

АНАЛИЗ МЕЖДЕКАДНОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГЕОСТРОФИЧЕСКОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

И.Г. Шокурова

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

По архивным гидрологическим данным февраля восстанавливаются поля плотности и геострофическая циркуляция в Черном море в слое 0-300 дбар за десятилетние периоды с 1951 по 1995 гг., и исследуется их междекадная изменчивость. Выявлены разнонаправленные тенденции долговременной изменчивости циркуляции – интенсификация циркуляции в верхнем слое моря 0–50 м и ослабление в нижнем слое пикноклина 200–300 м.

Введение. В настоящее время, в связи с отмечаемыми изменениями климата Земли, исследования многолетней изменчивости характеристик морской среды и ее связей с крупномасштабными процессами в атмосфере становятся все более актуальными.

В Черном море долговременная изменчивость циркуляции вод намного менее изучена, чем сезонный ход. Можно отметить следующие работы, в которых этот вопрос рассматривается. В работе [1] по результатам анализа данных по температуре и солености на “вековых разрезах” отмечался подъем вод основного пикноклина в центральной части западного циклонического круговорота в конце зимнего периода в 60–70-е годы и их заглубление в восточном циклоническом круговороте с середины 60-х до конца 80-х годов. Делаются выводы об интенсификации циркуляции вод в области западного циклонического круговорота и ее ослабление в окрестности восточного циклонического круговорота в отмеченные периоды. В [2,3] выполнены оценки изменчивости гидрофизических характеристик моря на основе моделирования циркуляции с ассимиляцией климатических гидрологических полей. При использовании полей, восстановленных по современному массиву данных 1903–2003 гг. выявлен небольшой подъем основного пикноклина в зимне-весенний период (около 5 м) и ин-

тенсификация основного черноморского течения (ОЧТ), по сравнению с данными 1903–1982 гг.

Однако исследования межгодовых или междекадных изменений циркуляции в Черном море на длительных временных масштабах не проводились. Поэтому в настоящей работе ставится задача выявления и анализа декадных изменений геострофической циркуляции и характеристик пикноклина по имеющимся данным гидрологических измерений с 50-х по 90-е годы прошлого столетия. Расчеты проводятся для зимнего сезона, когда циркуляция наиболее интенсивна.

Описание использованных данных и методики их обработки. В работе использовались данные по температуре и солености в феврале с 1951 года по 1995 год из банка океанографических данных МГИ НАН Украины [4].

Для исследования изменчивости циркуляции вод Черного моря на межгодовом масштабе количества данных недостаточно. Поэтому рассматривалась междекадная изменчивость геострофической циркуляции, вычисляемой по данным, объединенным за десятилетние интервалы времени с пятилетним сдвигом. Отметим, что первые четыре десятилетних периода менее обеспечены данными февральских измерений, особенно в центральной части моря, чем последние четыре декады.

Поля плотности на регулярной пятикилометровой сетке (~ 9.3×9.3 км) восстанавливались методом оптимальной интерполяции. Расчеты проводились для стандартных горизонтов: 0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 250 и 300 м. В качестве нормы использовались климатические поля плотности.

Восстановленные поля плотности дополнительно сглаживались для фильтрации неоднородностей, имеющих пространственные масштабы порядка радиуса деформации Россби (в Черном море ~ 15–30 км) и меньше, а также неоднородностей из-за неравномерного распределения данных.

Геострофическая циркуляция рассчитывалась динамическим методом на регулярной сетке относительно нулевой поверхности 300 дбар.

Результаты расчетов. Поля февральской динамической топографии поверхности моря для десятилетних периодов приведены на рисунке 1. Во все десятилетия хо-

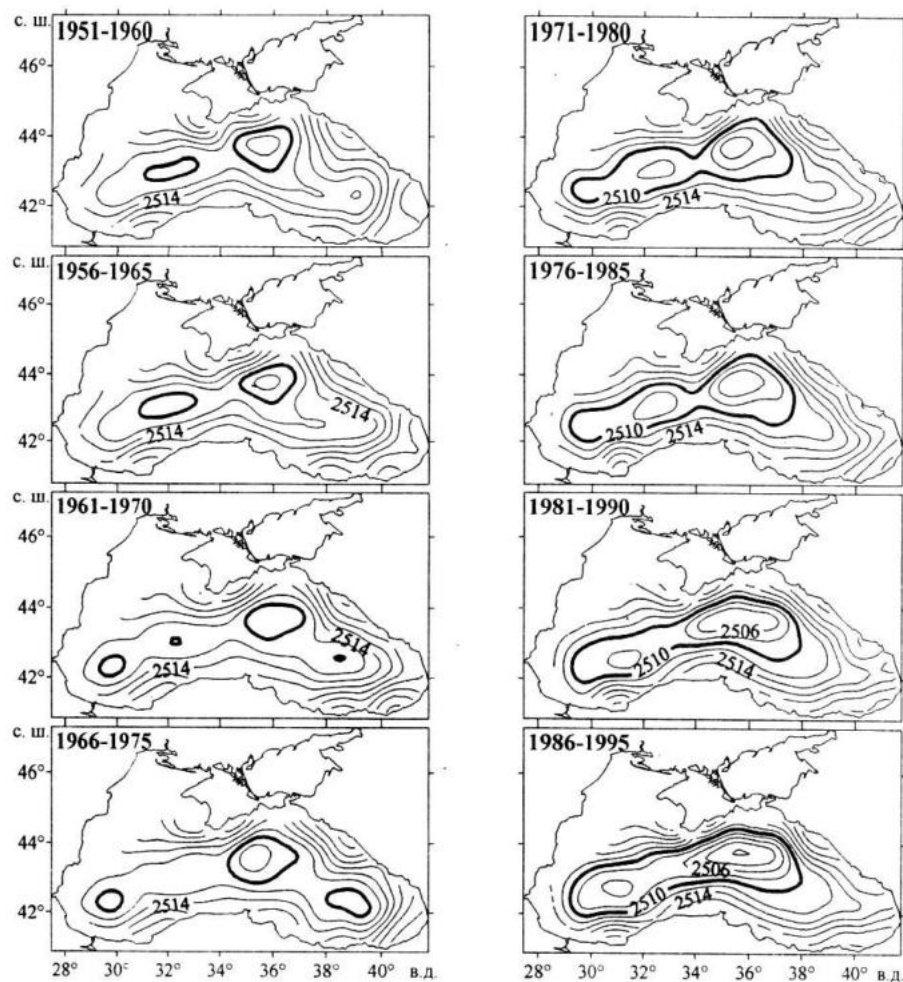


Рисунок 1 – Динамическая топография (дин.см) поверхности моря относительно поверхности 300 дбар

рошо выражены основные элементы циркуляции вод Черного моря: ОЧТ и циклонические круговороты в западной и восточной частях моря. Положение центра восточного циклонического круговорота отличается стабильностью и варьирует в окрестности 43,7° с.ш. 35,6° в.д. Здесь во все периоды находится область минимальных значений уровня. У Крымского побережья, в стрежне ОЧТ, относящегося к восточному циклоническому круговороту, отмечаются максимальные по акватории моря скорости течений.

В 1961–1970 гг. и 1966–1975 гг. в юго-восточной части моря наблюдается дополнительный крупномасштабный циклонический круговорот (рисунок 1), который также присутствует на схеме зимних течений в работе [5], построенной по данным тех лет. В последующие декады этот круговорот не выделяется.

За исследуемый период полные контрасты динамических высот относительно по-

верхности 300 дбар увеличились с 20 дин.см в первые два периода до 23 дин.см в последний период, что свидетельствует об усилении циклонической циркуляции. При этом максимальные геострофические скорости течений на поверхности увеличились соответственно с 0.18–0.22 м/с до 0.28 м/с.

Величина минимального значения уровня относительно 300 дбар. в центре восточного циклонического круговорота, уменьшилась на 5 дин.см. Область, ограниченная фиксированной изолинией 2510 дин.см (выделена жирной чертой) в первые десятилетия расположена в районах центров циклонических круговоротов, в последние – эта изолиния опоясывает одновременно восточный и западный круговороты (рисунок 1), что является следствием подъема пикноклина. Подъем изопикнических поверхностей в области куполов крупномасштабных циклонических круговоротов составляет от 5 м на верхней границе пикноклина, положение которой ограниче-

но толщиной верхнего квазиоднородного слоя, до 10–15 м на горизонтах 100–300 м (рисунок 2).

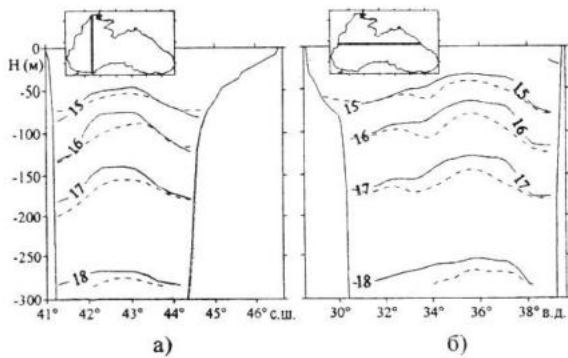


Рисунок 2 – Поля плотности $\rho - 1000$ (кг/м^3) на разрезах по 31° в.д. – а, и по 43.8° с.ш. – б. Штриховая линия по данным за 1956–1965 гг., сплошная – по данным за 1986–1995 гг.

Интенсификация циркуляции наиболее выражена в районе западного циклонического круговорота. Максимальные величины зональной составляющей скорости геострофических течений на разрезе по 31° в.д. у турецкого побережья увеличиваются на поверхности от 0,13 м/с в 1956–1965 гг. до 0,22 м/с в 1986–1995 гг. (рисунок 3б).

При сравнении вертикальных полей плотности (рисунок 3а) видно, что в увели-

чении горизонтальных градиентов плотности в последнюю декаду, по сравнению с 1956-1965 гг., основной вклад дает подъем пикноклина в центральной части круговорота. Вместе с тем, определенную роль здесь играет и уменьшение плотности в поверхностном слое периферийных частей разреза, вызванное понижением солёности в прибрежных районах моря. В результате, число изопикн пересекающих горизонты 50, 75 и 100 м увеличивается (рисунок 3а).

Для того чтобы количественно оценить изменение интенсивности геострофической циркуляции, вычислялась средняя в слоях 0–300, 0–50, 50–150 и 200–300 м величина кинетической энергии (КЭ). Расчеты проводились для акватории, ограниченной 300-метровой изобатой, и ее западной и восточной части (граница по 34° в.д.).

В целом по морю во всем исследуемом слое 0–300 м и в слоях 0–50 и 50–150 м наблюдаются статистически значимые положительные тренды в изменчивости средней величины КЭ (рисунок 4а). В слое 0–50 м КЭ увеличилась за 45 лет почти в 2 раза.

В нижнем пикноклине (200–300 м) имеет место противоположная тенденция – КЭ уменьшается от первого десятилетия к последнему приблизительно на 30 %, т.е. в этом слое циркуляция ослабевает.

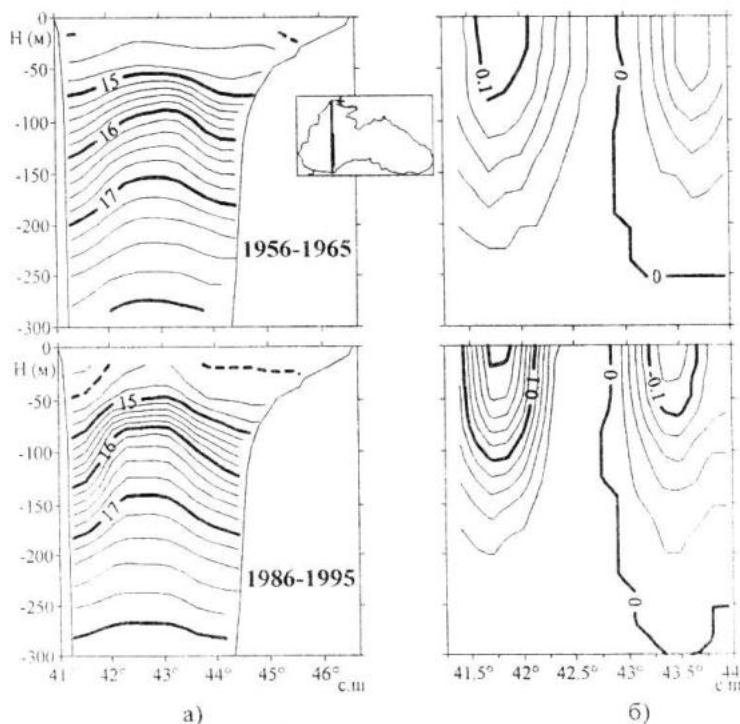


Рисунок 3 – Поля плотности $\rho - 1000$ (кг/м^3) – а и зональной составляющей геострофической скорости (м/с) – б на разрезе по 31° в.д.

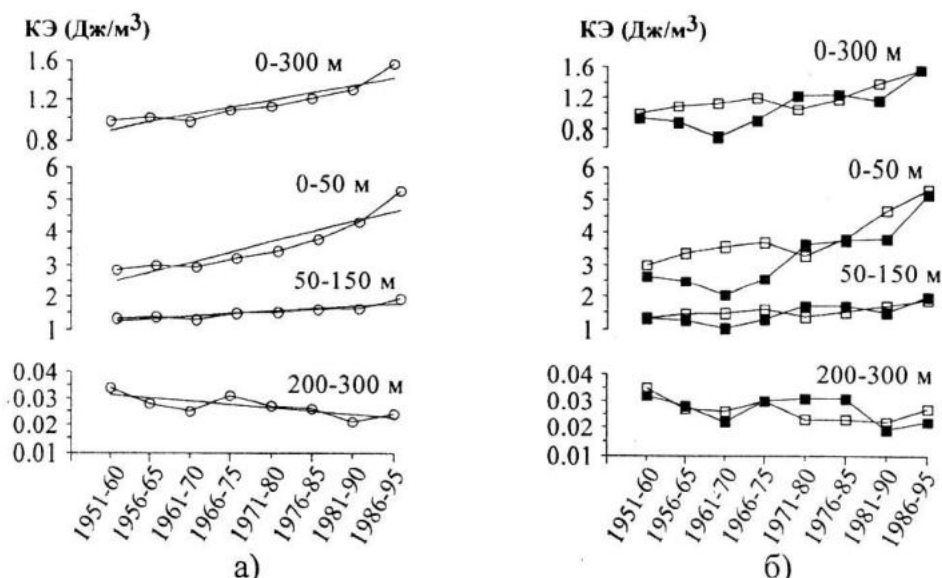


Рисунок 4 – Средняя КЭ (Дж/м³) в слоях 0–300 м, 0–50 м, 50–150 и 200–300 м в центральной части моря, ограниченной изобатой 300 м – а, и в ее западной (■) и восточной (□) частях – б

Тенденции к усилению циркуляции в слоях 0–50 и 50–150 м и ослаблению в нижнем слое пикноклина 200–300 м отмечаются как в западной, так и в восточной частях моря (рисунок 4б).

Декадная изменчивость геострофической циркуляции демонстрирует приблизительно 20-летнюю периодичность (рисунок 4б). При этом наблюдается противофазность изменчивости циркуляции в западной и восточной части моря (рисунок 4б), что также отмечается в работе [1].

Заключение. При анализе декадной изменчивости полей плотности и геострофической циркуляции в Черном море в зимний сезон 1951–1995 гг. получены следующие результаты.

Отмечается постепенный подъем вод пикноклина в области куполов крупномасштабных циклонических круговоротов от 5 м на верхней границе пикноклина до 10–15 м на горизонтах 100–300 м.

Выделяются разнонаправленные тенденции долговременной изменчивости геострофической циркуляции вод – усиление в верхнем слое моря и ослабление в нижнем слое пикноклина 200–300 м. В слое 0–50 м в зимний период средняя по акватории величина КЭ увеличилась с 1951 по 1995 гг. почти в два раза. В нижнем слое пикноклина КЭ уменьшается от первого десятилетия к последнему на ~30%.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.Б. Полонский, Е.А. Ловенкова. Долговременные тенденции в изменчивости характеристик пикноклина Черного моря // Изв. РАН. ФАО, – Т. 42, – № 3, 2006. – С. 419–430.
2. В.В. Кныш, Г.К. Коротаев, С.Г. Демьшев, В.Н. Белокопытов. Долговременные изменения термохалинных и динамических характеристик Черного моря по климатическим данным температуры и солености и их ассимиляции в модели // Морской гидрофизический журнал, – № 3, 2005. – С. 11–30.
3. В.Л. Дорофеев, В.В. Кныш, Г.К. Коротаев. Оценка долговременной изменчивости гидрофизических характеристик Черного моря на основе ассимиляции климатических гидрологических и альтиметрических полей // Морской гидрофизический журнал, – № 4, 2006. – С. 3–17.
4. Развитие морских наук и технологий в Морском гидрофизическом институте за 75 лет / Под общ. Ред. В.Н. Еремеева. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2004. – 704 с.
5. О.Н. Богатко, С.Г. Богуславский, Ю.М. Беляков, Р.И. Иванов. Поверхностные течения Черного моря. // Комплексные исследования Черного моря. – Севастополь: МГИ АН УССР, 1979. – С. 25–33.