

СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФРОНТОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ

Ю.В. Артамонов, М.В. Бабий,
Е.А. Скрипалева

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
e-mail: ocean@mhi2.sebastopol.ua

На основе спутниковых данных температуры поверхности Черного моря (ТПМ), осредненных за период с 1986 по 2002 гг., исследована сезонная изменчивость пространственного положения и интенсивности температурных фронтов Черного моря. Установлено, что характеристики фронтов подвержены значительным сезонным вариациям. Наблюдается резкое ослабление фронтов в летний период, вплоть до полного исчезновения некоторых из них. Показаны региональные особенности внутригодовой изменчивости фронтальной системы.

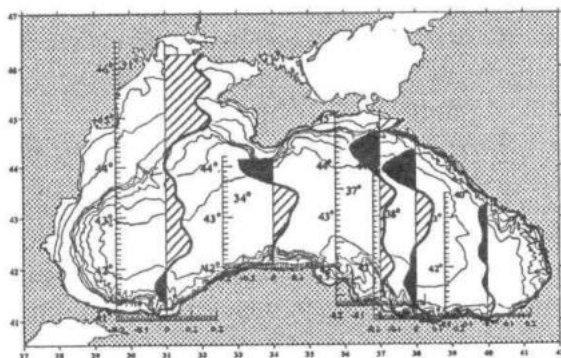
Введение. Традиционно океанографические исследования Черного моря посвящены изменчивости термохалинной и кинематической структуры вод на различных пространственно-временных масштабах на основе массивов гидрологических данных, полученных контактными методами [1-6]. Результаты этих исследований показывают, что границы между разными термохалинными структурами проявляются в виде фронтальных разделов, интенсивность и положение которых подвержены значительной сезонной изменчивости. Характеристики фронтальных разделов являются показателями интенсивности формирования водных масс и циркуляции вод. Исследованию фронтальных зон Мирового океана в настоящее время уделяется большое внимание. Вместе с тем фронтальная система Черного моря изучена слабо. До сих пор не существуют общепринятые названия климатических фронтов. В работе [7] приводятся среднемесячные карты градиентов температуры поверхности моря (ТПМ), однако с позиции фронтогенеза эти результаты не обсуждаются.

Цель настоящей работы – исследовать пространственное распределение температурных фронтальных зон на поверхности

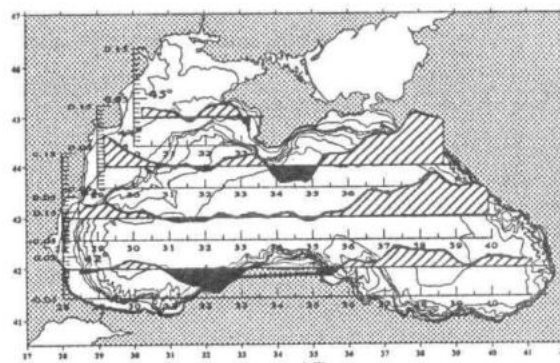
Черного моря и выявить основные закономерности их сезонного цикла на основе спутниковой информации.

Материалы и методика. В работе использован массив спутниковых измерений ТПМ за период с 1986 по 2002 гг. со среднемесячным осреднением в узлах сетки 18×18 км из архива *AVHRR Ocean Pathfinder Data JPL NOAA/NASA*. По этим данным были рассчитаны поля меридиональных (МГТ) и зональных (ЗГТ) градиентов ТПМ, осредненных по месяцам за 17 лет. Фронты выделялись по экстремумам МГТ и ЗГТ на их меридиональных и зональных профилях. Идентификация фронтов проводилась нами по диапазону температуры, соответствующему данному экстремуму, знакам меридионального и зонального градиентов и широтному или долготному положению экстремума. Названия фронтам давались в соответствии с их географическим положением. Положительное либо отрицательное значение МГТ (ЗГТ) во фронтальном разделе показывает повышение либо понижение температуры в направлении с севера на юг (с запада на восток). Предполагается, что в результате использования среднемесячных за 17 лет значений температуры мезомасштабные шумы и синоптическая изменчивость отфильтровываются и практически не проявляются в анализируемых полях. Для подавления остаточного шума профили МГТ и ЗГТ были дополнительно сглажены трехточечным фильтром.

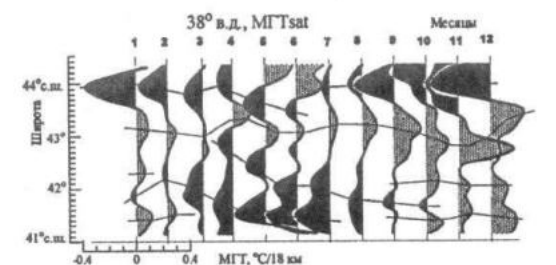
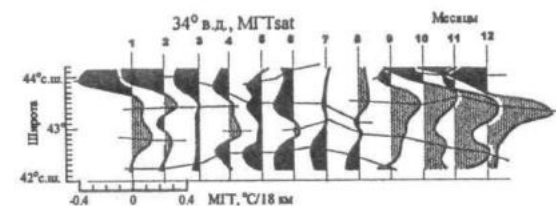
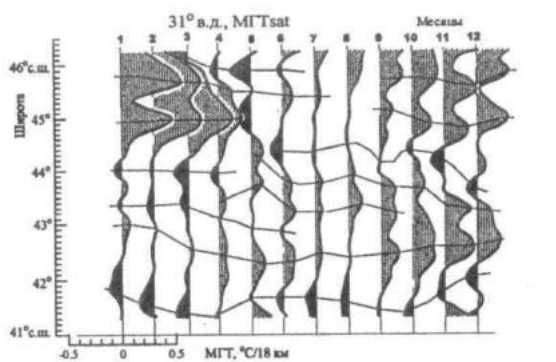
Анализ результатов. На среднегодовых меридиональных профилях выделяются следующие экстремумы МГТ (рис. 1а). В северо-западной части моря (31° в.д.) на мелководье прослеживаются три максимума положительных значений МГТ: у побережья, на 45° и $45^\circ 40'$ с.ш. Мы рассматриваем эти экстремумы, как отдельные ветви общего *Северо-западного фронтального раздела*. В районе 44° с.ш. над свалом глубин наблюдается минимум значений МГТ, южнее градиенты увеличиваются. Наблюдаются три максимума – два слабых и основной максимум в районе $42^\circ 30'$ с.ш. Этот максимум градиента располагается над глубоководной частью Черного моря. В данной работе мы условно называем его *Фронтом глубоководной части Черного моря*. Продолжение этого фронта прослеживается в центральной части моря (34° в.д.). Здесь он смещен на север к $43^\circ 30'$ с.ш. В восточной



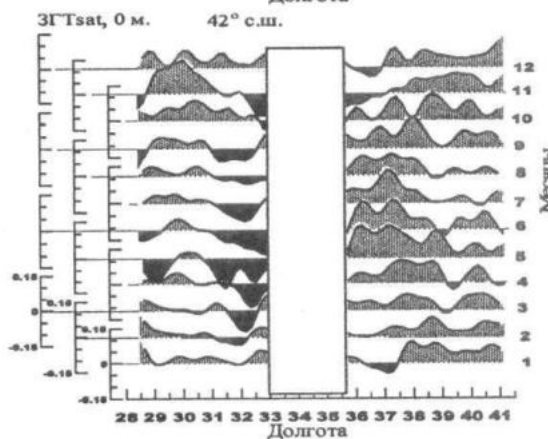
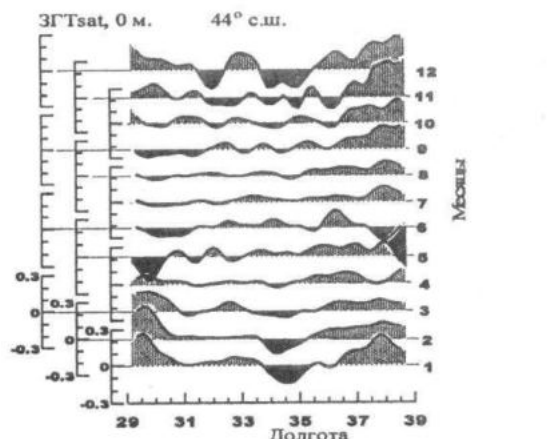
(a)



(б)



(в)



(г)

Рис. 1 - Среднегодовые МГТ (а) и ЗГТ (б), сезонные изменения МГТ вдоль 31°, 34°, 38° в.д. (в) и ЗГТ вдоль 44° и 42° с.ш. (г)

части (37-38° в.д.) этот фронт наблюдается между 43° и 43°30' с.ш., над глубоководной частью моря. Вдоль Кавказского побережья и южнее Крыма в зоне основного черноморского течения (ОЧТ) прослеживаются отрицательные МГТ, в данной работе называемые *Северо-восточной фронтальной зоной*. Отрицательные градиенты вдоль Анатолийского побережья, на южной периферии ОЧТ, особенно интенсивные в запад-

ной (31° в.д.) и восточной (38° в.д.) частях Черного моря, названы *Анатолийским фронтом*.

Распределение зональных градиентов (рис. 1б) показывает, что наибольшие положительные ЗГТ наблюдаются в восточной части Черного моря, в зоне ОЧТ или в Северо-восточной фронтальной зоне. Как зональные, так и меридиональные градиенты показывают, что справа от потока ОЧТ

расположены более теплые воды.

У западного побережья Черного моря также отмечается рост положительных ЗГТ. Они прослеживаются на мелководье и свидетельствуют о том, что ТПМ у западного побережья ниже, чем на открытой акватории моря. Мы назвали этот фронт *Фронтальной зоной западного шельфа*.

Среднегодовые отрицательные зональные градиенты наиболее интенсивны южнее побережья Крыма (44° с.ш.). Они связаны с Северо-восточной фронтальной зоной.

Интенсивные среднегодовые отрицательные ЗГТ, связанные с Анатолийской фронтальной зоной, отмечаются у южного побережья моря (42° с.ш.) между 31° и 33° в.д.

Анализ распределений градиентов по месяцам (рис. 1в, г) указывает на наличие существенных сезонных вариаций характеристик фронтов. Наличие нескольких ветвей в меридиональной структуре Северо-западного фронтального раздела наиболее четко прослеживается с сентября по февраль (31° в.д.). В сентябре-ноябре отмечается смещение всех ветвей фронта на юг. В марте-апреле фронт ослабевает, при этом четко прослеживается только одна его ветвь в районе 45° с.ш. В мае на этих широтах отмечаются отрицательные МГТ, а в июне-июле градиенты относительно слабые. В августе у побережья снова появляются значительные положительные градиенты.

Фронт глубоководной части Черного моря на западе и в центре моря (31°, 34° в.д.) четко прослеживается с сентября по январь. В это время его меридиональная структура имеет преобладающий бимодальный характер. Далее на восток (37°, 38° в.д.) внутригодовое распределение положительных значений МГТ носит сложный характер. Фронт глубинной части Черного моря наиболее четко прослеживается около 42°30'-43°30' с.ш. с сентября по январь. Южнее 42°30' с.ш. в это время также отмечаются положительные градиенты.

Северо-восточная фронтальная зона в центральной части моря на 34° в.д. прослеживается практически весь год, максимально усиливаясь с декабря по февраль.

Сезонная изменчивость Анатолийского фронта в западной части моря вдоль 31° в.д. характеризуется двумя максимумами интенсивности – в январе-феврале и июле-августе. В центральной и восточной облас-

тях моря этот фронт усиливается летом, достигая максимума интенсивности в июле-августе на 34° в.д., в июне-августе на 37° в.д., в мае-июле на 38° в.д.

Фронтальная зона западного шельфа наиболее четко прослеживается вдоль 44° с.ш. с октября по апрель и максимально обострена в январе-феврале.

Выводы. Выделены крупномасштабные температурные фронтальные разделы, получившие условные наименования – Северо-западный фронт, Фронт глубоководной части Черного моря, Анатолийский фронт, Северо-восточный фронт, Фронт западного шельфа. Установлено наличие существенных сезонных вариаций характеристик фронтов. За исключением Анатолийского фронта, который наиболее развит летом, остальные фронты обостряются преимущественно в осенне-зимний период. В июле-августе наблюдается в целом ослабление фронтальной системы Черного моря.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.С. Блатов, Н.П. Булгаков, В.А. Иванов и др. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1984. - 240 с.
2. С.Г. Богуславский, В.А. Жоров, В.Н. Еремеев и др. Атлас температурного поля Черного моря. Севастополь-Киев: МГИ НАН Украины, 1984. - 88 с.
3. Э.Н. Альтман, И.Ф. Гертман, З.А. Голубева. Климатические поля солености и температуры воды Черного моря. Севастополь: СОГОИН, 1987. - 108 с.
4. А.С. Блатов, А.Н. Косарев, В.С. Тужилкин. Изменчивость гидрологической структуры вод Черного моря и ее связь с внешними факторами. Водные ресурсы. - 1980. - № 6. - С. 71-82.
5. А.С. Блатов, В.А. Иванов. Гидрология и гидродинамика шельфовой зоны Черного моря. Киев: Наукова думка, 1992. - 244 с.
6. В.Н. Белокопытов. Термохалинная и гидролого-акустическая структура Черного моря. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. Рукопись. - Севастополь. - 2004. - 143 с.
7. М.В. Бабий, А.Е. Букатов, С.В. Станичный. Атлас температуры поверхности Черного моря по спутниковым данным 1986-2002 гг. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2005. - 265 с.