

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ISSN 0371—7089

ТРУДЫ
ОРДЕНА ЛЕНИНА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЦЕНТРА СССР

Выпуск **241**

МОРСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ
РАСЧЕТЫ И ПРОГНОЗЫ

ЛЕНИНГРАД
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
1981

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Е. В. Қарасев, А. И. Угрюмов.</i> Крупномасштабные аномалии температуры поверхности воды в Тихом океане	3
<i>Е. В. Қарасев, А. И. Угрюмов.</i> О цикличности колебаний аномалий температуры поверхности воды в Тихом океане	12
<i>В. И. Қалацкий, Е. С. Нестеров.</i> К прогнозу температуры воды в океане	21
<i>И. Ф. Гетман.</i> Возможность обнаружения фронтальных зон по данным о температуре воды на поверхности с торговых и промысловых судов	25
<i>Р. В. Гаврилюк.</i> Об оценке «тепловой инерции» и использовании судовых наблюдений над температурой воды в океане	29
<i>В. С. Красюк.</i> О расчете притока солнечного тепла на морскую поверхность	35
<i>И. Ф. Гетман.</i> Опыт использования гидродинамической модели для расчетов сгонов и нагонов в Северном Каспии	40
<i>Сергей Макаров.</i> О влиянии тайфуна на вертикальную структуру вод океана (по материалам экспедиции «Тайфун-75»)	49
<i>Е. Б. Чернявский, А. А. Кутало.</i> О происхождении подповерхностного максимума солености в Северной Атлантике	57
<i>А. С. Саркисян, Ю. Л. Демин, Т. З. Джисоев, А. Л. Бреховских.</i> Некоторые результаты расчета циркуляции вод Мирового океана на одноградусной сетке	65
<i>Т. З. Джисоев.</i> Численное исследование циркуляции вод в районе Антило-Гвианского противотечения	68
<i>А. Э. Похил.</i> О расчете спектральных характеристик полей волнения на больших акваториях Северной Атлантики	73
<i>Л. С. Сетт, К. М. Сиротов.</i> О волнах зыби на Северном море	79
<i>О. И. Шереметевская.</i> Долгосрочный прогноз скорости охлаждения воды до температуры замерзания на Баренцовом, Белом и Балтийском морях	84
<i>А. И. Куцурубa.</i> Применение энтропического соотношения для оценки надежности предикторов прогностических уравнений	94
<i>С. Г. Николаев.</i> Опыт учета астрономических и геофизических данных при долгосрочном прогнозировании ледовых условий на Балтийском море	99

Труды Гидрометцентра СССР, вып. 241

МОРСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ПРОГНОЗЫ

Редактор З. М. Кожина
Техн. редактор Е. А. Маркова
Корректор Л. А. Сандлер
Н/К

Сдано в набор 20.01.81. Подписано в печать 25.05.81. М-16721. Формат 60×90^{1/16}. Бум. тип. № 1. Лит. гарн. Печать высокая. Печ. л. 7. Кр.-отт. 7,25. Уч.-изд. л. 7,49. Тираж 510 экз. Индекс ОЛ-4. Заказ 28. Цена 50 коп. Заказное. Гидрометеиздат. 199053. Ленинград, 2-я линия, 23.

Ленинградская типография № 8 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 190000, г. Ленинград, Прачечный переулоч, 6.

Р. В. Гаврилюк

ОБ ОЦЕНКЕ «ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ» И ИСПОЛЬЗОВАНИИ СУДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НАД ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОДЫ В ОКЕАНЕ

В работе [1] было показано, что для долгосрочного прогноза температуры воды в теплую часть года для Северной Атлантики использовались материалы наблюдений над температурой воды и воздуха на судах погоды. Поле температуры воды и воздуха характеризовалось девятью точками, соответствующими пунктам наблюдений судов погоды за период с 1948 по 1973 г. Отметим, что ранее А. Н. Крындиным и Г. Н. Исаевой в работе [3] была оценена «тепловая инерция» океана путем корреляции каждого значения месячной аномалии температуры воды со значением в следующем месяце, через два месяца и так далее в течение годового цикла. Было показано, что инерционные связи между температурными аномалиями с интервалом от двух до шести месяцев достаточно велики и могут быть использованы в прогностических целях.

В настоящей работе для оценки тепловой инерции использовались те же материалы, но представленные в виде рядов разложения полей аномалий температуры воды по естественным составляющим. Поле аномалии температуры воды удовлетворительно описывается пятью-шестью коэффициентами. Находились коэффициенты корреляции каждого месячного значения коэффициента разложения с его значением через два месяца. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Самые большие коэффициенты корреляции обнаружены для B_0 , характеризующего среднее поле аномалий температуры воды. Исключение составляют связи между мартом—июлем (коэффициент корреляции равен 0,46) и сентябрем—ноябрем (коэффициент корреляции равен 0,49). Для коэффициента разложения B_1 большие коэффициенты корреляции наблюдаются для холодного периода года—с октября по апрель. Для теплого периода года коэффициенты корреляции меньше. Для коэффициентов B_2, B_3 ,

Коэффициенты корреляции каждого месячного значения коэффициента разложения полей аномалий температуры воды с его значением через два месяца

Коэффициент B_t	I—III	II—IV	III—V	IV—VI	V—VII	VI—VIII	VII—IX	VIII—X	IX—XI	X—XII
B_0	0,69	0,69	0,46	0,68	0,80	0,69	0,71	0,67	0,49	0,59
B_1	0,65	0,66	0,55	0,51	0,37	0,43	0,54	0,52	0,48	0,62
B_2	0,57	0,55	0,75	0,59	0,31	0,42	0,74	0,34	0,59	0,44
B_3	0,73	0,64	0,60	0,51	0,50	0,35	0,10	0,37	0,53	0,39
B_4	0,53	0,61	0,68	0,52	0,33	0,33	0,56	0,33	0,40	0,25
B_5	0,24	0,28	0,57	0,37	0,25	0,39	0,26	0,38	0,09	0,19
B_6	-0,00	0,19	0,60	0,15	0,09	-0,03	-0,07	0,48	0,11	-0,03

B_4 и B_5 коэффициенты корреляции колеблются в больших пределах, наибольшие также приходятся на холодный период года — январь—апрель. Для коэффициента B_6 , характеризующего мелкомасштабные особенности поля аномалий температуры воды, коэффициенты корреляции очень малы и имеют различные знаки.

Инерционные связи, вычисляемые через интервал, равный трем месяцам, слабее, чем рассчитанные через интервал, равный двум месяцам (табл. 2). Но, тем не менее, для B_0 связь между январем и апрелем довольно высокая, ей соответствует коэффициент корреляции 0,63, между февралем и маем он равен 0,45. Для теплого периода года коэффициенты корреляции равны 0,71 (апрель—июль) и 0,73 (май—август) и, по-видимому, могут иметь прогностическое значение. Для остальных коэффициентов B_1 , B_2 , B_3 инерционные связи, вычисленные через интервал, равный трем месяцам, слабее, однако следует отметить, что наибольшие коэффициенты корреляции наблюдаются для январских коэффициентов разложения. Это согласуется с выводом Крыдина [3] о том, что для расчета, произведенного с заблаговременностью три месяца и более, прогностическое значение имеют январские коэффициенты разложения. В качестве подтверждения значимости

Таблица 2

Коэффициенты корреляции каждого месячного значения коэффициента разложения полей аномалий температуры воды с его значением через три месяца

Коэффициент B_t	I—IV	II—V	III—VI	IV—VII	V—VIII	VI—IX	VII—X	VIII—XI	IX—XII
B_0	0,63	0,45	0,31	0,71	0,73	0,50	0,53	0,57	0,47
B_1	0,51	0,45	0,35	0,27	0,32	0,43	0,31	0,37	0,40
B_2	0,57	0,53	0,42	0,30	0,34	0,49	0,55	0,37	0,49
B_3	0,57	0,55	0,64	-0,15	0,02	-0,02	0,08	0,37	0,26

январских коэффициентов можно привести расчеты коэффициентов корреляции январских коэффициентов разложения (B_0, B_1, \dots, B_5) с февральскими, мартовскими и так далее до январских следующего года (табл. 3).

Таблица 3

Связь январских коэффициентов разложения с коэффициентами разложения каждого месяца до января следующего года

Кoeffициент B_i	I	II	III	IV	V	VI	VII
B_0	1,00	0,82	0,69	0,63	0,64	0,41	0,30
B_1	1,00	0,85	0,65	0,51	0,38	0,35	0,22
B_2	1,00	0,59	0,57	0,57	0,53	0,42	0,10
B_3	1,00	0,85	0,73	0,96	0,54	0,43	0,12
B_4	1,00	0,74	0,53	-0,12	0,48	0,47	0,06
B_5	1,00	0,47	0,24	-0,19	-0,29	-0,33	-0,14

Кoeffициент B_i	VIII	IX	X	XI	XII	I
B_0	0,24	0,06	0,01	0,08	0,72	0,55
B_1	0,61	0,30	0,35	0,37	0,20	0,34
B_2	0,27	0,22	0,09	0,31	0,40	0,76
B_3	0,45	0,30	0,31	0,21	0,59	0,46
B_4	0,13	0,01	0,09	0,51	0,34	0,04
B_5	-0,13	-0,24	-0,23	-0,12	0,12	0,06

Для коэффициентов более высокого порядка (B_4, B_5 и B_6) связи, рассчитанных через интервал, равный трем месяцам, коэффициенты корреляции очень малы и их можно не принимать в расчет. Действительно, эти коэффициенты характеризуют мелкомасштабные особенности поля аномалий температуры, поэтому связь между ними через три месяца практически отсутствует.

Коэффициенты корреляции, рассчитанные через интервал, равный четырем месяцам, еще более убывают. Даже для B_0 они невелики и, по-видимому, незначимы (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты корреляции каждого месячного значения коэффициентов разложения полей аномалий температуры воды с его значением через четыре месяца

Кoeffициент B_i	I-V	II-VI	III-VII	IV-VIII	V-IX	VI-X	VII-XI	VIII-XII
B_0	0,36	0,36	0,38	0,76	0,53	0,25	0,48	0,56
B_1	0,38	0,31	0,22	0,25	0,26	0,30	0,37	0,25
B_2	0,53	0,44	0,27	0,34	0,50	0,29	0,37	0,47
B_3	0,54	0,40	0,31	0,52	0,32	0,15	-0,15	0,15

Так как ряд, по которому определялись коэффициенты корреляции, был ограничен (25 значений), то заметим, что средняя квадратическая ошибка коэффициента корреляции, полученного по ограниченной выборке, приближенно оценивается по формуле

$$\sigma_R \approx \frac{1 - R^2}{\sqrt{n}}$$

Абсолютные ошибки коэффициента корреляции R при $n = 25$ были следующими:

R	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40
Абсолютная ошибка σ_R . . .	0,200	0,198	0,192	0,182	0,168
R	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
Абсолютная ошибка σ_R . . .	0,150	0,128	0,102	0,072	0,018

Из этих данных видно, что при $R > 0,5$, коэффициенты корреляции больше своих ошибок в три раза. Следовательно, они значимы, неслучайны и могут быть приняты в расчет.

Все расчеты основывались на данных наблюдений девяти судов погоды. Следует отметить, что этого количества точек не достаточно, чтобы представить особенности распределения температуры на таком большом пространстве. Более того, в последние годы число судов погоды сократилось до четырех, что еще более затрудняет задачу. Поэтому в настоящей работе была также сделана попытка оценить возможность использования карт средних месячных значений температуры воды, осредненных по пятиградусным квадратам.

Непрерывные ряды таких наблюдений имелись за период с 1957 по 1974 г. Эти карты строились на основе массовых наблюдений с транспортных судов, курсирующих в Северной Атлантике, поэтому надежность этих данных значительно ниже данных кораблей погоды. Кроме того, плотность наблюдений в разных квадратах в разное время года колеблется в больших пределах, что тоже влияет на надежность данных. Но ввиду отсутствия более надежных данных мы были вынуждены пользоваться значениями температуры воды, осредненными по пятиградусным квадратам. Для расчетов акватория океана была ограничена следующими координатами: $\varphi = 10-60^\circ$ с. ш., $\lambda = 0-80^\circ$ з. д. Всего рассматривалось 120 квадратов.

Цель работы заключалась в том, чтобы по имеющимся материалам наблюдений за температурой воды получить основные статистические характеристики термического режима рассматриваемого района и оценить взаимные коэффициенты корреляции между всеми квадратами площади и кораблями погоды. Статистические показатели характеризуют режим района (средние значения), его изменчивость (среднеквадратические отклонения). Для расчета статистических характеристик была составлена программа на языке ФОРТРАН для ЭВМ «СДС».

Рассматривалась система из 18 случайных величин X_1, X_2, \dots, X_i , где $i=1, 2, \dots, 18$. Измерения были произведены в 120 точках. Массив исходных данных температуры воды можно представить в виде матрицы:

$$\begin{vmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} & \dots & X_{1,18} \\ X_{2,1} & X_{2,2} & \dots & X_{2,18} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{120,1} & X_{120,2} & \dots & X_{120,18} \end{vmatrix} \quad \text{или } X|1:120, 1:18|.$$

Данные судов погоды также представляются в виде матрицы:

$$\begin{vmatrix} Y_{1,1} & Y_{1,2} & \dots & Y_{1,9} \\ Y_{2,1} & Y_{2,2} & \dots & Y_{2,9} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{18,1} & & & Y_{18,9} \end{vmatrix} \quad \text{или } Y|1:18, 1:9|.$$

Статистические характеристики, включая и коэффициенты нормированной корреляционной матрицы, вычислялись по следующим формулам:

- 1) средние значения температуры для квадратов:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij},$$

где

$$i = 1, 2, \dots, m, \quad m = 120, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad n = 18;$$

- 2) средние значения температуры для судов погоды:

$$\bar{Y}_k = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n Y_{kl},$$

где

$$k = 1, 2, \dots, n, \quad n = 18, \quad l = 1, 2, \dots, t, \quad t = 9;$$

- 3) средние квадратические отклонения для квадратов:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{n}};$$

- 4) средние квадратические отклонения для судов погоды:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^n (Y_{kl} - \bar{Y}_k)^2}{n}};$$

- 5) коэффициенты корреляционной матрицы:

$$R_{ii} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)(Y_{kl} - \bar{Y}_k)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2 (Y_{kl} - \bar{Y}_k)^2}}.$$

Расчеты проводились для холодного (январь—март) и теплого (август—октябрь) периодов года. Всего было рассчитано для каждого месяца 120×9 коэффициентов корреляции. Наибольший интерес для нас представляли коэффициенты корреляции между рядом наблюдений на судне погоды и рядом наблюдений в квадрате, соответствующем постановке судна. Результаты расчетов приведены в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициенты корреляции между рядом наблюдений над температурой воды на кораблях погоды и рядом наблюдений в квадрате, соответствующем стоянке судна погоды

Месяц	Судно погоды							
	А	В	С	Д	Е	І	Ј	К
Январь	0,49	0,30	0,78	0,64	0,74	0,74	0,73	0,72
Февраль	0,47	0,28	0,82	0,61	0,90	0,69	0,88	0,66
Март	0,59	0,14	0,94	0,56	0,58	0,83	0,76	0,71
Август	0,82	0,54	0,91	0,72	0,72	0,95	0,84	0,82
Сентябрь	0,70	0,52	0,79	0,76	0,52	0,84	0,59	0,52
Октябрь	0,70	0,51	0,89	0,76	0,82	0,84	0,82	0,73

Как видно из данных этой таблицы, как для холодного, так и для теплого периода года коэффициенты корреляции достаточно велики. Исключение составляют суда погоды А и В. Для холодного периода года коэффициенты корреляции для судна погоды В не превышают 0,30, летом они несколько выше и составляют 0,54. Это можно объяснить малой плотностью наблюдений в этом районе. Для судна погоды А невысокие значения коэффициентов корреляции наблюдаются в холодный период года и равны 0,47—0,59 и, по-видимому, могут быть объяснены наличием льда, а также малой плотностью наблюдений в этом районе.

Таким образом, можно сделать вывод, что для представления поля температуры воды на поверхности в Северной Атлантике можно дополнить данные судов погоды рядами наблюдений в пятиградусных квадратах. В районах Лабрадорского и Восточно-Гренландского течений целесообразно пользоваться данными только судов погоды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глаголева М. Г., Скриптунова Л. И. Прогноз температуры поверхностного слоя океана. Методическое письмо, № 3.— Л.: Гидрометеиздат, 1977.— 60 с.
2. Изменчивость океанографических полей и глобальные наблюдения в океане.— Труды ГОИН, 1974, вып. 119.— 133 с.
3. Крындин А. Н., Исаева Г. Н. О «тепловой инерции» океана.— Метеорология и гидрология, 1964, № 11, с. 37—41.