

В. Б. ШТОКМАН

**ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АТЛАНТИЧЕСКИХ ВОД
В ПОЛЯРНОМ БАССЕЙНЕ**

(Представлено академиком П. П. Ширшовым 2 VI 1944)

Четыре года назад я пытался теоретическим путем предугадать особенности температурного поля в направлении движения Атлантических вод, распространяющихся среди более холодных водных масс арктических морей и Полярного бассейна (1).

Я исходил при этом из следующих предположений и упрощающих допущений: 1) температурное поле в направлении движения Атлантических вод стационарно и определяется перемешиванием (неизменной интенсивности) и адвективным переносом тепла; 2) скорость движения Атлантических вод, так же как и подстилающих их полярных водных масс, одна и та же, как по величине, так и по направлению; 3) на поверхности полярного океана (или моря), обычно покрытой льдом, температура постоянна (температура замерзания); 4) в направлении движения глубина моря неизменна; 5) на дне имеет место тепловая изоляция (вертикальный поток тепла равен нулю); 6) предполагается известным распределение температуры на некоторой «начальной» вертикали.

При этих условиях нетрудно получить решение дифференциального уравнения:

$$k \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} - u \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

которым описывается двумерное стационарное температурное поле по направлению движения Атлантических вод. Решение уравнения (1) имеет вид:

$$\vartheta = \vartheta_0 + \frac{2}{h} \sum_{n=0}^{\infty} e^{-\frac{k}{u} \left[\frac{(2n+1)\pi}{2h} \right]^2 x} \sin \frac{(2n+1)\pi z}{2h} \int_0^h \vartheta(z) \sin \frac{(2n+1)\pi z}{2h} dz. \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) через ϑ обозначена температура, u — постоянная величина скорости течения в направлении горизонтальной оси x , k — постоянная величина коэффициента турбулентного перемешивания, h — глубина моря, $\vartheta(z)$ — функция, описывающая вертикальное распределение температуры на некоторой начальной вертикали ($x=0$).

Преследуя в свое время лишь цель построения теоретической модели температурного поля, я выбрал такой условный закон начального распределения температуры:

$$\vartheta(z) = 10(e^{-z} - e^{-2z}).$$

Эта функция достаточно хорошо описывает основные черты вертикального распределения температуры в области втекания Атлантических вод в Полярный бассейн (к северу от Шпицбергена). Модель температурного поля, соответствующая некоторым условным значениям k , u , z и x , изображена на рис. 1. На рис. 2 изображены кривые вертикального распределения температуры на вертикалях: I $x=0$, II $x=0,25$ и III $x=0,0375$, согласно данным рис. 1.

Рассматривая рис. 1 и 2, нетрудно подметить типичные особен-

ности предполагаемого мною температурного поля в направлении движения Атлантических вод. Эти особенности заключаются в том, что по мере продвижения Атлантических вод в глубь Полярного

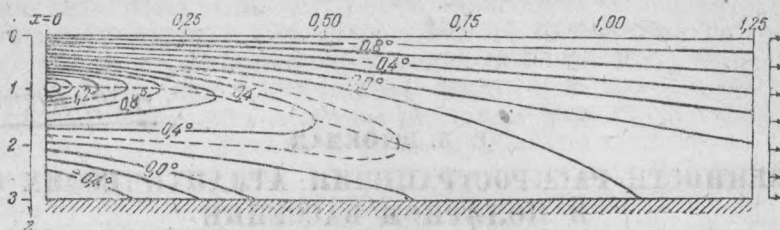


Рис. 1

бассейна максимум температуры постепенно сдвигается вниз. Кроме того, по мере удаления от начальной вертикали, вместе с уменьшением температуры ядра Атлантических вод, температура в придон-

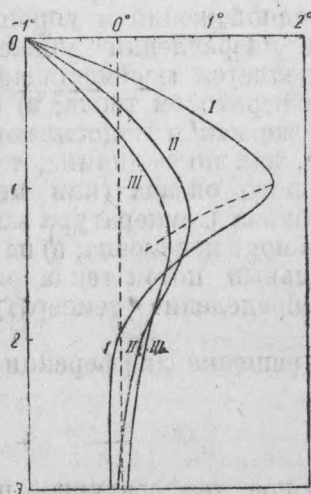


Рис. 2

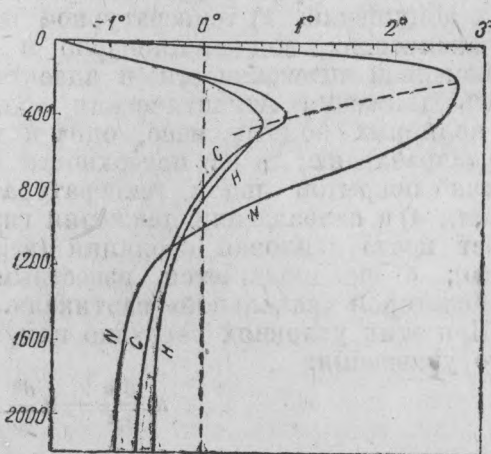


Рис. 3

ных слоях увеличивается. Как видно из рис. 1, повышение температуры в придонных слоях достигает максимума на некотором расстоянии от начальной вертикали, после чего следует падение температуры до тех пор, пока Атлантическая вода окончательно не «растворится» в окружающих ее более холодных водах Полярного бассейна.

Четыре года назад я не располагал данными, которые могли бы подтвердить или опровергнуть предсказываемые особенности в распространении Атлантических вод. Однако после того, как гидрологические наблюдения, проводившиеся в течение дрейфа «Седова», были обработаны, а в 1941 г. были осуществлены на самолете Н-169 измерения температуры в районе «Полюса недоступности», такая проверка оказалась возможной. С этой целью я сопоставил вертикальное распределение температуры в трех достаточно удаленных друг от друга точках, расположенных примерно в направлении движения Атлантических вод и соответствующих станциям: № 2 «Nautilus», обозначаемой буквой N с координатами $\varphi = 81^\circ 59' N$, $\lambda = 17^\circ 30' E$; № 7 «Седов», обозначаемой «С», с координатами $\varphi = 85^\circ 03' N$, $\lambda = 131^\circ 48' E$; и № 1 самолета Н-169, обозначаемой «Н», с координатами $\varphi = 81^\circ 38' N$, $\lambda = 179^\circ 02' W$. На рис. 3 изображены кривые вертикального распределения температуры на указанных станциях, а на рис. 4 — изотермы в плоскости избранного разреза.

Сопоставляя рис. 3 и 4 с рис. 1 и 2, мы видим, что наблюдаемое в действительности распределение температуры по направлению движения Атлантических вод обладает всеми характерными особенностями построенной мною ранее теоретической схемы явления. Так, например, на рис. 3, так же как и на рис. 2, температура в нижних слоях разреза (1100—2200 м) закономерно повышается по мере удаления от начальной вертикали (станция N), в противоположность уменьшению абсолютной величины максимума температуры в верхних

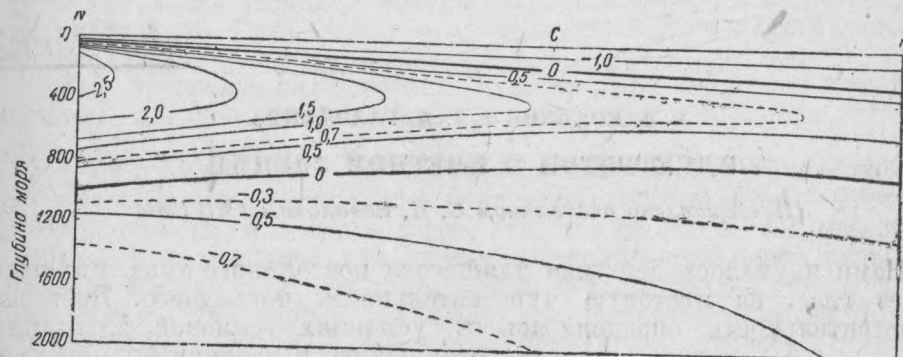


Рис. 4

слоях. При всем том положение максимума температуры постоянно сдвигается вниз, что также согласуется с полученными ранее результатами. В то же время распределение изотерм на рис. 4 весьма близко напоминает схему на рис. 1 в пределах от $x=0$ до $x=0,25$.

Таким образом наблюдения не только хорошо подтверждают правильность наших теоретических предсказаний*, но, с другой стороны, замечательные особенности распространения Атлантических вод в Полярном бассейне, обнаруживаемые путем наблюдений, получают свое теоретическое объяснение. Сопоставление рис. 1 и 4 убеждает нас также и в том, что глубинные воды Полярного бассейна, попадающие туда, согласно гипотезе Нансена, из Гренландского моря, движутся вместе с Атлантической водой примерно в одном направлении. Следует также подчеркнуть, что наблюдаемое в действительности опускание максимума температуры Атлантических вод может не являться — как предполагали ранее — результатом динамического погружения Атлантической прослойки, а представлять собой эффект вертикального перемешивания.

Разумеется, что при сопоставлении рис. 1, 2, 3 и 4 нельзя ожидать количественного их соответствия не только потому, что теоретическая схема явления была построена в условных единицах, но также и потому, что при построении ее не были учтены такие обстоятельства, как изменение коэффициента перемешивания и скорости течения. Учет их, принципиально не изменяя общей картины явления, позволит перейти от схемы процесса к детальному расчету температурного поля в направлении движения Атлантических вод, что будет сделано в другом месте.

Лаборатория океанологии
Академии Наук СССР

Поступило
2 VI 1944

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ В. Б. Штокман, Проблемы Арктики, 12 (1940).

* Теоретическую схему явления подтверждают также и результаты, сообщенные академиком П. Д. Ширшовым.