

Н.Г. АЛИСИМЧИК, С.И. КИСЛОВА

Оценка однородности многолетних рядов температуры и солености морской воды при изменении способов и сроков их наблюдения на морских постах дальневосточной прибрежной сети

Выполнена статистическая оценка однородности многолетних рядов наблюдений температуры и солености морской воды при изменении методов, сроков и мест их измерения на постах дальневосточной прибрежной сети.

Для температуры воды выявлены два фактора, нарушающих однородность многолетних рядов наблюдений: сдвиг стандартного срока наблюдения и перенос места наблюдения.

Установлены два основных фактора нарушения однородности многолетних рядов солености морской воды: отсутствие синхронных наблюдений при переходе с одного метода на другой и погрешности ГМ-65 при его эксплуатации, превышающие межповерочный интервал.

Ключевые слова: температура морской воды, соленость морской воды, статистические оценки.

Estimation of the homogeneity of long-term temperature series and seawater salinity at change in methods and time of their observations at the sea station of the Far Eastern coastal network. N.G. ALISIMCHIK¹, S.I. KISLOVA^{1,2} (¹Far Eastern Regional Hydrometeorological Research Institute, Vladivostok, ²Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok).

The statistical estimation of the homogeneity of long-term series of temperature and seawater salinity was carried out when changing the methods, timing and places of their measurement at the stations of the Far Eastern coastal network.

For the water temperature, two factors have been identified that violate the homogeneity of long-term observation series – a shift in the standard observation time and a shift in the observation place.

Two main factors of the homogeneity disruption of long-term series of seawater salinity have been established: the absence of synchronous observations when switching from one method to another one and GM-65 error when its operation exceeds the calibration interval.

Key words: water temperature, seawater salinity, statistical estimates.

АЛИСИМЧИК Надежда Григорьевна – научный сотрудник (Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Владивосток), *КИСЛОВА Светлана Ивановна – научный сотрудник, аспирант (Дальневосточный региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт, Владивосток, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток). *E-mail: kislovasi@mail.ru

Результаты настоящего исследования получены в рамках выполнения научно-исследовательских, технологических и других работ Росгидромета для государственных нужд в области гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды, 2017–2019 гг. (тема 1.2.3.1.1, номер государственного учета НИОКТР: АААА-А17-117021310332-0).

Введение

Дальневосточная морская береговая сеть ведет наблюдения за состоянием прибрежных вод на российском побережье Японского, Охотского, Берингова морей и прилегающей части Тихого океана. В настоящее время около 70 морских постов ежедневно проводят наблюдения за температурой, соленостью, уровнем моря, волнением, ледовыми явлениями и загрязнением. Полученные данные в режиме реального времени передаются в региональные УГМС (управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) для составления и уточнения морских прогнозов. Вторая функция этих наблюдений – получение климатических характеристик, рассчитанных на основе многолетних данных, опубликованных в «Ежегодниках» соответствующего моря (Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек). Если для составления прогнозов важна оперативность, то для получения надежных климатических характеристик необходима их однородность, которая была ключевой идеей при создании наблюдательной сети.

Суть однородности заключается в том, что на всех морских постах наблюдения должны выполняться в стационарных местах, по одним и тем же методикам, одинаковыми способами, в одни и те же сроки, на стандартной глубине 0,5 м. Выполнение этих условий позволяет отслеживать и сравнивать климатические тенденции на побережьях всех морей России.

В процессе функционирования дальневосточной морской береговой сети имело место влияние субъективных факторов, искажающих климатические характеристики прибрежных вод: изменение способов наблюдения, сокращение сроков наблюдения, антропогенные нагрузки, перенос мест наблюдения. В результате на каждом морском посту сложилось свое сочетание отклонений от требований сохранения однородности характеристик. Кроме того, в последние годы был сделан явный акцент на прогностический аспект наблюдений [5, 6], и это привело к снижению их качества в ущерб климатической составляющей. Требования к однородности характеристик снизились, в многолетних рядах наблюдений имеются нестыковки, что вызывает обеспокоенность у климатологов во всем мире.

В работе [1] исследовано влияние переноса места измерения температуры воды на однородность ее многолетних характеристик на станции Сосуново (Японское море). Установлено, что значения температуры воды, измеряемые до и после переноса этого поста, не однородны, их нельзя использовать как один ряд для инженерных расчетов и климатических характеристик.

Цель настоящего исследования – оценка влияния субъективных факторов, не обусловленных климатическими процессами, на однородность многолетних рядов температуры и солености морской воды, измеренных на постах дальневосточной прибрежной сети.

Состояние проблемы

Наблюдения на всей морской береговой сети проводятся в стандартные сроки: 00, 06, 12, 18 ВСВ (Всемирное скоординированное время, эквивалентное гринвичскому, с теми же часовыми поясами). Количество сроков регламентировано разрядом морского поста¹. Температура воды со времени основания прибрежной сети РФ измеряется ртутным термометром. С течением времени, особенно в два последних десятилетия, многие посты перешли на сокращение сроков, а в иных случаях – на их сдвиг. В данной работе рассмотрены оба этих случая. Выполнен статистический анализ однородности среднегодовых значений температуры воды для трех постов. На примере Углегорска и Холмска

¹ РД 52.10.842–2017. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Ч. 1. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. М.: Изд-во ИТРК, 2017. 375 с.

исследован переход с четырех сроков наблюдений на два смежных: 00 и 06 ВСВ, а на посту Находка – сдвиг стандартного срока 12 ВСВ на 2 ч в сторону светлого времени (20:00 ч местного времени).

Соленость морской воды на прибрежной сети РФ традиционно измеряется один раз в сутки (00 ВСВ), но в различные годы изменялись методы ее определения – физический (ареометрический), химический (аргентометрический), электрометрический (солемер ГМ-65). Эти три метода равно применимы на всей прибрежной сети РФ.

До 1960 г. на всей сети соленость определяли физическим методом, позже на каждой станции сложился свой принцип чередования перечисленных выше трех методов. К настоящему времени из-за отсутствия нормальной воды² все посты дальневосточной морской сети, за исключением двух (Владивосток и Находка), вернулись к физическому

методу измерения солености. На постах Владивосток и Находка соленость измеряют автоматическим датчиком AANDERAA³.

Для статистической оценки однородности среднегодовых значений солености, измеренных разными методами в различных сочетаниях, нами выбраны шесть морских постов: Посыет, Александровск, Углегорск, Холмск (Японское море), Нагаево и Охотск (Охотское море). Эти посты имеют большой период наблюдений при минимальных пропусках.

Положение постов, по наблюдениям на которых в данной работе выполняли оценку однородности многолетних значений температуры и солености, представлено на рис. 1.



Рис. 1. Схема расположения морских постов

Исходные данные

Информационным ресурсом для решения этой задачи послужили материалы, опубликованные в Морских ежегодниках и ежемесячниках⁴, архивные данные Приморского и Колымского УГМС (Управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды).

Статистически обработаны среднегодовые и среднемесячные значения температуры по Находке (1933–2015 гг.), Холмску (1947–2016 гг.), Углегорску (1950–2016 гг.). Значимых перерывов в наблюдениях температуры воды на постах нет.

² Нормальная вода – стандартная морская вода, природная, тщательно отфильтрованная морская вода (содержание хлора 19,38 ‰, что соответствует солености 35 ‰), соленость которой определена с точностью до 0,001 ‰. Используется в качестве эталона для калибровки солемеров при определении солености морской воды в экспедиционных и лабораторных условиях.

³ Гидростатический автоматический датчик фирмы AANDERAA Data Instruments (Норвегия).

⁴ Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек. Японское море. Владивосток: Изд-во Приморского УГМС, 1938–2016. Т. 10, ч. 1.

Для оценки однородности многолетних значений солености использованы наблюдения без значимых перерывов на постах Посъет (1945–2008 гг.), Александровск (1938–2012 гг.), Углегорск (1962–2016 гг.), Холмск (1947–2016 гг.), Охотск (1942–2014 гг.), Нагаево (1960–2016 гг.).

Оценка однородности среднегодовых значений температуры воды при изменении числа сроков ее наблюдения на морских постах Японского моря

Статистическую оценку однородности среднегодовых значений температуры воды проводили, как принято в статистике, по равному количеству параметрических и непараметрических критериев. В данной работе использовались два параметрических критерия – Фишера (F) и Стьюдента (t) и два непараметрических – фон Неймана (N) и двусторонний T -критерий Вилкоксона. Поскольку значения последнего критерия оказались близки к таковым критерия Стьюдента (практически дублируют их), то здесь они не приведены.

Расчет N -критерия выполняли по следующей формуле⁵:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (y_i - y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2},$$

где n – число членов ряда, y_i – среднегодовое значение температуры воды за i -й год, \bar{y} – ее среднемноголетнее значение.

Если N -критерий указывал на неоднородность, то ряд дополнительно оценивали по параметрическим критериям F и t , значения которых рассчитаны в соответствии с работой [2], а их критические значения взяты из работы [4].

На постах Холмск и Углегорск измерения температуры воды до 1991 г. проводили в четыре основных срока (00, 06, 12, 18 ВСВ), с 1991 г. – в два смежных срока (00, 06 ВСВ). Согласно действующему Наставлению⁶, при двухсрочных смежных наблюдениях в морские Ежегодники в качестве среднесуточной температуры помещается ее значение, измеренное в 00 ВСВ, которое помечается соответствующим символом (*).

На посту Находка наблюдения в 1933–1966 гг. проводились в четыре основных срока. В 1967 г. после перенесения места измерения температуры воды с входной части мыса Астафьева, разделяющего одноименные залив и бухту Находка, в лагуну Пятачок (бухта Находка) наблюдения проводились в два несмежных срока: 00 и 12 ВСВ до 1990 г. В 1991 г. срок 12 ВСВ был сдвинут на 2 ч в сторону светлого времени.

Результаты оценки однородности температуры воды на постах Находка, Углегорск и Холмск по критерию N представлены в табл. 1.

Ряд считается однородным, если расчетное значение N больше его критического значения ($N_{кр.}$), при этом возможны три степени оценки ряда: неоднородный, однородный с признаками неустойчивости, однородный. Чем ближе к 2 полученное значение N , тем устойчивее однородность ряда.

Как видно из соотношения критического и расчетного значений N -критериев, приведенных в табл. 1, весь ряд среднегодовых значений температуры воды на посту Находка резко неоднороден и требует дополнительной оценки.

На постах Углегорск и Холмск ряды среднегодовых значений температуры воды однородны с небольшим признаком неустойчивости. Для уточнения результатов,

⁵ Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики / под ред. Н.В. Кобышевой. СПб., 2008. С. 18–19.

⁶ РД 52.10.842–2017. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 9. Гидрометеорологические наблюдения на морских станциях и постах. Ч. 1. Гидрологические наблюдения на береговых станциях и постах. М.: Изд-во ИТРК, 2017. 375 с.

Таблица 1

Статистические характеристики однородности среднегодовых значений температуры воды на постах Находка, Углегорск и Холмск по критерию фон Неймана (N)

Пост	Период, годы	$N_{кр.}$	$N_{кр.} > N$, ряд неоднороден	$N_{кр.} < N < 2$, ряд неустойчив	$N \geq 2$, ряд однороден
Находка	1933–2015	1,65	0,70	–	–
Углегорск	1950–2016	1,60	–	1,90	–
Холмск	1947–2016	1,60	–	1,75	–

Примечание. N – критерий фон Неймана, $N_{кр.}$ – критическое значение величины N .

полученных по критерию N , для всех трех постов дополнительно рассчитаны t - и F -критерии (табл. 2).

Для поста Находка в табл. 2 приведены расчетные характеристики температуры воды с разбивкой на три ряда наблюдения: 4-срочные до переноса места наблюдения (1933–1966 гг.), 2-срочные несмежные (00 и 12 ВСВ) – после переноса места наблюдения (1967–1990 гг.), 2-срочные со сдвигом срока 12 ВСВ в сторону светлого времени на 2 ч (1991–2015 гг.).

Как видно из табл. 2, при 2-срочных наблюдениях в 1967–2015 гг. и сдвиге срока 12 ВСВ на 2 ч в сторону светлого времени в 1991–2015 гг. величина критерия t (6,80) в три раза выше его критического значения. Таким образом, можно заключить, что этот сдвиг стандартного срока на посту Находка по критерию t превосходит совокупную неоднородность, вызванную переносом места наблюдения и переходом от 4-срочных к 2-срочным наблюдениям ($t = 5,40$ за 1933–1990 гг.). При этом критерий F в обоих случаях остается практически на том же уровне.

Таблица 2

Статистические характеристики и критерии однородности среднегодовых значений температуры морской воды на постах Находка, Углегорск, Холмск

Число сроков, перенос места измерения	Период (гг.)	$T_{ср.}$	D	p	t	$t_{кр.}$	F	$F_{кр.}$
Находка								
4 срока, мыс Астафьева	1933–1966	7,60	0,20	34	5,40	2,00	1,90	1,84
2 срока, лагуна Пятачок	1967–1990	6,80	0,38	24				
	2 срока, сдвиг срока 12 ВСВ	1967–1990	6,80	0,38	24	6,80	2,01	1,96
1991–2015		7,80	0,19	26				
Углегорск								
4 срока	1950–1990	5,52	0,23	41	0,37	1,60	1,40	1,85
2 смежных срока	1991–2016	5,48	0,16	26				
Холмск								
4 срока	1947–1990	6,60	0,48	43	1,82	2,00	1,17	1,86
2 смежных срока	1991–2016	6,90	0,41	26				

Примечание. $T_{ср.}$ – среднеегодовое значение температуры воды, D – дисперсия, p – число лет, t – критерий Стьюдента, $t_{кр.}$ – критическое значение критерия Стьюдента, F – критерий Фишера, $F_{кр.}$ – критическое значение критерия Фишера.

Следовательно, результаты наблюдений за температурой воды на посту Находка распадаются на три неоднородных ряда: данные за 1933–1966 гг. могут быть использованы только для изучения термического режима вод зал. Находка, за 1967–1990 гг. – для бухты Находка. Среднесуточные значения температуры воды за 1991–2015 гг., помещенные в Ежегодниках (Ежегодные данные о режиме и качестве вод морей и морских устьев рек...), следует считать сомнительными для климатических расчетов.

При этом такое резкое потепление вод в бухте Находка в 1991–2015 гг. за счет климатического фактора не подтверждается наблюдениями на посту Токаревский, расположенном в этой же климатической зоне. На этом посту температура воды измеряется один раз в сутки (00 ВСВ), при отсутствии антропогенных нагрузок за исследуемый период не выявлен какой-либо значимый тренд среднегодовых значений температуры. То же отмечено по 4-срочным наблюдениям на посту Золотой, расположенном на западном побережье Японского моря севернее Находки, где также отсутствовали антропогенные нагрузки в 1990–2012 гг.

Стоит заметить, что непрерывного слива горячих вод, способного в такой мере повлиять на термический режим бухты Находка, нет. При этом в 1991–2015 гг. в зимние месяцы значимого тренда на повышение температуры практически не наблюдается, а в летние месяцы он, напротив, большой.

С 2016 г. температура воды на посту Находка измеряется автоматическим датчиком AANDERAA норвежского производства, что дополнительно обуславливает неоднородность наблюдаемых величин, так как положение датчика не обеспечивает стандартную глубину наблюдения – 0,5 м.

Значения температуры воды на постах Холмск и Углегорск (табл. 2) однородны за весь период наблюдений. Таким образом, переход с 4- на 2-срочные смежные наблюдения температуры воды не нарушает однородность ряда. Как отмечено выше, при 2-срочных смежных наблюдениях, согласно Наставлению... (см. сноску 6 на с. 65), в качестве среднесуточной в Ежегоднике помещается значение температуры воды за один срок 00 ВСВ. Следовательно, в данных расчетах фактически сопоставлялись среднегодовые значения температуры воды, осредненные за четыре срока по 1990 г. включительно, и за один срок 00 ВСВ с 1991 г., которые оказались однородными на постах Углегорск и Холмск согласно полученным расчетным характеристикам. Для уточнения

полученных выводов ниже (табл. 3) приведены среднесуточные значения температуры воды и ее срочных значений для трех постов. Поскольку в бухте Пятачок 4-срочных наблюдений не было, в табл. 3 использованы данные поста Владивосток, находящегося в одной климатической зоне с Находкой.

Как видно из табл. 3, на посту Холмск среднесуточная температура практически равна ее значению в 00 ВСВ, а в Углегорске ее значения в этот срок имеют минимальные отклонения от среднесуточной. Это подтверждает однородность температуры воды за весь период наблюдений на постах Холмск и Углегорск. Стоит отметить, что на посту Холмск температура воды измеряется в зоне антропогенного воздействия – в ковше, куда ежедневно сливается вода с приходящих паромов.

Таблица 3
Среднесуточные разности (ΔT) температуры воды между ее среднесуточными значениями и измеренными в стандартные сроки на постах Углегорск, Холмск, Владивосток (1951–1960 гг.)

Срок ВСВ	$\Delta T = (T_i \text{ ВСВ} - T_{\text{ср}})$		
	Углегорск	Холмск	Владивосток
00	0,1	0,0	0,1
06	0,4	0,2	0,2
12	-0,2	-0,1	-0,1
18	-0,3	-0,2	-0,1

Примечание. $T_{\text{ср}}$ – среднесуточная температура воды по среднесуточным, T_i – по срочным данным.

Нарушения однородности многолетних рядов солености морской воды на постах дальневосточной прибрежной сети

За весь период функционирования прибрежной морской сети в разные годы соленость измерялась тремя равно применимыми методами: физическим (ареометрический), химическим (аргентометрический), электрометрическим (солемер ГМ-65).

Значения критериев однородности (N) среднегодовых величин солености при различных способах определения на береговых постах

Пост	Период, годы	Способ определения	$N_{кр.}$	$N_{кр.} > N$, ряд неоднороден	$N_{кр.} < N < 2$, ряд неустойчив	$N \geq 2$, ряд однороден
Посьет	1945–2008	Все способы	1,54	–	1,84	–
	1945–1960	are	1,59	–	–	2,22
	1961–1998	arg				
	1961–1998	arg	1,56	–	1,74	–
	1999–2008	ГМ-65				
Охотск	1942–2014	Все способы	1,56	0,7	–	–
	1942–1960	are	1,44	–	–	2,14
	1961–1987	arg				
	1961–1987	arg	1,4	–	1,4	–
	1988–2001	ГМ-65	1,36	1,06	–	–
	1988–2001	ГМ-65				
	2002–2014	are				
Нагаево	1960–2016	Все способы	1,59	0,55	–	–
	1960–1969	are	1,33	–	1,73	–
	1970–1983	arg				
	1970–1983	arg	1,43	–	1,6	–
	1984–2007	ГМ-65	1,43	0,58	–	–
	1984–2007	ГМ-65				
	2008–2016	are				
Холмск	1947–2016	Все способы	1,56	0,31	–	–
	1947–1975	are	1,42	0,39	–	–
	1976–1999	arg				
	1976–1999	arg	1,34	0,2	–	–
	2000–2016	are				
Углегорск	1962–2016	Все способы	1,55	–	1,80	–
	1962–1975	are	1,42	1,36	–	–
	1976–1999	arg				
	1976–1999	arg	1,41	–	–	2,27
	2000–2016	are				
Александровск	1938–2012	Все способы	1,61	–	1,7	–
	1938–1970	are	1,50	–	1,8	–
	1971–1999	arg				
	1971–1999	arg	1,40	–	1,6	–
	2000–2012	are				

Примечание. are – ареометрический, arg – аргентометрический методы, ГМ-65 – солемер, N – критерий фон Неймана, $N_{кр.}$ – критическое значение величины N .

Начиная с 1990-х годов из-за отсутствия нормальной воды все посты дальневосточной морской сети вернулись к физическому методу измерения солености. Исключение составляют посты Владивосток и Находка, где соленость в последние годы измеряется

автоматическими датчиками норвежского производства AANDERAA, и однородность значений солености нарушается из-за отклонений от стандартной глубины измерения – 0,5 м.

Для анализа статистической оценки однородности среднегодовых значений солености, полученных различными методами, рассматриваются данные с шести морских постов с большим периодом измерений солености и минимальным количеством пропусков наблюдений: Посьет, Александровск, Углегорск, Холмск (Японское море), Нагаево и Охотск (Охотское море).

Статистическая оценка однородности среднегодовых значений солености проводилась по тем же критериям, что и для температуры воды.

В табл. 4 приведены данные однородности среднегодовых значений солености по критерию N , рассчитанному для каждого поста как по всему ряду в целом, так и по объединенным в один ряд двум смежным методам измерения.

Можно видеть, что значения этого критерия в градации «Все способы» на постах Посьет, Углегорск и Александровск показывают тенденцию к однородности с различной степенью неустойчивости. Например, в Посьете в 1945–1960 гг. соленость измеряли ареометрическим методом, в 1961–1998 гг. – аргентометрическим, в 1999–2008 гг. – по солемеру ГМ-65, при этом самым близким к однородному является весь период измерения солености на посту Посьет. На постах Охотск, Холмск и Нагаево наблюдения для всех способов совокупно за весь период измерения резко неоднородны, максимальная неоднородность отмечена на посту Холмск.

В целом можно видеть, что при переходе от одного способа измерения к другому исходя из значений критерия N на всех постах складывается довольно неоднородная ситуация. Исключение составляет Александровск, где все значения критерия N близки, т.е. имеет место лишь некоторая неустойчивость однородности.

Для дальнейшего осмысления результатов, полученных по значениям непараметрического критерия N , выполнены расчеты однородности по двум параметрическим критериям – t и F . Основное различие непараметрических и параметрических критериев заключается в том, что первые рассчитываются по натурным данным самого ряда, а вторые – по его статистикам (параметрам). Результаты расчетов приведены в табл. 5.

На посту Посьет, как следует из табл. 5, величины солености, измеренные физическим и химическим методами в 1945–1998 гг., по критериям t и F однородны, как и следовало ожидать, исходя из значения критерия $N \geq 2$. Величины солености, полученные химическим и электрометрическим методами, по критерию t оцениваются как неоднородные, по критерию F – как однородные, по критерию N – как неустойчивые. Исходя из того, что величины солености за весь период измерения в Посьете оцениваются как близкие к однородным, с некоторыми допущениями весь многолетний ряд наблюдений можно использовать как однородный при расчете климатических характеристик. Имеющиеся отклонения предположительно могут быть связаны с ошибками солемера ГМ-65 из-за несоблюдения сроков его поверки или полного ее отсутствия за весь период эксплуатации. В то же время значительное снижение среднеегодового значения солености за последние 10 лет по отношению к предыдущему периоду может являться следствием увеличения объема стока бытовых вод рядом с местом взятия проб (пост расположен на территории порта с интенсивной хозяйственной деятельностью).

В 2009 г. измерения солености на посту Посьет прекращены.

Подобный анализ, выполненный для остальных пяти постов, показал, что максимальная неоднородность данных практически по всем трем критериям наблюдается в Холмске. Здесь по значениям критерия N (табл. 4) весь период наблюдений (1947–2016 гг.) оценивается как крайне неоднородный. Это же относится и к объединенным смежным рядам при переходе с одного метода на другой, как это видно из значений критериев однородности, приведенных в табл. 4 и 5, – все критерии указывают на полную нестыковку этих трех рядов. Таким образом, измерения солености на посту Холмск распадаются на три неоднородных ряда: 1947–1975 гг., 1976–1998 гг., 1999–2016 гг.

Статистические характеристики и значения критериев t и F среднегодовых величин солености при различных способах определения на береговых постах

Пост	Способ определения	$S_{\text{ср.}}, \%$	D	p	t	$t_{\text{кр.}}$	F	$F_{\text{кр.}}$
Посьет	аре	32,06	0,76	16	1,78	2,01	1,17	2,16
	арг	31,61	0,65	39				
	арг	31,61	0,65	39	3,46	2,02	1,58	2,82
	ГМ-65	30,41	1,08	10				
Нагаево	аре	31,63	0,33	10	1,38	2,07	1,00	2,60
	арг	31,96	0,33	14				
	арг	31,96	0,33	14	2,31	2,02	1,81	2,35
	ГМ-65	31,45	0,60	24				
	ГМ-65	31,45	0,60	24	9,29	2,04	1,50	2,90
	аре	29,01	0,40	9				
Охотск	арг	30,43	0,85	26	0,69	2,03	2,48	2,27
	ГМ-65	30,07	2,11	9				
	ГМ-65	30,07	2,11	9	3,90	2,05	4,06	2,72
	аре	28,02	0,52	13				
Холмск	аре	33,08	0,07	29	5,10	2,01	3,50	1,96
	арг	33,37	0,02	23				
	арг	33,37	0,02	23	15,9	2,02	2,00	2,13
	аре	32,47	0,04	17				
Углегорск	аре	32,51	0,17	14	2,40	2,02	3,40	2,37
	арг	32,80	0,05	23				
	арг	32,80	0,05	23	2,00	2,02	1,20	2,10
	аре	32,64	0,06	16				
Александровск	аре	29,98	1,42	32	0,45	2,00	1,51	2,34
	арг	30,14	2,15	27				
	арг	30,14	2,15	27	1,82	2,02	9,80	2,38
	аре	30,71	0,22	13				

Примечание. аре – ареометрический, арг – аргентометрический методы, ГМ-65 – солемер, D – дисперсия, p – число лет, t – критерий Стьюдента, $t_{\text{кр.}}$ – критическое значение критерия Стьюдента, F – критерий Фишера, $F_{\text{кр.}}$ – критическое значение критерия Фишера, $S_{\text{ср.}}$ – среднее значение солености морской воды.

На рис. 2 представлен хронологический график колебания среднегодовых значений солености. На нем ясно виден резкий перепад величин в 1999 г. при переходе с химического на физический метод, на основании чего можно предположить наличие постоянной ошибки в одном из этих способов определения. Данное предположение требует проверки.

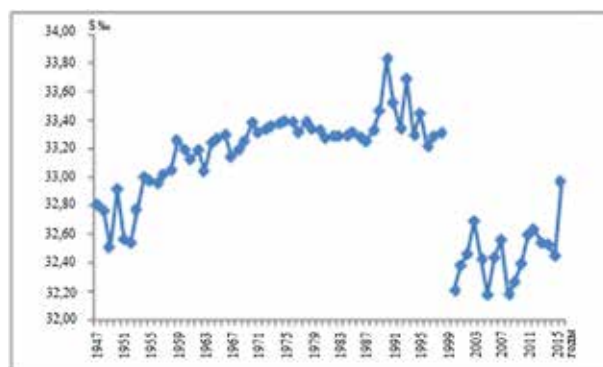


Рис. 2. График колебания среднегодовых значений солености на посту Холмск

Как уже отмечалось, измерения солёности на посту Холмск ведутся в нерепрезентативном месте, где ежедневно сливают пресную воду со швартующихся там паромов. Кроме того, не исключено, что в более ранние годы пробы на солёность брались за пределами ковша, откуда и могли возникнуть такие разночтения в данных. Но их резкий перепад в 2000 г. при переходе на физический метод измерения скорее указывает на наличие постоянной ошибки. Таким образом, показатели солёности морской воды, полученные на посту Холмск, для климатических обобщений использовать не рекомендуется.

На посту Охотск весь объём измерений солёности (1942–2014 гг.) по критерию $N = 0,7$ оценивается как неоднородный и распадается на три ряда. Первый ряд составляют значения солёности, измеренные физическим и химическим методами. Из приведенного в табл. 4 значения по критерию $N = 2,14$ период 1942–1987 гг. составляет один однородный ряд (второй). Измеренные в 1961–2001 гг. химическим и электрометрическим методами величины солёности при критерии $N = 1,4$, равном его критическому значению, имеют неопределенность ряда, которая, вероятнее всего, обусловлена крайне низкими (15–18 %) значениями солёности в мае–июне 1966 и 1985 гг., в период бурного таяния снегов. Неизвестно, было ли такое распреснение естественным или это следствие ошибки измерения, но оно повлияло на величину критерия N . В табл. 5 приведены значения $t = 0,69$ и $F = 2,48$ при их критических величинах 2,03 и 2,27 соответственно. Небольшое превышение критического значения критерия F указывает на некоторый аномальный скачок солёности. Имея это в виду, показатели солёности, полученные физическим, химическим и электрометрическим способами, относим к общему однородному ряду (1942–2001 гг.) с признаком неустойчивости. Эта неустойчивость может быть обусловлена теми же причинами, что и на Посъете, – неточностью солемера ГМ-65 при его эксплуатации без проверки. В третьем ряду значения солёности, измеренные электрометрическим и физическим методами в 1988–2014 гг. в Охотске, неоднородны по всем критериям.

Таким образом, результаты измерений солёности на посту Охотск можно разделить на два ряда. Данные за 1942–2001 гг. однородны с признаками неустойчивости и могут использоваться в климатических расчетах. Наблюдения, выполненные в 2002–2014 гг. физическим методом, сомнительны и имеют признаки постоянной ошибки.

На посту Нагаево весь ряд наблюдений солёности за 1960–2016 гг. по критерию $N = 0,55$ при его критическом значении, равном 1,59, оценивается как крайне неоднородный. При этом среднегодовые значения солёности, полученные в 1960–1983 гг. физическим и химическим методами, однородны по всем трем критериям (N , t и F). Что касается результатов измерений солёности, полученных химическим и электрометрическим методами в 1970–2007 гг., то этот ряд по критерию N оценивается как неустойчиво-однородный. По критерию $t = 2,31$ при его критической величине, равной 2,02, этот ряд также имеет признак небольшой неоднородности, а по критерию F он однородный. Исходя из изложенных выше соображений о возможной погрешности солемера ГМ-65, этот ряд при климатических расчетах можно объединить с предыдущим в однородный ряд с признаками неустойчивости за 1960–2007 гг.

В 1984–2016 гг. в Нагаево солёность воды измеряли электрометрическим и физическим методами. Как видно из значения критериев для этого ряда, $t = 9,29$ при $t_{кр.} = 2,04$, а значения $N = 0,58$, что втрое меньше критического значения. Этот ряд крайне неоднороден, и его нельзя объединять с предыдущим. При этом значения солёности, полученные при переходе в 2008 г. на физический метод измерения, сомнительны. Здесь большая вероятность постоянной ошибки. Так, при переходе на этот метод в марте 2008 г. показатели солёности сразу понизилась на 1 %, хотя пост Нагаево расположен на территории нефтеналивного порта и там нет никаких сливов.

Таким образом, измерения солёности, выполненные на посту Нагаево в 1960–2016 гг., распадается на два ряда: 1) однородный с признаками неустойчивости за 1960–2007 гг. и 2) ряд с сомнительными наблюдениями и признаками систематической ошибки, предположительно около 1 промилле, за 2008–2016 гг.



Рис. 3. График колебания среднегодовых значений солёности на посту Александровск

На морских постах Холмск, Углегорск и Александровск солёность электрометрическим методом не измерялась, все годы использовались два метода – химический и физический.

На посту Углегорск по критерию N весь ряд наблюдений солёности (1962–1975 гг.) оценивается как неустойчиво-однородный. При этом объединенный ряд значений солёности, измеренной физическим и химическим методами в 1962–1999 гг. по всем трем критериям, приведенным в табл. 4 и 5, оценивается как неоднородный. Как показал анализ среднемесячных значений солёности, измеренной физическим методом в 1962–1975 гг., эта неоднородность может быть вызвана распреснением (до 26,5 ‰) в феврале–марте 1965–1966 гг. и в 1969 г., что в последующие годы не наблюдалось. В то же время факт распреснения не находит подтверждения в результатах наблюдений на постах Холмск и Александровск в указанные месяцы. Исходя из этого целесообразнее считать, что здесь имели место либо какие-то локальные сливы, либо ошибка в измерениях, либо некорректное восстановление пропущенных наблюдений. Поэтому допустимо объединить эти два ряда в один (1962–1999 гг.). Ряд среднегодовых значений солёности, измеренных за период 1976–2016 гг., при переходе в 2000 г. от химического к физическому методу на посту Углегорск по всем трем критериям оценивается как однородный. Таким образом, данные за весь период наблюдений в Углегорске можно объединить в один однородный ряд (1962–2016 гг.) при условии исключения значений солёности за февраль–март 1965–1966 гг., 1969 г.

На посту Александровск, как видно из табл. 4, весь ряд наблюдений за солёностью в 1938–2012 гг. по критерию N оценивается как однородный с признаками некоторой неустойчивости. При этом значения солёности за 1938–1999 гг., измеренные физическим и химическим методами, однородны по критериям t и F (табл. 5). Измерения солёности в 1971–2012 гг., выполненные химическим и физическим методами, однородны по критерию t , но критерий F превышает критическое значение почти в 10 раз. Как показал анализ среднемесячных значений солёности, это может быть связано с большим межгодовым разбросом значений дисперсий в январе–марте вследствие зимнего распреснения морских вод, имеющего явно выраженные периоды колебания. Это хорошо видно на рис. 3, где представлен ход многолетних средних за январь–март значений солёности с осреднением их по скользящим пятилеткам.

Таким образом, можно заключить, что зимнее распреснение морских вод, наблюдаемое на посту Александровск, вызвано зимним стоком вод р. Амур на юг и колеблется в зависимости от водности реки, на периодичность которой указано в работах [3, 7].

Следовательно, высокие значения критерия F в объединенном ряду (1971–2012 гг.), вероятнее всего, не являются следствием перехода с химического на физический метод измерения солёности, а могут быть результатом естественных колебаний солёности морской воды на посту Александровск, обусловленных зимним влиянием вод р. Амур и

межгодовой изменчивостью его водности. Таким образом, весь ряд наблюдений на посту Александровск при всех способах определения солености является однородным и служит естественным многолетним маркером зимнего затока вод р. Амур в Японское море. В настоящее время пост Александровск закрыт.

Выводы

Температура. Установлено, что субъективными факторами, в большой степени нарушающими однородность многолетних наблюдений температуры воды на морских постах, являются сдвиг стандартного срока наблюдения и перенос места наблюдения. По этим причинам результаты наблюдений за температурой воды на посту Находка в 1933–2015 гг. образуют три неоднородных ряда.

Четырехсрочные измерения температуры воды, выполненные в 1933–1966 гг., характеризуют термический режим зал. Находка; 2-срочные наблюдения в 1967–1990 гг. характерны для бухты Находка; среднесуточные значения температуры воды за 1991–2015 гг., рассчитанные по 2-срочным наблюдениям при сдвиге стандартного срока 12 ВСВ на 2 ч в сторону светлого времени, сомнительны, использовать их при климатических расчетах не рекомендуется.

При расчете климатических характеристик температуры воды для бухты Находка за 1967–2015 гг. следует использовать значения, измеренные в один срок 00 ВСВ.

Переход с 4- на 2-срочные смежные наблюдения температуры воды на постах Холмск и Углегорск не нарушает однородность многолетних рядов наблюдений на этих постах.

Соленость. Установлены две основные причины нарушения однородности рядов при измерении солености морских вод на прибрежных постах: а) отсутствие синхронных наблюдений при переходе с одного метода измерения солености на другой; б) отсутствие поверки солемера ГМ-65 при превышении межповерочного интервала.

Общей закономерности, свидетельствующей о том, что какой-либо из трех методов измерения солености, установленных упомянутым выше Наставлением, сам по себе вносит искажения, не выявлено. Отмечена лишь некоторая тенденция к небольшому отклонению показаний солемера ГМ-65 по отношению к предыдущему методу измерения, что может быть связано, как отмечено выше, с отсутствием поверки прибора.

На постах Холмск (с 2000 г.), Нагаево (с 2008 г.), Охотск (с 2002 г.) переход на физический метод измерения уровня солености выполнен без проведения синхронных измерений, что привело к появлению систематической ошибки в полученных в последующие годы данных. На всех трех этих постах переход на физический метод выполнен при резком скачке солености в сторону понижения, аналогичном показанному на рис. 2, что может указывать на одну и ту же методическую ошибку при определении солености в последующие годы. Такой одинаково резкий скачок солености на всех трех постах не может быть обусловлен климатическими или антропогенными факторами.

Таким образом, значения солености, полученные на посту Холмск за весь период наблюдений, не могут использоваться для климатических расчетов без их предварительного анализа по архивным данным.

Многолетние ряды солености, измеренной различными способами за весь период наблюдений на постах Посьет, Александровск и Углегорск, однородны и могут быть использованы для климатических расчетов при соблюдении условия, изложенного выше для Углегорска.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисимчик Н.Г. Оценка однородности многолетних рядов температуры морской воды на примере МГ-2 Сосуново // ДВНИГМИ – 65 лет. Владивосток: Дальнаука, 2015. С. 225–237.

2. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л.: Гидрометеиздат, 1978. С. 82–87.
3. Мещенина Л.А., Новороцкий П.В., Пономарев В.И. Климатические изменения и колебания стока Амура // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 4. С. 44–54.
4. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 242 с.
5. Судас Л.Г. О концепции мониторинга степени удовлетворенности пользователей гидрометеорологической информации в Центральной Азии // Государственное управление. Электронный вестник. МГУ. 2016. № 59. С. 63–90.
6. Судас Л.Г., Основ А.А. Социологический мониторинг: логика и практика построения национальной системы // Вестн. Моск. ун-та. Серия 21. Управление (государство и общество). 2012. № 3. С. 81–105.
7. Якунин Л.П. К обоснованию пропуска вод р. Амур по новому руслу // Тр. ДВНИГМИ. 1975. Вып. 55. С. 61–65.