

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР
ЧЕРНОМОРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

ПРОВ 2010

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА И ЧЕРНОГО МОРЯ

УДК. 551.465.15

N 26DD-687 от 15.04.87г.

С.Г.Богуславский, Л.А.Ковешников, Ф.А.Исаев

ТРАНСФОРМАЦИЯ НИЖНЕБОСФОРСКИХ ВОД В ЧЕРНОМ МОРЕ

Большинство исследователей разделяют всю толщу вод Черного моря на поверхностную и глубинную водные массы. Существуют и другие, более детальные схемы вертикального строения вод этого моря / 1 /. К поверхностной водной массе относят деятельный слой, в пределах которого осуществляется вертикальная зимняя конвекция, и холодную промежуточную прослойку, воды которой ежегодно пополняются в зимний сезон. К глубинной водной массе отнесем всю толщу вод ниже галоклина. Глубинная черноморская вода формируется в прибосфорском районе в процессе примешивания черноморской воды к водам нижнебосфорского течения. Расходы верхне- и нижнебосфорского течений и их изменения зависят в основном от уровня моря и составляют в среднем 350 - 360 и 174 км³/год соответственно. Средняя соленость проникающей в Черное море нижнебосфорской воды 33-35 ‰, температура 14,5-15,0 °С летом и 12,5-13,0 °С зимой. Средняя соленость верхнебосфорского течения 18,2 ‰, температура 19,2 °С летом и 6,5 - 7,0 °С - зимой / 2 /.

Естественно, что от года к году и в течение годового цикла изменяются как расход нижнебосфорского течения, так и его T, S - характеристики. Вблизи пролива на горизонте 50 м (глубина порога в проливе около 45 м) в течение года температура черноморской воды изменяется от 6,5 до 8,3 °С, а соленость от 18,2 до 18,6 ‰. От пролива до границы шельфа воды средиземноморского происхождения, как более плотные, распространяются вдоль дна, сообразуясь с рельефом и схемой течений прибосфорского

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 160-ден.

© ФИЗИКА, 1987 г.

района. Процесс трансформации этих вод вплоть до свала глубин рассмотрен в работе / 2 /.

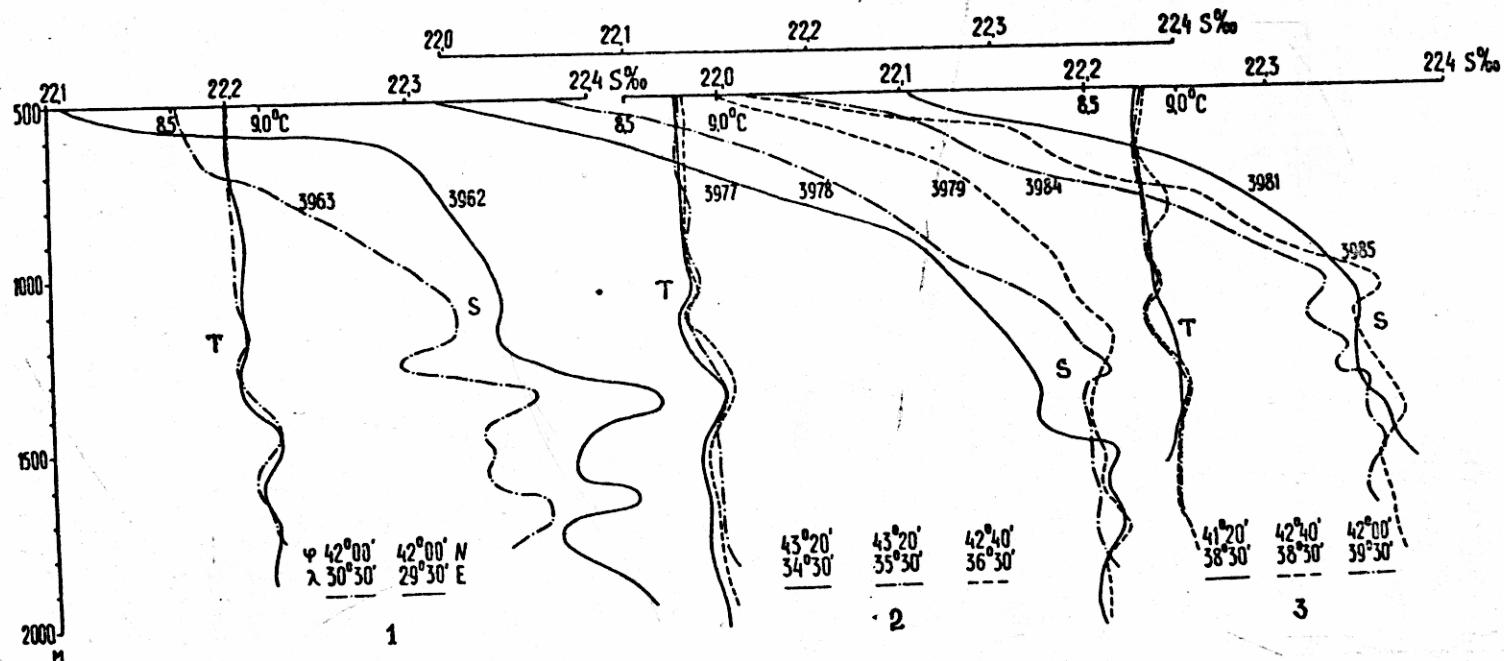
В настоящей статье излагаются результаты экспедиционных исследований дальнейшей трансформации вод, содержащих средне-морскую компоненту, при их распространении по глубоководной акватории моря. Для изучения этого явления МГИ АН УССР в течение ряда лет проводил специальные экспедиции.

В июле-августе 1978 года в 35-ом рейсе НИС "Михаил Ломоносов" проведена гидрологическая съемка всей глубоководной акватории Черного моря. На 37 станциях выполнены определения температуры и солености с помощью серий батометров и на 50 станциях - зондирования с помощью комплекса "Исток". Впервые в истории исследования Черного моря от галоклина до дна отсчеты температуры и отборы проб на соленость осуществлялись через каждые 100 м. Для повышения надежности измерений температуры к батометрам крепились дополнительные пары термометров.

В ноябре-декабре 1980 года в 25-ом рейсе НИС "Академик Вернадский" по аналогичной методике проведены исследования на 54 станциях. В весенне-летний период в 27-ом рейсе НИС "Академик Вернадский" проведена съемка восточной части моря на 36 станциях, а осенью в 28-ом рейсе этого судна - на 45 станциях. Летом 1984 года по той же методике проведены исследования всей глубоководной акватории на 77 станциях в 29-ом рейсе НИС "Академик Вернадский", а осенью - на 57 станциях в 43-ем рейсе НИС "Михаил Ломоносов". Для измерения скорости глубинных течений в упомянутых экспедициях производились постановки АБС с самописцами течений.

Измерения полей температуры и солености на учащенных горизонтах позволили обнаружить инверсии T, S -характеристик глубинной водной массы, приуроченные к некоторым общим слоям на большей части акватории. Максимальные расходи нижнебосфорского течения соответствуют минимальному уровню моря и наблюдаются осенью. К концу этого сезона была приурочена экспедиция 28-го рейса НИС "Академик Вернадский". По материалам этой экспедиции построены вертикальные кривые солености и потенциальной температуры для юго-западной, средней и юго-восточной частей моря (см. рис.).

Максимумы температуры T и солёности S вод средиземноморского происхождения в западной (1), средней (2) и восточной частях Черного моря



В прибофорском районе, в средней и юго-восточной частях моря прослеживается вертикальная слоистая мезоструктура полей температуры и солености в виде инверсий, нарушающих монотонное изменение T, S -характеристик с глубиной. На севере и северо-востоке моря такие инверсии не обнаружены. Наиболее четко "языки" нижебофорского происхождения прослеживаются в слое от 1400 до 1600 м. При этом температура в ядре слоя превышает окружающую на $0,2^{\circ}\text{C}$, а соленость - на $0,06\text{‰}$ на юго-западе моря и на $0,1^{\circ}\text{C}$ и $0,03\text{‰}$, соответственно, на юго-востоке моря. Слои с примесью нижебофорской компоненты наблюдаются и на других глубинах. Ядро одного из них соответствует горизонту 1200 м, а второго - 1700-1800 м. Поскольку измерения температуры и солености производились независимыми методами, максимумы температуры и солености совпадают по глубине, то факт растекания воды средиземноморского происхождения по горизонтам соответствующей ей плотности не вызывает сомнений.

Летом 1984 года (29-ый рейс НИС "Академик Вернадский") обнаружены подобные инверсии T и S к югу от 43°с.ш. вдоль основной струи Анатолийского течения от 30 до 40°в.д. В прибофорском районе упомянутые аномалии потенциальной температуры достигают $0,1^{\circ}\text{C}$ и уменьшаются до $0,04^{\circ}\text{C}$ на востоке моря. К северу от 43°с.ш. инверсии T и S не обнаружены. Лишь на 2-х станциях, расположенных вблизи меридиана м.Сарыч, отмечены признаки температурных аномалий. Глубины залегания "языков" трансформированных нижебофорских вод летом также приурочены к горизонтам 1200, 1400 и 1600 м.

Распространение вод средиземноморского происхождения вдоль дна черноморской впадины можно проследить по карте придонной солености, приведенной в работе / 3 /. Оконтуренная изогалиной $22,4\text{‰}$ полоса вод повышенной солености прослеживается от Босфора на северо-восток до материкового склона Крымского полуострова. Два небольших очага с соленостью, большей $22,4\text{‰}$, отмечаются и в восточной половине моря. Они свидетельствуют о спорадическом проникновении трансформированных нижебофорских вод в придонный слой и восточной части моря / 3 /.

По убыванию аномалий температуры ΔT или солёности ΔS в направлении распространения "языков" нижнебосфорских вод можно оценить порядок величины коэффициента вертикальной турбулентной диффузии K_z . Ориентируем ось ox вдоль потока, скорость которого u . Чтобы свести до минимума влияние горизонтального обмена в направлении оси oy , т.е. перпендикулярно потоку, рассмотрим достаточно широкий поток. Перенос тепла в "языке" через единицу длины (по oy) площади, перпендикулярной потоку, в единицу времени будем считать мощностью периодического источника

$$Q = \frac{1}{2} q (1 + \cos \omega t),$$

где ω - угловая частота годовых колебаний. Численная величина температурной аномалии будет описываться решением уравнения диффузии

$$K_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - K_z \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - u \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{1}{2} q (1 - \cos \omega t) \delta(x) \delta(z),$$

где K_x - коэффициент горизонтальной диффузии, $\delta(x)$ - дельта функции Дирака. Упрощенное решение задачи можно записать в виде / 4 /

$$T(x, z, t) = \frac{q}{4\sqrt{ux\pi K_z}} \exp\left[-\frac{uz^2}{4xK_z}\right] \left[1 - \cos\left(\omega t - \frac{\omega}{u}x\right)\right] \quad (1)$$

здесь $q = \rho c \int_{z_1}^{z_2} \Delta T dz$, где c и ρ - соответственно теплоемкость и плотность, z_1 и z_2 - верхняя и нижняя границы "языка".

Полученное решение (1) используем для определения K_z в слое глубинной водной массы. При этом величина q определяется по данным наблюдений на поперечном разрезе течения при $x=0$. На втором разрезе при $x=l$, $t=\tau$ и $z=0$ определим из наблюдений амплитуду температурной аномалии и среднегодовое значение горизонтальной скорости u для данного горизонта исследуемого района.

Таблица

Величина K_z в области Анатолийского течения

Глубина м	Долгота восточная	K_z , $\text{см}^2/\text{с}$	K_z ср.	По работе /2/ K_z , $\text{см}^2/\text{с}$
250	-	1,6	1,7	1,6
		2,1		
300	-	2,0	2,2	2,5
		2,1		
		2,5		
350	-	2,2	2,5	3,0
		2,4		
		2,9		
500	35°30', -38°30'	3,8	3,8	4,73
		3,1		
		4,4		
600	35°00', -38°00'	4,8	4,9	8,1
650		5,0		

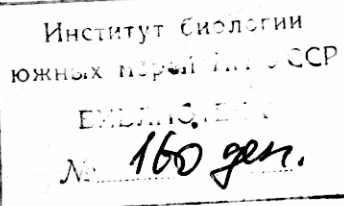
Таким путем с помощью формулы (1) были вычислены значения K_z для различных районов Анатолийского течения. Результаты расчетов приведены в таблице. Для сравнения в этой таблице даны величины K_z , вычисленные нами по среднему градиенту солености и потоку солей для западной глубоководной части моря в слое 250 - 350 м, а также результаты расчетов А.К.Богдановой, осредненные по всей акватории моря / 2 /.

Сопоставляя осредненные данные наших расчетов с определениями А.К.Богдановой, можно заметить, что полученные независимыми методами величины K_z удовлетворительно согласуются на всех горизонтах до глубины 600 м.

Отметим в заключение, что численные характеристики интенсивности вертикального турбулентного обмена приобретают в настоящее время важное значение в связи с проблемой прогноза и расчета динамики сероводородной зоны Черного моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новицкий В.П. Вертикальное строение водной толщи Черного моря. // Труды / Азово-Черноморский институт морского и рыбного хозяйства и океанографии. - М., 1964, - вып. 23. - С. 3-22.
2. Богданова А.К. Водосбег через Босфор и его роль в перемешивании вод Черного моря. // Труды / Севастопольская биологическая станция. - М., 1959. - 12. - С. 401-420.
3. Особенности гидрологического режима Черного моря // Основы биологической продуктивности Черного моря / Под ред. Грезе В.Н. - К.: Наук.думка, 1979. - Гл. 2. - С. 11-23.
4. Богуславский С.Г., Березовский А.А. Обобщение задач Робертса на случай периодического источника. - В кн.: Линейные краевые задачи математической физики. - К.: Наук.думка. 1973. - С. 69-75.



В печать

Тир.

Цена

80 коп

Зак.

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ

Люберцы, Октябрьский пр., 403