

УДК 551.465.4(267)

О ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД В РАЙОНЕ
ОСТРОВОВ КЕРГЕЛЕН В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Н.П.Помазанова, Н.А.Рябчикова

До сих пор в известной нам литературе мы не нашли данных о характере и интенсивности вертикальной циркуляции вод в районе о-вов Кергелен. По сведениям, взятым из Атласа Антарктики (1966), при зимнем зональном типе синоптических процессов характерно опускание вод на всех участках района и лишь при летнем зональном типе — подъем вод южнее островов.

В предлагаемой работе сделана попытка оценить вертикальную составляющую скорости дрейфового течения для некоторых определенных полей ветра.

Вертикальную составляющую скорости течения на нижней границе слоя трения W_h (вертикальная скорость здесь максимальна) вычисляли по формуле, взятой из работы К.А.Чекотилло (1966):

$$W_h = -\frac{1}{\bar{\rho}f} (\text{rot}_z \tau + \frac{\beta}{f} \tau_x), \quad (1)$$

где

- h — глубина трения по Экману;
 $\bar{\rho}$ — плотность воды в поверхностном слое, равная единице;
 $f = 2\omega \sin \varphi$ — параметр Кориолиса;
 $\beta = \frac{\delta f}{\delta y}$ — параметр Россби, учитывающий изменение параметра Кориолиса с широтой;
 $\text{rot}_z \tau, \tau_x$ — завихренность и зональная составляющая тангенциального напряжения ветра соответственно.

Оси x и y направлены соответственно на восток и север, а ось z - вниз, к центру Земли.

Основой для расчета тангенциального напряжения ветра послужили материалы наблюдений за ветром, атмосферным давлением, температурой воды и воздуха трех экспедиций, проведенных на НПС "Кара-Даг" осенью (в мае) 1973 г. и зимой (в июле-августе) 1971 и 1973 гг. Наблюдения проводили в районе, ограниченном $46-51^{\circ}$ ю.ш. и $67^{\circ}00'-72^{\circ}30'$ в.д. Данные метеорологических наблюдений разносили по полуградусным трапециям и осредняли, причем предварительно отбирали случаи устойчивого преобладающего ветра в каждом периоде.

Тангенциальное напряжение ветра вычисляли для центров 79 полуградусных трапеций и шести трапеций $15'$ широты x и 1° долготы (вблизи северных и южных берегов островов) по формулам

$$\tau_x = C \rho R_x^2 \text{ и } \tau_y = C \rho R_y^2, \quad (2)$$

где τ_x, τ_y - зональная и меридиональная составляющие тангенциального напряжения ветра;

C - коэффициент трения;

ρ - плотность воздуха;

$R_x R_y$ - зональная и меридиональная составляющие преобладающего ветра.

Коэффициент трения C , зависящий от состояния атмосферы, с учетом больших значений модуля ветра в исследуемом районе принимали равным $2,6 \cdot 10^{-3}$ (Нейман, 1973). Плотность воздуха для каждой трапеции вычисляли по методике А.И.Соркиной (1958).

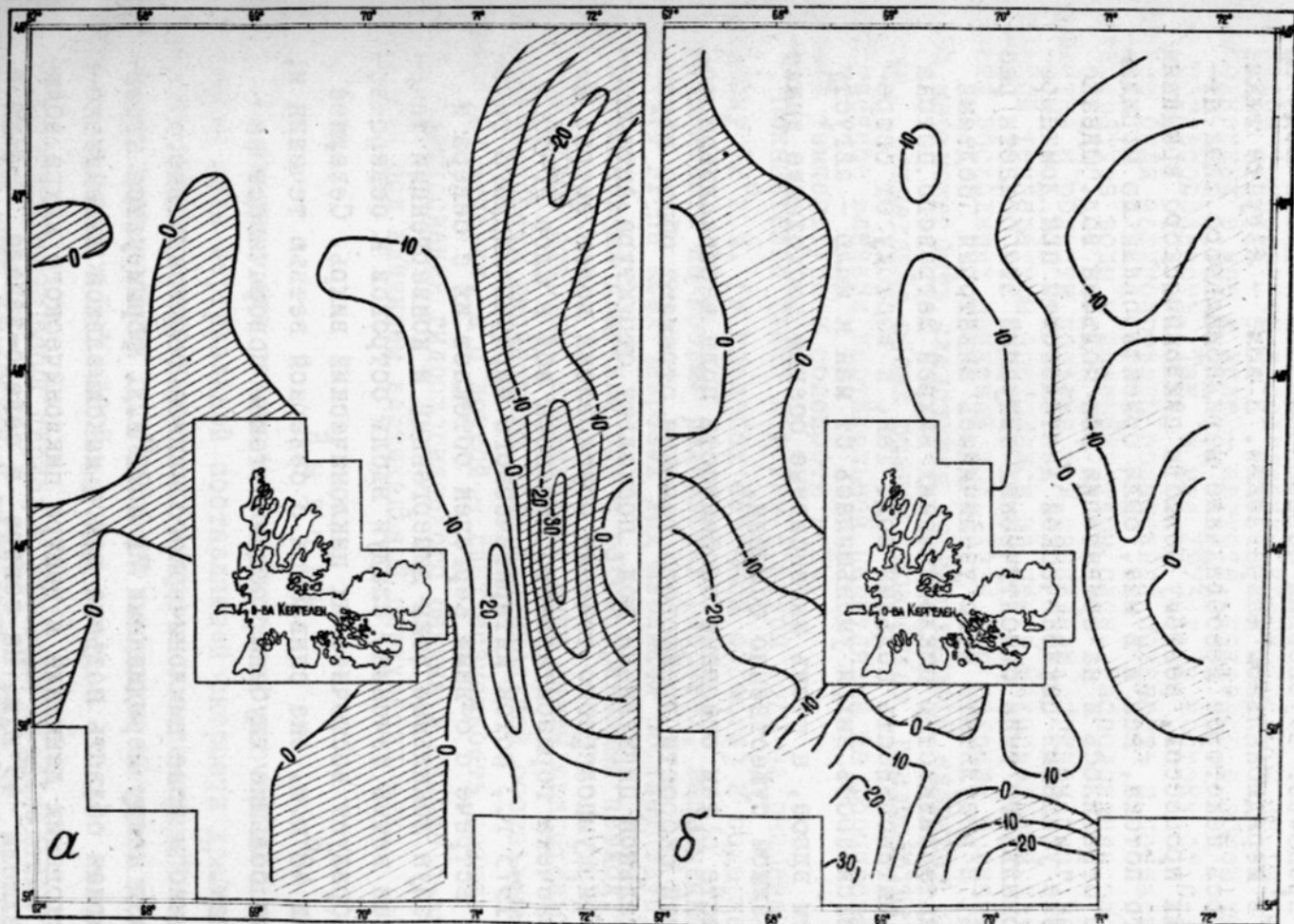
Расчет по формуле (1) выполняли методами численного дифференцирования, а полученные величины вертикальной составляющей скорости дрейфового течения относили к центрам трапеций.

На рисунке даны результаты расчета для двух определенных полей ветра. В мае 1973 г. атмосферные процессы в Антарктическом секторе Индийского океана характеризовались резко выраженной меридиональностью: зональное ветровое поле часто нарушалось меридионально направленными барическими образованиями. В июле - августе 1971 и 1973 г. наблюдались зональный и меридиональный типы процессов с преобладанием последнего. Количество циклонов в районе о-вов Кергелен в июле - августе

было заметно больше, чем в мае. В мае преобладали северные и северо-восточные ветры, скорость которых составляла 10-16 м/сек; в июле - августе - западные и северо-западные ветры со скоростью 11-18 м/сек.

Области подъема и опускания вод в рассмотренные периоды чередуются и вытянуты в меридиональном направлении. К востоку и северо-востоку от о-вов Кергелен формируется квазистационарная область подъема вод с максимальной интенсивностью восходящих движений (до $20-30 \cdot 10^{-3}$ см/сек) в мае. К западу и югу от этой области существует обширная зона опускания вод, пересекающая исследуемый район с северо-запада на юго-восток. Однако в июле - августе площадь ее несколько сокращается за счет расширения зон, занятых подъемом вод, а интенсивность нисходящих движений на восточном шельфе островов (в мае она составляет $20 \cdot 10^{-3}$ см/сек) значительно уменьшается. В северо-западной и западной частях района знак вертикальной составляющей скорости течения меняется от мая к июлю-августу. Если осенью на большей акватории преобладает опускание вод, то в зимние месяцы на многих участках опускание вод сменяется подъемом, в результате чего образуется обширная область подъема вод. Интенсивность восходящих движений увеличивается до максимальных значений ($20 \cdot 10^{-3}$ см/сек) к западу от о-вов Кергелен. Для южной части района характерна несколько большая стабильность направления вертикальных движений вод. Изменения от осени к зиме, когда на некоторых участках подъем вод сменяется опусканием, а опускание вод - подъемом, прослеживается главным образом в прибрежной зоне. К югу от параллели примерно 50° ю.ш. и в мае, и в июле - августе располагаются две зоны с разнонаправленным вертикальным движением вод. Сезонные изменения проявляются здесь в возрастании зимней интенсивности вертикальной циркуляции до $20-30 \cdot 10^{-3}$ см/сек.

Исходя из формулы (1), поле вертикальной составляющей скорости дрейфового течения на глубине трения (равной в осенне-зимний период 90-170 м) определяется прежде всего завихренностью ветрового поля.



Распределение вертикальных составляющих скорости дрейфового течения на нижней границе слоя трения ($\cdot 10^3$ см/сек) в мае (а) и июле - августе (б). Области подъема вод заштрихованы

Формирующиеся в исследованном районе вихри тангенциального напряжения ветра циклонического вращения, под влиянием которых в водной толще образуются области восходящих движений вод, в мае благодаря преобладанию меридионального типа атмосферных процессов обусловили образование зон подъема вод, вытянутых в меридиональном направлении. В июле — августе также наблюдалось некоторое преобладание меридионального типа атмосферных процессов, поэтому области циклонического вращения ветрового потока, как и в мае, были ориентированы по меридианам. Это отразилось и на ориентации зон подъема вод. Однако вследствие усиления циклонической деятельности при доминировании зонального типа синоптических ситуаций эти области расширились, в результате чего увеличилась акватория подъема вод. С интенсивностью циклонических вихрей ветрового потока связана интенсивность подъема вод. Так, к востоку от островов интенсивность вихря уменьшилась от мая к июлю — августу более чем вдвое, а очень интенсивные осенью восходящие движения вод зимой существенно ослабли.

Вместе с тем основные особенности поля вертикальной составляющей скорости дрейфового течения отражают общие черты горизонтальной циркуляции вод, поскольку структура Антарктического циркумполярного течения обусловлена полем ветра. По данным расчета горизонтального переноса вод в слое 20–30 м для мая 1973 г., поток Антарктического циркумполярного течения при встрече с о-вами Кергелен обтекает их с севера и юга, образуя локальные зоны дивергенции и конвергенции течений. Южная ветвь течения, следуя вдоль островов к северо-востоку, образует восточнее их циклонический вихрь. Севернее параллели 48° ю.ш. она сливается с северной ветвью течения и, выходя на большие глубины, общим потоком поворачивает на юго-восток.

Именно в зоне циклонического изгиба горизонтального потока вод между меридианами 71 и 72° в.д. формируется квазистационарная область подъема вод с максимальной интенсивностью восходящих движений в центре циклонического вихря вблизи параллели 49° ю.ш. На севере и северо-западе шельфа в мае зонам антициклонических изгибов течений и конвергенции потоков соответствуют зоны опускания вод. Такое же соответствие отмечается и на других участках.

Насколько достоверно расчетное поле вертикальной состав-

лящей скорости течения, можно судить лишь по косвенным признакам, в частности по распределению океанографических характеристик.

Сопоставление результатов расчета с горизонтальным распределением температуры и солености воды на разных горизонтах, с ходом температуры и содержания кремнекислоты на разрезах, выполненных в мае и июле - августе, показало в общем хорошую их согласованность. Так, в мае 1973 г. к востоку от о-вов Кергелен были зафиксированы повышенная соленость и пониженная температура воды в поверхностном слое. Расположение этого участка и области подъема вод совпадали, причем очаг наиболее низкой температуры приходился на центр максимальной интенсивности восходящих движений вод. Хотя это явление в значительной мере может быть следствием горизонтальной адвекции свойств воды, совпадение обоих очагов позволяет предполагать существенное влияние вертикальной циркуляции на формирование полей температуры и солености воды.

Показателен также ход температуры воды на разрезе по меридиану 72° в.д. (в пределах сеточной области) и содержания кремнекислоты на восьми радиальных разрезах, выполненных в мае 1973 г. На всех разрезах ход изолиний соответствует знаку вертикальных движений вод в рассматриваемый период.

С одной стороны, приведенные выше факты свидетельствуют о достоверности расчетного поля вертикальной составляющей скорости течения, а с другой - дают возможность понять механизм формирования гидрологического режима в районе о-вов Кергелен под влиянием вертикальной циркуляции вод.

В ы в о д ы

1. Впервые для района о-вов Кергелен расчетным методом получены поля вертикальной составляющей скорости дрейфового течения при определенных полях ветра в осенне-зимний период. Значения вертикальной составляющей скорости течения колеблются в пределах $1-30 \cdot 10^{-3}$ см/сек.

2. В осенне-зимний период в условиях преобладания меридионального типа атмосферных процессов формируются меридионально направленные области подъема вод к западу и востоку от о-вов Кергелен и область опускания между ними. В южной части района наблюдается чередование зон подъема и опускания вод.

3. Осенью (в мае) при северных и северо-восточных ветрах (10-16 м/сек) наиболее интенсивен подъем вод в восточной части района, зимой (в июле—августе) при западных и северо-западных ветрах (11-18 м/сек) — в западной и южной частях.

4. Области подъема вод и интенсивность восходящих движений обусловлены главным образом особенностями атмосферной циркуляции, но отчасти и спецификой горизонтальной циркуляции вод, выражающейся в образовании квазистационарной области подъема вод в восточной части шельфа.

Л и т е р а т у р а

- А т л а с А н т а р к т и к и. Т. I, М.-Л., ГУГК, 1966, 225 с.
- Н е й м а н Г. Океанские течения. Л., Гидрометеоиздат, 1973, 257 с.
- С о р к и н а А.И. Построение карт ветровых полей для морей и океанов. — "Труды ГОИН", 1958, вып.44, с.6-74.
- Ч е к о т и л л о К.А. Вертикальные движения вод в океане. Сер."Результаты исследований по международным геофизическим проектам. Океанология, № 17", М., "Наука", 1966, 76 с.