

И. М. ОВЧИННИКОВ

К ВОПРОСУ О ВОДООБМЕНЕ ЧЕРЕЗ ГИБРАЛТАРСКИЙ ПРОЛИВ

(Представлено академиком Л. М. Бреховских 3 IV 1974)

Водообмен через Гибралтарский пролив играет исключительно важную роль в формировании гидрологических условий Средиземного моря, так как расходы воды через него верхним и нижним течениями на один — два порядка больше других составляющих водного баланса моря. Однако сравнительно малое количество прямых измерений течений в проливе привело к тому, что водообмен через него до настоящего времени рассчитывается косвенными методами, т. е. по уравнениям водного и солевого балансов моря.

Исследования водного баланса Средиземного моря за последние 20—25 лет ⁽¹⁻³⁾ дали сравнительно близкие результаты по оценке каждой из его составляющих за год в целом. В некоторых из этих работ приводятся также сведения о сезонной изменчивости «пресных» компонент баланса.

Для дальнейших исследований привлечем средние из годовых значений «пресных» составляющих водного баланса моря и осредненный по данным некоторых авторов их годовой ход, приняв эти величины близкими к их реальным среднесноголетним значениям ⁽⁴⁾. Тогда, используя среднемесячные величины «пресных» компонент и изменения среднего уровня Средиземного моря за каждый месяц, по уравнению водного баланса найдем годовой ход общего результирующего водообмена через проливы Босфор и Гибралтарский (рис. 1). Исключив из него величины, характеризующие изменчивость водообмена с Черным морем, получим годовой ход разностей расходов воды разнонаправленными течениями в Гибралтарском проливе. В сезонной изменчивости результирующего водообмена через этот пролив, в отличие от данных Картера ⁽²⁾, отчетливо прослеживается преобладание притока атлантических вод на протяжении большей части года, и лишь в декабре — январе сток средиземноморских вод превышает поступление воды из Атлантического океана. Затем, учитывая изменения средней солености воды в нижнем и верхнем течениях от сезона к сезону, при условии ежемесячного баланса солей в море по результирующему водообмену можно найти объемы воды, переносимые каждым из течений. Как видно из рис. 2, интенсивность переноса атлантических и средиземноморских вод через Гибралтарский пролив претерпевает очень большие изменения. От зимы к лету (с января по август) оба течения усиливаются в 5—7 раз, имея промежуточные максимум и минимум в марте и апреле соответственно. Таким образом, сезонные изменения интенсивности водообмена через Гибралтарский пролив, полученные из уравнений водного и солевого балансов Средиземного моря, представляют собой долгопериодные синхронные пульсации верхнего и нижнего течений. Однако прямые измерения течений в проливе летом ⁽⁴⁻⁷⁾ показали, что наряду со значительными кратковременными колебаниями их интенсивности в целом для летнего сезона перенос воды верхним течением оказывается почти в два раза больше нижнего переноса, тогда как баланс солей требует разницы всего лишь около 4%. Следовательно, большая несбалансированность переноса солей летом вызывает нарушение баланса солей в разнонаправленных течениях в другие сезоны, так как он должен уравниваться за год в целом.

Кроме того, значительная изолированность отдельных районов моря и его большая протяженность приводят к тому, что осадки, речной сток и испарение, весьма сильно различающиеся по акватории моря, не могут оказывать одновременного суммарного воздействия (порознь или вместе) на водообмен через пролив. По этим причинам кривые годового хода переносов

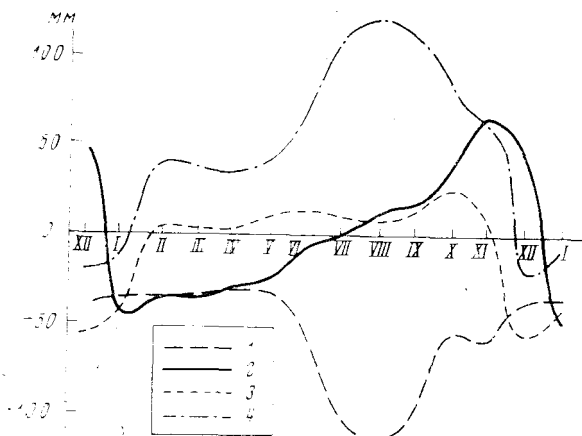


Рис. 1. Годовой ход «пресного» бюджета вод Средиземного моря (1), среднего уровня моря (2), изменений уровня по месяцам (3) и результирующего водообмена через проливы (4)

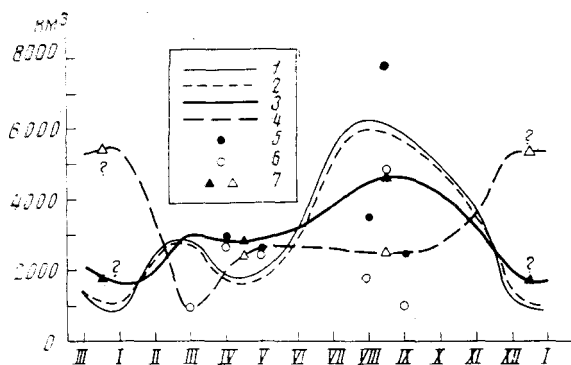


Рис. 2. Годовой ход водообмена через Гибралтарский пролив: перенос воды верхним (1) и нижним (2) течениями по уравнениям водного и солевого балансов моря; перенос верхним (3) и нижним (4) течениями по инструментальным измерениям; месячные расходы воды верхним (5) и нижним (6) течениями и их средние значения (7)

воды разнонаправленными течениями должны иметь более плавный вид и, возможно, другую форму.

Перечисленные недостатки использованного выше метода могли привести к серьезному искажению сезонных закономерностей водообмена через Гибралтарский пролив. Поэтому была предпринята попытка вскрыть эти закономерности используя немногочисленные измерения течений в проливе, выполненные в основном за последние 10—15 лет.

Как уже отмечалось, летом приток атлантических вод в Средиземное море вдвое превышает сток средиземноморских вод глубинным течением в Атлантический океан (см. рис. 2). Некоторые данные (⁶, ⁸) говорят о том, что в весеннее время (апрель — май) переносы воды верхним и нижним течениями приблизительно равны (см. рис. 2). Такое же равенство пере-

носов, вероятно, должно существовать и осенью (в ноябре). Исходя из этого, можно предположить, что для поддержания годового баланса вод и солей в Средиземном море вынос средиземноморских вод зимой должен быть примерно в два — три раза больше поступления атлантической воды, т. е. в зимнее время в водообмене через Гибралтарский пролив должна наблюдаться картина, обратная летней (см. рис. 2). Это допущение можно обосновать также резким понижением среднего уровня Средиземного моря от ноября к январю (см. рис. 1), которое происходит, казалось бы, без явных на то причин. В то время как дефицит «пресного» бюджета вод уменьшается по сравнению с летом почти в два — три раза, уровень моря, непрерывно возрастающий при гораздо большем дефиците пресной воды летом и осенью, зимой вдруг падает до своего самого низкого положения. Единственным, на наш взгляд, объяснением этого факта могут быть резкие изменения в водообмене через пролив. Основываясь на этой гипотезе и используя расчеты расходов воды по прямым измерениям течений для некоторых месяцев, попытаемся построить графики годового хода переноса воды верхним и нижним течениями и определить основные закономерности водообмена через пролив.

Из рис. 2 видно, что кривая сезонной изменчивости притока атлантических вод по своему характеру сходна с кривой, полученной для переноса вод верхним течением из уравнений водного и солевого балансов. Однако она имеет более сглаженную форму и представляет собой как бы значительное осреднение этой кривой. Что же касается выноса средиземноморских вод, то его сезонный ход (рис. 2) получился близким к зеркальному отображению кривой, характеризующей годовой ход переноса вод верхним течением по инструментальным наблюдениям, а не синхронным, как изменчивость переноса вод нижним течением, найденная по уравнению водного и солевого балансов моря.

Несмотря на значительную долю гипотетичности в отношении зимнего водообмена, сезонная изменчивость расходов воды через Гибралтарский пролив, полученная при помощи прямых измерений течений, по нашему мнению, если не количественно, то качественно более близко соответствует реальному водообмену через пролив. Ранней весной (в марте) и летом (июль — октябрь) через Гибралтарский пролив наблюдается избыточный приток атлантической воды в Средиземное море ($10\,400\text{ км}^3$), достигающий максимума в августе — сентябре. С ноября по февраль преобладает сток средиземноморских вод в Атлантический океан, превышение которого над притоком составляет 8800 км^3 . Наибольшей интенсивности нижнее течение достигает, вероятно, в декабре — январе. Таким образом, Средиземное море в течение года получает в качестве компенсации дефицита «пресного» бюджета вод около 1600 км^3 атлантической воды. Этот результат, а также среднегодовые расходы воды верхним ($37\,900\text{ км}^3$) и нижним ($36\,300\text{ км}^3$) течениями, полученные графически (рис. 2), оказались сравнительно близкими тем средним величинам, которые были найдены из уравнений водного и солевого балансов Средиземного моря: 1520, 42 320 и $40\,800\text{ км}^3/\text{год}$ соответственно ⁽⁴⁾.

Исходя из только что рассмотренных результатов исследований водообмена через Гибралтарский пролив по инструментальным измерениям, можно сделать вывод, что интенсивность переносов воды верхним и нижним течениями в проливе почти постоянно находится в противофазах, так как кривые их сезонной изменчивости близки к зеркальному отображению друг друга. Эта закономерность находит некоторые подтверждения в качественных оценках изменчивости переносов воды, данных для Гибралтарского пролива Шоттом ⁽⁹⁾, Вюстом ⁽¹⁰⁾ и Дефантом ⁽¹¹⁾, а для проливов Босфор и Тунисского — Богдановой ⁽¹²⁻¹⁴⁾. Следовательно, можно ожидать, что обратная зависимость между интенсивностью переносов воды разнонаправленными течениями на протяжении года может быть характерной для большинства проливов с водообменом в вертикальной плоскости, обу-

словленным различиями в термохалинной структуре вод соединяемых ими бассейнов. Однако, чтобы окончательно убедиться в правильности предложенной здесь закономерности сезонной изменчивости водообмена через Гибралтарский пролив, необходимо провести в нем тщательные и долговременные наблюдения над течениями в разные сезоны года, и в первую очередь зимой.

Южное отделение Института океанологии
им. П. П. Ширшова
Академии наук СССР
Геленджик

Поступило
26 III 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. Wüst, Ann. Inst. Univ. Navale. Napoli, v. 28 (1959). ² D. B. Carter, Drexel Inst. of Technology, Lab. of Climat, v. 9, № 3 (1956). ³ J. Tixeront, Cah. océanogr., v. 22, № 3 (1970). ⁴ И. М. Овчинников, Матер. Всесоюз. симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов, ч. 1, Киев, 1973, стр. 3. ⁵ H. Lacombe, J. Cl. Lizeray, C. R., v. 248 (1959). ⁶ H. Lacombe, Cah. océanogr., v. 13, № 2 (1961). ⁷ H. Lacombe, P. Tchernia et al., Cah. océanogr., v. 16, № 4 (1964). ⁸ G. Boyum, Project Gibraltar, f. IV, Geographical Inst., Bergen, 1963. ⁹ G. Schott, J. Cons. Intern. Perm. Explor. Mer, v. 3, № 2 (1928). ¹⁰ G. Wüst, Wiss. Erg. Dtsch. Atlant. Exp. «Meteor», 1925–1927, B. 6, № 1, Berlin, 1936. ¹¹ A. Defant, Physical Oceanography, v. 1, Oxford – London – N. Y. – Paris, 1961. ¹² А. К. Богданова, Водообмен через Босфор и его влияние на гидрологию и биологию Черного моря, Киев, 1969. ¹³ А. К. Богданова, Матер. Всесоюз. симпозиума по изученности Черного и Средиземного морей, использованию и охране их ресурсов, ч. 1, Киев, 1973.