

УДК 551.509.336+556.16

СОЛНЕЧНО – ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ В ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА

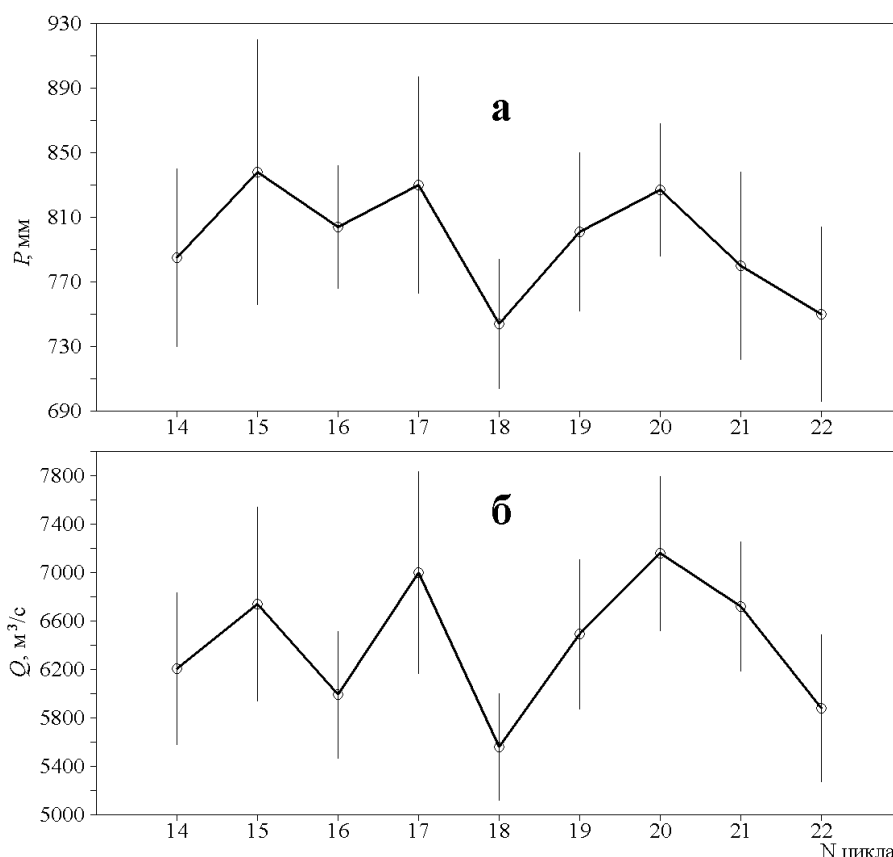
В.А. Иванов, А.В. Прусов, А.А. Сизов
Морской гидрофизический институт НАН Украины

Введение. Значительные колебания годовых сумм осадков и годового стока рек, наблюдающиеся в последние годы в регионе Черного моря [1-3] весьма ощутимо сказываются на хозяйственной деятельности, создавая в ряде случаев аномальные паводковые ситуации [4]. Попытки сделать прогностические оценки вероятности наступления таких экстремальных состояний в стоках рек приводят к осознанию необходимости максимально учитывать все факторы, влияющие на циркуляцию атмосферы, формирующую режим увлажнения в водосборах рек. Одним из таких факторов является солнечная активность, изменяющаяся в широких пределах [5, 6] и влияющая на барическое поле атмосферы [7, 8], т.е. на ее циркуляцию. В работах последних лет удалось показать, что гидрометеорологические поля в приземной атмосфере Атлантико-Европейского сектора весьма чувствительны к изменению солнечной активности на масштабах от квазивекового до квазидвадцатилетнего [9, 10]. Учитывая результаты этих работ, попытаемся оценить изменчивость стока Дуная, связанную с солнечной активностью на разных временных масштабах. Выбор Дуная и его водосбора сделан из тех соображений, что ряды наблюдений за его стоком достаточно длительные, что позволяет получить оценки в широком диапазоне временных масштабов. Учитывая, что водосбор Дуная находится в одной климатической зоне с водосборами рек северного причерноморья, можно ожидать, что оценки колебания его стока в широком временном интервале будут пригодны для оценки стоков рек юга Украины.

Цель настоящей работы заключается в том, что бы исследовать колебания годового стока Дуная в зависимости от увлажнения в его водосборе при разных режимах циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе, формируемой солнечной активностью в широком диапазоне временных масштабов от квазидвадцатилетнего до межгодового.

Используемый материал и методика обработки. Для оценок изменчивости увлажненности в южном регионе Европы и стока Дуная использовались массивы данных по месячным суммам осадков в водосборе Дуная и его месячному стоку. Месячный сток Дуная за 1881 – 1996 гг. взят из архива МГИ НАН Украины. Месячные суммы осадков в водосборе Дуная выбирались из климатического массива CRU [11] по территории, ограниченной координатами 42 – 47° с. ш., 15 – 26° в. д. В этом массиве данные по осадкам представлены с шагом 0,5×0,5°. Для оценки изменчивости циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе использовался индекс САК [12]. Временные масштабы флуктуации солнечной активности анализировались по массиву чисел Вольфа, полученному в [13]. Учитывалось, что массивы данных по осадкам и стоку Дуная, используемые в работе, относились к временному интервалу, соответствующему текущему квазивековому циклу солнечной активности (с.а.). Поэтому обработка данных велась по методике, применявшейся в [10]. Исходные ряды сглаживались путем осреднения по 11 годам (средняя продолжительность 11-летнего цикла с.а.), а оценка изменчивости осадков и стока Дуная в четные и нечетные циклы с.а. получалась по выборкам данных за годы, относящихся соответственно к этим циклам. Межгодовая изменчивость анализируемых характеристик в годы четного и нечетного циклов с.а. изучалась с применением методики «наложенных эпох» [6]. Аномалии годовых сумм осадков и годового стока Дуная вычислялись следующим образом: $P' = P_i - P_{cp}$, $Q' = Q_i - Q_{cp}$, где P_i и Q_i – значения осадков и стока за выбранные годы, относящиеся к четному или нечетному циклам с.а., P_{cp} и Q_{cp} – средние значения осадков и стока по всему временному ряду. Для последующего анализа использовались средние за годы четного и нечетного циклов с.а. значения P' и Q' . Статистическая достоверность полученных результатов оценивалась по стандартным процедурам [14].

Полученные результаты и их анализ. Известно, что в гидрометеорологических полях наблюдаются флуктуации, связанные с квазидвадцатилетней цикличностью с.а. [5, 6, 15]. Эти флуктуации дают весьма заметный вклад в межгодовую (междесятилетнюю) изменчивость таких характеристик как приземная и поверхностная температуры в регионе Черного моря [16]. Связанные с циркуляцией атмосферы, колебания на квазидвадцатилетних масштабах должны проявляться и в поле осадков, формирующих сток рек. Покажем на примере осадков в водосборе Дуная и его стока изменчивость этих характеристик в текущем квазивековом цикле с.а. Сглаживание исходных рядов проведем путем осреднения по годам 11-л.ц. Полученные таким образом ряды годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока представлены на рис. 1.



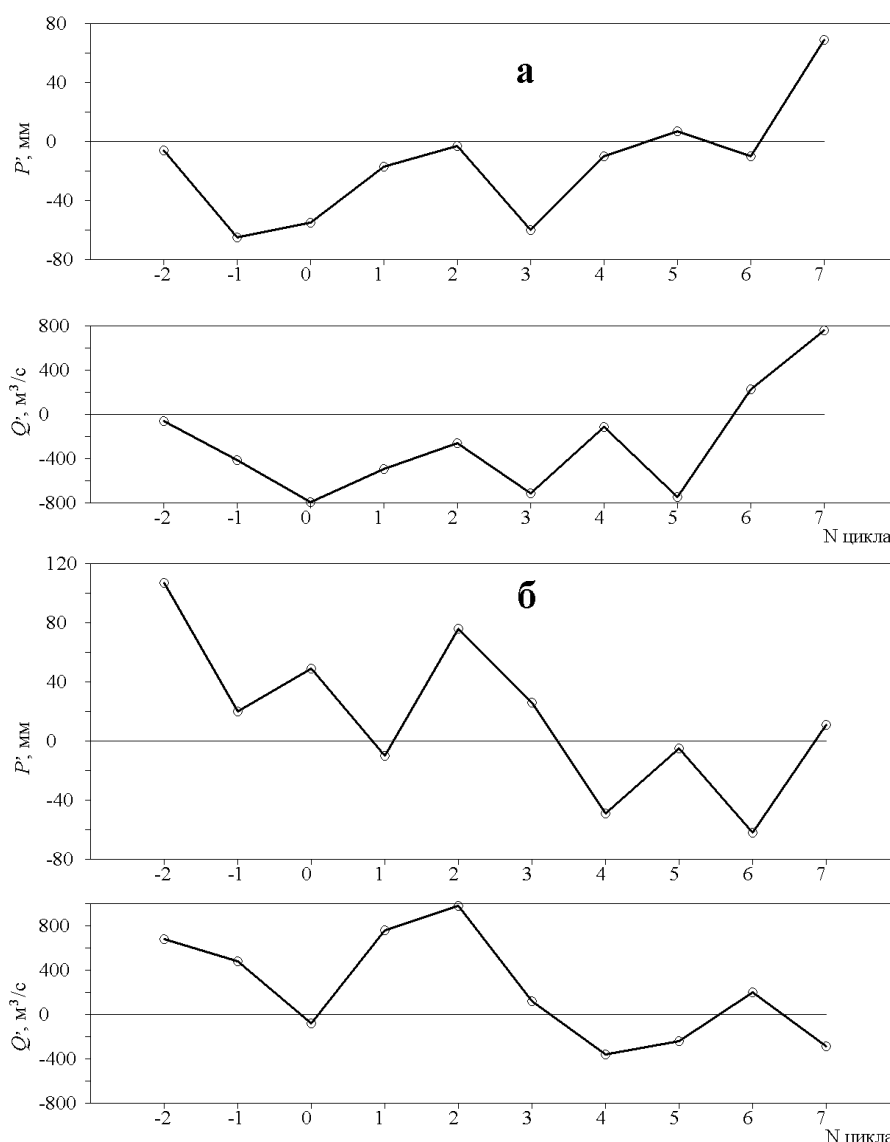
რის.1. Годовые суммы осадков в водосборе Дуная и годовой сток Дуная, осредненные по годам 11-л.ц. Обозначения: а – годовые суммы осадков в водосборе Дуная (P , мм), б – годовой сток Дуная (Q , м³/с). Вертикальные линии на графиках – доверительные интервалы, соответствующие 95% -й доверительной вероятности.

На оси х рис.1 показаны номера 11-л.ц. В табл.1 даются временные интервалы, соответствующие 11-л.ц.

Таблица 1. Номера 11-л.ц. и соответствующие им годы

| № цикла | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| годы | 1902-1913 | 1914-1923 | 1924-1933 | 1934-1944 | 1945-1954 | 1955-1964 | 1965-1976 | 1977-1986 | 1987-1996 |

Как хорошо видно на рис.1, изменчивость увлажнения в водосборе Дуная весьма эффективно определяет колебание его стока. Коэффициент корреляции между годовыми суммами осадков и годовым стоком Дуная по несглаженным рядам значим на 95% -м доверительном уровне и равен 0,57. Вместе с тем графики рис.1 показывают заметную изменчивость сумм осадков и стока Дуная от цикла к циклу: в четные циклы увлажнение и сток меньше, чем в нечетные. Учитывая, что в годы четных циклов с.а. реализуются в основном ситуации, когда САК ≥ 1 , т.е. когда юг Европы, включающий регион Черного моря оказывается в зоне действия антициклонической циркуляции атмосферы, а в годы нечетных циклов с.а. преобладают ситуации с САК ≤ -1 , когда над Черным морем преобладают циклонические процессы циркуляции атмосферы [17], результат, показанный на рис.1, вполне закономерен. В годы четных циклов с.а. водосбор Дуная испытывает дефицит увлажнения, а в годы нечетных циклов с.а. – избыток. Это квазидвадцатилетнее чередование режима увлажнения в водосборе Дуная в рассматриваемый временной отрезок с 1902 по 1996гг. нарушалось в 20 и 21 циклах с.а., что связано, по-видимому, с амплитудной модуляцией, возникающей вследствие суперпозиции разномасштабных процессов, формирующих изменчивость режима осадков в южной части Европы. Эта суперпозиция масштабов характерна для всех геофизических рядов, представляющих собой комбинацию разномасштабных процессов [18]. Количественная оценка различия в осадках и стоке Дуная в четные и нечетные циклы с.а. была сделана по несглаженным рядам этих гидрометеорологических характеристик. Анализируемые ряды включали в себя пять четных (14, 16, 18, 20, 22) и четыре нечетных (15, 17, 19, 21) циклов с.а. В первом случае выборка включала 54 года, во втором – 41 год. По этим выборкам были рассчитаны средние значения аномалий го-



რის.2. Средние за четные и нечетные циклы с.а. аномалии годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока относительно года максимума чисел Вольфа. а – четный цикл с.а., б – нечетный цикл с.а.

В настоящее время идет первый год после максимума с.а. в ее 24-м цикле. Как следует из рис. 2а, годовые суммы осадков в водосборе Дуная в текущем году ожидаются близкими к климатической норме. Такие же условия сохраняются, по-видимому, и в следующем году, но в 2015 г. ожидается заметный дефицит увлажнения в водосборе Дуная (осадков выпадет меньше приблизительно на среднемесячную многолетнюю норму), что может привести к снижению годового стока Дуная примерно на 10%.

Заключение. Исследование реакции атмосферных осадков на южном берегу Крыма и в водосборе Дуная, а также его стока на возмущения циркуляции атмосферы в Атлантико-Европейском секторе, связанные с солнечной активностью, позволило получить следующие результаты.

В интервале с 1901 по 1996 гг. выделяется хорошо выраженный квазидвадцатилетний масштаб изменчивости аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и в его годовом стоке. При этом в годы четного цикла с.а., когда преобладает положительная фаза САК, годовые суммы осадков в водосборе Дуная и его годовой сток минимальны, а в годы нечетного цикла с.а., когда преобладает отрицательная фаза САК, аномалии этих гидрометеорологических характеристик положительны. Это означает, что в годы четного цикла с.а. существует большая вероятность дефицита увлажнения в водосборе Дуная и, соответственно, отрицательная аномалия его годового стока. В годы нечетного цикла с.а., наоборот, вероятны переувлажнение в водосборе Дуная и его максимальная водность.

В пределах четного и нечетного циклов с.а. существуют особенности в распределении аномалий годовых сумм осадков в водосборе Дуная и его годового стока. В четный цикл с.а. просматривается слабая тенденция в росте осадков и стока Дуная от начала цикла с.а. к его концу. Причем, во все годы четного цикла сохра-

served. These phenomena are connected with predominant anticyclonic atmospheric circulation over the southern Europe. During odd s.a. cycles, precipitation in the Danube collecting area and its discharge exceed corresponding multi-year average values that is explained by predominant cyclonic atmospheric circulation over the southern Europe. Thus This is the formation mechanism of a quasi-twenty-year precipitation cycle in the Danube collection area and its discharge. Significant differences in the Danube inter-year precipitation and discharge variability are observed within even and odd s.a. cycles.

УДК 551.509.336+556.16

СОЛНЕЧНО – ОБУСЛОВЛЕННАЯ КВАЗИДВАДЦАТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОСАДКОВ В ВОДОСБОРЕ ДУНАЯ И ЕГО СТОКА/ Иванов В.А., Прусов А.В., Сизов А.А./ Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета – 2013. – т.119. – с.178-183 . – Рус.; Рез. Анг.,Рус.

Анализируется изменчивость осадков в водосборе Дуная и его сток в годы четного и нечетного циклов солнечной активности (с.а.). Показано, что в годы четного цикла с.а. наблюдается дефицит осадков в водосборе Дуная, связанный с преобладанием антициклонической циркуляции атмосферы над южной частью Европы. В эти годы отмечается минимальный сток Дуная. В годы нечетного цикла с.а. увлажненность в водосборе Дуная выше средней многолетней, что связано с преобладанием в эти годы циклонической циркуляции атмосферы над южной частью Европы. Соответственно сток Дуная в годы нечетного цикла с.а. выше средней многолетней нормы. Таким образом формируется квазидвадцатилетний цикл осадков в водосборе Дуная и его стока. Наблюдаются заметные отличия в межгодовой изменчивости осадков и стока Дуная в годы четного и нечетного циклов с.а.