

Оценка влияния зимнего атмосферного форсинга на изменчивость термохалинных характеристик деятельного слоя Черного моря

В.Б. Пиотух¹, А.Г. Зацепин¹, А.С. Казьмин¹, В.Г. Якубенко²,
С.В. Станичный³, Ю.Б. Ратнер³

¹*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

E-mail: vbp@ocean.ru, zatsepin@ocean.ru, akazmin@ocean.ru

²*Южное отделение Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

E-mail: v_yakub@mait.ru

³*Морской гидрофизический институт НАН Украины*

E-mail: sstanichny@mail.ru

Представлены предварительные результаты исследований влияния зимнего атмосферного воздействия на межгодовую изменчивость термохалинных характеристик деятельного слоя Черного моря в период 1982-2008 гг., полученные на основе совместного анализа судовых гидрологических измерений, спутниковых измерений температуры поверхности моря и данных реанализа NCEP/NCAR. Установлено наличие устойчивых корреляционных связей между изменчивостью зимних атмосферных и термохалинных параметров. Теплосодержание и средняя температура холодного промежуточного слоя (ХПС) обнаруживают высокую положительную корреляцию со значениями среднезимней температуры приводного воздуха. Соленость слоев моря от термоклина до ядра ХПС имеет с ними отрицательную корреляцию, а в диапазоне глубин основного пикно-халоклина корреляция становится близкой к нулю. Средняя температура ХПС в период 1983-93 гг. понижалась, а в период 1993-2002 гг. повысилась примерно на 0.9°C. Роль зимнего атмосферного форсинга в районах моря, отличающихся по гидродинамическим параметрам, различна: в зоне основного черноморского течения влияние выше, в центральной части моря выражено слабее. В диапазоне глубин от 100 м до 200 м сигнал атмосферного форсинга монотонно затухает. Показано, что зимний атмосферный форсинг оказывает существенное влияние на изменчивость термохалинных характеристик и его необходимо учитывать при анализе долгопериодных изменений параметров деятельного слоя Черного моря.

Ключевые слова: Черное море, деятельный слой, термохалинная структура, межгодовая изменчивость, атмосферный форсинг, климатический сигнал.

Введение

Исследование реакции морской среды на долгопериодные изменения атмосферного воздействия (“атмосферного форсинга”) представляет важную океанологическую задачу, связанную с прогнозом последствий климатических изменений для экосистемы. Эта проблема особенно актуальна для Черного моря, в котором жизнь существует только в верхних (до ~ 200 м) аэробных слоях, подверженных влиянию атмосферных воздействий, а морская экосистема и биопродуктивность весьма чувствительны к изменениям термохалинных характеристик [1, 2]. Изменчивость термохалинных характеристик активного слоя Черного моря и связанные с ней физические процессы на масштабах от синоптического до сезонного достаточно хорошо исследованы (подробные обзоры литературы можно найти в [3, 4]). Однако, информация о долгопериодной (межгодовой и декадной) изменчивости и ее связи с атмосферным форсингом весьма ограничена и относится, преимущественно, к температуре поверхности моря (ТПМ).

Описание межгодовой и квази-декадной изменчивости ТПМ содержится в ряде недавних работ [2, 5-7]. Межгодовая изменчивость температуры и солености на поверхности и на глубине 100 м, а также температуры ядра холодного промежуточного слоя (ХПС) исследовалась в [8]. Долгопериодная изменчивость ТПМ в ее связи с крупномасштабным атмосферным форсингом впервые рассматривалась в [9].

Признавая ценность результатов, полученных в перечисленных работах, следует заметить, что с точки зрения воздействия изменений климата на морские экосистемы важно представлять процессы переноса климатического сигнала в толщу вод и его влияние на гидрологические характеристики деятельного слоя. Известно, что в зимний сезон в Черном море происходит интенсивное вертикальное перемешивание, верхний квазиоднородный слой (ВКС) достигает максимальной толщины и минимальной температуры. При этом происходит формирование основных характеристик ХПС, который в теплые сезоны отделяется от ВКС сезонным термоклином, расположенным в диапазоне глубин от 5 до 30 м. Термоклин блокирует вертикальное турбулентное перемешивание и, в значительной мере, изолирует ХПС от атмосферного влияния в теплые сезоны. По этой причине термохалинные характеристики на глубинах от 30-40 м и ниже в теплые сезоны года сохраняют «память» о зимнем атмосферном воздействии. Это оказывает влияние на характеристики распределения и биопродуктивность фитопланктона, чувствительного к плотностной стратификации. Интенсивность зимнего конвективного перемешивания определяет, также, степень обогащения ВКС биогенными веществами из нижележащих слоев что, в свою очередь, влияет на интенсивность последующего развития фитопланктона. Насколько нам известно, в настоящее время не существует опубликованных данных о количественном влиянии зимнего атмосферного форсинга на термохалинные параметры деятельного слоя Черного моря.

Таким образом, основные задачи данной работы состоят в следующем:

- обоснование метода количественной оценки последствий действия зимнего атмосферного форсинга на глубинные слои моря по доступным для контроля внешним параметрам – средне-зимним значениям температуры приводного воздуха (ТПВ) и ТПМ;
- получение количественных оценок процесса распространения поверхностного климатического сигнала, выраженного в долгопериодной изменчивости ТПВ и ТПМ, в водную толщу (глубина распространения, параметры корреляционных связей и т.д.);
- исследование долгопериодной изменчивости значений зимнего атмосферного форсинга и термохалинных характеристик деятельного слоя Черного моря (температуры, солености, плотности, параметров ХПС) в период 1982-2008 гг.;
- оценка различий влияния атмосферного форсинга на термохалинные характеристики водной толщи в зависимости от гидродинамических условий (в зоне действия Основного черноморского течения и в центральной глубоководной части моря).

Экспериментальные данные и их предварительная обработка

В целях решения поставленной задачи были использованы количественные данные многолетних наблюдений параметров зимнего атмосферного форсинга, температуры поверхности моря (ТПМ) и ретроспективные данные инструментальных судовых измерений термохалинных параметров Черного моря на различных горизонтах. В качестве интегрального параметра зимнего атмосферного форсинга использовались температурные данные реанализа NCEP/NCAR, а именно - средне-зимняя температура приводного воздуха (ТПВ) в прямоугольном районе в центральной части Черного моря, ограниченного координатами 42° – 44° с.ш., 29° – 39° в.д. (рис.1-а), который охватывает примерно три четверти площади его глубоководной части. Источник данных реанализа - интернет-архив “CDAS-NCEP/NCAR Gaussian grid non-pressure level”, Monthly mean (http://nomad3.ncep.noaa.gov/ncep_data). Из массивов параметров выделялись среднемесячные ТПВ за зимний период, которые осреднялись по заданному району.

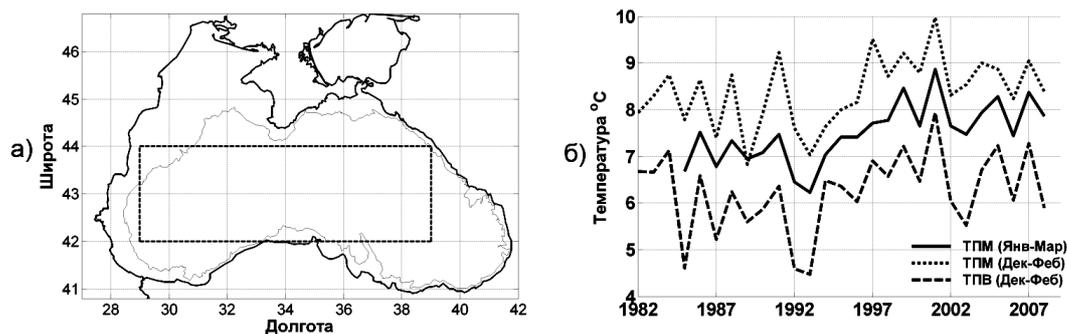


Рис. 1. (а) - район выборки и осреднения данных зимнего форсинга, выделена изобата 200 м; (б) – временные ряды средне-зимних значений ТПВ (декабрь-февраль) и ТПМ (январь-март и декабрь-февраль)

Важнейшим промежуточным количественным параметром, отражающим основные результаты зимнего атмосферного температурного воздействия на морскую среду, являются средне-зимние ТПМ. Значения ТПМ по акватории Черного моря вычислялись по спутниковым данным AVHRR NOAA, которые доступны с конца 1981 г., поэтому в качестве границ временного диапазона анализа климатических воздействий был взят период доступности спутниковых данных с недельным и месячным осреднением, т.е. 1982-2008 гг. Источники – интернет-архивы: “AVHRR NOAA MCSST”, 18-км, Weekly, Nighttime, 1982-2004 (<http://podaac.jpl.nasa.gov/mcsst>), “AVHRR Pathfinder 5”, 4-км, Monthly, Nighttime, 1985-2008 (<http://poet.jpl.nasa.gov>), “MCSST (Miami)”, 18-км, Weekly, Nighttime, 1982-2001 (там же). Из массивов значений ТПМ вырезались данные (недельные либо средне-месячные) за холодный период года (с декабря по март) и проводилось их осреднение по тому же району. В результате были сформированы долговременные ряды средне-месячных зимних ТПВ и ТПМ, осредненных по заданному району (рис. 1-а) за период 1982-2007 гг.

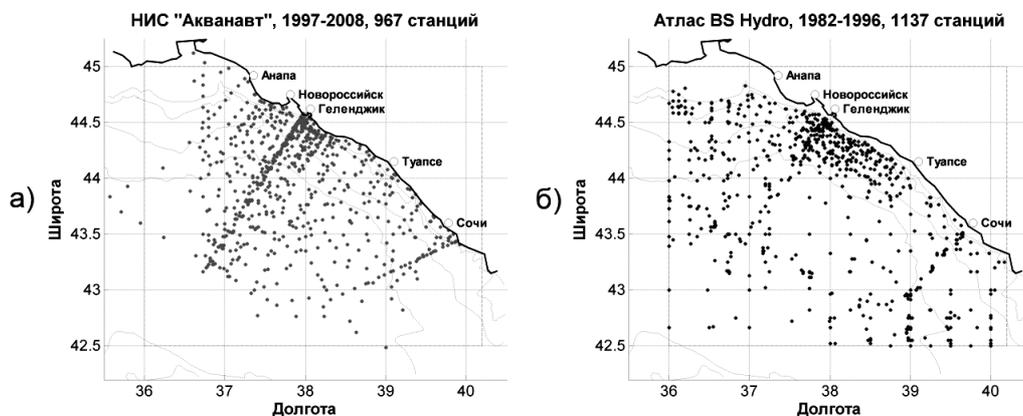


Рис. 2. Пространственное расположение станций гидрологических измерений в северо-восточной части Черного моря: а) по экспедиционным работам ИО РАН им. П.П. Ширшова, б) по данным атласа МГИ НАН Украины

В качестве объективных данных о характеристиках водной среды были использованы данные натуральных измерений термохалинных характеристик моря - температуры, солёности, плотности (T,S,D) - полученные в ходе морских экспедиционных работ ИО РАН им. П.П.Ширшова (НИС «Акванавт») в северо-восточной части Черного моря в период 1997-2008 гг. с помощью высокоточных погружаемых цифровых STD-зондов. Выбирались станции с глубиной зондирования не менее 200 м. Экспедиционные работы проводились, как правило, в тёплый сезон года (преимущественно - с мая по октябрь), поэтому в интересах настоящего исследования

использовались данные с горизонтов, лежащих ниже сезонного термоклина, т.е. в диапазоне от 30 до 200 м, где сохранялась «память» о зимнем атмосферном форсинге. Пространственное расположение станций НИС «Акванавт» приведено на рис. 2-а. Как можно видеть, они локализованы в районе, ограниченном координатами 42.5° - 45° с.ш., 36° - 40° в.д.

Натурные термохалинные данные по Черному морю до 1997 г. получены из цифрового CD-атласа “Physical Oceanography of the Black Sea” (“BS Hydro”), изданного в 2003 г. в МГИ НАН Украины в рамках совместного с NOAA/AOML проекта "Rescue of Black Sea Hydrological Data, Creation digital Atlas and Studies of Seasonal and Interannual Variability of Black Sea" (CRDF UG0-1270, NOAA ESDIM Project № 01-411R). Атлас включает как данные цифровых STD-измерений, так и данные измерений температуры и солености с помощью батометров Нансена и опрокидывающихся термометров. Из полного массива данных выделялись гидрологические станции, выполненные в северо-восточной части Черного моря в период с 1982 г. (рис. 2-б). Данные атласа приводились в стандартный формат цифровых TSD-данных, при необходимости проводилось вычисление плотности по температуре и солености, а также линейная интерполяция данных по глубине. В итоге были сформированы однородные долговременные ряды вертикальных профилей температуры, солености и плотности морской воды в северо-восточной части Черного моря за 1982-2008 гг. На их основе были построены, также, аналогичные ряды температуры и солености на различных изопикнических горизонтах.

Совместный анализ долгопериодных рядов данных

Наличие тесной связи между средне-зимними значениями ТПВ и ТПМ для Черного моря было показано, в частности, в [9], при этом зимними месяцами считались декабрь, январь и февраль. Однако, если в течение этих календарных месяцев значения ТПВ действительно минимальны, то температура верхних слоев Черного моря и связанная с ней ТПМ принимает минимальные значения в период с января по март (рис.1-б). Т.е. «гидрологический» зимний период наступает в деятельном слое Черного моря позже «метеорологического» примерно на 1 месяц. Убедительным подтверждением этого факта являются значения корреляционных коэффициентов между многолетними рядами средне-зимних ТПВ и ТПМ, рассчитанных за декабрь-февраль и январь-март соответственно (таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициентов корреляции между ТПВ и ТПМ

	ТПВ (дек.-февр.)	ТПВ (январь-март)
ТПМ (дек.-февр.)	0.78	0.49
ТПМ (январь-март)	0.92	0.75

Таким образом, средне-зимняя температура приводного воздуха, рассчитанная по данным реанализа NCEP/NCAR по прямоугольному району в глубоководной части Черного моря (рис. 1-а) за период с декабря по февраль, может служить эффективным количественным индикатором значений зимнего атмосферного форсинга в масштабах черноморского бассейна. Прямым индикатором интенсивности зимнего атмосферного форсинга является средне-зимняя температура поверхности моря, рассчитанная в период с января по март. Однако, спутниковые данные о ТПМ доступны с 1982 гг., тогда как архивы данных реанализа NCEP/NCAR существуют с 1949 г.

Для Черного моря характерен достаточный стабильный тип циркуляции вод. Основное черноморское течение (ОЧТ) циркулирует в циклональном направлении и локализовано, в основном, вблизи границ континентального шельфа, но без четкой привязки к нему. Скорость ОЧТ переменная, в зависимости от сезона и ветровых условий она колеблется в диапазоне от 0.1 до 0.6-0.7 м/с. Учитывая, что максимальная протяженность Черного моря составляет не более 1200 км, водообмен между различными частями моря в зоне действия ОЧТ происходит в течение

3-4 месяцев. Таким образом, в рамках сделанных предположений, гидрологические параметры моря, экспериментально измеренные в его северо-восточной части в теплый сезон года ниже уровня сезонного термоклина, могут характеризовать всю глубоководную часть моря, в первую очередь - зону действия ОЧТ. Ближе к центральной части Черного моря циркуляция вод выражена значительно слабее, в результате чего термохалинные характеристики моря здесь более консервативны. Зимний атмосферный форсинг (выхолаживание приповерхностных слоев) примерно одинаков во всей глубоководной части Черного моря. В северо-западной мелководной части моря характер зимнего выхолаживания выражен резче, однако воды этого района слабо участвуют в общей циркуляции черноморских вод, т.к. ОЧТ проходит южнее - в районе границы шельфа.

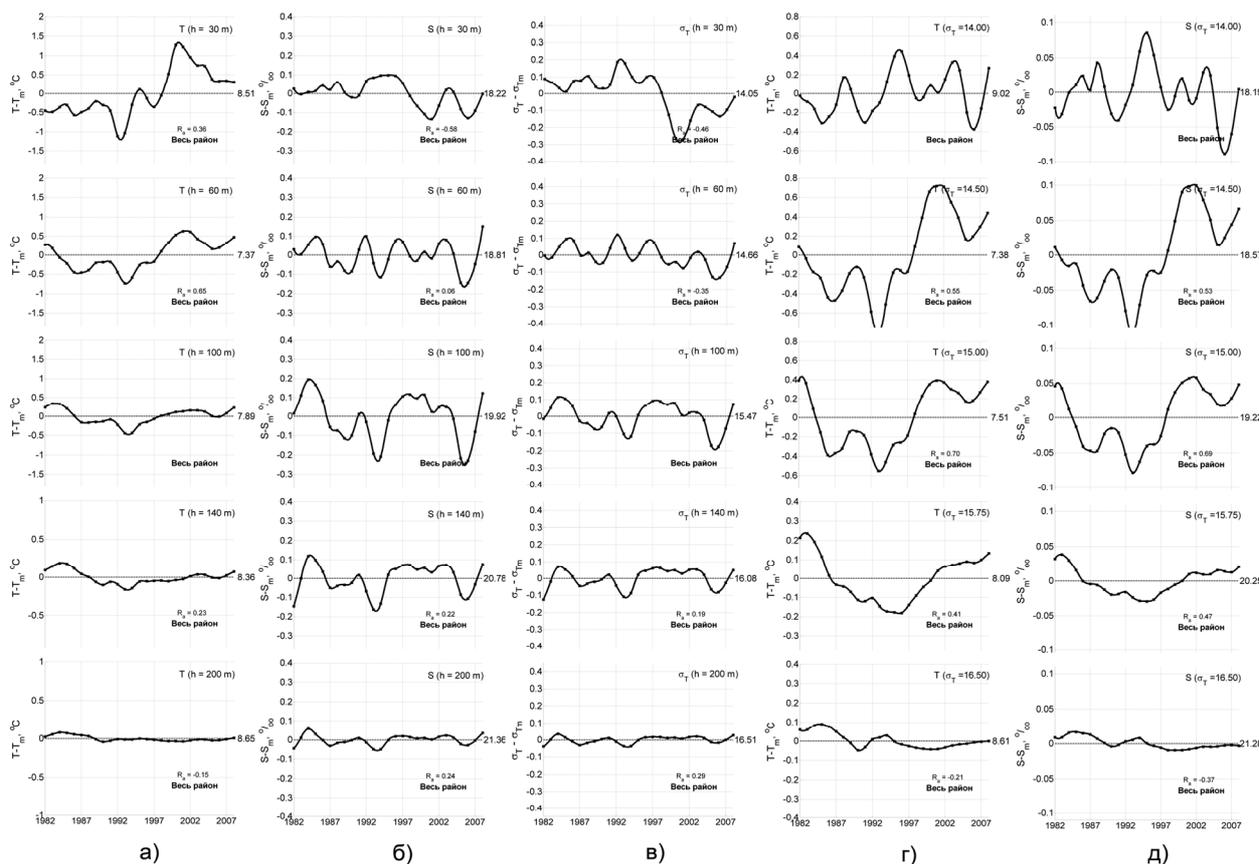


Рис. 3. Примеры временных рядов температуры (а), солёности (б), условной плотности (в) на глубинах 30, 60, 100, 140, 200 м, температуры (г) и солёности (д) на изопикнических горизонтах 14,0, 14,5, 15,0, 15,75, 16,5 ед. за период 1982-2008 гг.

Примеры временных рядов термохалинных параметров, измеренных в северо-восточной части Черного моря в период 1982-2008 гг. на различных глубинах и изопикнических горизонтах представлены на рис. 3. Графики сглажены 3-годичным скользящим фильтром. Можно отметить, что в диапазоне глубин от 30 до 140 м ход значений температуры морской воды (рис. 3-а) в первом приближении повторяет временной ход ТПМ и ТПВ (рис. 1-б). Амплитуда межгодовых вариаций температуры максимальна на глубине 30 м, а с увеличением глубины она монотонно затухает. Изменчивость солёности и плотности на различных глубинах носит более сложный характер, а их межгодовые вариации медленнее затухают с глубиной, чем вариации температуры.

Для количественной оценки влияния зимнего атмосферного форсинга на термохалинные параметры рассчитывались значения корреляционных коэффициентов между рядами гидрологических параметров на различных глубинах и рядами значений ТПВ/ТПМ за тот же

период времени по неосредненным рядам данных. Вертикальные профили коэффициентов корреляции в зависимости от глубины и условной плотности приведены на рис. 4.

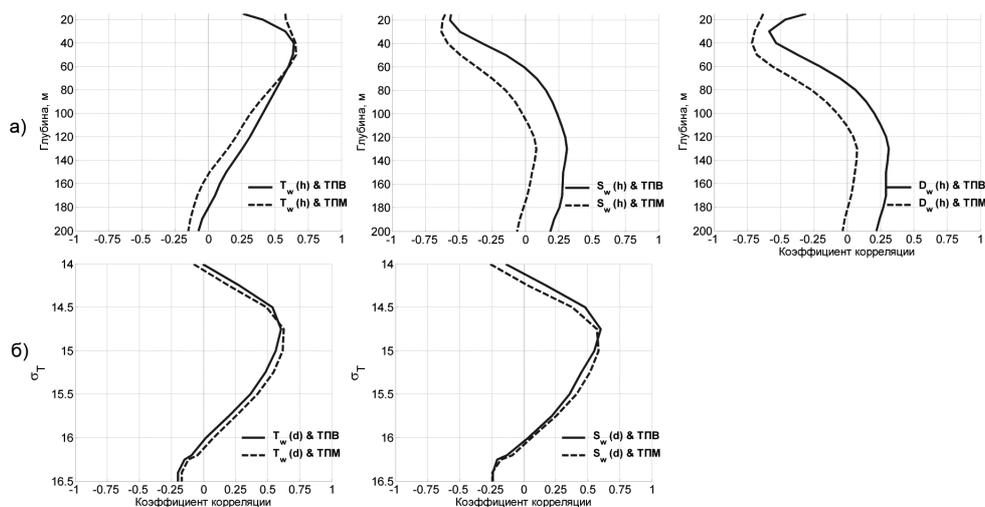


Рис. 4. Зависимости коэффициентов корреляции между параметрами атмосферного форсинга - средне-зимними ТПВ и ТПМ и термохалинными характеристиками моря:
 а) температурой, соленостью и условной плотностью на различных глубинах,
 б) температурой и соленостью на различных изопикнических горизонтах

Из приведенных графиков следует, что температурный отклик деятельного слоя Черного моря на действие зимнего атмосферного форсинга объективно существует. Температурный отклик максимален в диапазоне глубин 40-60 м, а также в диапазоне 14.5-15.0 единиц условной плотности, с глубиной он монотонно ослабевает. Показатели солености и плотности воды имеют существенную отрицательную корреляцию с параметрами зимнего форсинга на глубинах 30-50 м, а в области ядра ХПС знак корреляции меняется на противоположный. Далее с глубиной корреляция снижается, на глубинах 140-200 м она становится незначительной.

Наиболее существенное изменение термохалинных параметров моря происходит в диапазоне глубин залегания ХПС (в среднем - от 40 м до 80-100 м), определяемого как область вод с температурой менее 8.0°C. Для оценки связей параметров зимнего форсинга с параметрами ХПС были построены временные ряды средней температуры ХПС в рамках его границ и его относительного теплосодержания («холодозапаса») для периода 1982-2008 гг. (рис. 5), графики сглажены 3-годовалным скользящим окном. Приведены данные по изучаемому району в целом (рис.2), а также раздельно для двух районов, отличающихся по степени активности ОЧТ – малоактивной глубоководной зоны и области действия ОЧТ. В качестве последнего была выбрана полоса шириной 50 км, отсчитываемая от изобаты 200 м в глубоководную часть моря. На графиках представлен, также, временной ход изменчивости параметра атмосферного форсинга ТПМ.

Как видно из рис. 5-а, межгодовые вариации температуры ХПС и ТПМ хорошо коррелируют друг с другом - коэффициент корреляции, рассчитанный для неосредненных рядов ТПМ и ТХПС, лежит в диапазоне 0.84-0.87. Амплитуда межгодовых флуктуаций температуры ХПС меньше, чем амплитуда флуктуаций ТПМ примерно на 0.5°C и лежит в диапазоне ± 0.3-0.35°C относительно своего среднего уровня 7.43°C. Амплитуда межгодовой изменчивости температуры ХПС почти не зависит от района исследований – как в глубоководной зоне, так и в зоне действия ОЧТ вариации ТХПС достаточно близки по амплитуде.

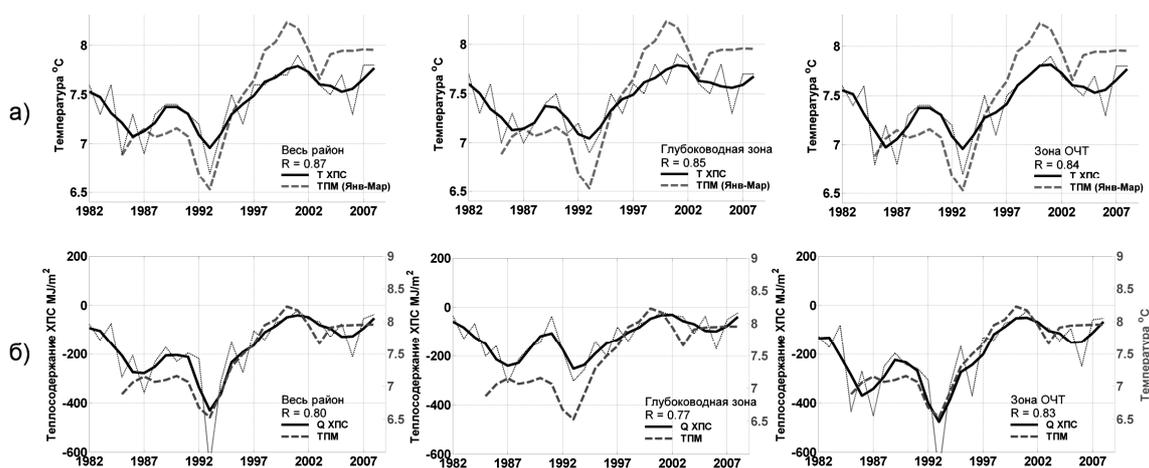


Рис. 5. Временные ряды средней температуры ХПС (а) и его относительного теплосодержания (б) в период 1982-2008 гг. - по всему анализируемому району, в глубоководной зоне и в области действия ОЧТ. Пунктир - график временной изменчивости ТПМ

Относительное теплосодержание ХПС также хорошо коррелирует с многолетним ходом ТПМ, коэффициент корреляции между ними лежит в диапазоне 0.77-0.83. Однако, его вариации в различных зонах отличаются (рис. 5-б). В холодные годы «холодозапас» ХПС в области действия ОЧТ оказывается почти вдвое больше, чем в глубоководной области Черного моря, т.е. толщина ХПС в зоне ОЧТ оказывается значительно выше. Это означает, что картина плотностной стратификации в зоне действия ОЧТ существенно отличается от стратификации в более консервативной глубоководной зоне, причем различия возрастали в холодные годы, когда зимнее выхолаживание поверхности моря выражено сильнее. Выяснение особенностей плотностной стратификации в зоне ОЧТ и ее связей с характеристиками атмосферного форсинга требует проведения дополнительного анализа, в т.ч., по-видимому, с привлечением данных о межгодовой изменчивости речного стока.

Основные выводы

В качестве результатов данного исследования можно сформулировать следующие предварительные выводы.

Зимнее атмосферное воздействие (форсинг) оказывает значительное влияние на термохалинные характеристики деятельного слоя Черного моря. Это влияние проявляется как в изменчивости температуры, так и солености и плотности на различных горизонтах.

Объективными характеристиками зимнего атмосферного форсинга являются значения ТПМ (осредненные за период с января по март), либо значения ТПВ (с декабря по февраль) в центральной глубоководной части моря. Спутниковые архивы данных ТПМ доступны с зимы 1982 г., значения ТПВ из архивных данных реанализа NCEP/NCAR доступны с 1949 г. Сравнение долгопериодной изменчивости ТПМ и ТПВ показало их высокую взаимную коррелированность ($K=0.92$), что свидетельствует о возможности их взаимодополняющего использования при анализе климатических изменений в деятельном слое моря.

Температурный климатический сигнал в деятельном слое моря положительно коррелирован с ТПМ и ТПВ, максимален в области глубин 40-60 м и монотонно затухает с глубиной. Характер зависимости вариаций солености и плотности от глубины носит более сложный характер. Они отрицательно коррелированы с параметрами зимнего форсинга на глубинах 30-50 м, а в области ядра ХПС знак корреляции меняется на противоположный. В области основного пикно-халоклина корреляция постепенно ослабевает с глубиной, но медленнее, чем температурный отклик. На

глубинах порядка 200 м межгодовая изменчивость термохалинных параметров становится пренебрежимо малой.

Объективным интегральным параметром, отражающим долговременную изменчивость температурных характеристик Черного моря является средняя температура ХПС. Предварительные оценки показали, что средняя температура ХПС в период 1983-93 гг. понижалась, а в период 1993-2002 гг. она повысилась примерно на 0.9°C. Это соответствует характеру климатических событий, описанных в [9] - понижение ТПМ ниже климатического среднего в 1984-93 гг. и ее последующее резкое повышение в 1994-2001 гг. Анализ долговременной изменчивости теплосодержания ХПС в глубоководной части моря и в зоне действия ОЧТ обнаружил существенные различия характера плотностной стратификации в этих районах, которые увеличивались в холодные годы при усилении зимнего атмосферного выхолаживания.

Таким образом, зимний атмосферный форсинг оказывает существенное влияние на изменчивость термохалинных характеристик в теплый сезон года и его необходимо учитывать при анализе долгопериодных изменений параметров деятельного слоя Черного моря.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке международного проекта Европейского Союза «SESAME» и в рамках программы работ двустороннего российско-турецкого проекта "Реакция Черного и Эгейского морей на климатические изменения" (грант РФФИ 09-05-91221 СТ_а).

Литература

1. Oguz, T., Cokacar, T., Malanotte-Rizzoli, P., Duclov, H.W. Climatic warming and accompanying changes in the ecological regime of the Black Sea during 1990s // *Global Biogeochemical Cycles*, 2003, 17(3), 1088, doi: 10.1029/2003GB002031.
2. Oguz, T. Black Sea ecosystem response to climatic variations // *Oceanography*, 2005, 18(2): 122-133.
3. Oguz, T., Tugrul, S., Kideys, A.E., Ediger, V., Kubilay, N. Physical and biogeochemical characteristics of the Black Sea // *The Sea*, 2005, Vol. 14, Chapter 33: 1331-1369.
4. Kostianoy A.G., Kosarev A.N. (Eds.). "The Black Sea Environment" // *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol.5: Water Pollution, Part 5Q. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2008, 457 p.
5. Ginzburg A.I., Kostianoy A.G., Sheremet N.A. Seasonal and interannual variability of the Black Sea surface temperature as revealed from satellite data (1982-2000) // *J. Mar. Syst.*, 2004, 52: 33-50.
6. Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Шеремет Н.А. Долговременная изменчивость температуры поверхности Черного моря и ее отклик на глобальные атмосферные воздействия // В сб. научных статей «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». М.: ООО «Азбука 2000», 2008. Вып. 5. Т. II. С. 76-83.
7. Ginzburg A.I., Kostianoy A.G., Sheremet N.A. Sea surface temperature variability // In: *The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol.5: Water Pollution, Part 5Q.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 2008. P. 255-276.
8. Tuzhilkin, V.S. Thermohaline structure of the sea // In: *The Black Sea Environment. The Handbook of Environmental Chemistry. Vol.5: Water Pollution, Part 5Q.* Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 2008. P. 217-253.
9. Kazmin A.S., Zatsepin A.G. Long-term variability of surface temperature in the Black Sea, and its connection with the large-scale atmospheric forcing // *J. Mar. Syst.*, 2007, 68 (1-2), 293- doi:10.1016/j.jmarsys.2007.01.002.

Impact of the winter atmospheric forcing on the variability of the active layer's thermohaline structure in the Black Sea

V.B. Piotukh¹, A.G. Zatsepin¹, A.S. Kazmin¹, V.G. Yakubenko²,
S.V. Stanichny³, Yu.B. Ratner³

¹*P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences*

²*Southern Department of P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences*

³*Marine Hydrophysical Institute, National Academy of Sciences of Ukraine*

Preliminary results of the study of winter atmospheric forcing (air temperature influence) on the interannual variability of the Black Sea's thermohaline structure during 1982-2008 are presented. The study is based on the analysis of the ship hydrological measurements, satellite measurements of sea surface temperature (SST) and reanalysis NCEP/NCAR data of surface air temperature (SAT). We find out an existence of the stable, depth-dependent correlations between the SAT variability and thermohaline characteristics. The heat content and mean temperature of the Cold Intermediate Layer (CIL) show strong positive correlation with the winter-mean SAT and SST. On the contrary, the salinity of the intermediate layers (from the thermocline to the CIL core) exhibits negative correlation with the SAT and SST. In the main pycno-halocline this correlation drops to zero. The mean CIL temperature decreased during 1983-93 and increased for about 0.9°C during 1993-2002. An impact of the winter atmospheric forcing depends on the background hydrodynamical conditions: it is higher in the area of the main current rim and weakening in the central sea areas. The surface atmospheric signal relaxes monotonously at the depths between 100m and 200m. It was shown that winter atmospheric forcing significantly influences the formation and variability of the active layer's thermohaline characteristics and has to be accounted in the studies of interannual and decadal changes.

Keywords: Black Sea; active layer; thermohaline structure; interannual variability; atmospheric forcing, climatic signal.