

УДК 551.465.72

**Е. И. Газетов**<sup>1</sup>, науч. сотр.**О. Р. Андрианова**<sup>2</sup>, д. геогр. н., ст. науч. сотр.**В. И. Мединец**<sup>1</sup>, к. ф.-м. н., руководитель центра**Р. Р. Белевич**<sup>2</sup>, к. геогр. н., ст. науч. сотр.**В. Н. Морозов**<sup>3</sup>, к. геогр. н., директор<sup>1</sup> Одесский национальный университет им. И.И.Мечникова, пер. Маяковского, 7, г. Одесса, 65082, Украина, gazetov@gmail.com,<sup>2</sup> Отделение гидроакустики института геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, ул. Преображенская, 3, Одесса, 65000, Украина, science@ogamgi.org.ua,<sup>3</sup> Дунайская гидрометеорологическая обсерватория, ул. Героев Сталинграда, 36, г. Измаил, Одесская область, 68601, Украина, gidromet@dhmo.org.ua

## **ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТОКА РЕКИ ДУНАЙ НА ОТДЕЛЬНЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В 2004-2013 ГГ.**

Проанализированы ряды среднемесячных значений стока р. Дунай и уровня моря на трех станциях в северо-западной части Черного моря (СЗЧМ) в 2004-2013 гг. Проведен расчет среднемесячных скоростей, направлений и величин потоков воды на разрезах: п. Приморское – о. Змеиный – п. Черноморское. Обсуждаются результаты исследования воздействия стока р. Дунай на характеристики водообмена между СЗЧМ и открытой частью Черного моря в 2004-2013 гг. Оценена степень воздействия стока р. Дунай на перенос водных масс СЗЧМ при различном удалении от устья реки. Обоснован вывод о наличии в СЗЧМ в период 2004-2013 гг. почти постоянного антициклонического меандра между ОЧТ и берегом.

**Ключевые слова:** СЗЧМ, сток р. Дунай, уровень моря, циркуляция морских вод

### **ВВЕДЕНИЕ**

Известно [6, 3], что северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ) имеет отличную от остальной части Черного моря схему циркуляции вод. В этой области северная ветвь западного циклонического круговорота Черного моря проявляет постоянные возмущения из-за ветрового воздействия и речного стока. При небольшой средней глубине (27,7 м) и объеме вод СЗЧМ около 1910 км<sup>3</sup> [3] сток рек Дунай, Днепр, Днестр, Южный Буг и др. в объеме 265-267 км<sup>3</sup> в год [6, 2, с. 10-18] должен весьма существенно влиять на характер циркуляции водных масс в этом районе.

Детализация циркуляции вод в СЗЧМ, проводимая по результатам модельных расчетов [1, с. 210-217] и данным дистанционного зондирования Земли [6, 9], затруднена из-за недостаточного количества экспериментальных данных. Вместе с тем, подробная схема циркуляции вод важна при оценке состояния морских экосистем и ресурсов в областях, примыкающих к дельтам рек: «на-

личие и местоположение распресненных вод влияет на рыбопромысловую и экологическую обстановку на шельфе из-за повышенной эвтрофикации верхнего распресненного слоя» [7, с. 59].

Целью данного исследования является выявление роли стока р. Дунай в формировании уровня режима, скоростей и направлений потоков водных масс в районе Черного моря, ограниченном разрезами между станциями Приморское – о. Змеиный – Черноморское (рис. 1).

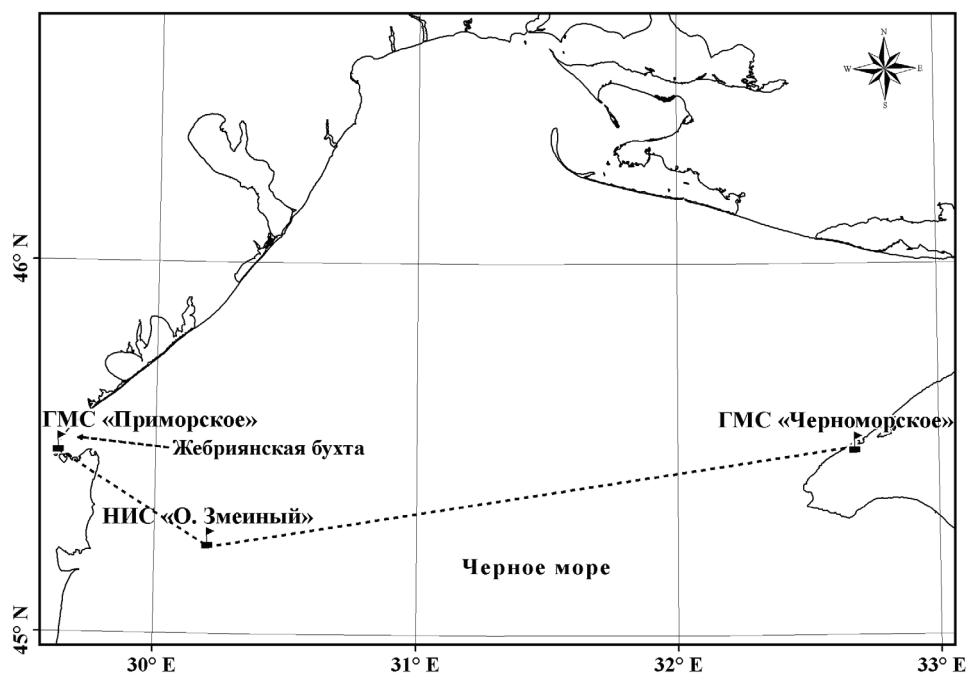


Рис. 1. Расположение станций, по которым использовались данные наблюдений за уровнем моря

Объект исследования – северо-западная часть Черного моря (СЗЧМ), ограниченная с юга разрезами п. Приморское – о. Змеиный (западный разрез) и о. Змеиный – п. Черноморское (восточный разрез).

Предметом исследования являются взаимосвязи между водным стоком р. Дунай и некоторыми гидрофизическими характеристиками СЗЧМ (уровень моря, скорость и направление потоков водных масс).

В процессе исследования решались задачи: восстановления пропущенных в зимние периоды времени наблюдений за уровнем моря на научно-исследовательской станции (НИС) «Остров Змеиный»; расчетов скоростей и направлений потоков водных масс через вышеназванные разрезы; анализа статистических взаимосвязей рядов наблюдений за стоком р. Дунай, уровнем моря, скоростью и направлением потоков водных масс.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных данных использованы результаты ежедневных наблюдений на гидрометеорологических станциях (ГМС) «Приморское» и «Черноморское» в 2004-2013 гг., по которым были рассчитаны среднемесячные значения уровня моря, а также среднемесячные величины стока р. Дунай для этого же периода времени. Так как регулярные ежедневные измерения уровня моря на НИС «Остров Змеиный» проводились обычно с апреля-мая по декабрь, нами для восстановления пропущенных в зимние периоды года измерений был использован методический подход, детально описанный в работе [1, с. 210-217], что позволило получить непрерывные ряды значений уровня моря в период с января 2004 г. по декабрь 2013 г. Среднемесячные значения стока р. Дунай и уровня моря на ГМС «Приморское», ГМС «Черноморское» и НИС «О. Змеиный» приведены на рис. 2.

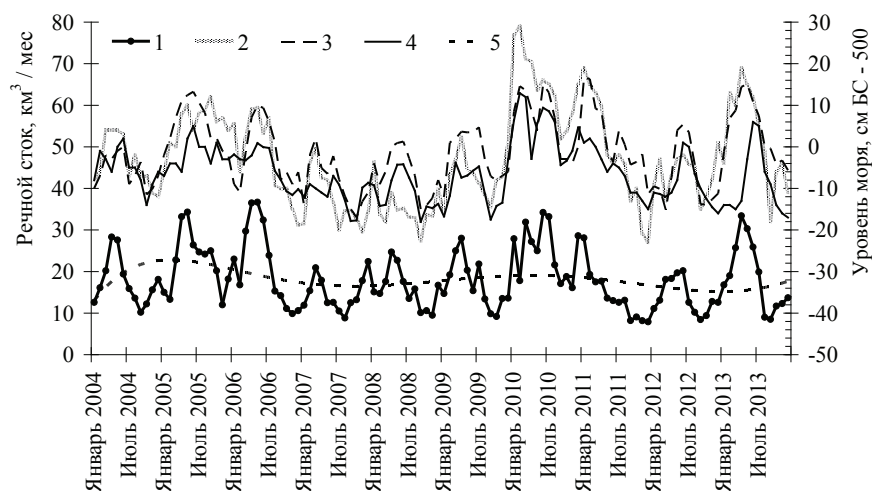


Рис. 2. Среднемесячные значения стока р. Дунай (1) с аппроксимацией полиномом 6-й степени (5) и уровня моря на ГМС «Приморское» (2), НИС «О. Змеиный» (3) и ГМС «Черноморское» (4) в 2004-2013 гг.

Для расчета скоростей и направлений потоков водных масс на разрезах нами использованы формулы и основные морфометрические характеристики района из работы [1, с. 210-217]. Скорости и направления потоков водных масс на поверхности моря рассчитывались по формуле динамического метода [5]:

$$V = (g \cdot \Delta H) / (2\omega \cdot L \cdot \sin(\varphi)), \quad (1)$$

где:  $V$  – скорость течения;  $g$  – ускорение свободного падения;  $\Delta H$  – разность высот уровня между станциями;  $\omega$  – угловая скорость вращения Земли;  $L$  – расстояние между станциями;  $\varphi$  – географическая широта середины разреза.

Так как придонные слои воды замедляются в своем движении вследствие сил трения, возникающих между водой и дном, в расчетах скорости потока по глубине нами использовался поправочный множитель, полученный из работы [8] по градиенту скоростей по вертикали до 50 м глубины. Вертикальный коэффициент турбулентной вязкости воды при этом брался равным  $400 \text{ см}^2/\text{с}$ .

Расходы воды через сечения на разрезах рассчитывались по формуле:

$$Q = \sum_i (V_i \cdot S_i), \quad (2)$$

где:  $Q$  – расход воды;  $V_i$  и  $S_i$  – скорости и площади водных сечений на разрезах на диапазонах глубин: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 и 40-50 м.

Для построения картосхем и проведения анализа использованы программные средства ArcEditor 9.2, Excel, Statistica.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики временного распределения среднемесячных значений уровня моря и водного стока реки Дунай показал (рис. 2), что на всех трех станциях в 2004-2013 гг. наблюдался выраженный сезонный ход уровня моря, равно как и сезонный ход стока р. Дунай.

Среднемесячные значения уровня моря (см БС - 500) за период 2004-2013 гг. были следующие:

- на ГМС «Приморское»: -3, при диапазоне изменений от -23 в сентябре 2008 г. и декабре 2011 г. до +29 в феврале 2010 г.;
- на НИС «О. Змеиный»: -1, при диапазоне изменений от -17 в октябре 2008 г. до +17 в январе 2011 г.;
- на ГМС «Черноморское»: -6, при диапазоне изменений от -18 в сентябре и октябре 2007 г., сентябре 2008 и 2009 гг. до +13 в феврале 2010 г.

При этом максимальные значения уровня моря на указанных станциях обычно отмечались в весенне-летний период года, а минимальные – в осенне-зимний. Однако, в 2010 и 2011 гг. сезонный ход отличался от вышеуказанного, и максимальные значения уровня моря были зафиксированы в декабре-марте.

На ГМС «Приморское», НИС «О. Змеиный» и ГМС «Черноморское» для 2004-2013 гг. выявлена тенденция повышения уровня моря на 0,28, 0,32 и 0,32 см в год, соответственно.

Ежемесячные объемы водного стока р. Дунай в 2004-2013 гг. изменялись в пределах от 7,9 до 36,7 км<sup>3</sup>, при средней величине – 18,1 км<sup>3</sup>. Максимальные величины стока отмечались, в основном, в марте-июне, минимальные – в августе-ноябре. Вместе с тем, в аномальные 2010 и 2011 годы речной сток значительно увеличивался также и в другие месяцы (январь, июль, декабрь 2010 г. и январь 2011 г.).

В отличие от положительного тренда в изменениях уровня моря в СЗЧМ для водного стока р. Дунай в 2004-2013 гг. установлена обратная тенденция – уменьшение на 0,41 км<sup>3</sup>/год.

Анализ межгодовой изменчивости показал, что изменения водного стока р. Дунай в период 2004-2013 гг., также как и изменения величины уровня моря на указанных трех станциях, имеют выраженную синусоидальную цикличность (рис. 2, 3, полиномиальные тренды) с разной степенью синхронности.

Сдвиги по фазе (опережение или отставание) изменений уровня моря на ГМС «Приморское» от таковых на других двух рассмотренных станциях объясняются различиями в гидрологических условиях, определяющих уровень моря на названных трех морских станциях.

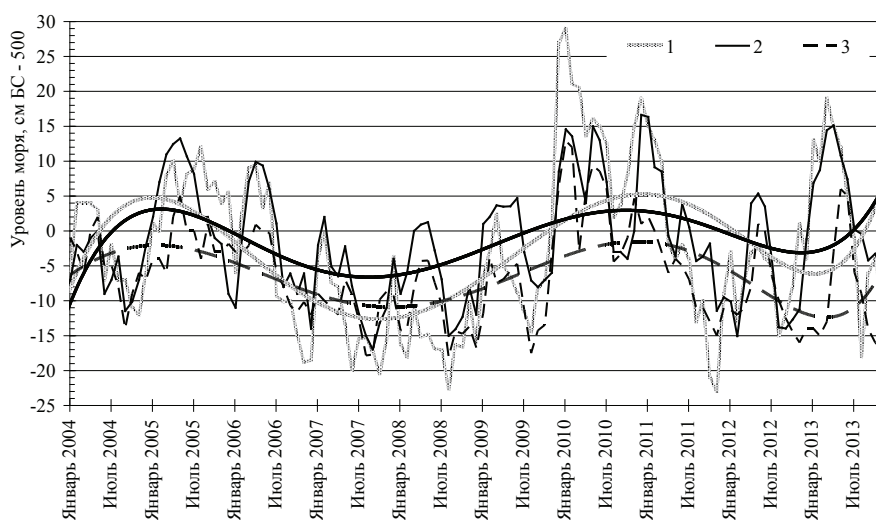


Рис. 3. Полиномиальная аппроксимация уровня моря на ГМС «Приморское» (1), НИС «О. Змеиный» (2) и ГМС «Черноморское» (3) в 2004-2013 гг.

Если у о. Змеиный и п-ва Тарханкут уровень моря зависит, в основном, от объема и направления переноса водных масс в северо-западной части Черного моря [7] и величины стока р. Дунай (75 % от всего речного стока в СЗЧМ [7]), то на уровень моря у п. Приморское, кроме двух указанных формирующих факторов, оказывают влияние нагоны морской воды [4] в мелководной Жебрианской бухте (рис. 1).

Кроме этого, внутригодовая и межгодовая изменчивости уровня моря на указанных трех станциях подвергались короткопериодным колебаниям с двумя-тремя экстремумами в год, обусловленными как бароградиентными воздействиями [1, с. 210-217], так и сезонными, и многолетними изменениями в стоке р. Дунай. Причем, для разреза ГМС «Приморское» – НИС «О. Змеиный» влияние стока р. Дунай оценено как более значительное, чем для разреза НИС «О. Змеиный – ГМС Черноморское», что подтверждается более высокими коэффициентами корреляции (табл. 1). Следует также отметить тесную кор-

реляционную взаимосвязь между рядами среднемесячных значений уровня моря на разных станциях, что может свидетельствовать о единых механизмах, которые управляют изменениями уровня моря в северо-западной части моря.

Таблица 1

**Коэффициенты корреляции среднемесячных значений уровня моря на ГМС «Приморское», НИС «О. Змеиный», ГМС Черноморское» и стока Дуная в 2004-2013 гг. (уровень значимости коэффициентов корреляции  $\alpha=0,05$ )**

Уровни моря	Уровень моря на ГМС «Приморское»	Уровень моря на НИС «О. Змеиный»	Уровень моря на ГМС «Черноморское»
Уровень моря на НИС «О. Змеиный»	0,79		
Уровень моря на ГМС «Черноморское»	0,73	0,71	
Водный сток р. Дунай	0,69	0,70	0,60

Анализ распределения среднемноголетних значений среднемесячных уровней моря и стока Дуная, рассчитанных по данным за период 2004-2013 гг., показал (рис. 4), что в годовом ходе максимум водного стока р. Дунай приходился на март – июнь, а минимум на сентябрь – ноябрь.

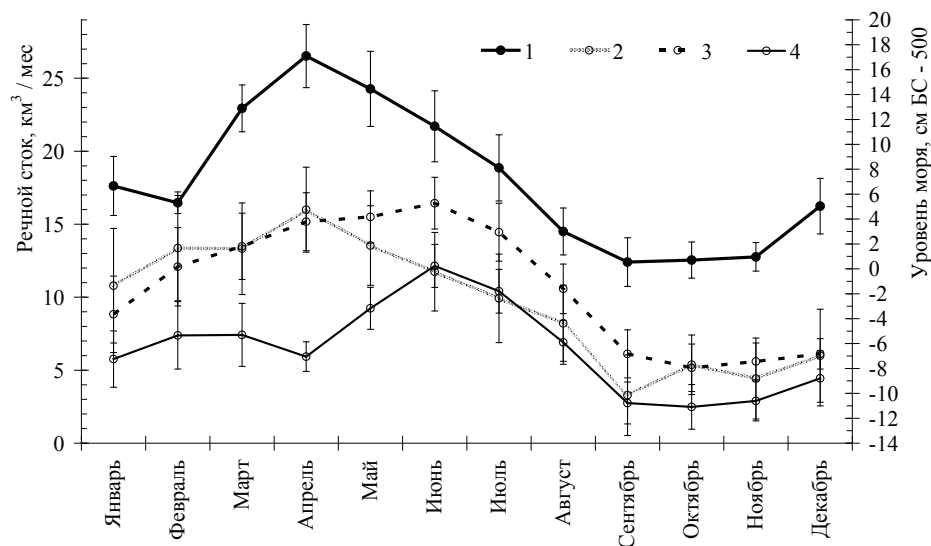


Рис. 4. Распределение среднемноголетних значений среднемесячных величин стока р. Дунай (1) и уровня моря на ГМС «Приморское» (2), НИС «О. Змеиный» (3), ГМС «Черноморское» (4) за период 2004-2013 гг.

Подобная картина годового хода среднемесячных значений уровня моря наблюдалась и на ГМС «Приморское». Для НИС «О. Змеиный» и ГМС «Черноморское» период максимальных значений уровня моря был почти такой же, однако абсолютный максимум уровня сдвинут на июнь-месяц.

Для ГМС «Черноморское» увеличение значений уровня моря в первой половине года происходило с наибольшим запаздыванием. Возможной причиной такого явления могло быть поступление значительных объемов речной воды в СЗЧМ в первой половине года, что, по нашему мнению, вызывало ослабление циклонической ветви Основного Черноморского течения (ОЧТ) в СЗЧМ (рис. 5) и провоцировало уменьшение значений уровня моря в удаленной от устья р. Дунай восточной части СЗЧМ.

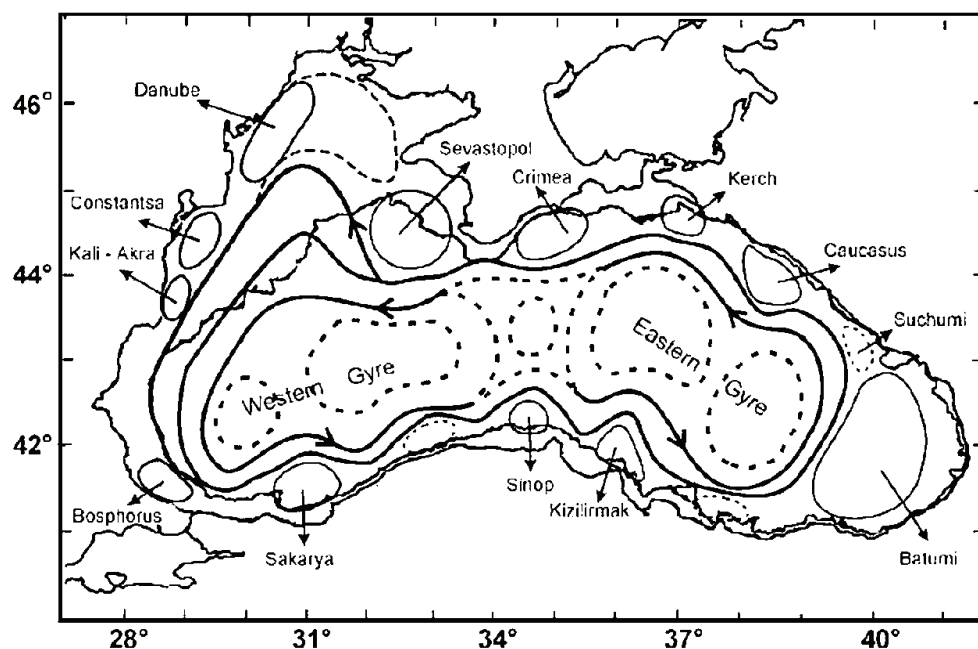


Рис. 5. Схема циркуляции поверхностного слоя Черного моря [9], полученная с учетом анализа альтиметрических данных сенсоров TOPEX/Poseidon и ERS

Анализ распределений среднемесячных значений скоростей (рис. 6) и направлений потоков водных масс (рис. 7), рассчитанных нами по формулам (1) и (2) через западный и восточный разрезы, показал следующее.

Средняя абсолютная скорость потока морской воды на поверхности через западный разрез в 2004-2013 гг. по нашим расчетам составила 10 см/сек при диапазоне изменения от (- 33) до (+ 34) см/сек. Средняя абсолютная величина потоков морской воды через западный разрез в 2004-2013 гг. была по расчетам

239 км<sup>3</sup>/мес при диапазоне изменения от (- 778) до (+ 818) км<sup>3</sup>/мес. Линейного многолетнего тренда в межгодовом ходе скоростей и величин потоков морской воды через западный разрез не выявлено.

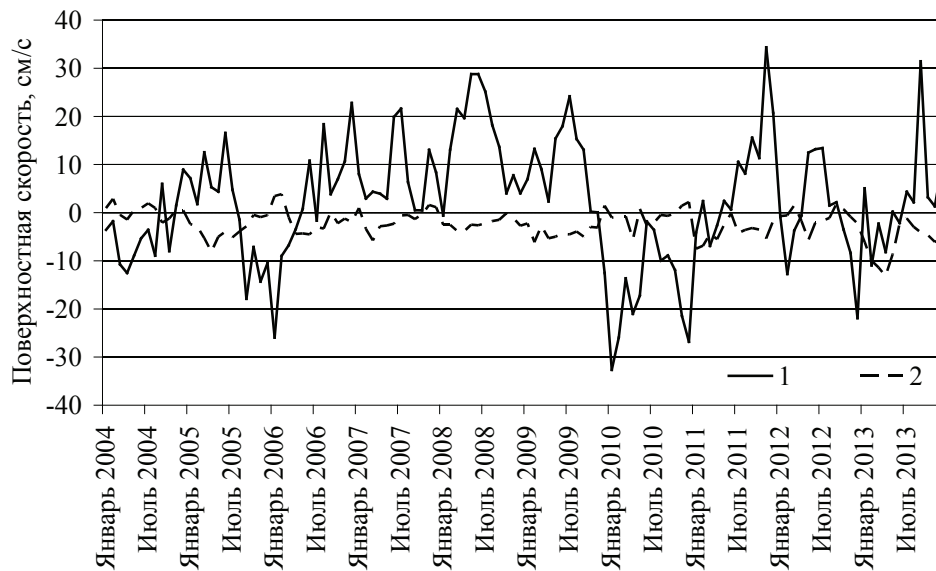


Рис. 6. Среднемесячные значения поверхностной скорости переноса водных масс (см/с) на западном (1) и восточном (2) разрезах в 2004-2013 гг. Положительные значения – северные румбы переноса; отрицательные – южные

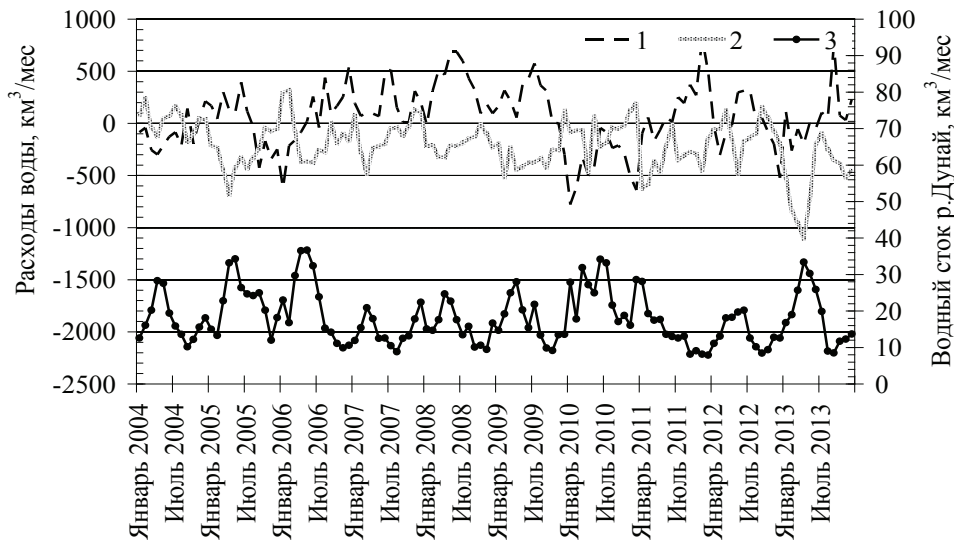


Рис. 7. Величины среднемесячных потоков морской воды ( $Q$ ) через водные сечения на западном (1) и восточном (2) разрезах и водный сток р. Дунай (3) в 2004-2013 гг.



Направление потоков через западный разрез в 2004-2013 гг. в 61 % случаев было северных румбов. При величинах стока р. Дунай меньше чем среднее минус стандартное отклонение ( $\sigma = 7,3 \text{ км}^3$ ) процент северных румбов переноса воды для западного разреза вырос до 95. При величинах стока р. Дунай больше чем среднее за указанный период плюс  $\sigma$  – для западного разреза преобладали уже направления переноса воды южных румбов (67 %). Замечено, что слабо выраженные сезонные колебания в изменении расчетных величин и направлений потоков вод через западный разрез, связанные с годовой динамикой речного стока, в значительной степени затушевывались воздействием иных факторов на гидродинамику в этом районе моря.

Установлено также, что максимальные скорости потоков южного направления были получены в расчетах на западном разрезе для зимних месяцев (январь-декабрь) и предшествовали периодам половодья и экстремальных паводков на р. Дунай (03-06.2006 г., 02-07.2010 г., 02.-06.2013 г.) Подтвержденного объяснения этому пока не найдено, однако, есть предположение, что это связано со смещениями траекторий прохождения атлантических атмосферных циклонов над территорией водосбора р. Дунай.

Средняя абсолютная скорость потока морской воды на поверхности через восточный разрез в 2004-2013 гг. по нашим расчетам составила 3 см/сек при диапазоне изменения от (- 13) до (+ 4) см/сек. Средняя абсолютная величина потоков морской воды через восточный разрез в 2004-2013 гг. была по расчетам  $246 \text{ км}^3/\text{мес}$  при диапазоне изменения от (- 1106) до (+ 323)  $\text{км}^3/\text{мес}$ . Для периода 2004-2013 гг. выявлена тенденция (0,03 см/с в год) смещения величин скоростей потоков через восточный разрез в отрицательную область. Т.е. в течение 2004-2013 гг. увеличивался период времени с переносом вод через восточный разрез южных румбов.

Направление потоков морской воды через восточный разрез в 2004-2013 гг. в 82,5 % случаев по расчетам было южных румбов. При величинах стока р. Дунай больше чем среднее плюс  $\sigma$  или меньше чем среднее минус  $\sigma$  направления переноса северных румбов для восточного разреза были в пределах 10-11 % случаев.

Также, расчетным путем, для периода 2004-2013 гг. установлена интенсификация переноса морской воды через восточный разрез в южном направлении в весенние месяцы (рис. 7). Исключение из этого правила составляла только величина переноса морской воды в марте 2012 г.

Обращают внимание колебания в противофазе величин потока воды через восточный разрез и речных расходов при сопоставлении периодов экстремальных паводков и половодья на р. Дунай с периодами ослабления интенсивности южного переноса морских вод через восточный разрез: 03.-06.2006 г., 02.-07.2010 г., 02.-06.2013 г. (рис. 7).

При сравнении динамики вод на двух разрезах отмечено следующее.

На западном разрезе скорости потоков водных масс в 2004-2013 гг. были намного больше, чем на восточном (рис. 6), что может быть объяснено только более значительным воздействием стока р. Дунай на динамику вод через западный разрез.

В значительном количестве случаев (67 %) направление потоков воды через западный и восточный разрезы находилось в противофазе; коэффициент корреляции скоростей и величин потоков воды:  $-0,26$  ( $\alpha = 0,05$ ).

Рассчитанные величины среднемесячных потоков морской воды, как через западный, так и через восточный разрезы, были в противофазе с величинами стока р. Дунай – коэффициенты корреляции ( $\alpha=0,05$ ):  $-0,30$  и  $-0,29$ , соответственно.

## ВЫВОДЫ

Для периода 2004-2013 гг. зафиксирована тенденция уменьшения водного стока р. Дунай в среднем на  $0,41 \text{ км}^3/\text{год}$ . На трех станциях, расположенных в СЗЧМ, для этого же периода выявлена общая тенденция повышения уровня моря с минимальной скоростью повышения на ближайшей к устью р. Дунай станции.

Установлена многолетняя синхронная синусоидальная цикличность для среднемесячных значений уровня моря на НИС «О. Змеиный», ГМС «Черноморское» и стока р. Дунай, а также опережение / отставание изменений уровня моря на ГМС «Приморское» от указанной цикличности.

Значимыми коэффициентами корреляции подтверждена тесная взаимосвязь среднемесячных потоков морской воды, как через западный, так и через восточный разрезы с водным стоком р. Дунай. Между среднемесячными значениями стока р. Дунай и значениями уровня моря на ГМС «Приморское» и НИС «О. Змеиный» получены более высокие коэффициенты корреляции по сравнению с ГМС «Черноморское». Выявлено запаздывание на два месяца в установлении максимальных среднемесячных значений уровня моря на НИС «О. Змеиный» и ГМС «Черноморское» по сравнению с таковыми для ГМС «Приморское».

Расчетами установлена более тесная связь скоростей, направлений и величин потоков вод через западный разрез с величинами стока р. Дунай по сравнению с таковыми на восточном разрезе. По результатам расчетов для 2004-2013 гг. установлено преобладание направления потоков морских вод северных румбов через западный разрез и южных румбов через восточный разрез. Последнее свидетельствует о наличии в СЗЧМ в период 2004-2013 гг. почти постоянного антициклонического меандра, расположенного между западным циклоническим круговоротом ОЧТ и берегом (рис. 5) [9].

## БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящие исследования выполнены в рамках госбюджетной научно-исследовательской работы № 547: «Провести дослідження та розробити сучасну науково-методичну основу для створення новітньої регіональної системи інтегрованого морського моніторингу» (науч. рук. – д-р геол.-минерал. наук Черкез Е. А.). Авторы благодарят сотрудников ОНУ им. И. И. Мечникова, Дунайской гидрометеорологической обсерватории и Гидрометцентра Черно-го и Азовского морей, благодаря которым были получены экспериментальные данные для этой работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрианова О. Р., Белевич, Р. Р., Меди́нец, В. И. Оценка интенсивности и направлений переноса водных масс на границе северо-западного шельфа Черного моря [Текст] / О. Р. Андрианова, Р. Р. Белевич, В. И. Меди́нец // Укр. гідрометеорол. журн. – 2012. – № 11. – С. 210-217.
2. Беренбейм Д. Я. Речной сток и соленость северо-западной части Черного моря [Текст] / Д. Я. Беренбейм // Труды АзЧерНИРО. – 1961. – Вып. 19. – С. 10-18.
3. Большаков В. С. Трансформация речных вод в Черном море [Текст] / В. С. Большаков ; Ин-т биологии южн. морей, АН УССР, Одес. отд-ние. – Киев : Наук. думка, 1970. – 328 с. : 74 с. ил. ; – Библиогр.: с. 318-325. – 550 экз. – ISBN 5-0924564-А.
4. Гидрология устьевой области Дуная [Текст] ; под ред. Я. Д. Никифорова, К. Н. Дьякону. – М. : Гидрометеоздат, 1963. – 383 с.
5. Зубов Н. Н., Мамаев О. И. Динамический метод вычисления элементов морских течений [Текст] / Н. Н. Зубов, О. И. Мамаев. – Ленинград : Гидрометеоздат. – 1956. – 116 с.
6. Иванов В. А., Белокопытов В. Н. Океанография Черного моря [Текст] / В. А. Иванов, В. Н. Белокопытов ; Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : 2011. – 212 с., 114 с. : ил. ; – Библиогр.: с. 176-209. – 200 экз. – ISBN 978-966-022-6165-5.
7. Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный: современное состояние экосистемы [Текст] ; под ред. В. А. Иванова, С. В. Гошовского ; Мор. гидрофиз. ин-т. – Севастополь : НПП «ЭКОСИ-Гидрофизика», 1999. – 268 с. : 148 с. ил. ; – Библиогр.: с. 259-268. – 150 экз. – ISBN 966-021238-0.
8. Шулейкин, В. В. Физика моря [Текст] / В. В. Шулейкин. – Москва: Наука. – 1968. – 1083 с.
9. Seasonal, interannual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data [Text] / G. Korotaev, T. Oguz, A. Nikiforov, C. Koblinsky // J. Geophys. Res. – 2003. – Vol. 108, N C4. – 3122, doi:10.1029/2002JC001508.

## REFERENCES

1. Andrianova, O. R., Belevich, R. R., Medinets, V. I. (2012), Otsenka intensivnosti i napravleniy perenosа vodnykh mass na granitse severo-zapadnogo shelfа Chernogo moryа. [The estimation of the intensity and direction the transport of the water masses at the boundary of the north-western Black Sea shelf]. *Ukrainskiy gidrometeorologicheskii zhurnal*, vol. 11, pp. 210-217.
2. Berenbeym, D. Ya. (1961), Rechnoy stok i solenost severo-zapadnoy chasti Chernogo moryа [River flow and salinity of the north-western part of the Black Sea]. *Trudy AzCherNIRO*, vol. 19, pp. 10-18.
3. Bolshakov, V. S. (1970), *Transformatsiya rechnykh vod v Chernom more*. [Transformation of river waters in the Black Sea], Kiev: Naukova dumka, 328 p.
4. Nikiforov, Ya. D., Dyakonou, K. N. (eds.) (1963), *Gidrologiya ustevoy oblasti Dunaya*. [Hydrology of the Danube mouth area], Moscow: Gidrometeoizdat, 383 p.
5. Zubov, N.N., Mamaev, O.I. (1956), *Dinamicheskii metod vychisleniya elementov morskikh techeniy*. [Dynamic method of calculating the elements of sea currents], Leningrad: Gidrometeoizdat, 116 p.
6. Ivanov, V. A., Belokopytov, V. N. (2011), *Okeanografiya Chernogo moryа*. [Oceanography of the Black Sea], Sevastopol: Morskoy gidrofizicheskii institut, 212 p.

7. Ivanov, V. A., Goshovskiy, S. V. (eds) (1999), *Prirodnye usloviya vzmorya reki Dunay i ostrova Zmeinyu: sovremennoe sostoyanie ekosistem*. [Natural conditions of the near-shore zone of Danube river and Zmeinyi Island: current state of the ecosystemy], Sevastopol: Morskoy gidrofizicheskiy institut, NPTs «EKOSI-Gidrofizika», 268 p.
8. Shuleykin, V.V. (1968), *Fizika morya [Physics of the sea]*, Moscow: Nauka, 1083 p.
9. Korotaev, G., Oguz T., Nikiforov, A., Koblinsky, C. (2003), Seasonal, interannual, and mesoscale variability of the Black Sea upper layer circulation derived from altimeter data, *Journal of Geophysical Research*, vol. 108, No. C4, 3122, doi:10.1029/2002JC001508.

Поступила 06.11.2015 г.

**Є. І. Газетов**<sup>1</sup>, наук. співр.

**О. Р. Андріанова**<sup>2</sup>, д.геогр.н., ст. наук. співр.

**В. І. Мединец**<sup>1</sup>, к.ф.-м.н., керівник центру

**Р. Р. Белевич**<sup>2</sup>, к.геогр.н., ст. наук. співр.

**В. М. Морозов**<sup>3</sup>, к.геогр.н., директор

<sup>1</sup>Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова, пров. Маяковського, 7, Одеса, 65082, Україна, gazetov@gmail.com,

<sup>2</sup>Відділення гідроакустики інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, вул. Преображенська, 3, м. Одеса, 65000, Україна, science@ogamgi.org.ua,

<sup>3</sup>Дунайська гідрометеорологічна обсерваторія, вул. Героїв Сталінграду, 36, м. Ізмаїл, Одеська область, 68601, Україна, gidromet@dhmo.org.ua

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ СТОКУ РІЧКИ ДУНАЙ НА ОКРЕМІ ГІДРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ У 2004-2013 РР.**

### **Резюме**

Проаналізовано ряди середньомісячних значень водного стоку р. Дунай і рівня моря на 3 станціях в північно-західній частині Чорного моря (ПЗЧМ) у 2004-2013 рр. Проведено розрахунок середньомісячних швидкостей, напрямків і величин потоків води на розрізах: п. Приморське – о. Зміїний – п. Чорноморське. Обговорено результати дослідження впливу стоку р. Дунай на характеристики водообміну між ПЗЧМ і відкритою частиною Чорного моря в 2004-2013 рр. При аналізі даних отримані високі значимі коефіцієнти кореляції середньомісячних значень стоку р. Дунай і зазначених гідрофізичних характеристик ПЗЧМ. Аналізом середньорічних даних оцінено ступінь впливу стоку р. Дунай на перенесення водних мас ПЗЧМ при різному видаленні від гирла річки. Обґрунтовано висновок про наявність у ПЗЧМ в період 2004-2013 рр. майже постійного антициклонічного меандру між ОЧТ і берегом.

**Ключові слова:** ПЗЧМ, стік р. Дунай, рівень моря, циркуляція морських вод

**Ye.I. Gazyetov<sup>1</sup>,  
O.R. Andrianova<sup>2</sup>,  
V.I. Medinets<sup>1</sup>,  
R.R. Belevich<sup>2</sup>,  
V.M. Morozov<sup>3</sup>,**

<sup>1</sup>Odessa National I.I. Mechnikov University, Mayakovsky Lane, 7, Odessa, 65082, Ukraine, gazetov@gmail.com

<sup>2</sup>Hydroacoustics Department of S.I. Subbotin Institute of Geophysics by NAS of Ukraine, Preobrazhenskaya Str., 3, Odessa, 65000, Ukraine, science@ogamgi.org.ua

<sup>3</sup>Danube Hydrometeorological Observatory, Heroes of Stalingrad Str., 36, Izmail, Odessa region, 68601, Ukraine, gidromet@dhmo.org.ua

### **ASSESSMENT OF THE DANUBE RIVER INFLUENCE ON SOME HYDROLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NORTHWESTERN BLACK SEA IN 2004-2013.**

#### **Abstract**

**Purpose.** Many big rivers whose combined discharge totals to 265-267 km<sup>3</sup> are flowing into the shallow northwestern part of the Black Sea (NWBS), which can not but tell upon the circulation of marine water masses in the area. The objective of the work has been to reveal the role of discharge of the second big European river the Danube in forming of the regime of levels, velocities and directions of flows of water masses in the NWBS in 2004-2013.

**Data & Methods.** For this purposes the sets of average monthly values of the Danube discharge and of water level on three marine stations in the NWBS for 2004-2013 have been analyzed. Calculation of average monthly velocities, directions and sizes of water flows have been performed for two transects: village Primorskoye – Island Zmiinyi – village Chernomorskoye by using of geostrophic balance equations.

**Results.** The results received have enabled us to estimate some regularities and character of influence of the Danube River discharge on some characteristics of water exchange between the NWBS and the open part of the Black Sea in 2004-2013. In particular, the level of the Danube River influence on the water masses transportation in the NWBS has been assessed on different distances from the river mouth. The conclusion about the presence of almost permanent anticyclonic meander between the Rim Current and the NWBS coast has been grounded.

**Keywords:** NWBS, Danube River discharge, sea level, marine water circulation