

УДК 551.465.5 (262.5)

**Р.Р. Белевич\***, к.г.н., **О.Р. Андрианова\***, к.г.н., **Ю.И. Попов\*\***, к.г.н.,  
**М.И. Скипа\***, к.т.н.

\*Отделение гидроакустики МГИ НАН Украины

\*\*Украинский научный центр экологии моря

## **ОСОБЕННОСТИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ВЫСОТ ВДОЛЬ ОСИ ЗОНЫ ЧЕРНОМОРСКОЙ ДИВЕРГЕНЦИИ**

*Рассмотрено пространственное положение, сезонная изменчивость и интенсивность развития основных потоков и циклонических круговоротов вод вдоль оси черноморской дивергенции, выявленной и выделенной по результатам динамических расчетов климатического массива данных о температуре и солёности воды в поверхностном и промежуточном слоях Чёрного моря. Отмечена важная роль весеннего паводка рек СЗЧМ в формировании и развитии особенностей циркуляции вод, в результате взаимодействия их и ОЧТ с перифериями западного и восточного циклонических круговоротов. Показано, что этот процесс вызывает доминирование на поверхности моря западного циклона в весеннее время года и восточного в летне - осеннее. Оценены скорости потоков и характер сезонной миграции центров круговоротов.*

**Ключевые слова:** Чёрное море, климатическая циркуляция вод, динамическая топография, ось зоны дивергенции.

В настоящее время, благодаря огромному количеству собранных материалов глубоководных гидрологических наблюдений (свыше 130000 станций [1]), анализу многократных постановок автономных буйковых станций с измерителями течений (АБС) [2, 3], активному внедрению в практику изучения течений дрейфтеров со спутниковым определением их местонахождения [4, 5], а также успехам в численном моделировании динамики вод [6, 7], удалось существенно уточнить схему общей циркуляции вод Чёрного моря и выявить многие важные ее детали. Можно также констатировать, что больший прогресс достигнут в изучении динамики прибрежных вод моря [7, 8].

В общих чертах циркуляция вод Чёрного моря определяется циклоническим круговоротом – основным черноморским течением (ОЧТ), огибающим все море по периметру свала глубин шельфа. Считается [7], что ОЧТ усиливается и стабилизируется в осенне-зимний период года под воздействием интенсивной атмосферной циркуляции. В тёплый период года, в связи с ослаблением атмосферной циркуляции и преобладанием маловетреной погоды, ОЧТ становится заметно слабее, что проявляется в его меандрировании. Взаимодействие потока с особенностями донного рельефа на материковом склоне способствует образованию и развитию прибрежных квазистационарных антициклонических вихрей на внешней периферии ОЧТ [7, 8]. Важной особенностью общей циркуляции вод моря является также существование двух или трех циклонических круговоротов в западной и восточной глубоководных частях его.

**Целью настоящей работы** явилось выявление особенностей циркуляции вод в поверхностном и промежуточном слоях открытых акваторий Чёрного моря, базируясь на характере распределения динамических высот вдоль оси зоны основной черноморской дивергенции.

**Материалами для анализа** послужил массив данных температуры и солёности воды объемом свыше 53000 станций осредненных и рассортированных по условным квадратам (40' по широте и 60' по долготе), месяцам (сезонам) и горизонтам для всего Чёрного моря, представленных в пособии [9], авторы которого считают возможным

рассматривать их как некие климатические нормы. Сам массив сформирован таким образом, что помесячное осреднение осуществлено от поверхности до 50 м, а свыше (75-500 м) по 4 сезонам. По данным этого массива были проведены динамические расчеты и по ним построены климатические среднемесячные карты динамической топографии на горизонтах 0, 10, 20 и 30 м относительно 50-ти метровой условной поверхности, а также аналогичные сезонные (зима, весна, лето, осень) карты на горизонтах 0, 50, 75, 100, 150, 200 и 300 м относительно 500-метровой нулевой поверхности.

На построенных картах динамической топографии были выделены квадраты с минимальными значениями динамических высот. Проведенная по ним кривая, простирающаяся от южного побережья Болгарии через центры циклонических круговоротов к южному побережью Кавказа, представляет собой ось зоны основной черноморской дивергенции. На рис.1 представлено среднегодовое положение оси дивергенции для слоя 0-50 м и 0-500 м. Несмотря на то, что изучению динамики вод Черного моря посвящено много работ, выделение подобным образом зоны основной дивергенции моря представляется новым подходом, поскольку в литературных источниках этого обнаружить не удалось.

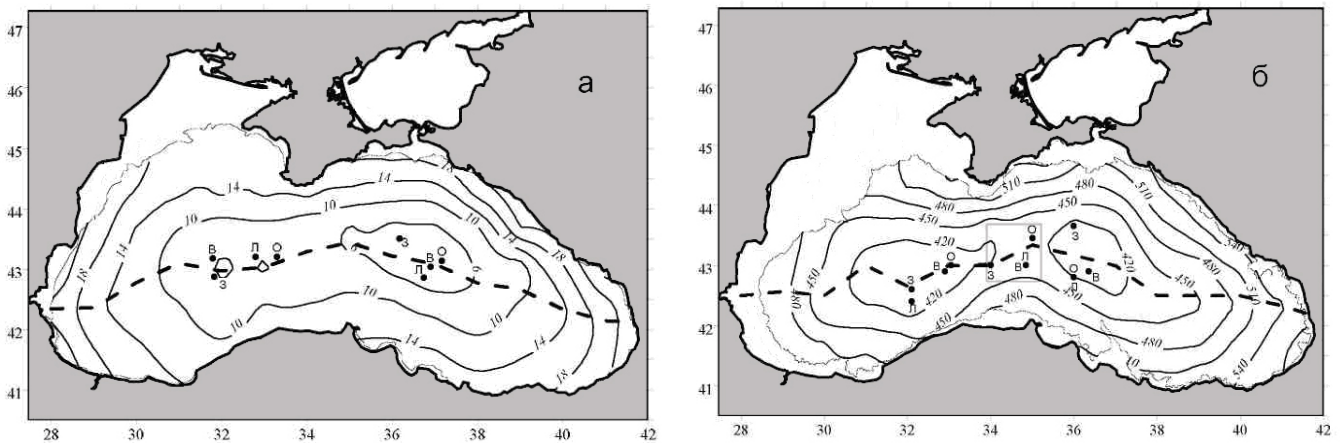


Рис. 1 – Среднегодовые климатические карты динамической топографии слоя 0-50 м (а) и 0-500 м (б) Черного моря (пунктир - положение осей зоны дивергенций, ЗВЛО - сезоны, точки - центры циклонических круговоротов и гребня между ними в квадрате).

Переходя к анализу полученных результатов, рассмотрим распределение динамических высот вдоль оси зоны дивергенции, простирающейся от 28° в.д. до 41,6° в.д. в верхнем слое моря, вычисленных относительно условной поверхности 50 м (рис.2). Хорошо видно чередование гребней и ложбин водного рельефа, отражающих известные элементы циркуляции вод, присущие Черному морю в его прибрежных и открытых водах. Так, у западного (28-29° до 30° в.д.) и восточного (41,6-40° до 39° в.д.) побережий четко выделяется поток вод ОЧТ. В осенне-зимнее время (октябрь-декабрь) климатическое состояние ОЧТ в западной половине моря размыто, струйного характера течения не отмечается.

В открытых глубоководных частях моря циркуляция характеризуется наличием хорошо выраженных циклонических возмущений с доминированием в течение большего числа месяцев двух циклонических круговоротов, расположенных в западной и восточной частях.

Существование в течение большей части года на открытой акватории двух круговоротов (на западе и востоке его) согласуется с общим представлением о циркуляции вод моря и обусловлено, помимо динамических причин [7, 8], также крупномасштабными особенностями береговой орографии [3].

В зимний период года (декабрь, февраль, март) поток вод ОЧТ, соприкасающийся с осью дивергенции в западной части моря у южного побережья Болгарии (рис.2), занимает на поверхности полосу шириной не более  $1^\circ$  долготы ( $28^\circ$ - $29^\circ$  в.д.). И хотя поток в этот период довольно интенсивен, вследствие усиления зимних термодинамических процессов взаимодействия с атмосферой, тем не менее, он не вступает в контакт с западной ветвью западного циклонического круговорота. В марте крупномасштабные циклонические круговороты экстремально выражены и обособлены.

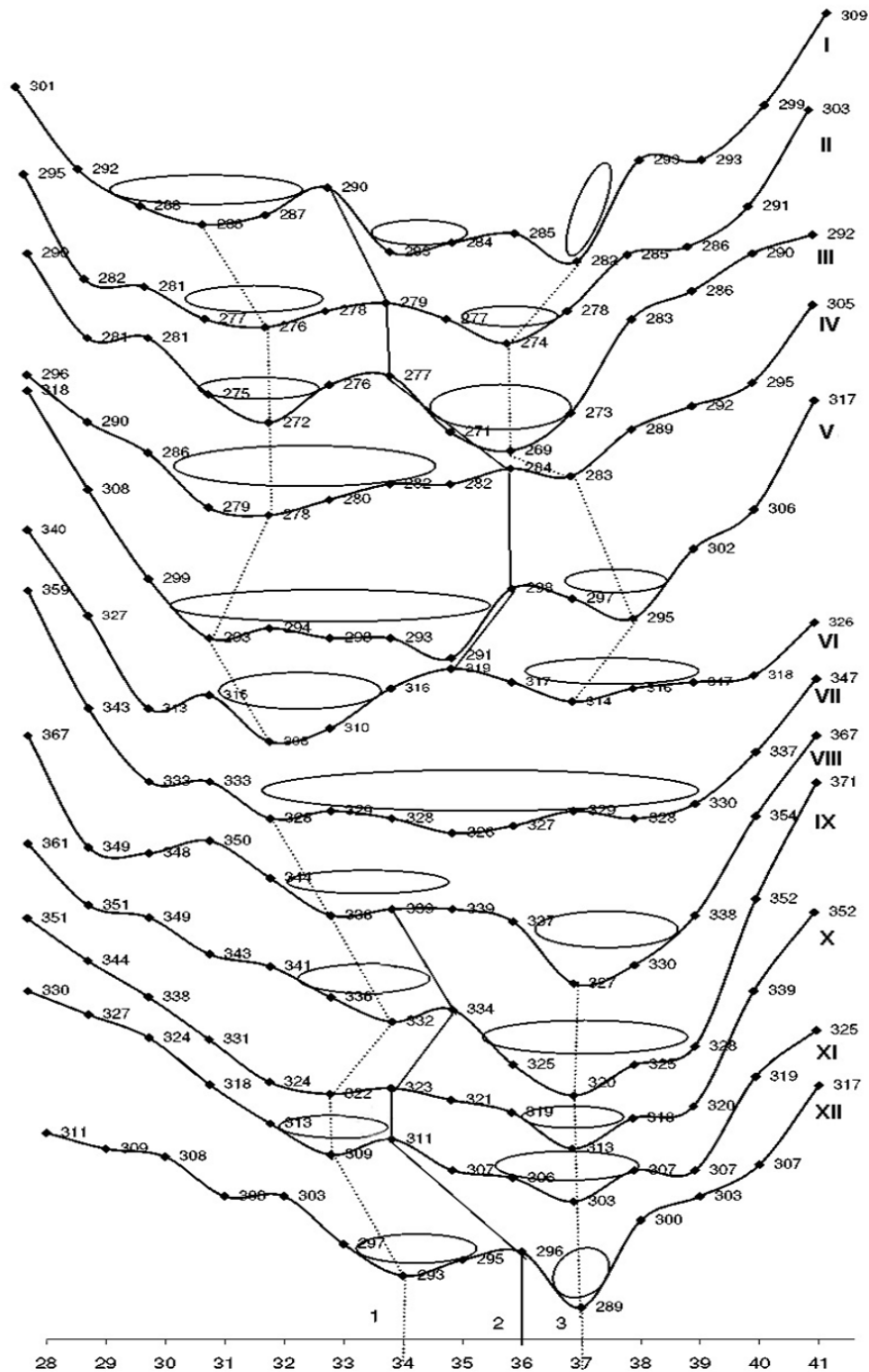


Рис. 2 – Распределение динамических высот вдоль оси дивергенции Черного моря по месяцам (I-XII) для слоя 0-50 (1, 3–центры западного и восточного циклона, 2–гребень, эллипсами схематично показано положение циклонических круговоротов).

К апрелю происходит резкое усиление западного круговорота и быстрое ослабление восточного. Это обусловлено поступлением из северо-западной части моря (СЗЧМ) большого количества слабо трансформированных паводковых речных вод. Ширина потока заметно возрастает (до 3° долготы – 28-31° в.д.). В результате эти воды достигают в зоне дивергенции западной периферии западного циклонического круговорота и вступают с ним в активное взаимодействие, резко усиливая его и ослабляя восточный циклонический круговорот. При этом происходит расширение (укрупнение) приповерхностной структуры западного круговорота, линейзация динамических «стенок» и его доминирование над восточным круговоротом вплоть до июля.

Наиболее равновесное состояние динамических высот вдоль всей зоны дивергенции открытого моря наблюдается в июле.

Достигнув, к августу восточного побережья Черного моря и соприкасаясь у южного побережья Кавказа с восточной периферией дивергенции, воды повышенной плавучести вместе с потоком ОЧТ вновь вступают во взаимодействие, но уже с восточной ветвью восточного циклонического круговорота. Повторяется процесс, имевший место в апреле в западной части моря. При этом происходит резкое усиление восточного циклонического круговорота и ослабление или полное разрушение западного. Этот процесс сохраняется в море до ноября включительно, а с декабря начинается новый цикл зимнего усиления циркуляционного режима в обоих круговоротах, но уже, в основном, под действием другого механизма – термического и динамического взаимодействия с приводной атмосферой.

Для того чтобы оценить компоненты скоростей течений в потоках нормальных линии дивергенции, был рассмотрен характер циркуляции вод в более глубоких слоях. Повторяя описанный выше подход, но уже к промежуточному слою моря (0-300 м), были проведены соответствующие динамические расчеты, построены климатические сезонные карты динамической топографии и выделено (по графикам) распределение динамических высот вдоль оси дивергенции по сезонам и горизонтам (рис 3). При рассмотрении, представленного на рис.3 распределения динамических высот были выделены основные потоки, пересекающие ось дивергенции.

В прибрежных зонах Болгарии и Кавказа (между 28-29° в.д. и 41-41,6° в.д. соответственно) располагаются либо периферия ОЧТ, либо слабые прибрежные течения, названные Кривошея В.Г. возвратно-поступательными (ПрВПТ) [8], скорости которых колеблются в среднем в пределах от 0 до 13 см/с. Исключением является побережье Кавказа зимой, когда скорость в прибрежных водах возрастает до 22 см/с (рис.3, табл. 1).

Мористее, за пределами полосы прибрежных вод, располагаются на западе и востоке моря, направленные соответственно на юг и север потоки ОЧТ, которые хорошо прослеживаются на рис. 3 по максимальному наклону динамических высот (их крутизне). Зимой и осенью ширина потока (по долготе) на западе моря составляет 1°, а на востоке 2°.

Весной на западе моря, а летом на западе и востоке его из-за слияния ОЧТ с перифериями циклонических круговоротов и образования единого потока эти соотношения оказались равными – 4° и 2°; 3° и 5° соответственно (рис.3, табл. 1). Так же значительно различаются и максимальные скорости в ОЧТ (соответственно на западе и востоке моря) (табл. 1).

Интересно заметить, что зимой и осенью на западе и востоке моря, весной на востоке его на всех рассмотренных горизонтах, а летом на глубинах свыше 100-150 м ОЧТ отделено в мористой своей части от периферий внутренних циклонических круговоротов слабыми противотечениями (или попутными течениями) (ПТЧ, рис. 3,

табл. 1). В отличие от вышесказанного, весной на западе моря, а летом на западе и востоке его, ОЧТ, наоборот, сливается в единый поток с водами западной ветви западного циклонического круговорота (ЗВЗЦ) и водами восточной ветви восточного циклонического круговорота (ВВВЦ). И, если весной в начале процесса слияния вод еще четко выделяется ОЧТ (рис. 3), то летом процесс вовлечения вод ОЧТ в периферийные части обоих циклонов достигает такой стадии развития, что ОЧТ и ЗВЗЦ на западе моря и ОЧТ и ВВВЦ на востоке его представляются едиными потоками, соответственно, южного и северного направления (рис. 3).

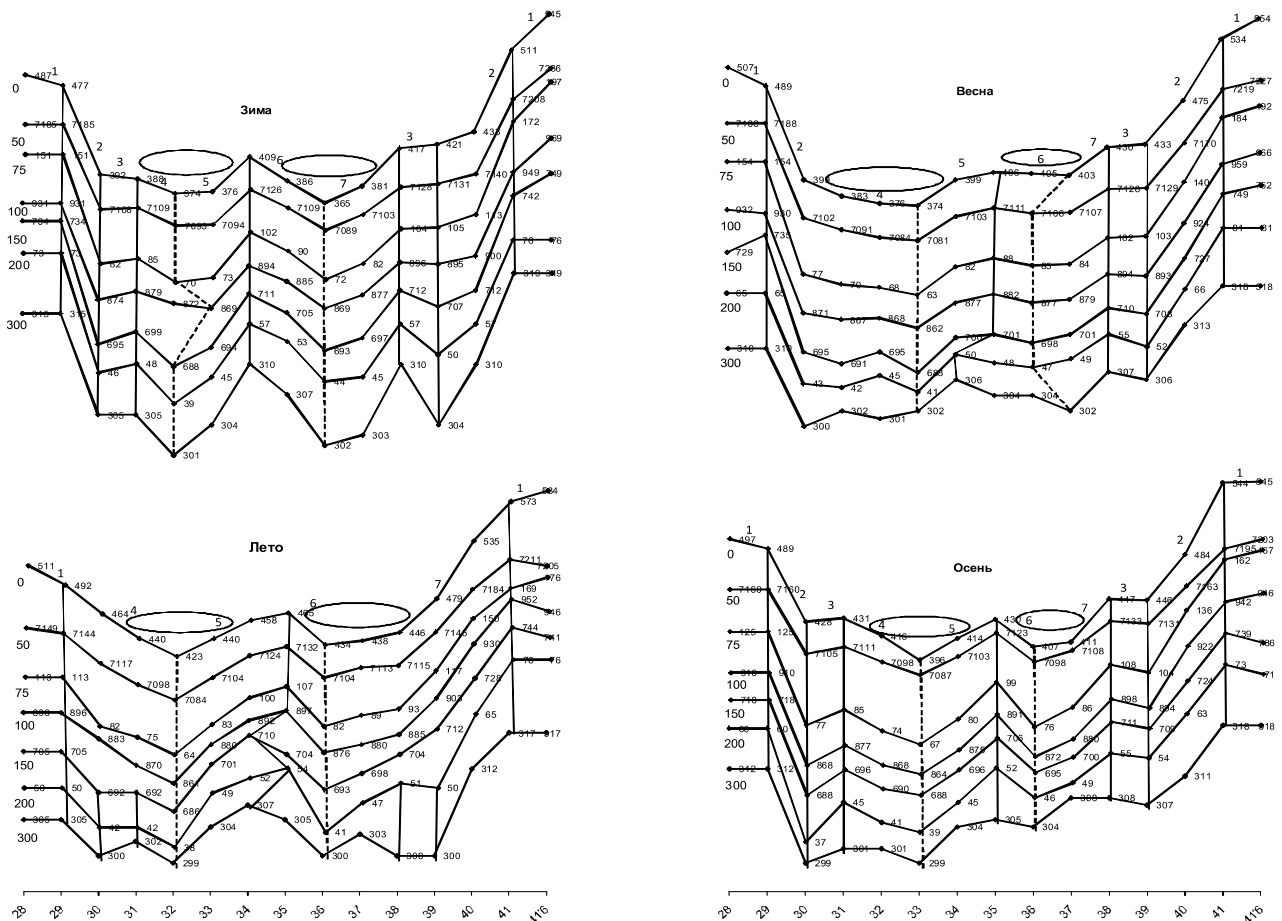


Рис. 3 – Распределение динамических высот вдоль оси зоны дивергенции, по сезонам и горизонтам 0-300 м (1-ПрВПТ, 2-ОЧТ, 3-ПТЧ, 4-ЗВЗЦ, 5-ВВЗЦ, 6-ЗВВЦ, 7-ВВВЦ; эллипсами схематично показано положение циклонических круговоротов; вертикальные линии - гребни, пунктирные линии - центры круговоротов).

Циклонические круговороты весной на востоке моря, а зимой и осенью как на востоке, так и на западе его выглядят относительно изолированными образованиями, слабо связанными с ОЧТ, тогда как весной на западе моря, а летом – на западе и востоке его, как уже упоминалось выше, они интенсивно взаимодействуют с ОЧТ. По нашему мнению, этот процесс играет важную роль в динамике и обновлении вод открытых акваторий моря.

Следует обратить также внимание на заметные пространственные сезонные миграции центров циклонических круговоротов (рис.3, табл. 1, 2). Для наглядной иллюстрации этого, положение центров циклонов по сезонам приведено на рис.1.

Хорошо видно, что в промежуточном слое (рис.1б) зимой и летом центр западного циклона занимает крайнее юго-западное положение, располагаясь на 32° в.д., а весной и осенью он смещается на северо-восток, примерно на 1° долготы и располагается на 33° в.д.

Хорошо видно, что в промежуточном слое (рис.1 б) зимой и летом центр западного циклона занимает крайнее юго-западное положение, располагаясь на 32° в.д., а весной и осенью он смещается на северо-восток, примерно на 1° долготы и располагается на 33° в.д.

Примерно такой же характер смещения зимой к западу (относительно других сезонов) происходит и с зимним гребнем, разделяющим циклоны. Если центры весеннего, летнего и осеннего гребней располагались примерно на 35° в. д., то зимний гребень был смещен к западу и располагался на 34° в. д.

Интересно также поведение центра восточного циклона в зимний период. В этот период он смещен заметно к северу. Так, если положение центров весеннего, летнего и осеннего циклонов приходится на 42,8° с.ш. и 36° в.д., то положение центра зимнего циклона смещается к северу на 43,6° с.ш. и 36° в. д.

Таблица 1 - Средние (нормальные компоненты) скорости течений (см/с) по сезонам в потоках вод, выделенных вдоль оси дивергенции по горизонтам (м)

Зима

м	ПрВПТ	ОЧТ	ПТЧ	ЗВЗЦ	ВВЗЦ	ЗВВЦ	ВВВЦ	ПТЧ	ОЧТ	ПрВПТ
0	-6	-55	-3	-25	1 22	-14 -14	5 23	3	8 51	22
10	-4	-52	-2	-10	1 21	-14 -14	10 22	3	8 46	19
30	-1	-51	-1	-9	0 22	-14 -13	10 17	3	6 46	19
50	0	-50	1	-10	1 21	-11 -13	9 16	1	6 44	18
75	0	-45	2	-10	2 19	-8 -12	6 14	1	5 38	16
100	0	37	3	-3	16	-8 -10	5 12	-1	3 32	13
150	0	25	3	-7	4 11	-4 -8	3 10	-3	3 19	4
200	0	17	1	-6	4 8	-3 -6	1 8	-4	4 12	0
300	0	6	0	-3	2 4	-2 -3	1 1	0	4 6	0

Весна

м	ПрВПТ	ОЧТ+ЗВЗЦ				ВВЗЦ	ЗВВЦ	ВВВЦ	ПТЧ	ОЧТ	ПрВПТ
0	-12	-58	-10	-4	-1	16 10	1	-1 17	2	27 38	13
10	-10	-56	-10	-4	-2	16 6	3	-2 17	2	27 35	8
30	-10	-52	-9	-4	-1	15 6	-3	0 15	1	27 33	4
50	0	-56	-7	-5	-2	14 5	-2	1 14	1	26 32	5
75	0	-50	-4	-1	-3	12 4	-3	1 12	1	24 29	5
100	-1	-38	-2	1	-4	10 3	-3	1 10	-1	21 23	4
150	4	-26	-2	3	-4	8 1	-2	2 6	-1	12 14	2
200	0	-14	-1	2	-3	6 -1	-1	1 4	-2	9 10	0
300	0	-6	1	-1	3	3 -1	0	-1 3	-1	4 3	0

Лето

м	ПрВПТ	ОЧТ+ЗВЗЦ			ВВЗЦ	ЗВВЦ	ВВВЦ + ОЧТ				ПрВПТ
0	-12	-18	-16	-11	11 12 4	-20	4 5 22	36 25	-7		
10	-9	-17	-16	-10	11 11 3	-16	2 4 17	28 23	-4		
30	-6	-17	-15	-10	13 14 4	-12	5 2 21	28 19	-2		
50	-3	-17	-12	-9	13 13 5	-18	6 1 25	25 17	-4		
75	0	-14	-11	-7	12 11 4	-16	4 3 9	28 12	4		
100	0	-9	-9	6	12 8 3	-14	3 3 12	17 14	-4		
150	0	-9	0	-4	10 6 -4	-7	3 4 5	10 10	-2		
200	0	-5	0	-3	7 2 1	-9	4 3 -1	9 7	0		
300	0	-3	1	-2	3 2 -1	-3	2 1 -3	8 2	1		

## Продолжение табл. 1

Осень															
м	ПрВПТ	ОЧТ	ПТЧ	ЗВЗЦ		ВВЗЦ		ЗВВЦ		ВВВЦ		ПТЧ	ОЧТ	ПрВПТ	
0	-5	-39	2	-11	-13	12	10	-15	3	23	-1	25	39	-1	
10	-4	-39	3	-11	-15	11	12	-16	3	22	-1	24	26	10	
30	-2	-39	3	-10	-9	12	12	-16	6	17	-1	23	23	7	
50	0	-36	4	-8	-9	10	13	-16	6	16	-1	21	21	5	
75	0	-31	5	-7	-4	9	12	-14	6	14	-3	21	17	3	
100	0	-27	6	-6	-3	7	10	-12	5	12	-3	18	13	3	
150	0	-19	5	-3	-1	6	6	-7	3	7	-1	10	10	-2	
200	0	-15	5	-3	-1	4	4	-4	2	4	-1	6	6	-1	
300	0	-2	1	0	-1	3	1	-1	3	0	0	0	6	0	
В.д.	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	41,6

Центры циклонов, выделенные в поверхностном слое моря по месяцам, дали на карте весьма пеструю (в виде двух пучков точек) картину их положения на акватории. Проведенное осреднение среднемесячных центров по сезонам (рис. 1а), а также сравнение их положения в поверхностном и промежуточном слоях, показало примерную согласованность центров в восточном циклоне и различие в положении их центров в западном. По сравнению с промежуточным, в поверхностном слое – летние и весенние центры циклонов поменялись местами (рис.1а).

Таблица 2 – Некоторые климатические характеристики положения циклонических круговоротов в Черном море вдоль оси дивергенции

Сезон	Западный циклонический круговорот			Промежуточный гребень	Восточный циклонический круговорот		
	Зональная протяженность, °в.д.	Ширина, °долготы	Зональное положение центра, °в.д.	Зональное положение центра °в.д.	Зональная протяженность °в.д.	Ширина, °долготы	Зональное положение центра, °в.д.
Зима	31-34	3	32	34	34-38	4	36
Весна	29-35	6	33	35	35-38	3	36
Лето	29-35	6	32	35	35-41	6	36
Осень	31-35	4	33	35	35-38	3	36

**В заключение**, отметим, что благодаря проведенным динамическим расчетам климатической циркуляции вод в поверхностном и промежуточном слоях Черного моря по статистическим данным температуры и солености воды вдоль оси основной дивергенции моря получены следующие результаты:

1. Впервые на акватории Черного моря выявлена и выделена путем динамических расчетов по климатическим данным термохалинных характеристик зона основной черноморской дивергенции вод. Найдено положение оси зоны, простирающейся от южного побережья Болгарии через всю среднюю часть моря к южному побережью Кавказа.

2. Расчеты характера климатической циркуляции вод в поверхностном и промежуточном слоях Черного моря вдоль оси дивергенции позволили выявить ряд важных особенностей в структуре, пространственном распределении и сезонной изменчивости, расположенных вдоль нее потоков и круговоротов.

3. Оценены особенности сезонной изменчивости положения и интенсивности развития ОЧТ, циклонических образований, а также скоростей течений в них.

4. Отмечена важная роль весеннего паводка на реках СЗЧМ, как фактора, ответственного за формирование и развитие особенностей циркуляции вод в поверхностном слое открытой акватории моря.

5. Показано существование в открытых водах Черного моря в годовом цикле 3-х видов циркуляции. В зимний период в результате интенсификации атмосферных процессов происходит

развитие примерно равнозначных западного и восточного циклонических круговоротов. В весенний период в результате взаимодействия ОЧТ с периферией западного круговорота, усиленного речным стоком, отмечается доминирование западного циклона, а в летне-осеннее время по аналогичной причине доминирует восточный циклон.

Приведенные результаты исследований базируются на относительно крупномасштабном (40' широты и 60' долготы) осреднении. Поэтому не исключено «просеивание» более мелких форм циркуляции. Несомненно, наряду с выделенной нами основной зоной дивергенции вод, в море присутствует и ряд более мелких, локальных зон сходимости и расходимости потоков. В частности, данные экспедиции «Гидроблэк-91» свидетельствуют о существовании подобных зон на северо-востоке моря в районе Керченского пролива (куда поступают азовоморские воды), у свала глубин шельфа СЗЧМ, и к востоку от пролива Босфор у Анатолийского побережья Турции. Поэтому дальнейшее развитие исследований Черного моря, в подобном плане видится в привлечении большего количества исходных данных, имеющихся в настоящее время, с использованием более мелких квадратов осреднения, например (10'×10') [1].

#### Список литературы

1. Артамонов Ю.В., Белокопытов В.Н., Скрипалева Е.А. Сезонная динамика крупномасштабных циклонических круговоротов Черного моря // Системы контроля окружающей среды: Сб. научн. трудов НАН Украины. МГИ. – Севастополь. – 2007. – С.268-270.
2. Богатко О.Н., Богуславский С.Г., Беляков Ю.М., Иванов Р.И. Поверхностные течения Черного моря // Комплексные исследования Черного моря. – Севастополь, МГИ АН УССР. – 1979. – С.25-33.
3. Богуславский С.Г., Иванов В.А., Янковский А.Е. Особенности Черноморского течения у берегов Крыма // Морской гидрофизический журнал. – 1995. – №9. – С.36-45.
4. Ратнер Ю.Б., Толстошеев А.П., Холод А.Л., Лунев Е.Г. База данных дрейфтерных экспериментов в Черном море // Системы контроля окружающей среды. Сб. научн. трудов НАН Украины. МГИ. – Севастополь. – 2007. – С.112-114.
5. Журбас В.М., Зацепин А.Г., Григорьева Ю.В., Еремеев В.Н., Кременецкий В.В., Мотыжев С.В., Поярков С.Г., Пулейн П.М., Станичный С.В., Соловьев Д.М. Циркуляция вод и характеристики разномасштабных течений в верхнем слое Черного моря по дрейфтерным данным // Океанология. – 2004. – Т.44, №1. – С. 34-48.
6. Кныш В.В., Демьшев С.Г., Коротаев Г.К. Методика реконструкции климатической сезонной циркуляции Черного моря на основе ассимиляции гидрологических данных в модели // Морской гидрофизический журнал. – 2002. – №2. – С. 36-52.
7. Коротенко К.А., Дитрих Д.Е., Боуман М. Дж. Моделирование циркуляции и переноса нефтяных пятен в Черном море // Океанология. – 2003. –Т.43, №3. – С. 367-378.
8. Динамические процессы береговой зоны моря. / Под ред. Р.Д. Косьяна, И.С. Подымова, Н.В. Пыхова. – М.: Научный мир, 2003. – 320 с.
9. Статистические характеристики термохалинной структуры вод Черного моря // Сб. под ред. Э.Н.Альтмана. Государственный комитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды. Государственный океанографический институт. Севастопольское отделение. – Севастополь, 1987. – 302 с.

#### **Особливості кліматичної циркуляції вод Чорного моря за даними розподілу динамічних висот уздовж осі зони чорноморської дивергенції. Белевич Р.Р., Андріанова О.Р., Попов Ю.І., Скіпа М.І.**

*Розглянуто просторове положення, сезонна мінливість та інтенсивність розвитку основних потоків і циклонічних кругообігів вод уздовж осі чорноморської дивергенції, виявленої та виділеної за результатами динамічних розрахунків кліматичного масиву даних про температуру та солоність води в поверхневому і проміжному шарах Чорного моря. Показано важливу роль весняного наводку на річках ПнЗЧМ у формуванні та розвитку особливостей циркуляції вод, в результаті взаємодії їх та ОЧТ з периферіями західного і східного циклонічних кругообігів. Показано, що цей процес викликає домінування на поверхні моря західного циклону у весняний час року і східного в літньо-осінній. Оцінені швидкості потоків та характер сезонної міграції центрів кругообігів.*

**Ключові слова:** Чорне море, кліматична циркуляція вод, динамічна топографія, вісь зони дивергенції.

#### **The features of the Black Sea climatic water circulation on the distribution of dynamic heights along the axis of the Black Sea divergence zone. Belevich R.R., Andrianova O.R., Popov Yu.I., Skipa M.I.**

*It is considered a spatial position, seasonal variability and intensity of the main flow and cyclonic circulation of the Black Sea waters along the axis of divergence, identified and selected according to the results of dynamical calculations of the climatic data set of temperature and salinity in surface and intermediate layers of the Black Sea. The important role of spring floods on the rivers of the NWBS in the development of the water circulation features was shown because of this river's water and MBSC interaction with the periphery of the western and eastern cyclonic circulation. This process causes domination at the western part sea surface cyclone – in spring and at eastern – in summer and autumn. The flow rate and nature of seasonal migration cyclonic centers were estimated.*

**Key words:** Black Sea, climatic circulation of water, dynamic topography, axis of zone divergence.