

УДК 639.211 (265)

## Сравнительная оценка результатов промысла горбуши и температурных условий морской среды, определяемых по спутниковым данным в районе южных Курильских островов

Г.П. Ванюшин, В.А. Царева, Т.Ю. Углова, М.Ю. Кружалов

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО», г. Москва)  
e-mail: sst@vniro.ru

Показаны результаты сравнительного анализа динамики уловов горбуши Южных Курил и температурных условий в реперных зонах: в прибрежной акватории о. Итуруп после ската молоди горбуши в начальный период её морской жизни (май) и зимовки в северо-западной части Тихого океана (СЗТО) (март) в период 2001–2015 гг. Среднемесячные значения температуры и аномалий температуры поверхности океана (ТПО) получены на основании данных спутникового мониторинга. Показано, что крайне малочисленные подходы горбуши о. Итуруп в 2011, 2014 и 2015 гг. были обусловлены неблагоприятными температурными условиями, сложившимися в прибрежных водах южных Курильских островов в мае в период раннего морского нагула скатившейся из рек молоди горбуши в 2010, 2013 и 2014 гг. в залив Простор о. Итуруп. Температурные показатели были существенно ниже «порога» в 3,5 °С, который является минимальной границей температуры, обеспечивающей полноценный «старт» нагуливающейся молоди и её последующее выживание в зимний период. Запоздывание по сравнению со средними многолетними сроками прогрева акватории заливов о. Итуруп в последние годы обусловило слабое развитие кормовой базы молоди и, как следствие, низкий запас липидов в теле, обусловивший повышенную смертность горбуши зимой и малочисленные подходы на следующий год.

**Ключевые слова:** горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*, Южные Курилы, спутниковый мониторинг ТПО, аномалии ТПО, реперные зоны, сравнительный анализ.

### ВВЕДЕНИЕ

Южные Курильские острова являются районом интенсивного воспроизводства горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* и кеты *O. keta*. Для горбуши Южные Курилы — зона экологического оптимума [Gritsenko, Klovach, 1998]. Остров Итуруп — самый крупный южный остров архипелага Большой Курильской гряды, в реках и озёрах которого велико разнообразие условий для воспроизводства лососей,

а условия в его прибрежных водах благоприятны для нагула молоди и взрослых рыб [Иванков, 1967].

Хорошо известно, что горбуша представлена двумя генеративными линиями воспроизводства, репродуктивно изолированными друг от друга — чётной и нечётной линиями поколений, которые, как считают некоторые исследователи, представляют собой элементы временной структуры популяции [Иванков,

1967; Гриценко, 1981]. В большинстве районов Дальнего Востока динамика численности этих генеративных линий существенно различается. Одна из линий существенным образом количественно преобладает. Единственный район, где доминирование практически не выражено, — южные Курильские острова. Возможно, это связано с тем, что Южные Курилы являются, как уже упоминалось, зоной оптимума воспроизводства горбуши.

Промысел водных биологических ресурсов в водах Южных Курил начал развиваться после Второй Мировой войны, т.е. с тех пор, как острова стали принадлежать СССР. В первые послевоенные годы уловы были небольшими не только на Южных Курилах, но и на всём Дальнем Востоке (рис. 1).

В течение XX столетия в численности тихоокеанских лососей выделяются два периода подъёма. Первый пришёлся на 1930-е гг., когда наблюдалась высокая численность природных стад, обеспечивавших в конце 1930-х гг. уловы более 900 тыс. т (рис. 1).

Затем в 1960–1970-х гг. наступил период депрессии, во время которого численность

тихоокеанских лососей, в том числе горбуши, заметно снизилась, а уловы в Северной Пацифике в целом составляли около 400 тыс. т. Второй подъём численности пришёлся на середину 1970-х гг. Он совпал во времени с переходом к более «тёплому» термическому режиму вод Северной Пацифики, произошедшим в 1976–1977 гг. Однако заметным на столь значительном временном интервале (1920-е — 2010-е гг.) увеличение уловов было только в Северной Америке. В Азии повышение уловов лососей стало заметным только в середине 1980-х гг., оно продолжилось в 1990-е гг. и в течение первого десятилетия XXI в. [Beamish et al., 1997; Heard, 1998; Irvine et al., 2012]. Рассматривая динамику уловов лососей на Дальнем Востоке за период 1911–2014 гг., можно заметить, что смена тренда динамики запасов началась на северо-востоке Азии также в 1970-е гг. Тренд на увеличение уловов лососей был отмечен во всех районах Дальнего Востока, в том числе и на Южных Курилах. Максимальные уловы лососей (горбуши, кеты и нерки) были отмечены в период 2000–2010 гг. В целом по

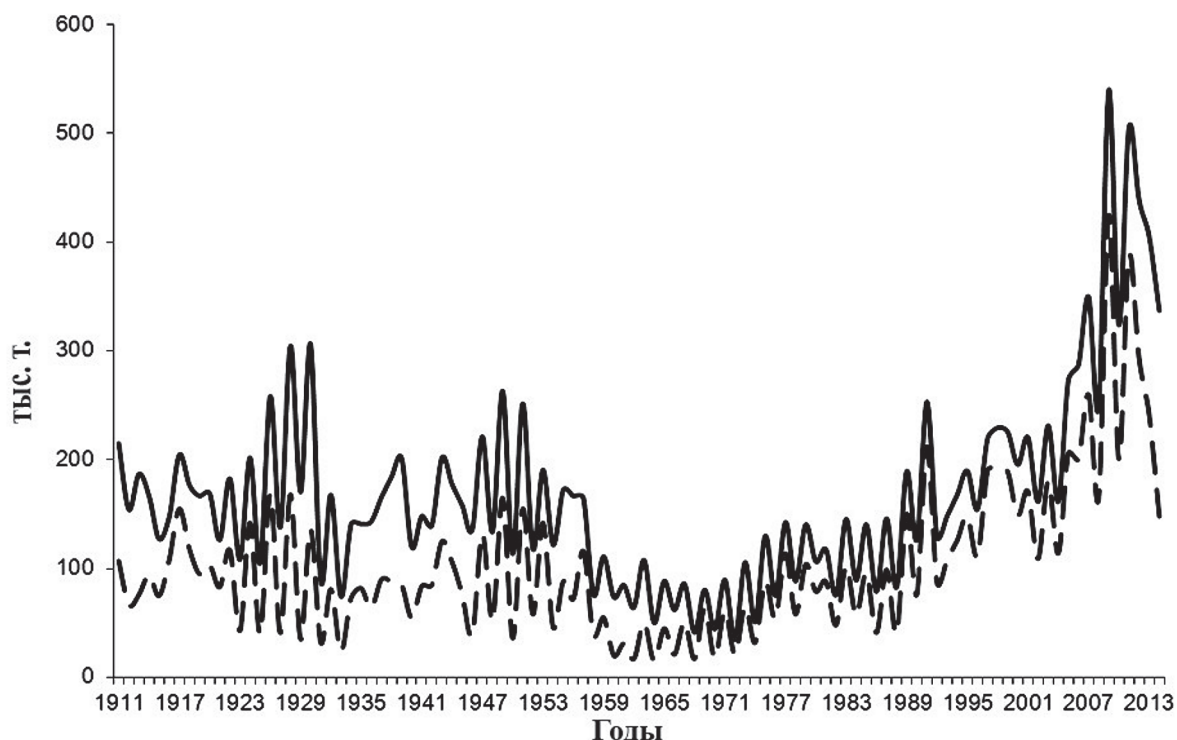


Рис. 1. Уловы тихоокеанских лососей (сплошная линия), в том числе горбуши (пунктирная линия) в 1911–2014 гг. на Дальнем Востоке России (СССР), тыс. т

Дальнему Востоку максимальные уловы были зафиксированы в 2009 г., на Южных Курилах — в 2006 и 2007 гг. [Шунтов, Темных, 2008]. В последующие годы общие уловы лососей стали снижаться, особенно это сказалось на уловах горбуши как самого короткоциклового вида, первым реагирующего на изменения климата.

Отчётливое снижение уловов горбуши стало заметно на Южных Курилах в 2011 и 2015 гг. в нечётной линии поколений и в 2014 г. — в чётной. В 2014 г. обвально упали уловы горбуши и на западном побережье Камчатки [Klovach et al., 2015], а в 2015 г. — на Восточном Сахалине.

Для большинства популяций кеты и горбуши, попадающих в море сеголетками, критическим является ранний морской период жизни и первая (а для горбуши единственная) зима в океане. Уровень выживания молоди кеты и горбуши в эти периоды, по-видимому, определяет конечную численность популяций этих видов.

Для оценки влияния температурных условий на развитие молоди горбуши Южных Курил в ранний морской период жизни после ската, определяемых по данным ежедневной спутниковой инфракрасной съёмки акватории у о. Итуруп, был выбран май. По материалам выполненных наблюдений [Иванков, 1984] температура воды в мае является наиболее критичной, определяющей численность подходов горбуши на следующий год. От температуры воды в морском прибрежье в мае зависит время начала вегетации и, соответственно, кормовые условия для скатившейся молоди.

Из-за короткого жизненного цикла горбуша является идеальным объектом для выявления связей между климатическими изменениями и численностью поколений.

В свете изложенного целью настоящей работы было выявление взаимосвязи конкретных температурных условий обитания горбуши Южных Курил в разные периоды её жизненного цикла с динамикой уловов в последние годы.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для проведения сравнительного анализа сезонных температурных условий и результатов

промысла горбуши в водах Южных Курильских островов использовались и сопоставлялись следующие данные за период с 2001 по 2015 гг.:

— данные об уловах горбуши в водах южных Курильских островов за период с 2001 по 2015 гг. (НРАФС);

— материалы анализа спутниковых данных в процессе мониторинга температуры поверхности океана (ТПО) акваторий СЗТО в виде аналоговых и цифровых карт ТПО с недельной дискретностью, необходимые для расчёта среднемесячных карт и карт аномалий ТПО (рис. 2, 3).

При создании недельных карт ТПО использовались материалы: ежесуточной инфракрасной съёмки акваторий СЗТО в цифровом виде с геостационарных ИСЗ серии MTSAT-R (Япония) и GOES-W (США); квазисинхронные судовые и буйковые измерения температуры воды *in situ*, получаемые из Центра мировых данных (Москва) в реальном времени [Ванюшин и др., 2005]. Накопленная многолетняя картографическая база данных ТПО стала основным информационным ресурсом для определения межгодовой изменчивости реальных температурных условий в периоды после ската в море и нагула молоди горбуши в прибрежных водах у о. Итуруп и последующей её зимовки в открытой части СЗТО. [Царева и др., 2014; Углова и др., 2014]. Расчёты температурных условий производились для выделенных нами контрольных реперных зон (рис. 2, 3).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Падение уловов горбуши в водах южных Курильских островов стало заметно после 2007 г. Объяснить причину начала падения уловов горбуши именно с этого года, возможно, поможет анализ температурных условий в реперной зоне её зимовки (рис. 2 в), которая может считаться общей как для горбуши Южных Курил, так и для горбуши Восточного Сахалина, в целях выявления общих особенностей влияния климатических факторов на её уловы в обоих регионах. Распределение вычисленных значений аномалий ТПО в марте за период 2001–2015 гг. в реперной зоне зимовки горбуши представлено на рисунке 4.

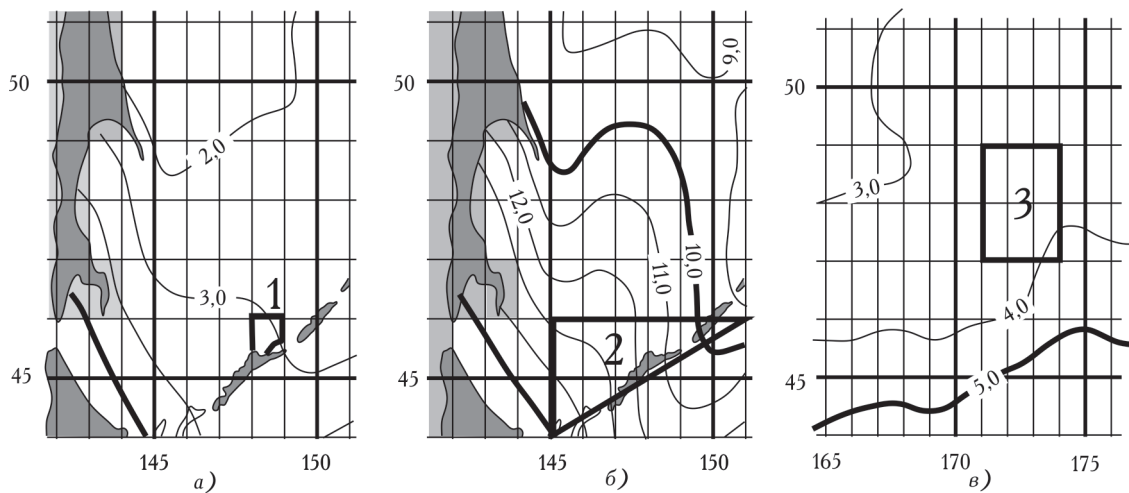


Рис. 2. Примеры фрагментов среднемесячных карт ТПО СЭТО и расположение реперных зон: а) май 2014 г. (1 — залив Простор); б) июль 2014 г. (2 — Южно-Курильская реперная зона); в) март 2015 г. (3 — реперная зона зимовки горбуши)

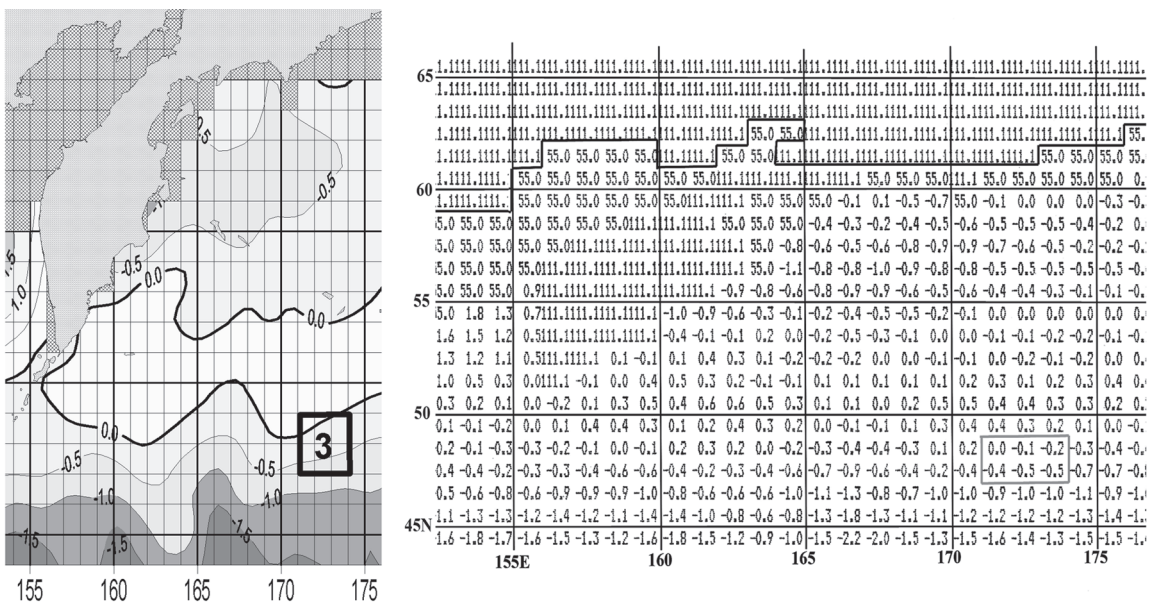


Рис. 3. Пример фрагмента карты аномалий ТПО СЭТО за март 2014 г. в аналоговом и цифровом видах

С 2001 до 2015 гг. в этой зоне наблюдалось заметное потепление, имевшее волнообразный характер. Более углублённый анализ влияния температурных условий в реперной зоне зимовки горбуши выявил произошедшую квазисинхронную изменчивость закономерностей в этот период времени между распределением среднемесячных значений ТПО в марте 2001—2015 гг. и её уловами в те же годы как у Южных Курил, так и у Восточного Сахалина (рис. 4, табл. 1).

Сравнительный анализ условий зимовки горбуши и её последующих выловов показывает следующее:

**Южные Курилы**

В период 2001—2008 гг. тренды хода среднемесячных температур в реперной зоне зимовки горбуши в марте и значений её последующих уловов имеют ярко выраженную прямую зависимость. В период 2009—2015 гг. эта зависимость становится обратной, т.е. меняет свой знак (рис. 5 а).

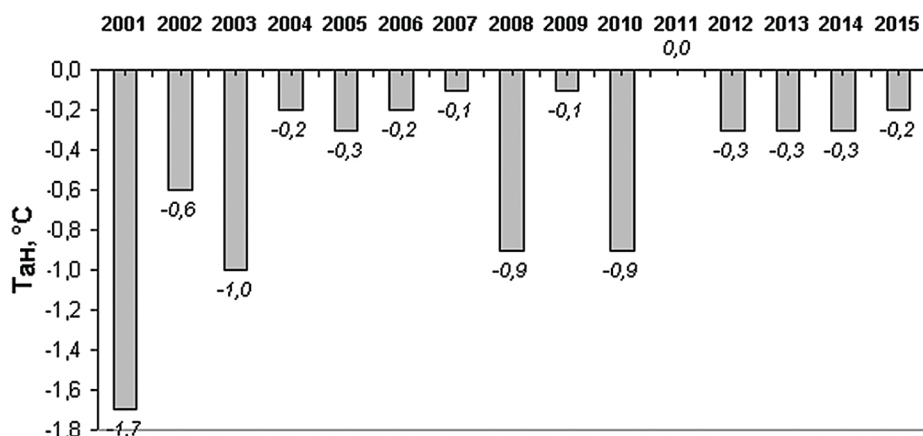


Рис. 4. Распределение значений аномалий ТПО в марте за период 2001–2015 гг. (относительно климата 1971–2000 гг.) в реперной зоне (3) зимовки горбуши

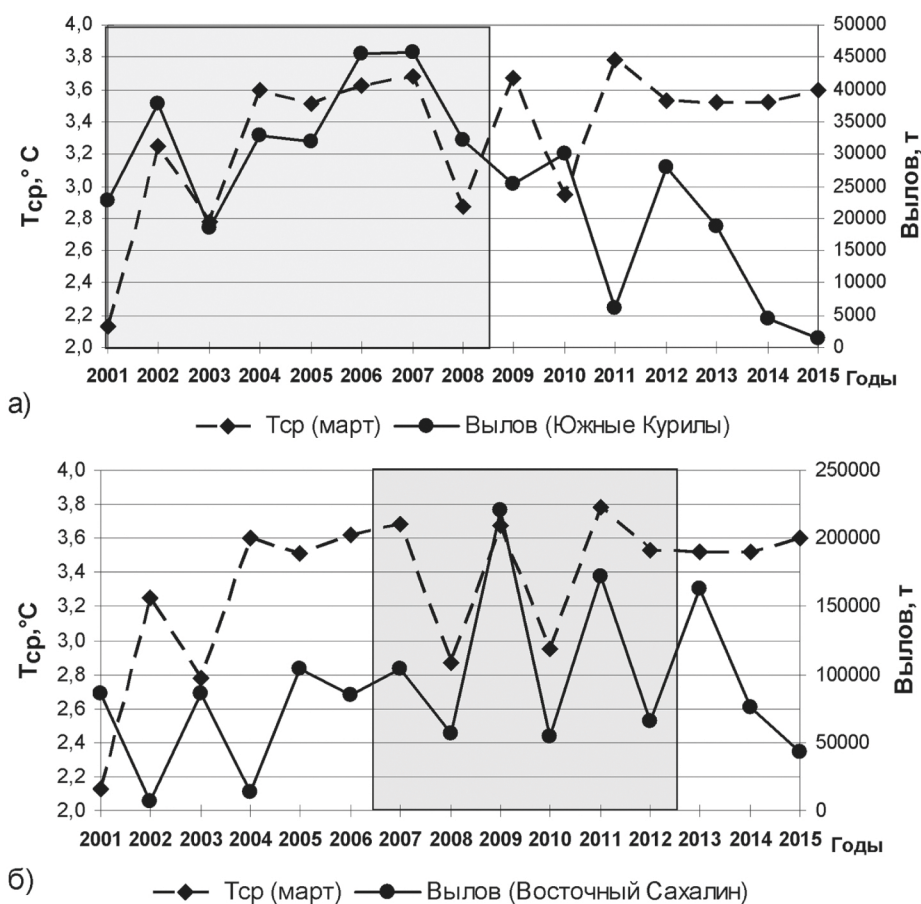


Рис. 5. Распределение среднемесячных значений ТПО ( $T_{cp}$ ) в реперной зоне (3) (район зимовки) в марте и соответствующие выловы горбуши:  
а — на Южных Курилах за период 2001–2015 гг.; б — на Восточном Сахалине за период 2001–2015 гг.

*Восточный Сахалин*  
В период 2001–2006 гг. тренды хода значений среднемесячных значений ТПО в марте

в реперной зоне зимовки горбуши и её последующих уловов имеют обратную зависимость. В период 2007–2012 гг. данная зависимость

**Таблица 1.** Значения среднемесячных ТПО ( $T_{cp}$ ) в реперной зоне (3) зимнего обитания горбуши в марте 2001–2015 гг. и выловы горбуши в водах Южных Курил и Восточного Сахалина

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
$T_{cp}$ , °С	2,1	3,3	2,8	3,6	3,5	3,6	3,7	2,9	3,7	3,0	3,8	3,5	3,5	3,5	3,6
$T_{ан}$ , °С	-1,7	-0,6	-1,0	-0,2	-0,3	-0,2	-0,1	-0,9	-0,1	-0,8	0	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2
Вылов, тыс. т															
Южные Курилы	22,7	37,8	18,5	32,8	31,9	45,6	45,9	32,3	25,4	30,0	6,2	27,9	18,7	4,5	1,5
Восточный Сахалин	86,5	6,4	86,1	14,1	103,9	84,9	104,1	56,7	220,2	54,6	171,9	65,4	162,8	76,2	43,0

становится прямой, т.е. в корне меняет свой знак, а в 2013–2015 гг. зависимость между этими характеристиками становится неопределённой (рис. 5 б).

Таким образом, данные сравнительного анализа температурных условий в реперной зоне зимовки горбуши в марте и её последующих уловов в прибрежных водах Южных Курил и Восточного Сахалина выявили следующее:

1. В период 2001–2015 гг. наблюдался положительный волнообразный тренд роста значений аномалий ТПО в марте (рис. 4).

Наблюдаются противоположные зависимости между уловами горбуши в 2001–2013 гг. у южных Курильских островов и Восточного Сахалина и ходом среднемесячных значений ТПО в реперной зоне зимовки горбуши в марте в эти годы (рис. 5 а, б).

Происходит синхронное падение уловов горбуши в 2014–2015 гг. в обоих регионах (рис. 5 а, б).

2. В период 2007–2008 гг. произошло инвертирование выявленных зависимостей между уловами горбуши и мартовскими значениями ТПО в обоих регионах, что, по-видимому, связано с реакцией горбуши на происходящие изменения климатических условий в рассматриваемый период времени (рис. 5 а, б).

Полученные данные дают основание выделить границы последнего временного цикла, когда влияние температурных условий на молодь горбуши южных Курильских островов в ранний период жизни после ската (май, реперная зона (1), залив Простор) и в ранний морской период нагула в прибрежных островных водах (июль, реперная зона (2)) находят-

ся в однородном климатическом тренде, т.е. начиная с 2008 г. (рис. 2, 5 а).

Результаты выполненного сравнительного анализа среднемесячных значений температуры в заливе Простор для мая 2008–2014 гг., характеризующих условия обитания молоди горбуши после ската в начальный период жизни в море, и её последующих уловов в 2009–2015 гг. представлены на рисунке 6 и в таблице 2.

**Таблица 2.** Значения среднемесячных ТПО в реперной зоне (1) (залив Простор, о. Итуруп) в мае за период 2008–2014 гг. и выловы горбуши на Южных Курилах (о. Итуруп) в 2009–2015 гг.

Год ската	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$T_{cp}$ , °С	3,7	3,7	3,1	3,6	3,4	2,1	3,3
Год вылова	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вылов, тыс. т	25,39	29,98	6,15	27,91	18,69	4,50	1,50

Материалы сравнительного анализа показывают, что температурные условия в заливе Простор в период 2008–2014 гг. в целом были неблагоприятны для развития молоди горбуши после ската в самый ранний период жизни в морском прибрежье. В 2010, 2013 и 2014 гг. средние майские температуры в заливе Простор были ниже температурного «порога» для нормального воспроизводства горбуши — 3,5 °С [Иванков, 1984]. Более низкие значения температуры в этот период жизненного цикла горбуши приводят к значительному снижению её численности [Иванков, 1984], что было, вероятно, одним из главных факторов, оказавших отрицательное воздействие на уловы горбуши в 2011, 2014 и 2015 гг. (табл. 2).

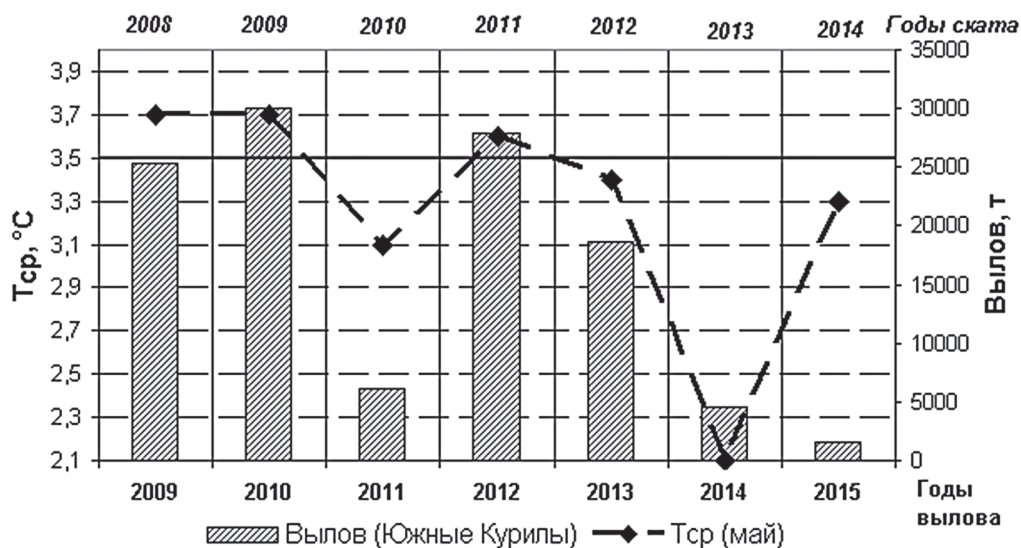


Рис. 6. Распределение среднемесячных значений ТПО в реперной зоне (1) (залив Простор, о. Итуруп) в мае за период 2007–2014 гг. и последующие выловы горбуши на Южных Курилах (о. Итуруп) в 2008–2015 гг.

В то же время материалы сравнительного анализа среднемесячных температур в прибрежных морских островных водах (июль) в период 2008–2014 гг. (начальный период морского нагула молоди горбуши) и её последующих уловов в 2009–2015 гг. не выявили какой-либо зависимости между данными параметрами (рис. 7, табл. 3).

Таблица 3. Значения среднемесячных ТПО в реперной зоне (2) (заливе Простор о-ва Итуруп) в июле за период 2008–2014 гг. и выловы горбуши на Южных Курилах в 2009–2015 гг.

Год ската	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Тср, °C	11,9	11,9	13,1	12,5	12,5	13,6	12,7
Год вылова	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Вылов, тыс. т	25,39	29,98	6,15	27,91	18,69	4,50	1,50

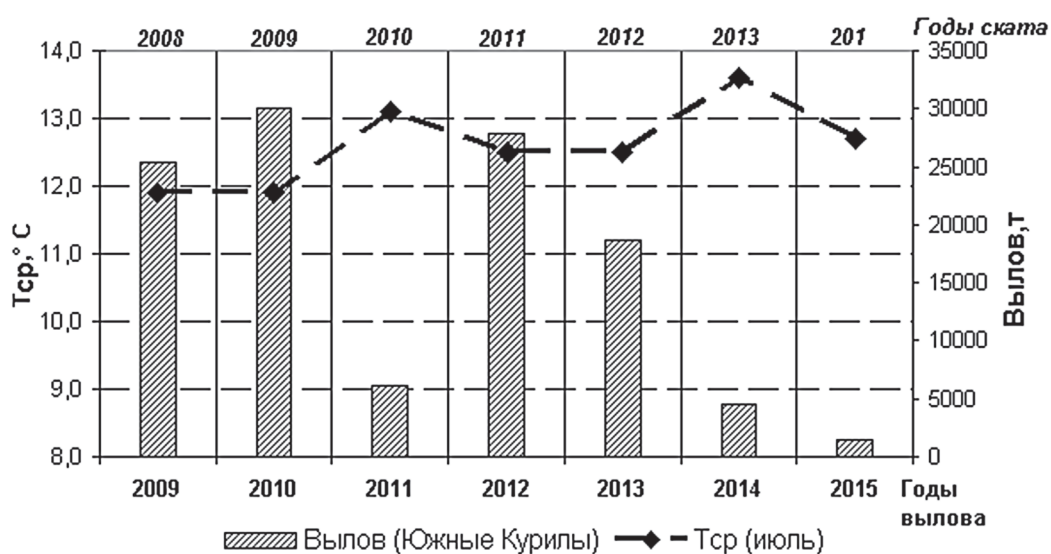


Рис. 7. Распределение среднемесячных значений ТПО в реперной зоне (2) в июле за период 2008–2014 гг. и последующие выловы горбуши на Южных Курилах в 2008–2015 гг.

### Выводы

1. Данные спутникового мониторинга ТПО акваторий СЗТО в 2001–2015 гг. показали ход температурных аномалий в реперной зоне зимнего обитания горбуши для марта, они помогли выявить одну из причин резкой смены трендов зависимости между значениями ТПО в период зимовки горбуши и её уловами, как в прибрежных водах Южных Курил, так и Восточного Сахалина, произошедшей в 2007–2008 гг.

2. Резкое падение уловов горбуши в прибрежных водах южных Курильских островов в 2011, 2014 и 2015 гг., вероятно, связано с неблагоприятными температурными условиями, которые наблюдались в мае 2010, 2013 и 2014 гг. в начальный период жизни молоди горбуши после её ската в прибрежные воды о. Итуруп. Так, в заливе Простор среднемесячные значения ТПО в мае 2010, 2013 и 2014 гг. были существенно ниже температурного «порога» 3,5 °С, который является минимальной температурной границей, обеспечивающей полноценное воспроизводство горбуши.

3. Температурные условия в прибрежных морских водах Южных Курил в июле, т.е. в начальный период морского нагула молоди горбуши, как показали результаты сравнительного анализа, не оказывают существенного влияния на её уловы в следующем году.

4. Есть основание полагать, что одним из решающих факторов, влияющих на будущие уловы южно-курильской горбуши в последние годы, являлся температурный режим в заливе Простор о. Итуруп в мае, который был неблагоприятным для самого раннего морского периода жизненного цикла молоди горбуши после её ската.

### ЛИТЕРАТУРА

- Ванюшин Г.П., Котенев Б.Н., Кружалов М.Ю., Трошков А.А., Барканова Т.Б., Булатова Т.В., Царева В.А., Коробочка А.А., Марков С.Н. 2005. Спутниковый мониторинг температурных условий промысловых районов Мирового океана. Программа ВНИРО. М.: Изд-во ВНИРО. 48 с.
- Гриценко О.Ф. 1981. О популяционной структуре горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* (Walbaum) // Вопросы ихтиологии. Т. 21. Вып. 5. С. 787–799.
- Иванков В.Н. 1967. О сезонных расах горбуши // Известия ТИНРО. Т. 61. С. 143–150.
- Иванков В.Н. 1984. Причины периодических и ежегодных флюктуаций численности и изменений биологических признаков горбуши *Oncorhynchus gorbuscha* южных Курильских островов // Вопросы ихтиологии. Т. 24. Вып. 6. С. 895–906.
- Углова Т.Ю., Царева В.А., Кружалов М.Ю. 2014. Взаимосвязь температурных условий в прибрежных водах острова Итуруп с биомассой уловов сезонных форм горбуши в 2009–2013 гг. // Международная научная конференция, посвящённая 100-летию ГосНИОРХ. Рыбохозяйственные водоёмы России. СПб. С. 1105–1114.
- Царева В.А., Ванюшин Г.П., Кружалов М.Ю., Глубоковский М.К. 2014. Мониторинг поверхностной температуры в реперных акваториях Охотского моря, связанных с промыслом горбуши (*Oncorhynchus gorbuscha*), по данным ИСЗ за период 2007–2013 гг. // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование» (25–27 марта 2014 г.). Ч.1. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ. С. 218–222.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Т. 1. Владивосток: ТИНРО-Центр. 481 с.
- Beamish R.J., Mahnken C., Neville C.M. 1997. Hatchery and wild production of Pacific salmon in relation to large scale natural shifts in productivity of marine environment // ICES Journ. Mar. Sci. V. 54. № 6. P. 1201–1215.
- Gritsenko O.F., Klovach N.V. 1998. Regions of optimal reproduction of pink salmon // NPAFC. Bull. № 1. P. 509.
- Heard W.R. 1998. Do hatchery salmon affect the North Pacific ecosystem? // NPAFC. Bull. № 1. P. 405–411.
- Irvine J., Tompkins A., Saito T., Seong K.B., Kim J.K., Klovach N., Bartlett H., Volk E. 2012. Pacific salmon status and abundance trends — 2012 update // NPAFC. Doc. 1422 (Rev. 2). P. 1–90.
- Klovach N., Temnykh O., Shevlyakov V., Golub E., Kanzerarova A., Shevlyakov E., Kaev A., Volobuev V. 2015. Biostatistical information on salmon catches, escapement and enhancement production in Russia in 2014 // NPAFC. Doc. 1565 (Rev. 2). P. 1–5.

Поступила в редакцию 05.10.15 г.  
Принята после рецензии 09.11.15 г.



## **Comparative evaluation of the results of the pink salmon fishery and temperature conditions of the marine environment determined by the satellite data in the South Kuril area**

*G.P. Vanyushin, V.A. Tsareva, T.Y. Uglova, M.Y. Kruzhalov*

The results of the comparative analysis of the dynamics of pink salmon catches in Southern Kuriles and temperature conditions in 2001–2015 in reference zones: in the coastal waters of the Iturup Island after seaward migration of young pink salmon in the initial period of marine life (May) and its wintering in the open North West part of the Pacific Ocean (March) are given. Average monthly temperature and anomalies of the sea surface temperature were obtained from the data of the satellite monitoring. The drop in catches of pink salmon in the coastal waters of the Southern Kuril Islands in 2011, 2014 and 2015 was, probably, connected with the unfavorable temperature conditions which were observed in May 2010, 2013 and 2014 in the Prostor Bay of the Iturup Island. Temperature was significantly lower than 3,5 °C, which is the minimum limit of the optimum temperature for providing a complete reproduction of pink salmon. There is a reason to believe that one of the decisive factors affecting the future catches of pink salmon in the South Kuriles area, as it was found in recent years, is the temperature in the Prostor Bay of the Iturup Island in May which was favorable to the earliest period of life cycle of the marine juvenile pink salmon after its seaward migration.

**Key words:** pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha*, Southern Kuriles, satellite monitoring of ocean surface temperature, ocean surface temperature anomalies, reference zones, comparative analysis.