

УДК 551.46.062.5

ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ В ЯПОНСКОМ МОРЕ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ТИХОГО ОКЕАНА В 1982–2007 гг.

Т. А. Шатилина (shatilina@tinro.ru)¹, Г. Ш. Цициашвили²,
Т. В. Радченкова²

¹ Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (Владивосток);

² Институт прикладной математики ДВО РАН (Владивосток)

Шатилина, Т. А. Оценка статистической значимости изменчивости температуры воды в Японском море и северо-западной части Тихого океана в 1982–2007 гг. [Текст] / Т. А. Шатилина, Г. Ш. Цициашвили, Т. В. Радченкова // Ресурсы колючего краба, перспективы использования и условия обитания в Охотском море : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2011. – Т. 12. – С. 180–190.

В работе рассчитана оценка значимости тренда для всех месяцев года отдельно для временного ряда температуры поверхности моря в период 1982–2007 гг. в пяти районах Японского моря и таком же числе районов СЗТО. Показано, что флуктуации температуры воды в локальных районах Японского моря и северо-западной части Тихого океана влияют на обеспеченность тренда в этих районах. В зимний сезон флуктуации в океане значительно ниже, чем для температуры воздуха. Наибольшая значимость тренда в исследуемый период наблюдается в Японском море в июне, октябре и ноябре, а в Тихом океане – в октябре и ноябре. Наибольшие флуктуации для температуры воды приходятся на июль и август, в эти месяцы значимость тренда снижается.

Табл. – 3, ил. – 5, библиогр. – 5.

Shatilina, T. A. Estimation of statistical significance of water temperature variability in the Sea of Japan and northwestern Pacific Ocean in 1982–2007 [Text] / T. A. Shatilina, G. Sh. Tsitsiashvili, T. V. Radchenkova // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of Sakhalin Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography. – Yuzhno-Sakhalinsk : SakhNIRO, 2011. – Vol. 12. – P. 180–190.

Trend significance is calculated for all months of a year separately for the 1982–2007 time series of sea surface temperature in five areas of the Sea of Japan and five areas of northwestern Pacific Ocean (NWPO). It is shown that water temperature fluctuations in the local areas of the Sea of Japan and NWPO affect the trend provision in these areas. In the winter season, ocean fluctuations are significantly lower than those of the air temperature. The maximum significance of the trend in the study period was observed in June, October, and November in the Sea of Japan and in October and November in the Pacific Ocean. The maximal fluctuations in water temperature occurred in July and August; trend significance was lowered in these months.

Tabl. – 3, fig. – 5, ref. – 5.

ВВЕДЕНИЕ

При оценке статистической значимости глобальных трендов применяются стандартные методы, которые не учитывают флуктуации климатических параметров, и это оправданно, так как при глобальных осреднениях флуктуации подавляются. Когда же мы переходим к оценке значимости тренда для локальных районов, то роль флуктуаций климатических параметров значительно возрастает. По нашему мнению, для правильной оценки значимости тренда для локальных районов необходимо учитывать величину флуктуации. Оценка значимости тренда для временного ряда температуры воздуха с учетом межгодовых флуктуаций была рассчитана для метеорологических станций Дальнего Востока (Цициашвили и др., 2007; Шатилина и др., 2008), в этой работе также дан обзор результатов, полученных общепринятыми статистическими методами.

Сравнительный анализ изменений температуры воздуха на отдельных станциях Дальнего Востока показал различие тенденций и вариаций температуры воздуха для каждого периода, сезона и станции. В вышеприведенных работах была показана значительная роль остаточной изменчивости для временного ряда температуры воздуха.

Коэффициент, характеризующий значимость тренда для отдельных локальных районов, может применяться и для других климатических параметров. Например, для оценок изменчивости температуры воды в акваториях, отличающихся значительными межгодовыми флуктуациями температуры воды. Также необходимо отметить, что эти задачи возникли в связи с необходимостью добиться понимания условий миграций пелагических рыб в районы нагула и нереста, которые обуславливаются развитием основных течений в Японском море и СЗТО.

Основная цель работы – исследовать значимость тренда в отдельных локальных районах Японского моря и северо-западной части Тихого океана для температуры воды с учетом межгодовых флуктуаций, выявить внутригодовые различия в тенденциях изменения температуры воды, провести сравнительный анализ между этими районами с помощью оценок значимости тренда.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Источником информации о ТПО послужил архив Рейнольдса-Смита, содержащий среднемесячные данные по ТПО в одноградусной сетке с 1982 г. и оперативно пополняемый в реальном режиме времени (Reynolds et al., 2002).

Исследование изменчивости температуры воды осуществлялось по 11 квадратам, расположенным в области основных течений Японского моря и СЗТО (рис. 1).

Величина a/s (здесь a – коэффициент линейного тренда временного ряда, s – среднеквадратическая амплитуда остаточных вариаций температуры воды относительно ее трендового изменения) характеризует статистическую значимость результатов при фиксированной длине рядов и при указании критического значения, соответствующего принятому уровню значимости. В случае рядов длительностью 30 лет для 95%-ного уровня значимости критическое значение составляет 0,04 (Цициашвили и др., 2007).

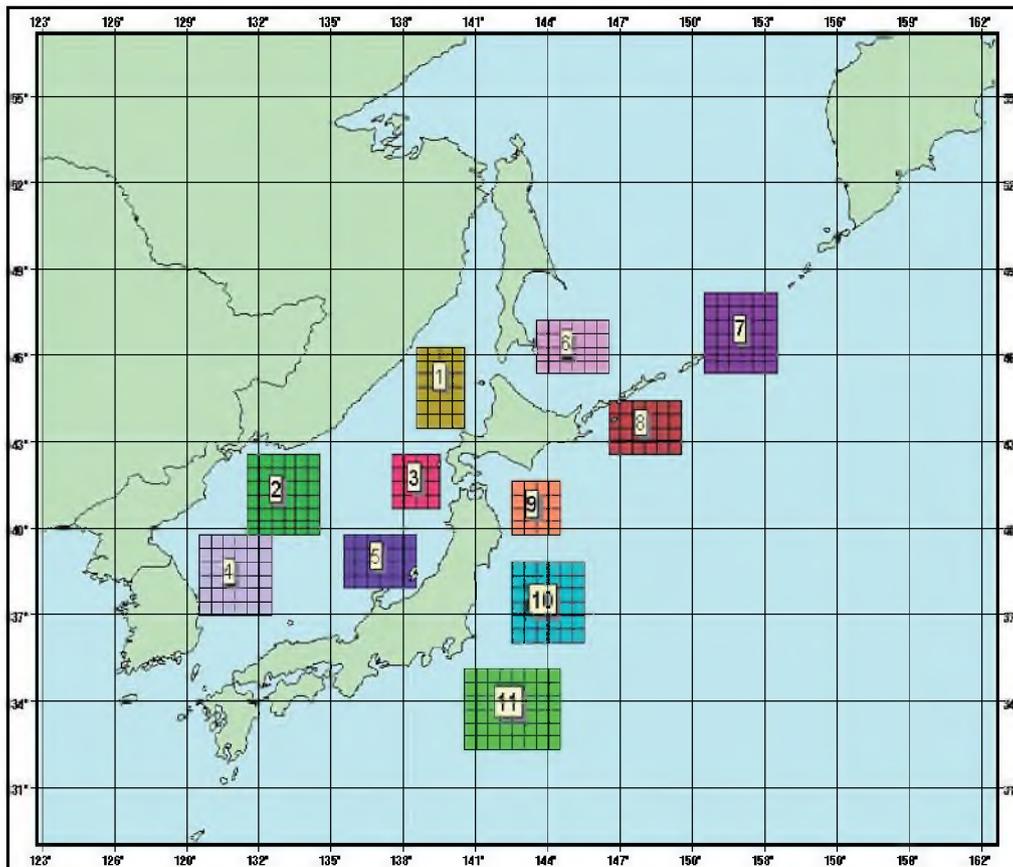


Рис. 1. Расположение выделенных районов: 1-й район расположен в северной части Японского моря близ прол. Лаперуза, 2-й – на траверзе залива Петра Великого, 3-й – вблизи прол. Сангарского, 4-й – в западной части Японского моря в области Восточно-Корейского течения, 5-й – в юго-восточной части Японского моря в области Цусимского течения, 6-й – в юго-западной части Охотского моря в области течения Соя, 7-й – в центральной части Курильской гряды, 8-й – в Южно-Курильском промысловом районе, 9-й – к востоку от м. Эримо, 10-й – к востоку от о. Хонсю в области северо-восточной ветви Кюросио и 11-й район – в области южного меандра Кюросио

Fig. 1. Location of indicated areas: 1 – in northern Japan Sea close to the La Perouse Strait, 2 – on the line of Peter the Great Bay, 3 – close to Sangarsky Strait, 4 – in western Japan Sea within the East-Korean Current, 5 – in southeastern Japan Sea within the Tsushima Current, 6 – in southwestern Okhotsk Sea within the Soya Current, 7 – in central part of the Kuril Ridge, 8 – in South-Kuril fishery area, 9 – eastward of Cape Erimo, 10 – eastward of Honshu Island within the northeastern branch of Kuroshio Current, and 11 – within the southern meander of Kuroshio Current

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В **таблицах 1–3** представлены статистические характеристики временного ряда для температуры воды в период 1982–2007 гг. В таблице 1 представлены значения коэффициента линейного тренда a , в таблице 2 – значения характеристики остаточной изменчивости температуры воды s , в таблице 3 – значения статистической значимости тренда анализируемого временного ряда.

Таблица 1

Значения коэффициента линейного тренда (a) для временного ряда

Table 1

Values of linear trend coefficient (a) for a time series

Район	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1Яп	0,004	0,017	0,008	0,009	0,034	0,056	0,040	0,037	0,046	0,073	0,072	0,024
2Яп	0,036	0,030	0,007	0,003	0,014	0,058	0,030	0,037	0,036	0,078	0,078	0,048
3Яп	0,066	0,077	0,075	0,055	0,049	0,072	0,037	0,046	0,046	0,077	0,100	0,080
4Яп	0,044	0,046	0,028	0,036	0,038	0,047	0,018	0,029	0,017	0,044	0,052	0,061
5Яп	0,053	0,068	0,060	0,042	0,050	0,075	0,048	0,056	0,036	0,056	0,077	0,063
6Соя	0,001	0,005	0,003	-0,013	-0,006	0,045	0,062	0,068	0,061	0,049	0,063	0,016
7СЗТО	-0,002	-0,004	-0,006	-0,023	-0,012	0,007	0,018	0,055	0,047	0,026	0,036	0,007
8СЗТО	0,011	-0,003	-0,009	-0,013	-0,011	0,031	0,055	0,047	0,051	0,040	0,063	0,032
9СЗТО	0,035	0,029	0,054	0,055	0,028	0,026	0,043	0,016	0,025	0,028	0,039	0,034
10СЗТО	0,048	0,047	0,054	0,028	0,008	0,023	0,045	0,024	0,030	0,039	0,062	0,066
11СЗТО	0,034	0,033	0,027	0,037	0,029	0,035	0,046	0,039	0,038	0,041	0,047	0,036

Таблица 2

Значения характеристики остаточной изменчивости (s)
временного ряда

Table 2

Values of residual variability characteristic (s) of a time series

Район	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1Яп	0,701	0,689	0,699	0,565	0,677	0,642	0,757	0,934	0,782	0,622	0,78	0,832
2Яп	0,65	0,478	0,547	0,775	0,845	0,933	1,157	1,29	0,782	0,523	0,768	0,74
3Яп	0,773	0,795	0,845	0,802	0,759	0,554	0,817	1,213	2,897	0,616	0,822	0,861
4Яп	0,751	0,712	0,805	0,983	0,918	0,705	1,055	1,296	0,896	0,572	0,66	0,83
5Яп	0,809	0,833	0,809	0,761	0,697	0,561	0,909	1,25	0,979	0,638	0,741	0,864
6Соя	0,27	0,357	0,392	0,257	1,008	0,776	0,98	1,245	0,97	0,64	0,667	0,507
7СЗТО	0,317	0,3	0,299	0,268	0,328	0,465	0,77	1,048	0,892	0,455	0,582	1,015
8СЗТО	0,618	0,498	0,435	0,4	0,474	0,826	1,166	1,164	1,026	0,742	0,826	0,838
9СЗТО	1,216	1,043	0,84	1,046	1,237	1,045	1,054	1,301	0,963	0,715	0,824	0,828
10СЗТО	1,205	1,1	1,068	0,953	1,067	0,88	1,077	1,025	0,841	0,795	0,914	1,079
11СЗТО	0,457	0,438	0,378	0,423	0,661	0,571	0,797	0,477	0,462	0,578	0,425	0,43

*Жирным шрифтом выделены значения s более 1.
Bold are values $s > 1$.*

Таблица 3

**Значения коэффициента (a/s) по локальным районам
Японского моря и СЗТО**

Table 3

Coefficient values (a/s) in the local areas of Japan Sea and NWPO

Район	Янв.	Фев.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
1Яп	0,006	0,024	0,012	0,017	0,049	0,087	0,053	0,040	0,058	0,118	0,092	0,029
2Яп	0,055	0,062	0,012	0,004	0,016	0,062	0,026	0,029	0,047	0,150	0,102	0,065
3Яп	0,086	0,097	0,088	0,068	0,065	0,129	0,045	0,038	0,016	0,125	0,121	0,093
4Яп	0,059	0,065	0,034	0,036	0,041	0,066	0,017	0,023	0,019	0,078	0,079	0,074
5Яп	0,066	0,082	0,074	0,055	0,071	0,133	0,053	0,045	0,037	0,088	0,104	0,072
6Соя	0,004	0,015	0,007	-0,049	-0,006	0,059	0,063	0,054	0,063	0,077	0,095	0,032
7СЗТО	-0,005	-0,012	-0,020	-0,085	-0,035	0,015	0,024	0,052	0,053	0,057	0,062	0,007
8СЗТО	0,018	-0,007	-0,021	-0,033	-0,023	0,038	0,047	0,040	0,050	0,054	0,077	0,038
9СЗТО	0,029	0,027	0,065	0,053	0,022	0,025	0,040	0,012	0,026	0,039	0,047	0,041
10СЗТО	0,039	0,043	0,051	0,029	0,007	0,026	0,042	0,023	0,036	0,049	0,068	0,061
11СЗТО	0,074	0,076	0,070	0,088	0,043	0,060	0,058	0,081	0,082	0,071	0,110	0,083

Жирным шрифтом выделены коэффициенты a/s, превышающие критическое значение для временного ряда (более 0,04).

Bold are coefficients a/s, exceeding a critical value for a time series (>0.04).

Из данных расчетов видно, что значимость трендового изменения температуры воды в Японском море и СЗТО существенно различается.

На **рисунке 2** представлен внутригодовой ход количества значимых трендов по квадратам Японского моря и СЗТО.

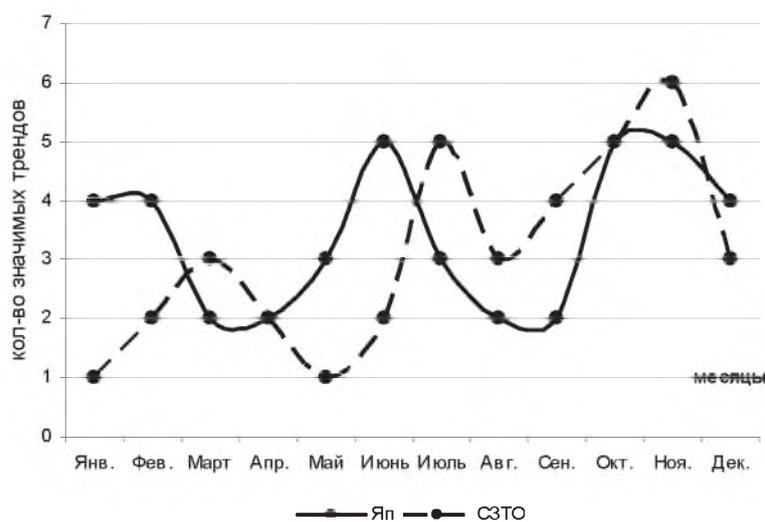


Рис. 2. Внутригодовой ход количества значимых трендов по выделенным районам Японского моря и СЗТО в период 1982–2007 гг.

Fig. 2. Intra-year course of significant trends numbers by indicated areas of Japan Sea and NWPO during 1982–2007

Из рисунка 2 следует, что больше всего значимых трендов в Японском море наблюдается в июне, октябре и ноябре, а в СЗТО – в июле, октябре и ноябре, а минимальное количество значимых трендов в Японском море отмечается в марте, апреле, августе и сентябре, а в СЗТО – в январе, феврале и мае.

Наиболее интенсивное потепление ($a/s > 0,04$) отмечается в 3-м и 5-м районах Японского моря (Цусимское течение) и в 11-м районе СЗТО (южный мексиканский). В этих районах значимость тренда $> 0,04$ наблюдается практически для всех месяцев. В зимний период высокая значимость трендового изменения температуры воды отмечается во 2-м (залив Петра Великого) и 4-м (Восточно-Корейское течение) районах. Весной и летом значительно возрастает значимость тренда в 1-м районе Японского моря (северная часть моря) и в 6-м районе (область течения Соя). Резко возрастает значимость трендового изменения температуры воды практически во всех районах осенью и в предзимье.

Из данных таблицы 2 видно, что различие в значимости тренда для отдельных районов Японского моря и СЗТО во многом определяется различными значениями остаточной изменчивости временного ряда, т. е. межгодовыми флуктуациями. Так, в Японском море остаточная изменчивость зимой не превышает 1, между тем в районах СЗТО остаточная изменчивость превышает 1,2 и значимость тренда снижается. Осенью остаточная изменчивость в Японском море и СЗТО не превышает 1, за счет чего увеличивается значимость трендов в обоих районах. Резкое увеличение значимости тренда в октябре и ноябре (интенсивное потепление) происходит как за счет увеличения коэффициента линейного тренда, так и за счет уменьшения величины остаточной изменчивости временного ряда. Наибольший тренд (более 0,1, то есть более 1°C за 10 лет) наблюдается в октябре в районах 1, 2 и 3 (Японское море) и в ноябре в районах 2, 3, 5 и 11 (СЗТО). Большая значимость тренда отмечается в предзимье также в 6-м районе (область течения Соя). В зимний период в Японском море низкая ($< 0,04$) значимость тренда наблюдается в 1-м районе (северная часть Татарского пролива), это связано с низкими значениями коэффициента линейного тренда, причем остаточная изменчивость здесь также невелика.

По сравнению с зимой, остаточная изменчивость возрастает в июле и августе, в эти месяцы ее значение превышает 1,2, в результате чего уменьшается значимость тренда. Это свидетельствует о том, что наличие флуктуаций во временном ряде температуры воды в летний сезон снижает значимость тренда. Наибольшее значение параметра остаточной изменчивости (s) летом отмечается для 2-го (зал. Петра Великого), 4-го (Восточно-Корейского течение) и 9-го (к югу от м. Эримо) районов. На **рисунке 3А, Б, В, Г** в качестве примера представлены графики внутригодового хода значимости тренда временного ряда для выделенных районов Японского моря и СЗТО и межгодовые аномалии температуры воды в месяцы наибольшей и наименьшей значимости тренда.

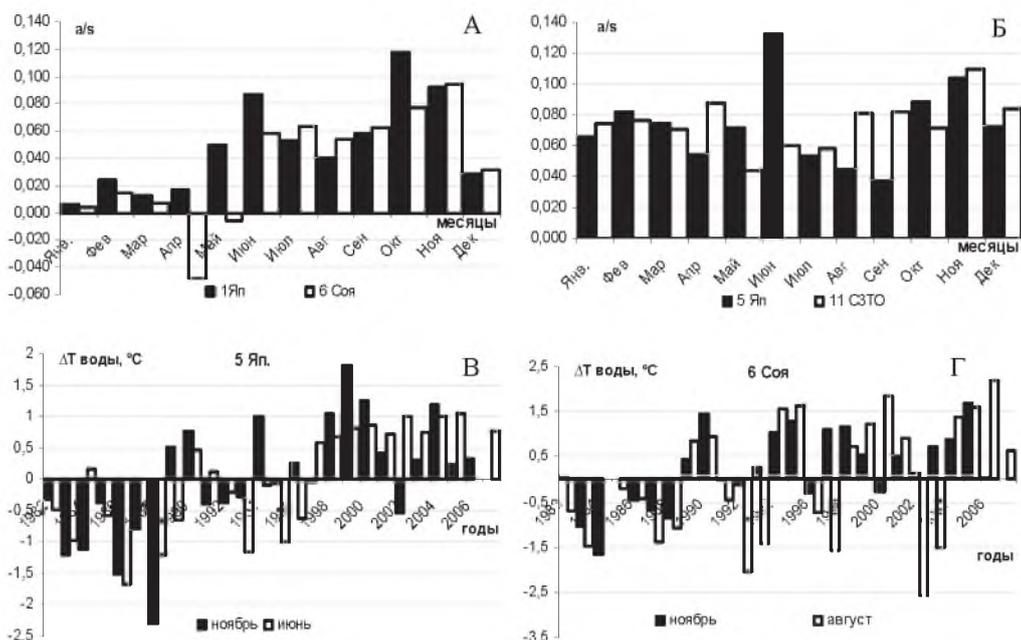


Рис. 3. Внутригодовой ход значимости тренда в 1-м и 6-м районах (А), в 5-м и 11-м (Б) и межгодовой ход аномалий температуры воды в 5-м районе Японского моря в июне и ноябре (В) и 6-м (в области течения Соя) в августе и ноябре в период 1982–2007 гг.

Fig. 3. Intra-year course of trend significance in the 1st and 6th (A) and 5th and 11th (B) areas, and inter-year course of water temperature anomalies in the 5th area of Japan Sea in June and November (B) and in the 6th (within Soya Current) area in August and November during 1982–2007

Из рисунка 3 видно, что высокая значимость тренда в июне и в осенний период определяется уменьшением межгодовых флуктуаций температуры воды, наблюдается постоянная тенденция к ее росту. Кроме того, представляет интерес различие в начале устойчивого потепления для осеннего и летнего периода. В осенний период устойчивый процесс потепления наблюдался с 1989 г., а в июне – с 1997 г. Максимальные значения температуры воды в ноябре в области течения Соя наблюдались в 1990, 1995 и 2005 гг., что вызывает интерес, так как эти годы предшествуют экстремально низкой ледовитости в Охотском море. Заметим также, что росту температуры воды в Цусимском течении в июне соответствует ослабление холодной стадии летнего муссона, установленного в работе **Т. А. Шатилиной** и **Г. И. Анжиной (2008)**. Этими авторами были обнаружены изменения циркуляционного режима в региональных центрах действия атмосферы: летней дальневосточной депрессии и охотского антициклона. Установлено, что в описываемый период охотский антициклон был ослаблен.

Для понимания физических механизмов, обуславливающих изменчивость температуры воды на поверхности Японского моря и СЗТО, представляется важным сравнение значимости тренда для временного ряда температуры воздуха и температуры воды. Расположение метеорологических станций показано на **рисунке 4**. Из этого рисунка видно, что расположение метеостанций позволяет использовать данные по температуре воздуха для сравнительной

оценки с температурой воды, поскольку они находятся вблизи выбранных квадратов. Заметим также, что длина ряда по температуре воздуха (1976–2005 гг.) и температуре воды несколько различна. Возможно, это может внести некоторые неточности в оценки трендов, но у нас не было соответствующих данных для температуры воды. В дальнейшем мы попытаемся использовать данные по температуре воздуха из архивов реанализа для полного совпадения выбранных квадратов по температуре воды и воздуха.

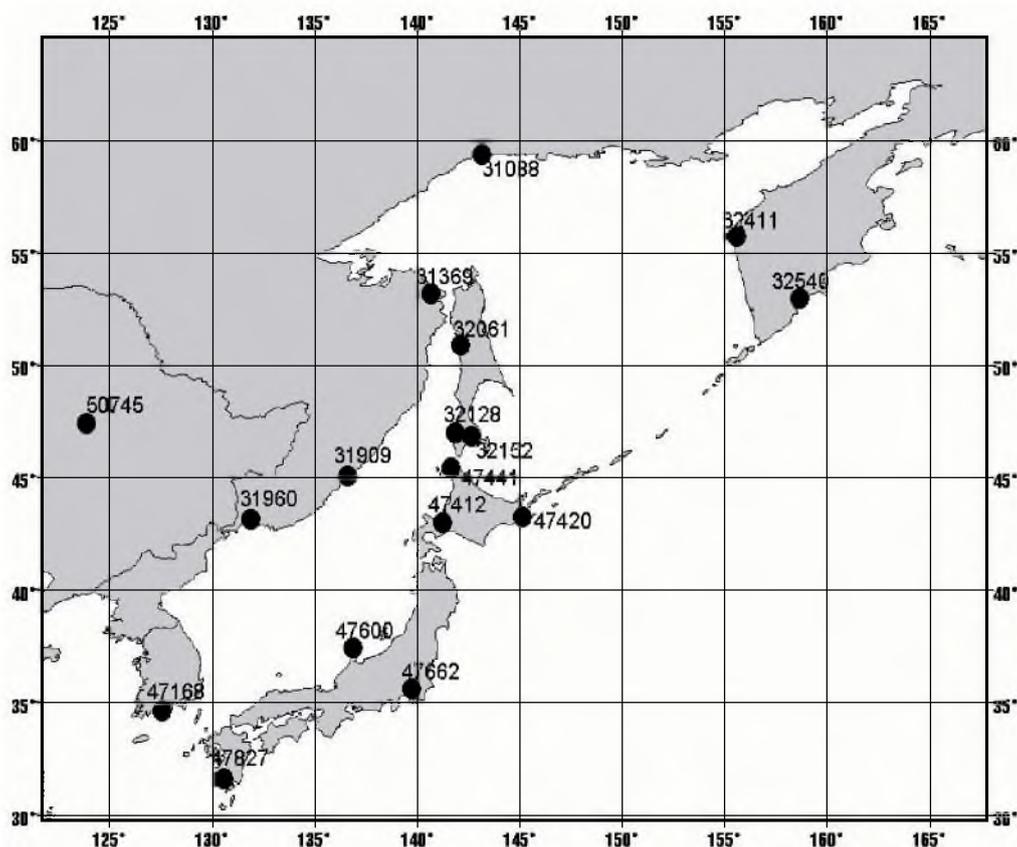


Рис. 4. Расположение гидрометеорологических станций: 31088 – Охотск, 32411 – Ича, 32540 – Петропавлоск-Камчатский, 31369 – Николаевск-на-Амуре, 32061 – Александровск-Сахалинский, 50745 – Цицихар, 31909 – Терней, 31128 – Холмск, 32152 – Южно-Сахалинск, 47441 – Вакканай, 31960 – Владивосток, 47412 – Саппоро, 47420 – Немуро, 47168 – Есу, 47600 – Вадзима, 47662 – Токио, 47827 – Кагосима

Fig. 4. Location of hydrometeorological stations: 31088 – Okhotsk, 32411 – Icha, 32540 – Petropavlovsk-Kamchatsky, 31369 – Nikolayevsk-on-Amur, 32061 – Alexandrovsk-Sakhalinsky, 50745 – Tsitsikhar, 31909 – Ternei, 31128 – Kholmsk, 32152 – Yuzhno-Sakhalinsk, 47441 – Wakkanai, 31960 – Vladivostok, 47412 – Sapporo, 47420 – Nemuro, 47168 – Yesu, 47600 – Wadjima, 47662 – Tokyo, 47827 – Kagoshima

На рисунке 5 представлены графики сравнения значимости тренда для временных рядов температуры воздуха и температуры воды.

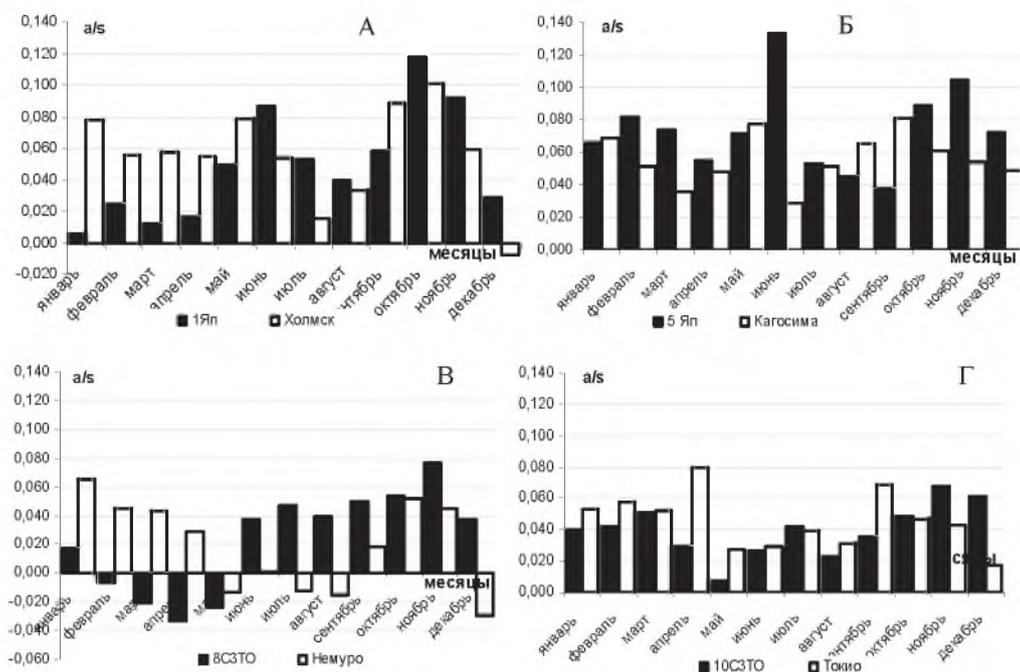


Рис. 5. Внутригодовой ход значимости тренда (a/s) температуры воды и воздуха: А – для температуры воды в 1-м районе Японского моря и ГМС Холмск, Б – для температуры воды в 5-м районе Японского моря и станции Кагосима, В – для температуры воды в 8-м районе ЦТО и станции Немуро, Г – для температуры воды в 10-м районе ЦТО и станции Токио

Fig. 5. Intra-year course of trend significance (a/s) of water and air temperatures: А – for water temperature in the 1st area of Japan Sea and HMS Kholmisk, Б – for water temperature in the 5th area of Japan Sea and HMS Kagoshima, В – for water temperature in the 8th area of NWPO and HMS Nemuro, Г – for water temperature in the 10th area of NWPO and HMS Tokyo

Наибольшее различие в величинах остаточной изменчивости для температуры воды и воздуха наблюдается в холодный период года, в теплый период они наиболее близки. В заливе Петра Великого значимость тренда в феврале совпадает со значимостью тренда для температуры воздуха, что объясняется низкими значениями остаточной изменчивости для температуры воды. В этом случае при высоких темпах прогрева воздуха прогревается и вода. В районе Татарского пролива максимальная значимость тренда температуры воды и воздуха не совпадает. Между этими значениями наблюдается месячный сдвиг, что имеет прогностический характер.

Видно, что значимость тренда для обоих климатических параметров велика почти во все месяцы в южных районах, где преобладает теплая воздушная масса. В умеренных районах Дальнего Востока значимость увеличивается в основном в осенний период, так как в этот сезон над умеренными районами происходит вторжение теплых воздушных масс с юга.

В зимний сезон над дальневосточными морями усиливается циклоническая деятельность, которая приводит к усилению нестабильности воздушных

масс и увеличению флуктуаций температуры воздуха, тогда как температура воды имеет низкие значения остаточной изменчивости. В барических ложбинах, где происходит адвекция холодного воздуха, наблюдается рост остаточной изменчивости временного ряда температуры воды и значимость тренда снижается, на первое место выходят межгодовые флуктуации.

В теплое время года над Японским морем и северо-западной частью Тихого океана усиливается влияние субтропических антициклонов, которые способствуют увеличению значимости тренда. Так, интенсивное потепление в Японском море в июне 1997–2007 гг. наблюдалось при частом вторжении субтропического гребня в пределы Японского моря и ослаблении выносов холодных воздушных масс из Охотского моря (снижение интенсивности первой стадии летнего муссона). Анализ барических ситуаций показал, что в июне уменьшение флуктуаций температуры воды и воздуха наблюдается в теплых барических гребнях.

Осенью районы Японского моря и СЗТО находятся под воздействием западного переноса воздушных масс, циклоны еще не так активны, как в зимний период. Анализ особенностей атмосферной циркуляции, формирующих экстремально значимые тренды, в осенний период показал, что они наблюдаются при усилении западного переноса воздушных масс и при северном положении высотной фронтальной зоны над Японским морем и СЗТО. В последние годы усиление восточно-западного переноса в тропосфере способствовало уменьшению флуктуаций температуры воды и воздуха и росту значимости тренда в этих районах. В последующих работах мы более конкретно коснемся вопросов физической интерпретации полученных расчетов. Это может помочь в прогнозировании нагульных миграций пелагических рыб системы Куроисио.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, флуктуации температуры воды в локальных районах Японского моря и северо-западной части Тихого океана влияют на обеспеченность тренда в этих районах. В зимний сезон флуктуации в океане значительно ниже, чем для температуры воздуха. Наибольшая значимость тренда в исследуемый период наблюдается в Японском море в июне, октябре и ноябре, а в Тихом океане – в октябре и ноябре.

Наибольшие флуктуации для температуры воды приходятся на июль и август, соответственно, значимость тренда снижается. С помощью метода оценки остаточной изменчивости временного ряда выявляются важные моменты в изменчивости температуры воды в локальных районах Японского моря и Тихого океана, на которые необходимо обратить внимание при анализе физических механизмов формирования региональных термических условий. Следует заметить, что в силу важности остаточной изменчивости ее оценка, строго говоря, нуждается в определении погрешности. Последняя задача нуждается в использовании специальных вероятностно-статистических приемов (см., например, **Tsitsiashvili, 2008**).

Нам представляется, что следующим этапом работы будет исследование физических механизмов региональных изменений температуры воды и особенно причин экстремальных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

Цициашвили, Г. Ш. Новые подходы к статистическим оценкам температурных трендов [Текст] / **Г. Ш. Цициашвили, Т. А. Шатилина, Т. В. Радченкова** // Матем. моделирование и информ. технологии : Тез. докл. – Владивосток, 2007. – С. 19–20.

Шатилина, Т. А. Особенности атмосферной циркуляции и климата на Дальнем Востоке в начале 21 века [Текст] / **Т. А. Шатилина, Г. И. Анжина** // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 225–239.

Шатилина, Т. А. Сравнительный анализ климатических трендов температуры воздуха по отдельным станциям Дальнего Востока [Текст] / **Т. А. Шатилина, Г. Ш. Цициашвили, Т. В. Радченкова** // Изв. ТИНРО. – 2008. – Т. 152. – С. 282–288.

An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate [Text] / **R. W. Reynolds, N. A. Rayner, T. M. Smith et al.** // J. Climate. – 2002. – No. 15. – P. 1609–1625.

Tsitsiashvili, G. Sh. Variance of Estimates of Variance of Deviations from Regression Function [Text] / G. Sh. Tsitsiashvili // Stat. Prob. Forum. – 2008. – Vol. 01. – P. 15–20.