

Р.Р.Белевич, М.И.Скипа, А.В.Сриберко

*Отделение гидроакустики*

*Морского гидрофизического института НАН Украины г.Одесса*

### **КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПЕРЕНОСА МАСС ВОДЫ ЧЕРНОМОРСКИМИ ПОТОКАМИ ПО КЛИМАТИЧЕСКИМ ДАННЫМ**

Располагая климатическими сведениями о температуре и солености воды полученными в узлах 95 квадратов (размером 40 × 40 миль) Черного моря была предпринята попытка оценить величины переноса в нем масс воды Черноморскими потоками. Применяв для расчета аппарат динамического метода, были вычислены среднегодовые величины расходов масс воды, а также оценены месяцы (сезоны) максимальных и минимальных переносов, выявлены: период активного развития динамических процессов на акватории моря и период их затухания.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** *перенос масс воды, циркуляция Черного моря, сезонная изменчивость.*

Черное море – квазиизолированный бассейн, заполняемый водой из двух источников приблизительно одинакового расхода. Одним из этих источников является пресноводный речной сток, другим – Нижнебосфорское течение, с которым поступает соленая вода средиземноморского происхождения. Благодаря взаимодействию речных и средиземноморских вод сформировалась и поддерживается гидрологическая структура Черного моря [1].

Наличие мощного перманентного пикно-халоклина обуславливает ярко выраженную бароклинную динамику вод Черного моря. Известно, что основные течения в этом бассейне наблюдаются в верхнем 200 – 250 м слое. Ниже скорость течения невелика и, как правило, не превышает 2 – 3 см/с [2].

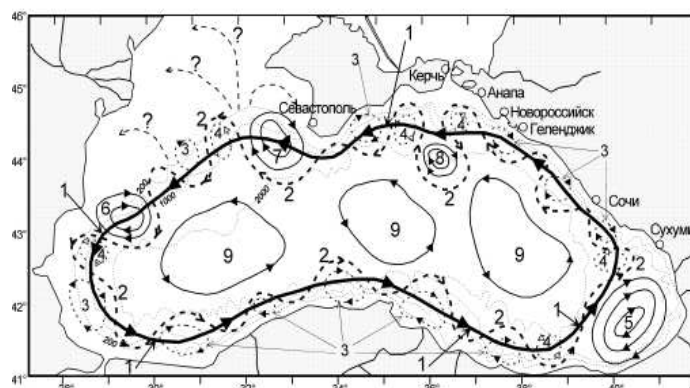
Хорошо известно, что важной особенностью горизонтальной циркуляции вод Черного моря является наличие общего циклонического круговорота. В этом крупномасштабном циклоническом круговороте выделяют струйное течение (Основное Черноморское течение – ОЧТ). ОЧТ наиболее интенсивное и достаточно хорошо выраженное звено циркуляции Черного моря. До конца 70-х гг. оно не имело определенного названия и именовалось как основное течение или основной поток. С начала 80-х гг., в основном, начиная с работ А.С.Блатова [3], широко применяется название ОЧТ. ОЧТ в основном располагается над континентальным склоном, за исключением юго-восточной части моря, где оно может отходить от побережья и пересекать глубоководную часть. ОЧТ разграничивает море на две динамические области: узкую прибрежную зону с сильной антициклонической завихренностью течений и обширную область слабой циклонической завихренности в открытой части моря [4].

Генеральная циркуляция вод в Черном море характеризуется циклоническим движением вод (рис.1). Ее главным структурным элементом (по терминологии авторов [5]) является Кольцевое циклоническое течение (КЦТ), опоясывающее все море по его периметру (в большинстве литера-

турных источников этот поток носит название Основное Черноморское течение (ОЧТ)). В квазистационарном состоянии КЦТ у Кавказского побережья охватывает полосу вдоль берега шириной 50 – 60 км и несет свои воды в генеральном направлении на северо-запад. Примерно на удалении 20 – 35 км от берега прослеживается ядро наибольших скоростей (стрежень потока), где скорости на поверхности моря нередко достигают 60 – 80 см/с. Проникновение этого течения в глубину составляет порядка 150 – 200 м в летний период и 250 – 300 м в зимний период. В отдельных случаях, в области стрежня оно проникает до глубины 350 – 400 м.

Вследствие синоптической изменчивости ветра, гидродинамической неустойчивости и взаимодействия с рельефом подводного склона, КЦТ испытывает волнообразные колебания: его стрежень отклоняется то вправо, то влево от своего среднего положения, т.е. это струйное течение меандрирует. Интенсивность меандрирования КЦТ, длина волн и амплитуда меандров в различных районах моря и в разное время года различны: от слабых колебаний до почти замкнутых или очень вытянутых меандров. В теплый период года, с апреля по ноябрь, интенсивность меандрирования КЦТ больше, чем в зимний период. В конце лета и осенью его меандры могут достигать центральной части моря.

В результате, в его меандрах возникают, развиваются, а затем разрушаются вихревые структуры: слева от стрежня в циклонических меандрах образуются циклонические вихри (ЦВ), справа, в антициклонических меандрах, прибрежные антициклонические вихри (ПАВ). Наибольшего развития антициклонические меандры и ПАВ достигают в летне-осенний период. В большинстве случаев они имеют форму, близкую к окружности, их геометрические размеры достигают 30 – 40 км, иногда 60 – 80 км, а в исключительных случаях – до 100 км. Большинство ПАВ после образования перемещаются вместе с антициклоническими меандрами КЦТ в том же направлении, что и поток КЦТ [5].



Р и с . 1 . Схема циркуляции вод Черного моря согласно [5].  
 1 – Кольцевое циклоническое течение (КЦТ) – среднее положение стрежня; 2 – меандры КЦТ; 3 – прибрежные антициклонические вихри (ПАВ); 4 – циклонические вихри (ЦВ); 5 – Батумский антициклонический вихрь; 6 – Калиакрский ПАВ; 7 – Севастопольский ПАВ; 8 – Керченский ПАВ; 9 – квазистационарные циклонические круговороты.

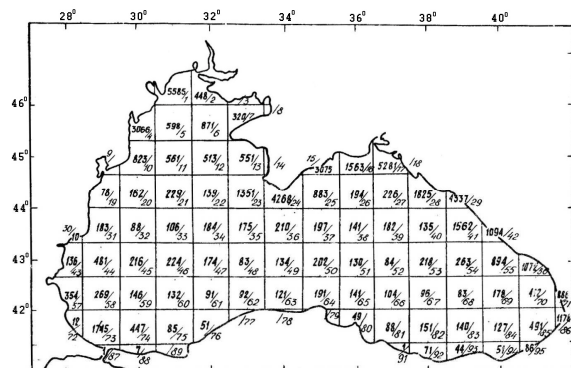


Рис. 2. Количество океанографических станций в 95 квадратах (размер квадрата 40' × 60').

В нашей работе был проведен анализ количественного распределения переноса вод течениями в Черном море рассчитанных динамическим методом по климатическим данным [6]. Располагая климатическими сведениями о температуре и солёности воды по горизонтам, полученным в узлах 95 квадратов (размером 40' × 60') Черного моря (рис.2) [6], была предпринята попытка оценить величины переноса в нем масс воды Черноморскими потоками.

Расчеты проводились по 23 зональным и меридиональным гидрологическим разрезам. Для каждого из этих разрезов динамическим методом был рассчитан расход воды по стандартным слоям от 0 до 300м с последующим обобщением данных для всего слоя.

Для более объективного анализа расхода воды в Черном море среднегодовые значения были отфильтрованы и брались от значения  $0,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ . Как видно из рисунка 3, рассчитанные значения расхода воды динамическим методом по климатическим данным больше  $0,5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$  полностью описывают струю ОЧТ. Знак «+» или «-» на рис.3 означает направление потока (если меридиональный разрез, то положительные значения означают направление потока с востока на запад, а отрицательные наоборот – с запада на восток, если зональный разрез, то положительные значения означают направление потока с севера на юг, а отрицательные – с юга на север).

Максимальные значения среднегодового расхода воды наблюдались в западной части Черного моря и у южного побережья Крыма, где они достигали  $4 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$  в первом районе и  $1,2 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$  во втором. Нам представляется,

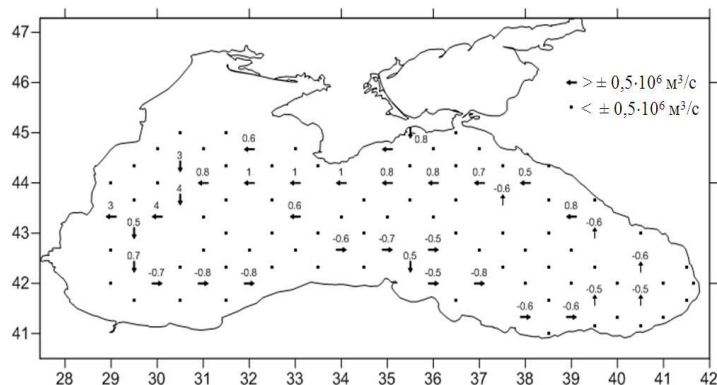
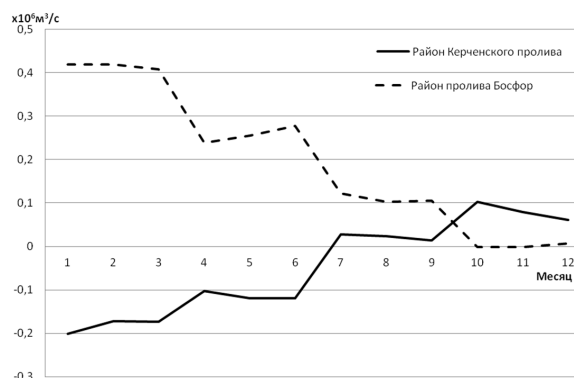


Рис. 3. Среднегодовое распределение суммарного расхода воды ( $\times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ ) в слое от 0 до 300 м в Черном море, рассчитанного динамическим методом по климатическим данным.



Р и с . 4 . Годовой ход меридиональной компоненты суммарного расхода воды ( $\times 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$ ) в слое от 0 до 300 м в районе Керченского пролива (кв.16 – 17) и пролива Босфор (кв.73 – 74) (положительные и отрицательные значения означают направление потока).

что данные  $(3 - 4) \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$  завышены и являются браком исходных данных.

В сезонном ходе расхода воды максимум наблюдается в периоде зима – весна, а минимум – лето – осень, похожая картина отмечалась и в [4].

Наряду с изложенными выше результатами выполненных климатических оценок интегрального среднегодового переноса масс воды потоками Черного моря, представилось интересным остановиться вкратце на некотором своеобразном характере меридионального переноса масс воды обнаруженном в районах прилегающих к проливам Керченскому (кв.16 – 17) и Босфор (кв. 73 – 74) (рис.4).

Внутригодовой ход переноса масс воды в этих квадратах (их меридиональная компонента) существенно отличается от характера подобной изменчивости в большинстве квадратов моря и явно свидетельствуют о хорошо выраженном в течение года однонаправленном стоке воды из Черного моря в Мраморное через пролив Босфор и наличии заметно выраженного обмена водами через Керченский пролив.

Выполненные оценки стока черноморских вод в Мраморное море оказались равными  $0,0215 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $677 \text{ км}^3/\text{год}$ ).

В Керченском проливе в течение первой половины года (рис.4) наблюдался перенос черноморских вод в Азовское море, а в течение второй половины года отмечается обратный процесс сток Азовоморских вод в Черное море. К сожалению, количественные величины этого стока получились заметно завышенными по сравнению с имеющимися в литературных источниках данными, тогда как полученный нами сток в Мраморном море хорошо вписывается в эти представления [4].

Максимальный расход воды в районах обоих проливов наблюдается в январе – марте, а минимальный – в сентябре – декабре.

В заключение можно констатировать, что расчет расхода воды потоками в Черном море динамическим методом по термохалинным характеристикам показал в общем хорошие результаты. В дальнейшем предполагается продолжать более детальные исследования расходов вод в Черном море.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зацепин А.Г., Кременецкий В.В., Станичный С.В., Бурдюков В.М. Бассейновая циркуляция и мезомасштабная динамика Черного моря под ветровым воздействием // Современные проблемы динамики океана и атмосферы.– М.: Триада ЛТД, 2010.– С.347-368.

2. *Титов В.Б.* О характере циркуляции и вертикальной структуре течений в восточной части Черного моря // *Океанология.*– 1980.– т.20, № 3.– С.425-431.
3. *Блатов А.С., Иванов В.А.* О вихреобразовании в Черном море // *Комплексные исследования Черного моря.*– Севастополь: МГИ АН Украины, 1979.– С.43-51.
4. *Иванов В.А., Белокопытов В.Н.* *Океанография Черного моря.*– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2011.– 212 с.
5. *Косьян Р.Д., Подымов И.С., Пыхов Н.В.* *Динамические процессы береговой зоны моря.*– М.: Научный мир, 2003.– 320 с.
6. *Статистические характеристики термохалинной структуры вод Черного моря* / Под ред. Альтмана Э.Н.– Севастополь: СО ГОИН, 1987.– 302 с.

Материал поступил в редакцию 07.06.2013 г.  
После доработки 27.08.2013 г.

Маючи в своєму розпорядженні кліматичні відомості про температуру і солоність води отриманих у вузлах 95 квадратів (розміром 40 × 40 миль) Чорного моря була зроблена спроба оцінити величини переносу в ньому мас води Чорноморськими потоками. Застосувавши для розрахунку апарат динамічного методу були обчислені середньорічні величини витрат мас води, а також оцінені місяці (сезони) максимальних і мінімальних переносів, виявлено: період активного розвитку динамічних процесів на акваторії моря і період їх послаблення.

With climatic information about the temperature and salinity of the water produced at the sites of 95 squares (40 × 40 miles) of the Black Sea was an attempt to assess the value of the transfer to it of the masses Black Sea water flows. Applying for the calculation of the unit of the dynamic method were calculated annual average cost of water masses, as well as evaluated months (seasons), the maximum and minimum shifts are revealed: the period of active development of dynamic processes in the waters of the sea and the period of their weakening.

Р.Р. Белевич, М.І. Скіпа, А.В. Сриберко

#### **КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ПЕРЕНОСУ МАС ВОДИ ЧОРНОМОРСЬКИМИ ПОТОКАМИ ПО КЛІМАТИЧНИМ ДАНИМ.**

Ключові слова: перенос мас води, циркуляція Чорного моря, сезонна мінливість.

R.R. Belevich, M.I. Skipa, A.V. Sryberko

#### **QUANTITATIVE EVALUATION OF MASS TRANSFER BLACK SEA WATER FLOWS ON CLIMATE DATA.**

Keywords: mass transport of water, the circulation of the Black Sea, the seasonal variability.