

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ
И КОНТРОЛЮ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ISSN 0371—7089

ТРУДЫ
ОРДЕНА ЛЕНИНА
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО
ЦЕНТРА СССР

Выпуск 281

МОРСКИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ
РАСЧЕТЫ И ПРОГНОЗЫ

ЛЕНИНГРАД
ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ
1986

СОДЕРЖАНИЕ

Ю.Д. Р е с н я н с к и й. Численные эксперименты с неко- локальной моделью деятельного слоя океана	3
Г.К. З у б а к и н, А.Н. З у е в. Численный метод краткосрочного прогноза перераспределения льда в Баренцевом море для весенне-летнего периода	15
Е.С. Н е с т е р о в. О реакции верхнего слоя океана на внетропический циклон	24
А.А. К р у г л о в. О расчете потоков тепла и влаги через поверхность океана	29
Л.И. С к р и п т у н о в а. О связи аномалии температу- ры воды в Атлантическом океане с притоком тепла от Солнца	35
Е.И. С е р я к о в. О связи между полями средней ме- сячной температуры воды и атмосферной циркуляцией над Се- верной Атлантикой	41
Р.В. Г а в р и л ю к. О прогнозе температуры воды с учетом адвекции тепла течениями и толщины верхнего квазид- нородного слоя	51
О.И. Ш е р е м е т е в с к а я. К вопросу о долгосроч- ном прогнозе продолжительности ледового сезона в портах се- веро-западных морей СССР	58
З.К. А б у з я р о в, Б.Х. Р ы б а к. Объективный ана- лиз полей высот волн в океане (на примере Северной Атлан- тики)	66
А.А. З е л е н ь к о, Е.С. Н е с т е р о в. Объективный анализ температуры поверхностного слоя океана в Северо- Восточной Атлантике	76
А.Э. П о х и л, Е.М. Б о р и с о в а. О возможности опре- деления параметров волнения и ветра по некоторым мезомасштаб- ным образам облачности	84

О ПРОГНОЗЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ С УЧЕТОМ АДВЕКЦИИ ТЕПЛА ТЕЧЕНИЯМИ И ТОЛЩИНЫ ВЕРХНЕГО КВАЗИОДНОРОДНОГО СЛОЯ

Успех многих видов деятельности человека в океане, и прежде всего рыбного промысла, зависит от надежности прогнозов температуры воды. Трудность прогнозирования связана со сложностью процессов, обуславливающих изменения температуры воды. Тем не менее, запросы потребителей требуют совершенства существующих и разработки новых методов прогноза термической структуры океана.

Для краткосрочного прогноза температуры воды в Северной Атлантике в теплую часть года в ОДО ГОИНА в течение ряда лет использовалась методика, основанная на учете потоков тепла через поверхность океана и атмосферной циркуляции, косвенно учитывающей адвекцию тепла течениями /4/.

Расчеты показали, что при таком подходе значительные изменения температуры воды сглаживаются, и наибольшие ошибки получаются для районов, где велика роль адвекции тепла течениями /2/. Таким районом является северо-западная часть Атлантического океана. Анализ связей изменений температуры воды с потоками тепла через поверхность и характеристиками атмосферной циркуляции подтвердил, что в этой части акватории преобладающее влияние на изменения температуры оказывает адвекция /5/. Большая изменчивость температуры воды в этом районе связана со сложным гидрологическим режимом и особенностями атмосферной циркуляции. Здесь располагается фронтальная зона между теплыми водами Гольфстрима и холодными Лабрадорского течения. При определенных условиях холодные воды Лабрадорского течения проникают далеко на юг. Изменения температуры воды от пятidineвки к пятidineвке могут составлять 5-6 °С. Рассчитать такие изменения можно только с учетом адвекции и глубины ветрового перемешивания /2/. В данной работе ставилась задача - оценить роль тепловых потоков через поверхность и адвекции тепла течениями при прогнозировании температуры воды по методике, разработанной в Гидрометцентре СССР /3, 5/.

Для прогноза температуры использовалась следующая формула:

$$\frac{\Delta t_w}{\Delta \tau} = U_{др} \frac{\partial t_w}{\partial x} - \frac{\Delta Q}{c_p H}, \quad (I)$$

где $\Delta t_w / \Delta \tau$ - изменения температуры воды на поверхности за пять суток; $U_{др}$ - скорость дрейфового течения; $\partial t_w / \partial x$ - градиент

температуры воды на поверхности океана в направлении течения;
 Q - поток тепла через поверхность океана; c , ρ - теплоемкость и плотность морской воды; H - толщина верхнего квазиоднородного слоя.

Метод прогноза температуры воды построен на учете лишь дрейфовых течений.

Скорость и направление дрейфовых течений определяется по полю атмосферного давления. Скорость ветра пропорциональна градиенту атмосферного давления, ветровой коэффициент меняется с изменением географической широты, скорость течения связана с крутизной и высотой волны, полное развитие волнения и дрейфового течения достигается практически одновременно. Направление течения совпадает с касательной, проведенной к изобаре в данной точке.

Для расчета изменения температуры воды верхнего квазиоднородного слоя за счет потока тепла через поверхность нужно рассчитать суммарный поток за пять дней (ΔQ) и среднюю за пятидневку толщину верхнего квазиоднородного слоя (H).

Потоки тепла через поверхность рассчитывались по формуле /6/:

$$Q = (4,3E + 26)(t_a - t_w) + 1,03Q_s^N, \quad (2)$$

где E - максимальная упругость водяного пара (гПа), вычисленная по температуре воздуха; Q_s^N - поглощенная солнечная радиация, вычисленная с учетом облачности; t_a и t_w - температура воздуха и воды.

Толщина верхнего перемешанного слоя H определялась по высоте волны по формуле /1/, справедливой для умеренных широт:

$$H = 10,15 h + 2,6, \quad (3)$$

где h - высота ветровой волны.

Исходными для расчетов являются данные об атмосферном давлении, температуре воды и воздуха, облачности и высоте волны.

Для расчетов был выбран район, показанный штриховкой на рис. I (расстояние между узлами сетки равно 3^0). По этому району составляются и передаются в эфир карты приземного анализа атмосферного давления и довольно подробные карты температуры воды, осредненные за трое суток. Данные о температуре воздуха и облачности брались из судовых телеграмм, наносились на карты, анализировались и использовались в расчетах. Высота волн определялась по факсимильным картам анализа волнения.

Предварительный анализ средних карт температуры воды в летние

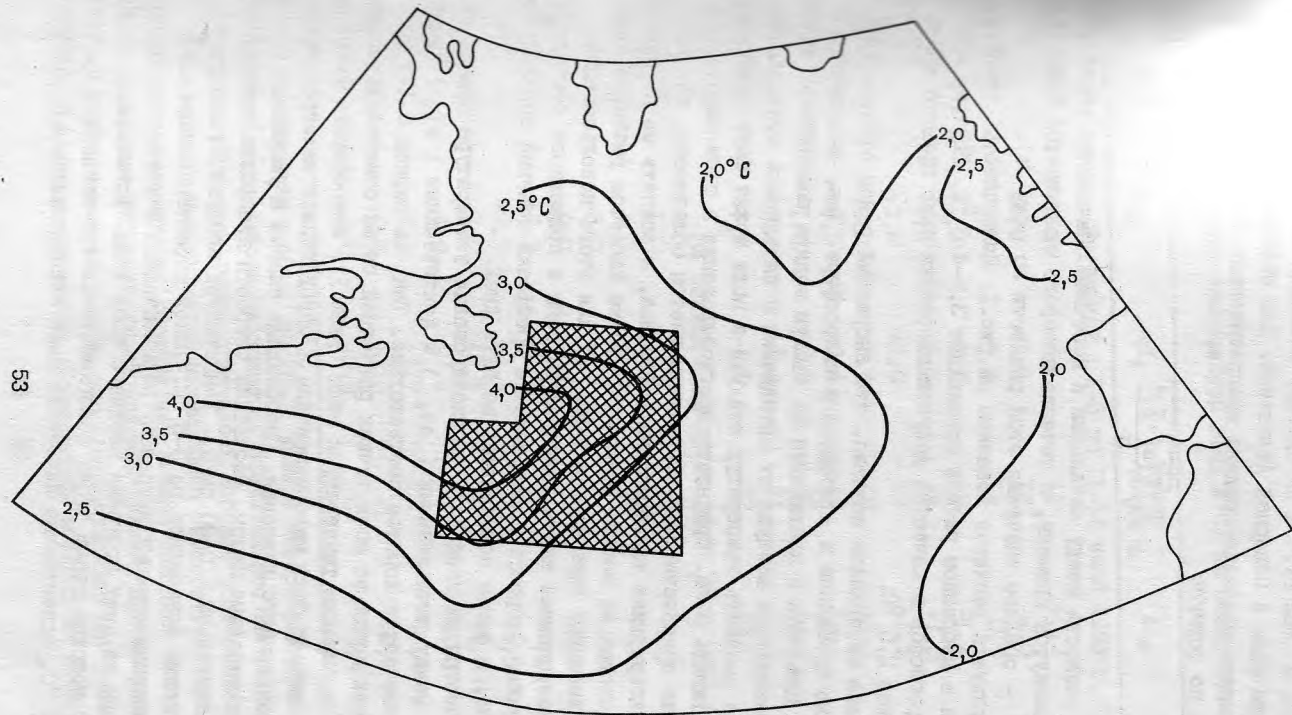


Рис. I

месяцы 1981 и 1982 гг. за пятидневку позволил оценить изменчивость температуры воды в Северной Атлантике. Для оценки изменчивости рассчитывались значения средних квадратических отклонений температуры воды по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (\Delta t - \bar{t})^2}{n}}, \quad (4)$$

где Δt — разность между начальным и конечным значениями температуры за промежуток времени, в течение которого оценивается изменчивость; \bar{t} — среднее значение этой разности по ряду n .

Результаты расчетов показаны на рис.1. Изменчивость температуры воды в выбранном районе составляет 3,5–4,0 °С. Поэтому при оценке прогнозов в качестве допустимой ошибки было принято значение, равное 2,0 °С.

Анализ материалов показал, что выбранный район отличается сложностью процессов в атмосфере и гидросфере. Так, при смещении глубоких циклонов с континента на теплую водную поверхность изменения температуры воздуха от пятидневки к пятидневке составляли 3–5 °С, а разность температур воздуха и воды может быть отрицательна и достигать 7 °С. Трудность прогнозирования в этом районе связана также с недостаточно корректным учетом облачности, так как эта характеристика также весьма изменчива, а оценить ее по данным судовых сводок не всегда возможно. Что же касается расчетов адвективных изменений температуры воды, то для этого использовались проанализированные карты температуры воды и приземного атмосферного давления. Скорость и направление дрейфовых течений определялись ежедневно, а затем осреднялись за пять дней.

Несмотря на сложность прогнозирования температуры воды в этом районе, между вычисленными (Δt_g) и фактическими (Δt_f) изменениями отмечается хорошее соответствие. Так, за период с 1–5 до 11–15 июля почти во всех точках расчетной сетки отмечалось значительное повышение температуры воды (табл.1). Атмосферные процессы за этот период были мало изменчивы и определялись малоградиентным полем повышенного давления. Преобладали слабые и умеренные юго-западные и западные ветры. Расчетные скорости дрейфовых течений были незначительны (10–20 см/с). Температура воздуха от пятидневки к пятидневке повысилась на 3–5 °С. Такой характер погоды способствовал незначительному ветровому перемешиванию и повышению температуры воды за счет прогрева верхнего слоя воды. Локальные изменения за счет потоков тепла через поверхность океана в среднем составили 0,8–1,3 °С. Адвективные изменения были незначительны, но преобла-

дал перенос более теплых водных масс, что способствовало повышению температуры воды.

Таблица I
Изменения температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) на поверхности

Номер точки	Δt_{ϕ}	Δt_{θ}	Номер точки	Δt_{ϕ}	Δt_{θ}
За период с I-5 по II-15 июля 1983 г.					
I	+2,0	+2,4	I2	+0,2	0,0
2	+3,0	+1,6	I3	+2,0	+2,4
3	+4,7	-0,8	I4	0,0	+0,8
4	+1,0	-0,7	I5	-1,2	-0,7
5	+1,8	+0,9	I6	+1,3	+0,3
6	+3,6	+1,0	I7	-0,8	-0,1
7	+3,0	+1,4	I8	+4,3	+2,6
8	+5,5	+3,4	I9	+2,0	+2,0
9	-1,1	-2,1	20	+1,2	+1,9
10	+0,4	+1,4	21	+1,5	+2,0
II	+1,5	-1,0	22	+0,2	+1,6
За период с I6-20 по 26-31 июля 1983 г.					
I	-1,0	-0,5	I2	-4,3	+0,5
2	-4,0	-2,4	I3	+4,0	+5,0
3	-3,0	-2,4	I4	+1,0	+1,8
4	0,0	+1,0	I5	0,0	+1,8
5	+1,3	+2,7	I6	-0,2	+1,5
6	+2,9	+2,4	I7	+0,5	-0,2
7	+1,0	+0,1	I8	+1,6	+2,0
8	-1,0	+0,4	I9	+1,0	+0,9
9	-1,0	+1,7	20	+0,4	+1,0
10	+2,5	+2,0	21	+2,0	+1,5
II	-1,0	+0,9	22	+4,4	+3,6

За период с I6-20 по 26-31 июля в северо-западной части рассматриваемого района наблюдалось значительное понижение температуры воды. При этом также отмечалось хорошее соответствие между вычисленными и фактическими изменениями температуры (табл. I). В отличие от предыдущего периода над северо-западной частью акватории располагался глубокий малоподвижный циклон. Преобладали северо-западные и северные ветры, что способствовало поступлению более холодной воздушной массы. Температура воздуха за этот период пони-

зилась на 2-4 °С. Повышение скорости ветра привело к усилению дрейфовых течений. Расчетные скорости дрейфовых течений составляли 30-40 см/с, что способствовало поступлению в этот район водных масс с более низкой температурой воды. Локальные изменения за счет потоков тепла через поверхность были незначительны и не превышали 1,0 °С. В результате в этом районе произошло значительное понижение температуры воды.

Средняя оправдываемость прогнозов температуры воды за летний период составила 78 %, а в отдельные пятidineвки достигала 90 %. Минимальная оправдываемость была 54 %, т.е. не превышала оправдываемости инерционных прогнозов (табл.2).

Таблица 2

Оправдываемость методических и инерционных прогнозов температуры воды в летний период 1983 г.

Период прогнози- рования	Оправдываемость прогнозов, %		Период прогнози- рования	Оправдываемость прогнозов, %	
	методичес- ких	инерцион- ных		методичес- ких	инер- ционных
II-15 У	77	80	01-05 УШ	86	81
II-15 УI	72	63	06-10 УШ	63	63
16-20 УI	54	54	11-15 УШ	87	70
11-15 УI	77	68	16-20 УШ	77	72
16-20 УП	81	59	21-25 УШ	86	82
21-25 УП	86	72	26-31 УШ	82	63
26-31 УП	90	68	Среднее	78	70

Следует отметить, что хорошее соответствие между фактически-ми и вычисленными изменениями температуры воды отмечается в тех случаях, когда в течение прогнозируемого периода характер атмосферных процессов устойчив. В тех же случаях, когда изменчивость процессов существенна, прогнозирование температуры воды затруднительно. В этом случае улучшение результатов можно достигнуть путем учета информации о поле атмосферного давления за более короткие промежутки времени, например за каждые шесть часов. Кроме того, на изменения температуры воды оказывают влияние геострофические течения, учет которых также может улучшить результаты прогнозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А б у з я р о в З.К. Прогноз толщины слоя ветрового перемешивания. - Труды Гидрометцентра СССР, 1975, вып.161, с.55-63.

2. Барышевская Г.И., Биллев А.Б., Вильданова М.И. Прогнозирование температуры воды в Атлантическом океане на судах погоды. - Труды Гидрометцентра СССР, 1973, вып.127, с.95-99.

3. Глаголева М.Г. Расчет адвективных изменений температуры воды. - Труды Гидрометцентра СССР, 1980, вып.229, с.57-62.

4. Скриптунова Л.И. Прогноз средней пятидневной температуры воды на поверхности Северной Атлантики в теплую часть года. - Труды Гидрометцентра СССР, 1979, вып.124, с.87-94.

5. Скриптунова Л.И. Влияние термических и динамических факторов на изменения температуры воды в океане. - Труды Гидрометцентра СССР, 1980, вып.229, с.63-68.

6. Тютнев Я.А. Упрощенный метод расчета теплового баланса поверхности моря. - Метеорология и гидрология, 1961, № 2, с.36-40.