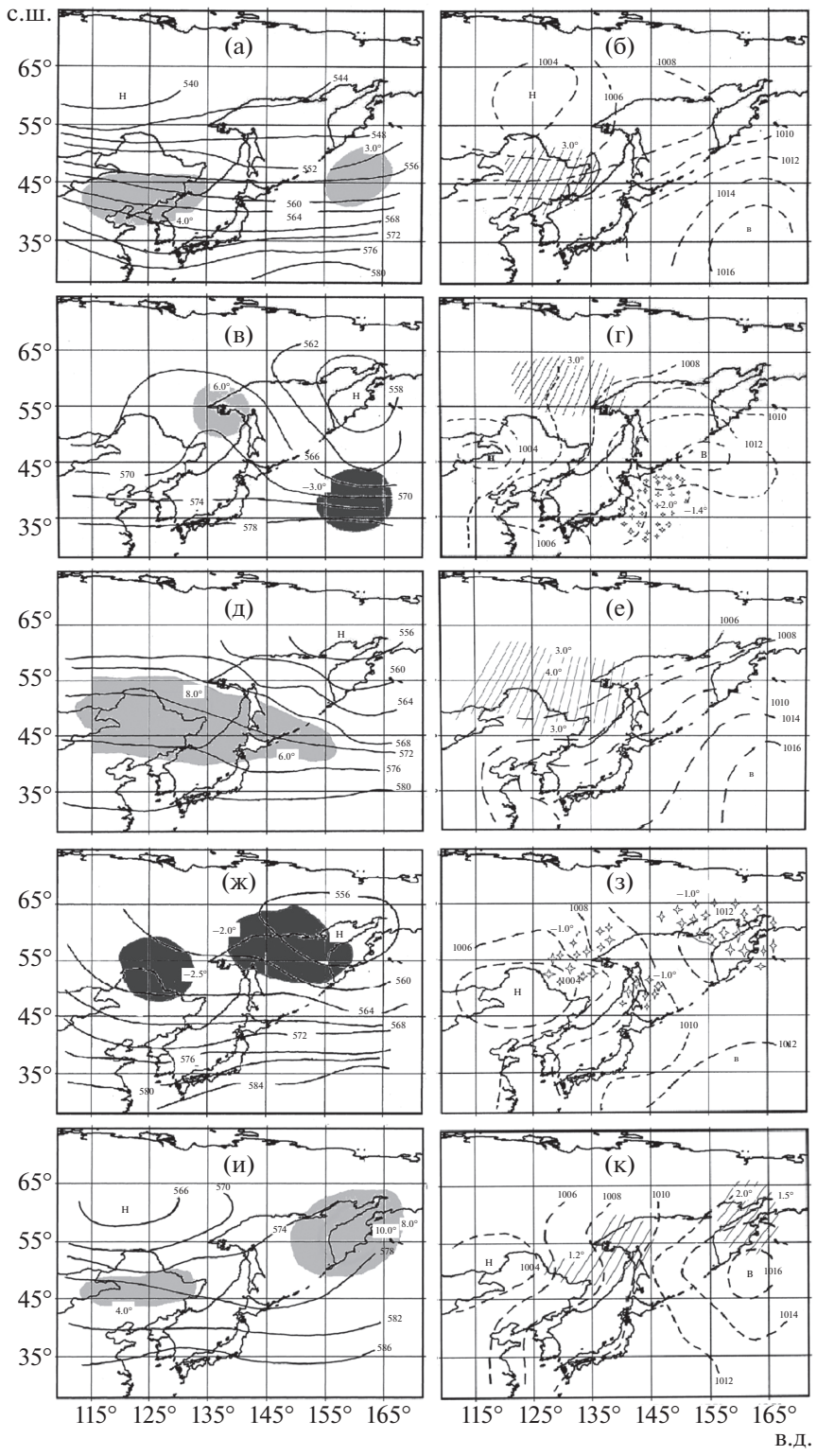

Рис. 5. Среднемесячная структура поля геопотенциала (H_{500}) (а, в, д, ж, и), приземного поля давления (P_0) и приземной температуры воздуха (t_a) (б, г, е, з, к): а, б – май 2009 г.; в, г – июнь 2012 г.; д, е – июнь 2010 г.; ж, з – июнь 2018 г.; и, к – июль 2016 г.; (—) – изолинии H_{500}, гПа; (- - -) – изолинии P_0, гПа; (■), (■) – области экстремально низких и экстремально высоких значений H_{500}; (⊡), (▨) – то же t_a, Н – центр низкого давления, В – центр высокого давления.

В 2012 г. наблюдалась низкая выживаемость молоди. В этот год очаг холодных воздушных масс у земли располагался несколько восточнее от очага экстремально низких значений H_{500} и отмечался пониженный фон поверхностной температуры воды. Так, значительное понижение ($\Delta t_w = -1.6...-2.1$°C), отмеченное в июне–июле на ГМС Сосуново, свидетельствует об усилении влияния холодного Приморского течения.

В июне 2018 г., когда наблюдалась средняя выживаемость молоди, активной оказалась первая (холодная) стадия дальневосточного муссона, которая и определила особенности термического режима в Японском море и прилегающих районах. Понижение температуры воды в Татарском проливе (Δt_w в пределах –0.5...–1.0°C) критично не повлияло на выживаемость горбуши.

Максимальный возврат горбуши проходил в 2010 и 2016 гг. при высоких положительных аномалиях температуры воды (рис. 6). Так, в июне 2010 г. максимальное повышение температуры произошло на ГМС Советская Гавань ($\Delta t_w = 3.4$°C), на остальных станциях по направлению к югу Δt_w составила соответственно 0.3 и 1.5°C, а в июле – 2.1, 2.4 и 2.3°C, т.е. нагрев воды вдоль берега в июле произошёл практически на всей акватории одновременно. В мористой части также отмечены положительные аномалии температуры, которые в июне в районах исследования в порядке с севера на юг составляли 1.7, 0.8 и 0.1°C, а в июле – 1.6, 0.7 и 1.1°C.

В период очень низкого возврата горбуши в 2009 г. почти на всей исследуемой акватории преобладали отрицательные аномалии температуры воды: в июне –0.5 (ГМС Советская Гавань), –1.1 и –0.9°C (ГМС Рудная Пристань и мористее), а в июле на юге воды ещё больше охладились – $\Delta t_w = -1.7$ и –1.3°C. Повышение температуры было отмечено на севере: в июне в Татарском проливе ($\Delta t_w = 0.9$°C), а в июле – на ГМС Советская Гавань (0.4°C), и незначительное повышение – на ГМС Сосуново в июне и июле (0.1 и 0.2°C). Возможно, максимальный возврат приморской горбуши в 2010 и 2016 гг. был связан с перераспределением анадромных миграционных потоков в связи с благоприятным температурным режимом морских вод района исследования, в результате чего к рекам Приморского края подошли также рыбы других япономорских стад (рис. 5д, 5е, 5и, 5к).

На основании анализа синоптических процессов, описанных в работе, составлены схемы благоприятных или неблагоприятных климатических условий для анадромной миграции приморской горбуши (рис. 7). Раннее начало второй стадии летнего дальневосточного муссона в период анадромной миграции приводит к формированию тёплых режимов и появлению термических экстремумов на поверхности Японского моря, что создаёт благоприятные условия для подхода горбуши к Приморскому побережью. А с усилением влияния гавайского антициклона над Японским морем формируются области с экстремально высокой температурой воздуха (рис. 7а), что является предпосылкой для экстремально высоких уловов горбуши. Задержка подходов наблюдается при появлении над Охотским морем высотной депрессии, а в приземном поле – области высокого давления (рис. 7б). Попытка прогнозирования развития охотского антициклона была изложена в работе Шатилиной с соавторами (2019).

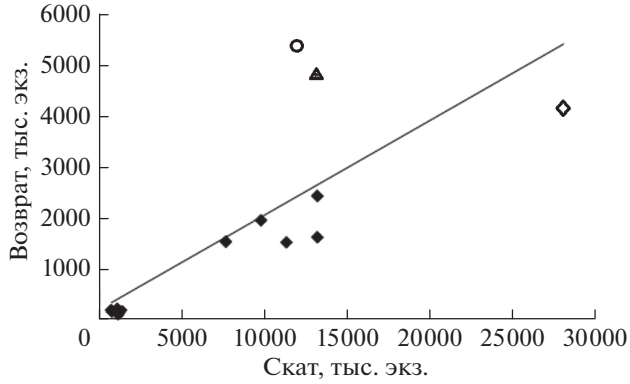

Рис. 6. Зависимость величины возврата от численности скатившейся молоди приморской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* в реках Приморского края в 2000–2017 гг. ($R^2 = 0.6269$): (○) – 2010, (◇) – 2012, (▲) – 2016, (◆) – остальные годы.

ВЫВОДЫ

1. В период относительно низких уловов приморской горбуши (1980–1999 гг.) температура прибрежных вод характеризовалась отрицательными аномалиями, а увеличение уловов с 2000 г. произошло, когда температура стала повышаться.

2. Низкие подходы горбуши наблюдаются при значительном развитии охотского антициклона, а при ослаблении его интенсивности можно ожидать хорошие подходы. При большой повторяемости ложбин холода, характерных для первой (холодной) стадии муссона, подходы горбуши на нерест задерживаются. По интенсивности развития охотского антициклона можно судить о влиянии гидрометеорологических факторов на величину возврата приморской горбуши.

3. Наиболее благоприятными условиями для подхода горбуши к приморскому побережью в период анадромной миграции является усиление второй стадии летнего муссона, обусловленного распространением гавайского антициклона на Японское море и появлением термических экстремумов на его поверхности.

4. При резком снижении температуры морских прибрежных вод подходы горбуши к нерестовым

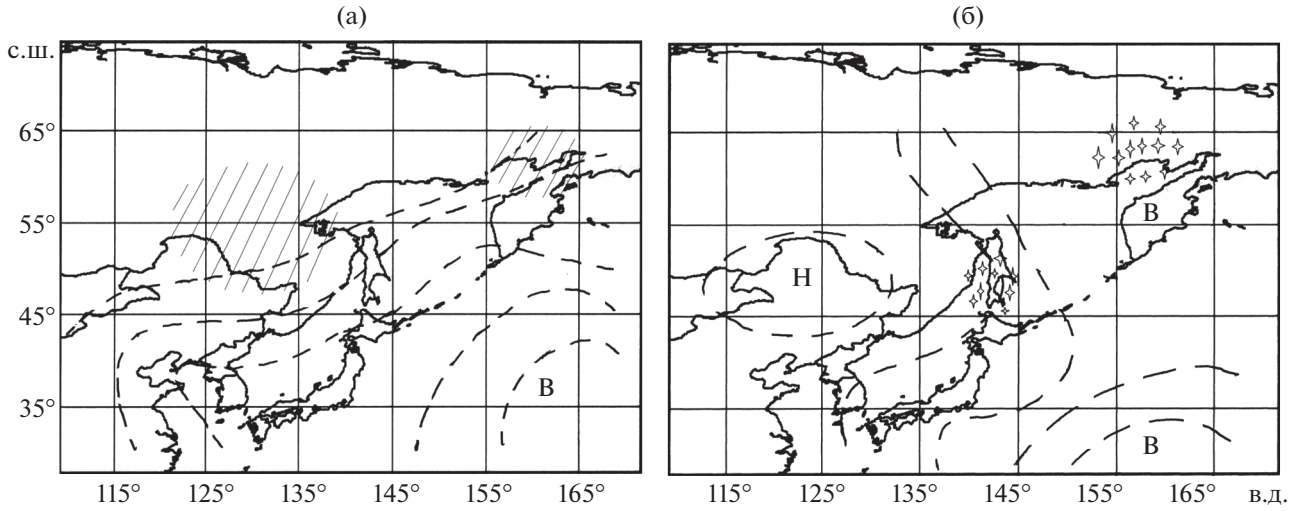

Рис. 7. Схема благоприятных (а) и неблагоприятных (б) климатических условий для подходов горбуши *Oncorhynchus gorbuscha*; обозначения см. на рис. 5.

рекам задерживаются и даже может произойти перераспределение анадромных миграционных потоков приморской горбуши в подзоне Приморье.

5. Термический режим морских вод, формирующийся под влиянием холодной и тёплой стадий дальневосточного муссона, оказывает значительное влияние на анадромную миграцию горбуши, но требуется дальнейшая детализация этих исследований. Полученные в работе результаты могут быть использованы для краткосрочного прогнозирования динамики подхода приморской горбуши.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев А.В., Тепнин О.Б. 2011. Оценка влияния некоторых климатических факторов на численность азиатских стад горбуши и кеты // Изв. ТИНРО. Т. 166. С. 67–87.

Бугаев А.В., Тепнин О.Б., Радченко В.И. 2018. Климатическая изменчивость и продуктивность тихоокеанских лососей Дальнего Востока России // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. № 49. С. 5–50. https://doi.org/10.15853/2072-8212.2018.49.5-50

Василенко О.В. 1959. Вопросы биологии приморской горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 47. С. 111–117.

Василенко-Лукина О.В. 1962. О биологии приморской горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (Walbaum) // Вопр. ихтиологии. Т. 2. Вып. 4 (25). С. 604–608.

Гаврилов Г.М., Пушкарева Н.Ф. 1996. Динамика численности приморской горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 119. С. 178–193.

Гайко Л.А. 2005. Особенности гидрометеорологического режима прибрежной зоны залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: Дальнаука, 151 с.

Гайко Л.А. 2006. Марикультура: прогноз урожайности с учетом воздействия абиотических факторов. Владивосток: Дальнаука, 204 с.

Гайко Л.А. 2007. Тенденция изменчивости температуры воды и воздуха в прибрежных районах северо-западной части Японского моря // Дальневосточные моря России. Кн. 1. Океанологические исследовании. М.: Наука. С. 307–332.

Гайко Л.А. 2013. Многолетняя изменчивость температуры воды и воздуха у российского побережья Японского моря по данным гидрометеорологических станций // Океанологические исследования дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана. Кн. 1 / Под ред. Акуличева В.А. Владивосток: Дальнаука. С. 64–78.

Гайко Л.А. 2016. Сравнительный анализ изменчивости температуры воды и воздуха за последние десятилетия вдоль побережья Приморского края (Японское море) // Наука в современном мире. № 6. С. 11–18.

Гайко Л.А. 2019. Температурные изменения вдоль побережья Приморского края в современный период (северо-западная часть Японского моря) / Вестн. СВНЦ. № 2. С. 29–37. https://doi.org/10.34078/1814-0998-2019-58-2-29-37

Горяинов А.А, Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш. и др., 2007. Климатические причины снижения запасов амурских лососей в 20-м столетии // Дальневосточный регион – рыбное хозяйство. № 1–2. С. 94–113.

Кагановский А.Г. 1949. Некоторые вопросы биологии и динамики численности горбуши // Изв. ТИНРО. Т. 31. С. 3–55.

Каев А.М. 1985. Температура воды в период нагула молоди как фактор для прогнозирования изменений численности кеты // Там же. Т. 110. С. 70–76.

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

Котенев 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., Кловач Н.В., Котенев Б.Н., Мурый Г.П. 2010. Связь уловов западно-камчатской горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и нерки *O. nerka* с температурой поверхности океана в северном полушарии и прогноз их вылова на 2010 г. // Рыб. хоз-во. № 3. С. 43–46.

Леванидов В.Я. 1969. Воспроизводство амурских лососей и кормовая база их молоди в притоках Амура // Изв. ТИНРО. Т. 67, 242 с.

Миловидова-Дубровская Н.В. 1937. Материалы к биологии и промыслу приморской горбуши // Там же. Т. 12. С. 102–114.

Назаров В.А., Лысенко А.В. 2018. Итоги лососевой путины 2018 г. в Приморском крае // Бюлл. № 13. Реализация "Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей". Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр. С. 240–254.

Пушкарева Н.Ф. 1975. Основные черты биологии приморской горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha* Walb.) // Изв. ТИНРО. Т. 96. С. 167–174.

Пушкарева Н.Ф. 1981. Воспроизводство и промысел приморской горбуши *Oncorhunchus gorbuscha* (Walbaum) // Там же. Т. 105. С. 66–78.

Семенченко А.Ю. 2006. Приморская горбуша (*Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum)) в прибрежный и речной периоды жизни. Ч. 1. Динамика численности. Ч. 2. Биология // Бюлл. № 1. Реализация "Концепции Дальневосточной бассейновой программы изучения тихоокеанских лососей". Владивосток: Изд-во ТИНРО-центр. С. 98–114.

Фельдман М.Г., Шевляков Е.А. 2015. Выживаемость камчатской горбуши как результат совокупного воздействия плотностной регуляции и внешних факторов среды // Изв. ТИНРО. Т. 182. С. 88–114.

Шатилина Т.А., Анжина Г.И. 2010. Режимные особенности дальневосточной депрессии во второй половине 20-го и начале 21 века // Матер. X науч. конф. "Современные геофизические и географические исследования на Дальнем Востоке". Владивосток: Изд-во ДВГУ. С. 51–57.

Шатилина Т.А., Анжина Г.И. 2011. Изменчивость интенсивности дальневосточного муссона в 1948–2010 гг. // Изв. ТИНРО. Т. 167. С. 146–159.

Шаталина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. 2018. Режим охотского антициклона и климатические экстремумы в Курило-Хоккайдском регионе в летний период 1950–2017 гг. // Тез. докл. II Всерос. конф. "Гидрометеорология и экология: научные и образовательные достижения и перспективы развития". Санкт-Петербург. С. 491–494.

Шатилина Т.А., Цициашвили Г.Ш., Радченкова Т.В. 2019. Особенности изменчивости летних центров действия атмосферы над Дальним Востоком и климатические экстремумы в период 1980–2017 гг. // Уч. зап. РГГМУ. № 56. С. 61–80.
https://doi.org/10.33933/2074-2762-2019-56-61-80

Шершнев А.П. 1974. Температурный режим прибрежной зоны моря и его влияние на биологию осенней кеты // Изв. ТИНРО. Т. 93. С. 19–24.

Шунтов В.П., Темных О.С., Найденко С.В. 2019. Еще раз о факторах, лимитирующих численность тихоокеанских лососей (*Oncorhynchus* spp., сем. Salmonidae) в океанический период их жизни // Там же. Т. 196. С. 3–22.
https://doi.org/10.26428/1606-9919-2019-196-3-22

NEAR-GOOS. 2019. Regional real time data base. (http://ds.data.jma.go.jp/gmd/goos/data/rrtdb/jma-pro/cobe_sst_glb_M.html. Version 12/2019)

NPAFC. 2000–2019. North Pacific Anadromous Fish Commission. (http://www.npafc.org/new/pub_documents.html)

Vernon E.H. 1958. An examination of factors affecting the abundance of pink salmon in the Fraser River // Int. Pac. Salmon Fish. Comm. Progr. Rept. № 5, 49 p.