

**О.Р. Андрианова**, к. геогр.н., **Р.Р. Белевич**, к. геогр.н.

*Отделение гидроакустики Морского гидрофизического института Национальной академии наук Украины*

## **ПАВОДКОВАЯ ПРИРОДА ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ**

*Природа формирования поверхностной циркуляции Черного моря рассмотрена по фактическим съемкам в весенний (апрель), летний (июль), осенний (сентябрь) и зимний (февраль-март) периоды года. Определяющая роль паводка рек в формировании поверхностной циркуляции вод Черного моря и последовательном сезонном развитии интенсивности вначале западного (апрель), а затем восточного (сентябрь) циклонов показана как по климатическим, так и по конкретным фактическим съемкам.*

**Ключевые слова:** Черное море, циркуляция вод, речной сток, динамическая топография, дивергенция, конвергенция.

**Введение.** Исследованию циркуляции вод Черного моря посвящено много работ, ссылки на которые можно найти, например, в [1, 2]. В последнее время принято считать [2-4], что природа изменчивости сезонной циркуляции вод Черного моря и развитие интенсивности Основного черноморского течения (ОЧТ) зависит в основном от характера атмосферного воздействия ветра на поверхность моря и в первую очередь от внутригодовой изменчивости средней завихренности напряжения поля ветра над морем.

Вместе с тем следует заметить, что в выполненной нами работе [5], посвященной установлению особенностей климатической циркуляции поверхностных вод Черного моря по характеру распределения динамических высот вдоль оси зоны основной Черноморской дивергенции, выявлена важная роль в этом процессе паводкового стока рек в море. Показано существование в поверхностном слое открытых вод Черного моря в годовом цикле (в его сезонном ходе) трех видов циркуляции. В зимний период года (I-II) в результате интенсификации атмосферных процессов над акваторией моря [3] происходит развитие примерно одинаковых западного и восточного циклонических круговоротов.

В весенний период года (III-V) в западной части Черного моря, благодаря поступлению сюда в это время большого количества вод паводкового стока рек этого региона моря, поток ОЧТ заметно расширяется (ширина потока увеличивается с одного до двух градусов долготы) и усиливается. Смещаясь к югу ОЧТ, усиленное весенним паводком, в юго-западной части Черного моря вступает во взаимодействие с находящейся здесь периферией западного циклонического круговорота, которая в виде ложбины водного рельефа близко подходит в этом районе к южному побережью Болгарии. Распресненные воды ОЧТ достигнув ложбины, устремляются вдоль нее в открытые районы моря, обостряют движение против часовой стрелки значительно увеличивая, усиливая и расширяя западный циклонический круговорот на акватории моря и подавляя восточный круговорот. Западный циклонический круговорот в это время становится доминирующим в поверхностном слое моря на большей части его акватории.

В летне-осеннее время (VIII-IX) в результате поступления к этому времени года в восточную часть моря все тех же вод ОЧТ, усиленных речным стоком и к тому же благодаря паводку местных горных рек, происходит аналогичный процесс – вступление их во взаимодействие, но уже с восточной периферией (ложбиной) восточного циклонического круговорота. Происходит усиление и расширение на запад моря всего

восточного циклонического круговорота с подавлением интенсивности западного круговорота. В этот период года восточный циклонический круговорот доминирует на большей части открытых вод моря. К зимнему периоду этот процесс ослабевает и происходит развитие примерно одинаковых западного и восточного циклонических круговоротов на акватории моря, как отмечено выше.

Важно подчеркнуть, что процесс попеременного взаимодействия ОЧТ, усиленного речным паводком, то с западной периферией западного циклона на западе моря, то с восточной периферией восточного циклона на востоке моря, происходит лишь в районах наиболее близкого подхода к берегу периферий этих круговоротов и лишь в то время, когда поток ОЧТ становится значительно шире за счет присоединения к нему паводковых вод. Такими районами, как уже отмечено выше, являются краевые положения западной и восточной ветвей оси основной черноморской дивергенции. Располагаются они, согласно климатическим данным [5], на западе моря к востоку от южного побережья Болгарии, а на востоке – к западу от южного побережья Грузии.

Описанный характер циркуляции вод в поверхностном слое моря, получен нами ранее по климатическим данным [5].

**Целью** данной работы являлась оценка поверхностной циркуляции вод на открытой акватории Черного моря по материалам конкретных съемок и сопоставление результатов полученных по отдельным экспедициям с климатическими данными [5].

**Материалы и методы исследования.** Для проведения указанной работы были собраны материалы четырех комплексных океанографических съемок всего Черного моря, выполненных в различные сезоны года (таблица 1). В приводимой таблице даны сведения о привлеченных экспедициях, с указанием названия судна, номера рейса, периода работ, а также объема использованного материала (количество станций).

Таблица 1 – Сведения об экспедициях с указанием количества использованных станций

	Название судна, номер рейса	Период работ	Кол-во станций
1	Я. Гаккель, 22	27.02-14.03.1985	126
2	Hydro Black-91	03.09-23.09.1991	287
3	Coms Black -92	07.07-17.07.1992	86
4	Coms Black -93	04.04-29.04.1993	86

Материалы указанных в таблице рейсов были соответствующим образом подготовлены и обработаны. Проведенные по ним динамические расчеты позволили построить карты динамической топографии всего моря для зимы, весны, лета и осени, соответствующих съемкам лет, и сопоставить результаты, полученные по материалам конкретных экспедиций, с климатическими расчетами [5].

Съемка всего Черного моря на НИС Я. Гаккель (22 рейс) была выполнена в феврале-марте 1985 г., когда над акваторией моря хорошо развиты зимние атмосферные процессы.

Экспедиция ComSBlack-93 была выполнена в апреле 1993 г., в период, когда по климатическим данным в западной части моря отмечается паводок рек СЗЧМ и доминирующее развитие получает западный циклонический круговорот.

Экспедиция ComSBlack-92 была выполнена в июле 1992 г. Этот период года по климатическим данным характеризуется переходным этапом между упомянутыми доминантами. Циклоны в этот период слабы и размыты.

Экспедиция HydroBlack-91 – была выполнена в сентябре 1991 г., в период, когда по климатическим данным на акватории моря доминирует восточный циклонический круговорот.

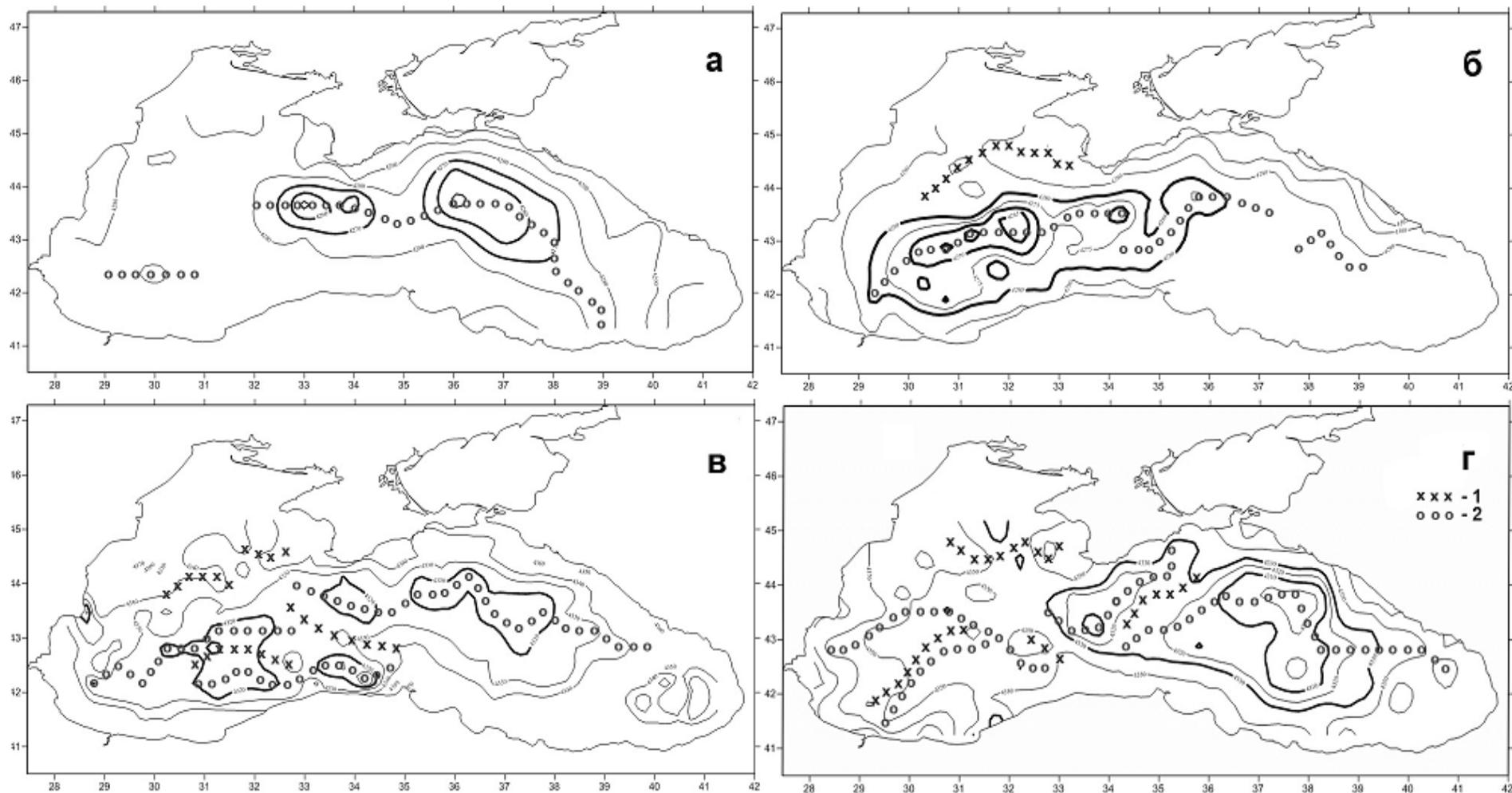
На рисунке 1 приведены, построенные по материалам указанных рейсов, карты динамической топографии на поверхности Черного моря, вычисленные относительно условной нулевой поверхности, равной 50 м с выделением на них положения основных циклонов, а также осей зон дивергенции и конвергенции потоков.

Согласно основам динамического метода [6], впадина и ложбина водного рельефа на картах динамической топографии соответствуют центру циклона и дивергенции потока, а возвышенность и гребень – центру антициклона и конвергенции потоков.

**Результаты исследований.** На карте динамической топографии, построенной по материалам 22 рейса НИС Я. Гаккель, выполненного в феврале - марте 1985 г. (рис.1а), хорошо видно присутствие характерных для зимнего периода года двух, примерно равнозначных, циклонических круговоротов и оси зоны основной черноморской дивергенции, проходящей по минимальным значениям динамических высот.

На карте динамической топографии, построенной по материалам экспедиции ComSBlack-93, проведенной в апреле 1993 г. (рис. 1б), хорошо прослеживается активное развитие весной западного циклона, занимающего большую часть открытых вод моря. При этом можно констатировать, что сам циклон характеризуется, как минимум, трехядерной структурой. Обостренно выглядит на свале глубин шельфа СЗЧМ зона конвергенции, представляющая струю ОЧТ здесь. Интересно отметить также, что периферия оси зоны дивергенции западного циклонического круговорота (ложбина водного рельефа) в это время года не располагалась у западного побережья Болгарии, как это следует из анализа данных климатических расчетов, а была направлена к проливу Босфор (рис.1б). Нужно заметить, что помимо основной зоны Черноморской дивергенции вод, материалами июльской съемки 1992 года (рис.1в) и сентябрьской съемки 1991 года (рис.1г) оказались охвачены и некоторые локальные фронтальные разделы, активно развитые в море в это время года. Хорошо виден на рисунке 1г, например, фронтальный раздел, сформировавшийся в результате вторжения азовоморских вод в Черное море. Струя этих вод от Керченского пролива тянется к центру моря (на ЮЗ). Аналогичная картина видна и у анатолийского побережья Турции, где от основной струи ОЧТ отделяется ветвь с направлением движения на СЗ (рис.1 в, г). Укажем лишь, что изучение локальных фронтальных разделов в море, тема специального исследования, выходящего за рамки настоящей статьи и здесь она нами не рассматривается.

На карте динамической топографии, построенной по материалам экспедиции HydroBlack-91, проводившей исследование Черного моря в сентябре 1991 г. (рис.1г), хорошо прослеживается активное развитие восточного циклона, занимающего в это время года значительную акваторию открытых вод моря. Как и западный циклон весной, он также имеет трехядерную структуру. Сложную структуру имеет в это время и ось зоны основной черноморской дивергенции, испытывая разрывы и раздвоения в западной и восточной частях моря (рис. 1г).



1 – ось зони конвергенції; 2- ось зони дивергенції

Рис. 1 – Карты относительной динамической топографии (слой 0-50 метров) на поверхности Черного моря по данным экспедиций:  
 Я. Гаккель-22 (II-III. 1985 г.) – (а); ComSBlack – 93 (IV. 1993 г.) – (б);  
 ComSBlack – 92 (VII. 1992 г.) – (в); HydroBlack – 91 (IX. 1991 г.) – (г).

И, наконец, на карте (рис. 1в), представлено распределение динамических высот на поверхности Черного моря, полученное по материалам экспедиции ComSBlack-92, проводившей исследования в июле 1992 г. Это время переходного периода между активным развитием западного (апрель) и восточного (сентябрь) циклонов. На приводимой карте хорошо видна размытая картина динамической топографии вод. Из этого рисунка 1в следует, что на поверхности открытой акватории моря присутствует не менее четырех слабых циклонических вихрей.

**Выводы.** Обобщая материалы четырех съемок Черного моря, выполненных во все сезоны года, отметим, что прослежен механизм формирования на поверхности открытых его акваторий характера циркуляции вод, который обусловлен усилением ОЧТ паводковым стоком рек. В результате воздействия паводкового стока рек происходит расширение струи ОЧТ и ее взаимодействие с перифериями западного циклона весной (IV-V) и восточного - в летне-осеннее (VIII-IX) время в зоне прибрежных ветвей основной Черноморской дивергенции вод. То есть, конкретными съемками подтвержден, выявленный ранее по климатическим данным, механизм формирования циркуляции на поверхности открытых вод моря в весенний и летне-осенний периоды, обусловленный влиянием паводкового стока рек

Подводя итоги проведенных исследований можно заключить, что по материалам фактических экспедиций подтверждается выявленный по климатическим данным [5] паводковый механизм, управляющий сезонной циркуляцией вод на поверхности Черного моря в теплый период года.

#### Список литературы

1. Блатов А.С., Булгаков Н.П., Иванов В.А., Косарев А.Н., Тужилкин В.С. Изменчивость гидрофизических полей Черного моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 240 с.
2. Иванов В.А., Белокопытов В.Н. Океанография Черного моря. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011. – 213 с.
3. Коротаев Г.К. О причине сезонного хода циркуляции в Черном море // Морской гидрофизический журнал. – 2001. – №6. – С. 14-20.
4. Полонский А.Б., Шокурова И.Г. Изменения сезонного хода геострофической циркуляции в Черном море // Морской гидрофизический журнал. – 2010. – №1. – С. 16-39.
5. Белевич Р.Р., Андреанова О.Р., Попов Ю.И., Скипа М.И. Особенности климатической циркуляции вод Черного моря по данным распределения динамических высот вдоль оси зоны черноморской дивергенции // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №8. – С. 234-241.
6. Зубов Н.Н., Мамаев О.И. Динамический метод вычисления элементов морских течений. – Л.: Гидрометеиздат. – 1956. – 116 с.

#### Паводкова природа формування поверхневої циркуляції вод Чорного моря

Андреанова О.Р., Белевич Р.Р.

*Природа формування поверхневої циркуляції Чорного моря розглянута за фактичними зйомками у весняний (квітень), літній (липень), осінній (вересень) та зимовий (лютий-березень) періоди року. Визначна роль паводку річок у формуванні поверхневої циркуляції вод Чорного моря та послідовному сезонному розвитку інтенсивності спочатку західного (квітень), а потім східного (вересень) циклонів показана як за кліматичними, так і по конкретним гідрологічним зйомкам.*

**Ключові слова:** Чорне море, циркуляція вод, річковий стік, динамічна топографія, дивергенція, конвергенція.

#### The freshet nature of the formation of the surface water circulation of the Black Sea

Andrianova O.R., Belevich R.R.

*The nature of the formation of the Black Sea surfaces circulation is examined on the hydrological surveys in the spring (April), summer (July), autumn (September) and winter (February-March) seasons. The main role of the river freshet in the formation of the Black Sea surfaces circulation and the consecutive seasonal development of its intensity at the first - the western gyre (April), and then - the eastern gyre (September) is shown as by the climatic and the specific hydrological surveys.*

**Keywords:** Black Sea, the circulation of water, river flow, dynamic topography, divergence, convergence.