

МЕЖГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ РЕЧНОГО СТОКА В СЕВЕРО-ЗАПАДНУЮ ЧАСТЬ ЧЕРНОГО МОРЯ

Г.Ф. Джиганшин, И.Ю. Юркова
Морской гидрофизический институт НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

Введение

Северо-западная часть Черного моря (СЗЧ) представляет собой шельфовую зону, гидрологический режим которой, в значительной мере, формируется под влиянием поступающего в нее речного стока и относительно свободного водообмена с открытым морем. Она включает в себя западный район моря, севернее 45-ой параллели, площадью около 48000 км², объемом – 1150 км³ и средней глубиной около 24м. Три крупных реки (Дунай, Днепр, Днестр) впадают в СЗЧ на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга, принося 80% всего речного стока в Черное море и определяя уникальность этого района. Гидрологический режим названных рек достаточно хорошо освещен в литературе [1–7], однако в этих публикациях, как правило, рассматривается режим отдельных рек [1–4], а обобщающие работы [5–7] написаны 10–15 лет тому назад и нуждаются в уточнениях.

При оценке экологического состояния шельфовой зоны СЗЧ особый интерес представляют сезонные и межгодовые вариации объема речного стока, т.к. концентрация биологически активных, а также загрязняющих веществ, тесно связана с объемом поступающих сюда речных вод [8]. Время полного обновления водной массы СЗЧ, составляющее в среднем 1,2 года [7], зависит от степени преснения шельфовых вод, а также от объемов вод, заносимых сюда Основным Черноморским течением (ОЧТ) и речным стоком. По оценкам, приведенным в [9], объем морских вод, заносимых в

СЗЧ струями ОЧТ, изменяется в зависимости от вариаций интенсивности последнего от 600 до 4000 км³. Объем же пресненных до 18 % шельфовых вод, образующихся здесь за счет поступления речных вод, в среднем за год составляет около 1244 км³.

Месячные значения объема стока рек являются основной характеристикой внутригодового распределения стока. Межгодовые же изменения этого параметра могут служить, в некоторой степени, показателем речного регулирования и представляют, таким образом, не только научно - исследовательский интерес, но и практическую значимость.

Целью настоящей работы является уточнение основных черт внутригодовой изменчивости и выявление тенденций в долгопериодных колебаниях стока рек в Северо-западную часть Черного моря.

Исходные материалы и методика исследования

Для ответа на поставленные вопросы по данным ежемесячных значений объема стока Дуная, Днепра, Днестра, Ю. Буга за период 1951 по 1996 гг. были вычислены и проанализированы ряды среднегодовых и среднемноголетних месячных значений стока, а также текущие значения ежемесячных аномалий стока. Кроме того, были привлечены годовые значения стока Дуная за период с 1860 по 1996 гг. и Днепра за период с 1818 по 1996 гг. По этим данным были вычислены значения среднеквадратических отклонений объема годового стока от нормы ($\sigma_{\text{ст.}}$) и выделены годы, в которые объем стока соответствовал норме, был меньше и превышал ее (нормальные, маловодные и многоводные годы). Был вычислен и проанализирован типичный годовой ход стока для каждой из этих совокупностей. К числу аномальных лет относились годы, в которые отклонения годового стока от нормы превышали величину $\sigma_{\text{ст.}}$

Анализ результатов

Как видно из таблицы 1, почти 80% суммарного стока приходится на реку Дунай. Однако в течение года происходит незначительное перераспределение вкладов основных рек Дуная и Днепра в суммарный сток (рис.1). Так, наибольшие значения относительного вклада стока Дуная наблюдаются в летний период с июня по сентябрь. Максимальный вклад до 84% наблюдается в июле. В период с ноября по май доля Дуная в суммарном стоке составляет приблизительно 77%. Практически зеркальная картина имеет место в сезонном распределении вклада Днепра: минимальный вклад (около 11%) в июле и 12-18% в период с ноября по май.

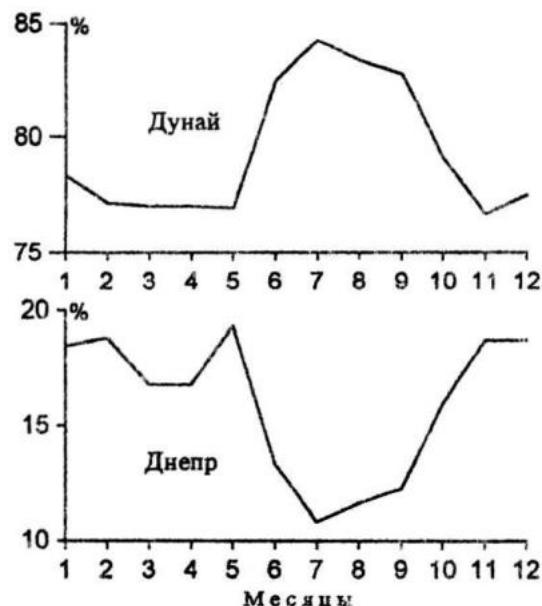


Рис. 1. Сезонные изменения относительного вклада рек в суммарный сток.

Среднемноголетние характеристики стока в СЗЧ, рассчитанные за период с 1951 по 1996 гг.

Таблица 1.

Реки	Площадь водосбора (км^2)	Объем стока		$\sigma_{\text{ст.}} (\text{км}^3)$	Max (км^3)	Min (км^3)
		(км^3)	(%)			
Дунай	817 000	205,84	77,52	37.00	313.14	132.29
Днепр	505 810	46,88	17.65	13.56	83.10	23.08
Днестр	72 000	9,89	3.72	2.91	19.29	4.85
Ю. Буг	68 000	2.93	1.1	1.08	6.25	0.60
Итого	1 462 820	265.54	100	49.10	407.59	175.88

Внутригодовые колебания суммарного стока рек в СЗЧ (рис.2) характеризуются относительно высоким весенним половодьем с пиком в мае, осенней меженью с минимумом в сентябре и некоторым увеличением стока в зимний период с промежуточным максимумом в январе. При этом сезонные колебания стока отдельных рек не согласуются между собой по фазе ввиду различия физико-географических условий, определяющих водный режим этих рек. Каждая река в отдельности имеет свои индивидуальные черты. Из гидрографа реки Дунай видно, что на апрель-июнь приходится наибольшая, почти третья часть годового стока. В январе наблюдается незначительный промежуточный максимум стока, обусловленный частичным таянием снегов в периоды оттепелей в западной части бассейна Дуная.

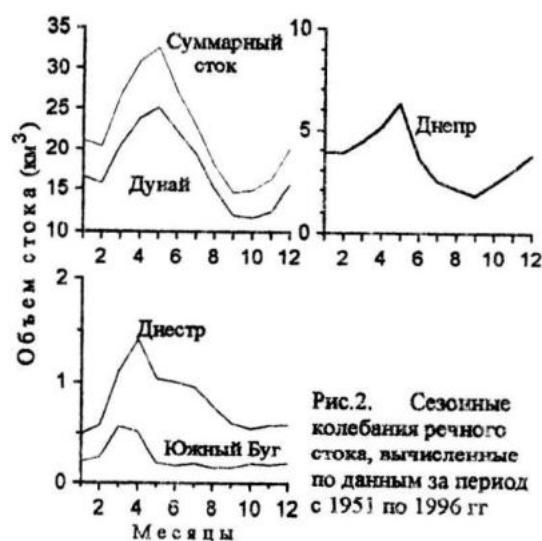


Рис.2. Сезонные колебания речного стока, вычисленные по данным за период с 1951 по 1996 гг

Для Днепра характерно высокое весенне-половодье, нарастающее с марта по май и понижение стока в летне-осенний период; для Днестра – относительно высокое весенне-летнее половодье с максимумом в мае и понижение стока в осенне-зимний период с минимумом в январе. Водный режим Ю. Буга характеризуется высоким весенним половодьем – большая часть стока реки проходит в марте-апреле (40-45 % годового стока), низкой летней и осенней меженью, некоторым увеличением стока зимой.

Среднемноголетний объем поступающего в СЗЧ речного стока, рассчитанный за период с 1951 по 1996 гг., равен $265,54 \text{ км}^3$ (табл.1), что согласуется с результатами работы [5], и приблизительно на 8% превышает оценку, полученную в работе [9]. Различия, по всей видимости, объясняются тем, что межгодовая изменчивость годового стока рек в СЗЧ чрезвычайно велика, и оценки, полученные по данным малого периода осреднения в работе [9] (29 лет), являются менее достоверными. И действительно, судя по данным таблицы 1, типичные и экстремальные отклонения среднегодовых значений суммарного стока, а также стока реки Дунай за 47-летний период с 1951 по 1996 гг. составляют соответственно 18% и 35-50% от климатической нормы. Более контрастные соотношения получены для Днепра (30% и 50-70%), Днестра (29% и 50-95%) и для Южного Буга (36% и 80-113%).

Графики колебаний текущих аномалий суммарного годового стока, а также колебаний аномалий годового стока Дуная и Днепра, рек, дающих в совокупности около 95% суммарного поступления пресной воды в СЗЧ (см. табл.1), указывают на наличие широкого спектра межгодовых флюктуаций с периодичностью от одного года до 10-20 лет (рис.3). Графики же спектральной плотности колебаний стока рек в СЗЧ (рис.4) показывают, что в суммарном стоке, а также в стоке реки

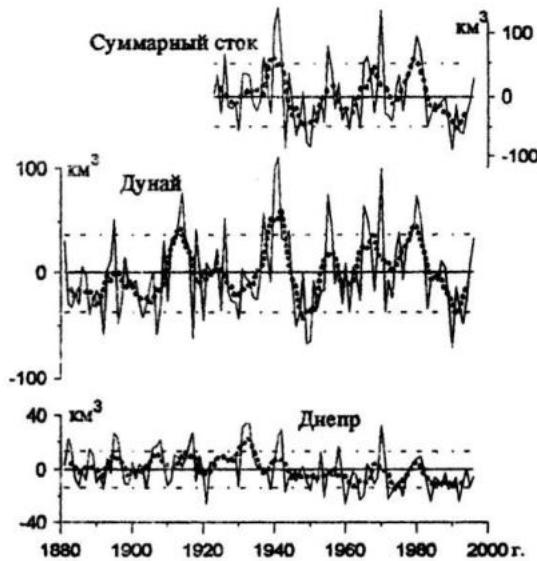


Рис. 3. Текущие аномалии стока основных рек, впадающих в СЗЧ. Пунктирная кривая – 5-ти точечное сглаживание, пунктируемые прямые – уровни стандартных отклонений.

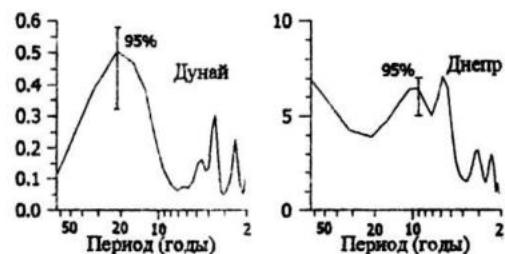


Рис. 4. Спектральная плотность колебаний стока рек ($10^6 \text{ км}^3/\text{год}$).

Дунай доминируют колебания с 20-летней, а в стоке Днепра – колебания с 10-летней периодичностью. По данным [9,10], в иерархии временных масштабов изменчивости стока анализируемых рек, наряду с сезонными колебаниями, значимое место отводится флюктуациям десяти - одиннадцатилетней периодичности, которые отвечают за 20-30% общих вариаций годового стока [10]. Отметим, что результаты, полученные нами, согласуются с литературными данными лишь для стока Днепра, тогда как для суммарного стока и стока Дуная такого соглашения не отмечается, что, по-видимому, объясняется различиями в длинах анализируемых рядов.

Каковы же типичные особенности внутригодовых колебаний стока глав-

ных рек, впадающих в СЗЧ в нормальные и аномальные годы?

Как видно из рис.5, внутригодовые колебания стока р.Дунай в нормальные и аномальные годы в течение почти всего года совпадают по фазам весеннего половодья и различаются по фазам осенне-зимней межени: в аномально маловодные годы осенняя межень наступает в августе-сентябре, тогда как в нормальные и аномально многоводные годы осенняя межень наблюдается на полтора-два месяца позже (в ноябре). Промежуточный (январский) максимум стока наиболее выражен в аномально маловодные годы. Характерной же особенностью стока Дуная в аномальные годы является то, что уровень аномальности наблюдается практически в течение всего года, о чем свидетельствует параллельность графиков сезонных колебаний стока. В отличие от внутригодовых колебаний стока Дуная, сезонные изменения стока Днепра в нормальные и аномальные годы не различаются по фазам весеннего половодья и летне-осенне-зимней межени. Принципиальные различия наблюдаются в период весеннего половодья. В аномально многоводные годы объем выносимых в море днепровских вод в период весеннего половодья более чем вдвое превышает объем вод, выносимый в нормальные годы, а в аномально маловодные годы весенне-летнее половодье на Днепре практически не выражено. В большую часть года (с июля по февраль) различия в объемах днепровского стока в нормальные и аномальные годы практически отсутствуют.

Таким образом, в экстремальные годы аномальное воздействие пресного стока на термохалинную структуру вод приусտьевых районах Дуная имеет место в течение всего года. В северной же части СЗЧ, где значима роль днепровского стока, в экстремально многоводные годы аномальное действие пресного стока носит выраженный импульсный характер и должно наблюдаться лишь в период весеннего

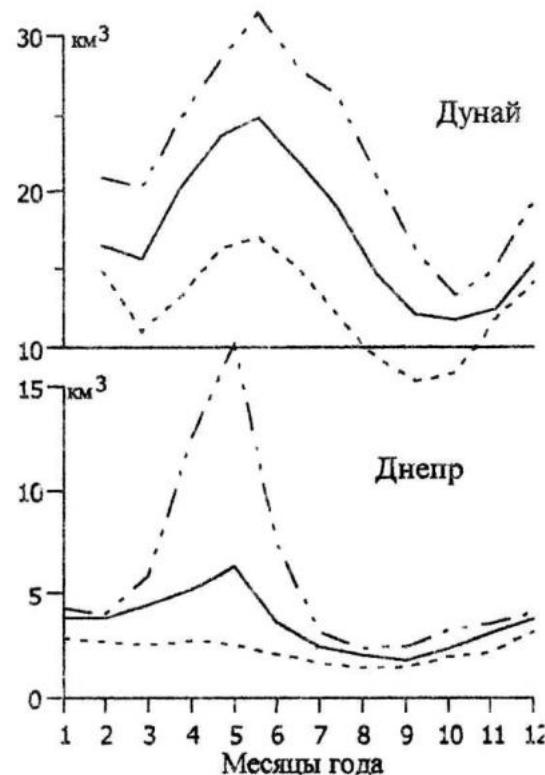


Рис. 5. Сезонные колебания стока Дуная и Днепра в нормальные и экстремальные годы. Сплошная линия - нормальные годы, пунктирующая линия - аномальные годы.

половодья. В аномально маловодные годы из-за практического отсутствия весеннего половодья, распределяющее влияние речного стока в течение всего года сведено к минимуму.

Каковы же конкретные проявления межгодовой изменчивости стока рек, а главное, каковы долгопериодные тенденции в изменениях стока?

Тщательный анализ рядов аномалий (рис.3) показывает, что в течение анализируемого периода в стоках Дуная и Днепра наблюдалось соответственно 17,18 аномально влажных и 15,16 аномально сухих лет. Причем в отдельные экстремальные годы отклонения от нормы более чем вдвое превышали соответствующие уровни стандартных отклонений σ_{st} . Так, например, в экстремально многоводный 1941 год объем речного стока в Северо-западную часть достиг $407,59 \text{ км}^3$, а в экстремально маловодный 1990 год объем стока не превысил $175,88 \text{ км}^3$. Т.к. объем стока Дуная составляет 78% всего речного стока в

Северо-западный район, то межгодовые изменения суммарного стока рек по фазе практически повторяют колебания стока р. Дунай. Судя по результатам 5-ти точечного сглаживания (жирная пунктирная линия на рис.3) в течение анализируемого отрезка времени в стоке Дуная, а следовательно и в суммарном стоке наблюдалось 4 периода продолжительностью около 10 лет, во время которых доминировали аномально высокие объемы речного стока и 2 периода (в том числе и последнее десятилетие), во время которых доминировали аномально низкие объемы стока.

В межгодовых вариациях стока Днепра отмечается довольно заметная тенденция снижения водности Днепра, которая началась с середины 40-х годов и продолжается до настоящего времени. В целом последняя декада анализируемого периода (1983-1995 гг.) характеризовалась общим уменьшением водности рек с экстремально малыми значениями суммарного стока в 1990 и 1993 гг.

Выводы

1. Внутригодовые колебания стока рек по характеру их проявления различаются между собой в нормальные и экстремальные по водности годы. Сток Дуная в нормальные и экстремальные по водности годы в течение почти всего года совпадает по фазам весеннего половодья и различается по фазам осенней межени. В аномально сухие годы осенняя межень наступает в августе-сентябре, тогда как в нормальные и экстремально многоводные годы осенняя межень наблюдается на полтора-два месяца позже (в ноябре). Январский промежуточный максимум стока наиболее выражен в аномально сухие годы. Характерной же особенностью стока Дуная в экстремальные годы является то, что уровень аномальности наблюдается практически в течение всего года.

2. Сезонные изменения стока Днепра в нормальные и экстремально

многоводные годы не различаются по фазам весеннего половодья и летне-осенней межени. Принципиальные различия наблюдаются в период весеннего половодья. В экстремально многоводные годы объем выносимых в море днепровских вод в период весеннего половодья более чем вдвое превышает объем вод, выносимый в нормальные годы, а в экстремально маловодные годы весенне половодье на Днепре практически не выражено. В большую часть года (с июля по февраль) различия в объемах днепровского стока в нормальные и экстремальные годы практически отсутствуют.

3. В экстремальные годы аномальное воздействие пресного стока на термохалинную структуру вод приусտьевых районах Дуная имеет место в течение всего года. В северной же части СЗЧ, где значима роль днепровского стока, в экстремально многоводные годы аномальное действие пресного стока носит выраженный импульсный характер и должно наблюдаться лишь в период весеннего половодья. В аномально маловодные годы из-за практического отсутствия весеннего половодья, распределяющее влияние речного стока в течение всего года сведено к минимуму.

4. В межгодовых вариациях стока Днепра отмечается тенденция снижения водности Днепра, которая началась с середины 40-х годов и продолжается до настоящего времени. В целом последняя декада анализируемого периода (1983 – 1995 гг.) характеризовалась общим уменьшением водности рек с экстремально малыми значениями суммарного стока в 1990 и 1993 годах.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Костяницын М.К. Гидрология устьевой области Днепра и Ю.Буга. Гидромет. издат. М., 1964г., с.335.
2. Никифорова Я.Д., Дьякону К.Л. Гидрология устьевой области Дуная. Гидромет. издат. М., 1963г., 386 с.

3. Львовский В.К. Очерки по гидрографии рек СССР. Изд. Академии наук СССР, М., 1953г.
4. Швец Г.И. Многовековая изменчивость стока Днепра. Гидромет. издат. Ленинград, 1978г.
5. Альтман Э.Н., Кумыш Н.И. Многолетняя и внутригодовая изменчивость баланса пресных вод Черного моря. Труды ГОИН 1986г., вып.176, стр.3 -17.
6. Tolmazin, D. Changing coastal oceanography of the Black Sea I: The northwestern shelf // *Prog. Oceanogr.* - 1985. - Vol.15. - P. 217-276.
7. Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море. - Киев.: Наук. думка, 1970.- 328с.
8. Humborg, C., Ittekkot, V., Cosiasu, A. & Bodungen, B. Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure // *Nature*. -1997. - 386. - P. 385-388.
9. Андрианова О.Р. Взаимодействие распресненных шельфовых вод с основным черноморским течением. -- Диссертация на соискание уч. степени кандидата геогр. наук. М.: ИО РАН, 1992.-157с.
10. Polonsky, A., Voskresenskaya, E., Belokopitov,V. Variability of Northwestern Black Sea hydrography and river discharges as part of global ocean-atmosphere fluctuations. *Sensitivity to change: Black Sea, Baltic Sea and North Sea* (eds. E. Ozsoy and A. Mikaelyan), 1997. - P.11-24.