

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ДАРДАНЕЛЬСКИХ ВОД НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОД МРАМОРНОГО МОРЯ

С.Г. Демышев, С.В. Довгая

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: ocean@alpha.mhi.iuf.net

На основе численной нелинейной гидродинамической модели циркуляции вод Мраморного моря с учетом проливов проведены два прогностических эксперимента. В первом расчете предполагалась температура вод нижнедарданельского течения постоянной, во втором – учитывалась ее сезонная изменчивость. Проведено сопоставление температурных полей нижнего слоя бассейна для двух экспериментов.

Мраморное море связывает Средиземное и Черное моря, имеющие существенные физико-биологические отличия. Через него осуществляется транспорт соленых и теплых средиземноморских вод в Черное море и опресненных черноморских – в Средиземное. В связи с этим представляется важным изучение гидрофизических характеристик этого бассейна.

Численные эксперименты по моделированию гидрофизических полей Мраморного моря немногочисленны. В работе [1] представлена упрощенная боксовая модель Турецкой проливной системы, описывающая вертикальное распределение свойств вод моря. В [2] на основе численной нелинейной трехмерной модели, адаптированной к условиям Мраморного моря, получены основные закономерности гидрологической структуры вод бассейна. Данная работа посвящена исследованию влияния сезонного изменения температуры средиземноморских вод на температуру вод моря в слое 25-100 м.

В настоящей работе на основе численной нелинейной трехмерной модели [3] проведены два прогностических эксперимента по формированию циркуляции в Мраморном море под влиянием потоков импульса, соли и тепла через проливы. Численные расчеты проводились при раз-

решении по горизонтали по оси x – 3.66 км, по оси y – 2.5 км. По вертикали использовалось 18 горизонтов: 2.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 62.50, 75, 100, 150, 300, 500, 700, 900, 1100 м. Скорости в Босфоре и Дарданеллах задавались постоянными во времени из условия $650 \text{ км}^3/\text{год}$ в верхнебосфорском течении, $350 \text{ км}^3/\text{год}$ в нижнебосфорском, $830 \text{ км}^3/\text{год}$ в верхнем течении и $530 \text{ км}^3/\text{год}$ в нижнем в Дарданеллах [4]. При задании температуры в верхнебосфорском течении учитывалась сезонная изменчивость. Значения температуры, начиная с января, следующие: 11.2, 7., 7.1, 10.8, 14.3, 18., 22.1, 23.5, 20.3, 16.2, 15.3, 12.2°C. Соленость равнялась 21 %. В нижнем течении в Дарданеллах, согласно доступным данным измерений, соленость изменялась от 36 % до 38.68 % на глубинах 25-63 м. Рассматривались два варианта задания температуры входящих дарданельских вод. В варианте 1 температура была постоянной и равной 14.6°C [4]. В варианте 2 при задании температуры в нижнедарданельском течении учитывалась ее сезонная изменчивость. Температура принимала следующие значения на каждый месяц, начиная с первого [5]: 14.8, 14.4, 14., 13.8, 14.3, 15., 15.6, 16., 16.7, 16.3, 15.8, 15.0°C.

В качестве начальных полей для T и S задавались климатические поля температуры и солености, построенные на основе данных измерений, имеющихся в базе данных МГИ НАН Украины для 7-го месяца. Ниже 30 м все имеющиеся данные наблюдений на данном горизонте в этот сезон усреднялись, и начальная температура и соленость не зависели от горизонтальных координат. Уровень моря и горизонтальные скорости на начальный момент времени полагались равными нулю. Предполагалось также, что на поверхности моря потоки импульса, тепла и соли равны нулю. Время интегрирования уравнений модели составило 20 520 суток (≈ 56 лет).

Рассмотрим температурные поля на горизонтах 25-100 м в феврале, мае, августе и ноябре.

В феврале (рис.1) в первом варианте на глубине 30 м наибольшая температура достигается в северной части Мраморного моря, и она равняется 14.63°C (наименьшая $T=14.54^\circ\text{C}$ достигается в придарданельской области). В центральной и северной частях моря располагается область вод повышен-

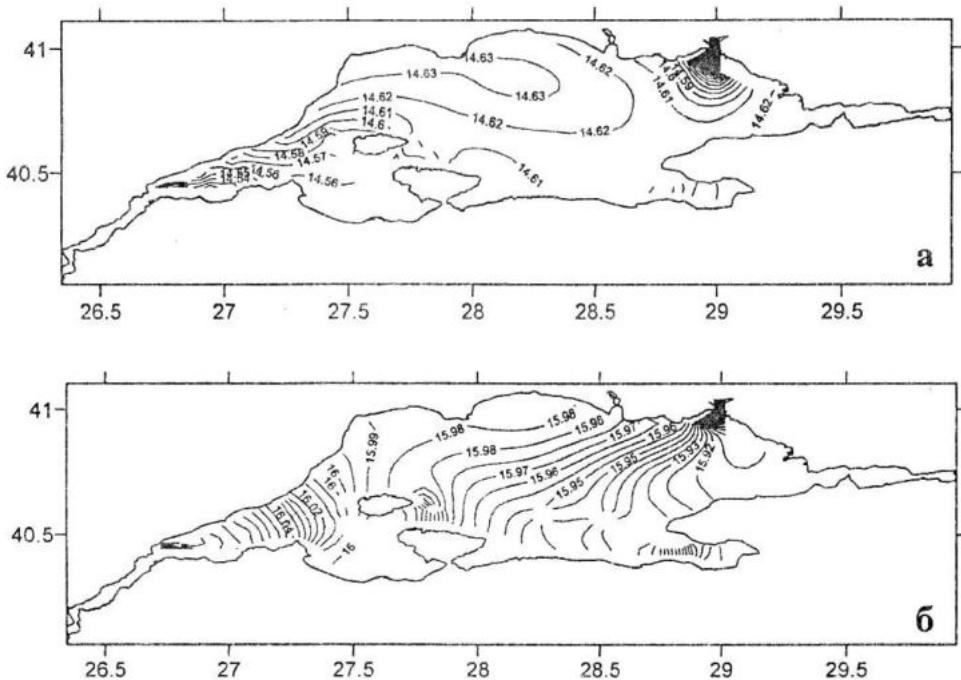


Рисунок 1 – Поле температуры в феврале на глубине 30 м:
а – 1-й вариант, б – 2-й вариант

ной температуры (рис.1а). Во втором варианте все море представляет собой фронтальную зону с уменьшением температуры в восточном направлении (рис.1б). Здесь наибольшая температура достигается в придарданельской области и равна 16.06°C, уменьшаясь к 15.92°C в прибосфорской области (наибольший градиент температуры наблюдается в этом районе). С увеличением глубины структура температурных полей в двух вариантах становится подобной. Так, например, на глубине 50 м температурное поле в центральной части моря для двух вариантов представляет собой фронтальную зону с увеличением температуры в восточном направлении. Однако для второго варианта температура воды в бассейне больше приблизительно на 1.5°C по всей площади бассейна.

Для мая месяца в варианте 1 (при $H=30$ м) наибольшая температура будет 14.62°C в придарданельском регионе, наименьшая (14.52°C) – в прибосфорском. В варианте 2 максимум температуры (16.02°C) наблюдается также в придарданельской области, а минимум (15.9°C) – в прибосфорской. Структура поля сходна со структурой поля первого варианта. На больших глубинах (40 м) как в 1-м так и во 2-м вариантах температура воды по всей пло-

щади моря увеличивается (соответственно на 0,07°C и 0,04°C). Однако в 1-м варианте минимум температуры будет в зоне входа вод в пролив Босфор, а во 2-м – в области центральной глубоководной депрессии. С дальнейшим увеличением глубины температура изменяется незначительно, мало отклоняясь от величины 14.6°C в первом случае и от величины 16°C – во втором.

Летом (месяц август) до глубины 75 м структура температурных полей в обоих вариантах подобна. Так на 30 м в центральной части моря располагаются более холодные чем в предпроливных районах воды, что по-видимому, обусловлено расположением здесь глубоководных депрессий. С дальнейшим увеличением глубины все море представляет собою фронтальную зону с уменьшением температуры в восточном направлении. Однако для $H=75$ м при учете сезонной изменчивости температуры входящих дарданельских вод изотермы ориентированы практически меридионально, в то время как в другом случае (при задании температуры входящих вод с пролива Дарданеллы постоянной) расположение изотерм близко к зональному направлению (рис.2). Также как и для ранее представленных сезонов, летом температура воды по всей площади моря на 1,4 -1,5°C меньше

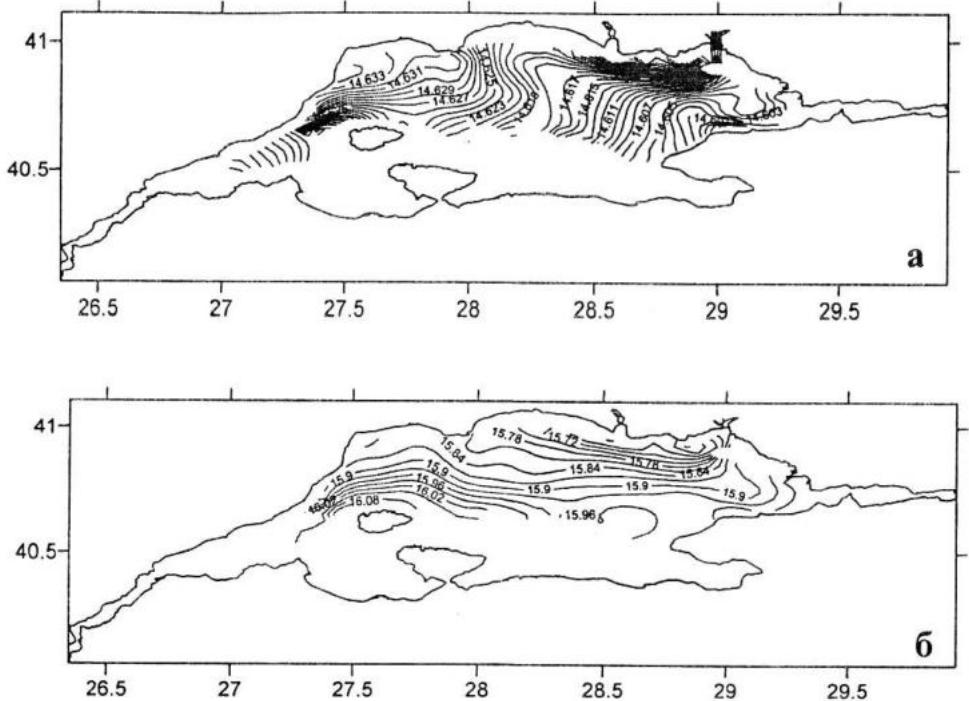


Рисунок 2 – Поле температуры в августе на глубине 75 м:
а – 1-й вариант, б – 2-й вариант

для 1-го варианта чем для 2-го.

В ноябре при $H=30$ м в первом варианте температура воды увеличивается от пролива Дарданеллы к проливу Босфор, принимая значения от $14,5^{\circ}\text{C}$ до $14,6^{\circ}\text{C}$. Тогда как для второго варианта характерно повышение температуры воды в обратном направлении – от пролива Босфор ($15,86^{\circ}\text{C}$) к проливу Дарданеллы (16°C). На глубинах от 40 до 63 м в двух вариантах максимальная температура наблюдается в центральной части бассейна, постепенно уменьшаясь в направлениях проливов. Также и для осеннего сезона воды бассейна в случае сезонного задания температуры входящих вод из Дарданеллы приблизительно на $1,5^{\circ}\text{C}$ теплее чем при задании температуры постоянной.

Таким образом, учет сезонной изменчивости температуры входящих вод через пролив Дарданеллы приводит к качественной перестройке структуры температурных полей в слое от 25 до 100 м и к повышению температуры моря на этих глубинах в среднем на 1.5°C .

ЛИТЕРАТУРА

- Surku T. Besiktepe, Emin Ozsoy, and Umit Unluata Filling of the Marmara Sea by the Dardanelles lower layer inflow // Deep-Sea Research. – 1993. – 40. – P. 1815–1838.
- С.Г. Демышев., С.В. Довгая Численный эксперимент по моделированию гидрофизических полей Мраморного моря с учетом проливов Босфор и Дарданеллы // Морской гидрофизический журнал. – 2007. – №3. – С. 28–42.
- С.Г. Демышев., Г.К. Коротаев Численная консервативная модель бароклинических течений в океане. В кн.:” Численное моделирование климата Мирового океана ”. М., ОВМ, 1986. – С. 60–79.
- Surku T.Besiktepe, Halil I.Sur, Emin Ozsoy at all The circulation and hydrography of the Marmara Sea // Prog.Oceanog. – 1994. – 34. – P. 285–334.
- T.S. Besiktepe Density currents in the two-layer flow: an example of Dardanelles outflow // Oceanol. Acta. – 2003. – 26. – P. 243–253.