

ками в начале – середине XX столетия. В этой связи, для обеспечения статистической однородности рядов исследуемых характеристик, нами введены поправки к суммам осадков для приведения их от показаний дождемера к показаниям осадкомера, а также введена поправка на смачивание осадкомерного ведра к данным до 1966 года [1].

С целью оценки региональных различий в режимах формирования атмосферных осадков для установленных периодов, нами построены карты разностей средних многолетних сумм атмосферных осадков за 1975-2004 гг. и 1945-1974 гг. (рис. 1).

Как видно из рисунка 1, за последние тридцать лет произошло устойчивое увеличение сумм атмосферных осадков в январе практически на всей территории Беларуси. Наибольшие отклонения наблюдаются в районах Новогрудской, Ошмянской и Минской возвышенностей, а также - в северо – восточной части республики, достигая 20 мм. В феврале также имеет место увеличение сумм осадков на 4 – 10 мм в большей части Витебской области. В то же время, для большей части территории Беларуси характерно незначительное снижение сумм осадков (в среднем до 4 мм). Максимальное уменьшение осадков - свыше 10 мм наблюдается на метеостанции Полесская. В марте повсеместно осадки увеличиваются, достигая максимальных значений (свыше 10 мм) в Припятском Полесье, Минской возвышенности и северной части Беларуси. Похожая картина наблюдается в апреле.

Наибольшие разности (до 13 мм) характерны для юга Беларуси. В мае, за исключением западной части Брестской и Гродненской областей, имеет место снижение сумм атмосферных осадков, достигающее наибольших разностей (18 мм в районе Могилева). В июне наблюдается увеличение осадков более чем на 20 мм в южной части и на северо – востоке территории Беларуси. В западной части республики характер изменения осадков иной (наблюдается их уменьшение до 15 мм в районе Гродно). Резкое увеличение сумм осадков приходится на центральную часть Припятского Полесья в июле, когда максимальные разности превышают 30 мм в районе Житковичей. На большей части территории Беларуси рост величин атмосферных осадков в это время не имеет статистической значимости. Полученные результаты хорошо согласуются с материалами работ академика В.Ф.Логинова [2, 3], других ученых и наглядно подтверждается региональный характер изменения количества атмосферных осадков в южной части Беларуси. Учитывая, что во время интенсивного сельскохозяйственного использования мелиорированных земель влажность воздуха увеличивается в первую половину лета и уменьшается во вторую, поэтому количество атмосферных осадков неизбежно возрастает в начале и уменьшается в конце лета, что

подтверждается построенными картами изолиний (рисунок 1). Для августа имеет место повсеместное уменьшение сумм осадков, максимальные разности до 30 мм приходятся на район Бобруйска. Для сентября вновь характерны положительные разности сумм осадков, статистическая значимость которых имеет место в Полесье, Волковысской и Новогрудской возвышенностях (более 20 мм). Октябрь характеризуется незначительным уменьшением сумм осадков, что связано с некоторым изменением циркуляционных процессов в атмосфере. С октября в Беларуси формируется тип барического поля, наблюдается рост атмосферного давления, образуются мощные антициклоны, приводящие, в итоге, к снижению сумм атмосферных осадков и увеличивающейся повторяемости «бабьего лета». В ноябре также продолжается уменьшение сумм осадков, в большей степени свойственное центральной части республики. Трансформация атмосферных осадков в декабре аналогична отмеченным зимним месяцам – январю и февралю, когда имеют место практически везде положительные разности, а наибольшие значения (свыше 10 мм) присущи районам Новогрудской, Ошмянской и Минской возвышенностей, а также северо – восточной территории Беларуси. Годовые суммы атмосферных осадков увеличиваются практически по всей Беларуси, достигая наибольших разностей (свыше 60 мм) в районе Припятского Полесья и на северо – востоке Витебской области. В ядре района Марьино Горка – Березино – Могилев - Бобруйск годовые суммы атмосферных осадков остаются практически без изменений.

В итоге, можно говорить о том, что общепланетарные процессы, связанные с потеплением климата, оказывают существенное влияние на режимы формирования климатических характеристик в пределах Беларуси. Происходящие изменения носят сложный характер и имеют статистическую значимость. Установлены общие закономерности трансформации режима выпадения атмосферных осадков в обособленных регионах, что позволяет говорить о значимости в них антропогенного фактора. Так, крупномасштабные мелиорации привели не только к изменению климата локальных участков, но и климата Полесского региона в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по климату СССР.- Л.: Гидрометеиздат, 1968.- Вып.7.- Ч.4.
2. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. - Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996.- 234с.
3. Природная среда Беларуси: Монография / Под ред. В.Ф.Логинова; НАН Беларуси. Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии: -Мн.: НОООО «БИП-С», 2002.-424с.

УДК 556.512:556.135 (476)

Волчек А.А., Лукша В.В.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ОСНОВНЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия ресурсы пресных вод претерпели значительные трансформации, связанные с изменением климата и антропогенным воздействием. Выявление этих трансформаций возможно с помощью детального анализа внутренней структуры рядов стока рек.

Главной характеристикой водного режима рек являются средние годовые расходы воды. Средний годовой расход является устойчивой характеристикой оценки изменения речного стока и только значительные нарушения формирования водных ресурсов могут сказаться на изменениях колебаний его величин.

Волчек Александр Александрович, к.г.н., доцент, зам. директора по научной работе ГНУ «Отдел проблем Полесья Национальной академии наук Беларуси».

*Лукша Владимир Валентинович, к.т.н., доцент кафедры оснований, фундаментов, инженерной геологии и геодезии Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.*

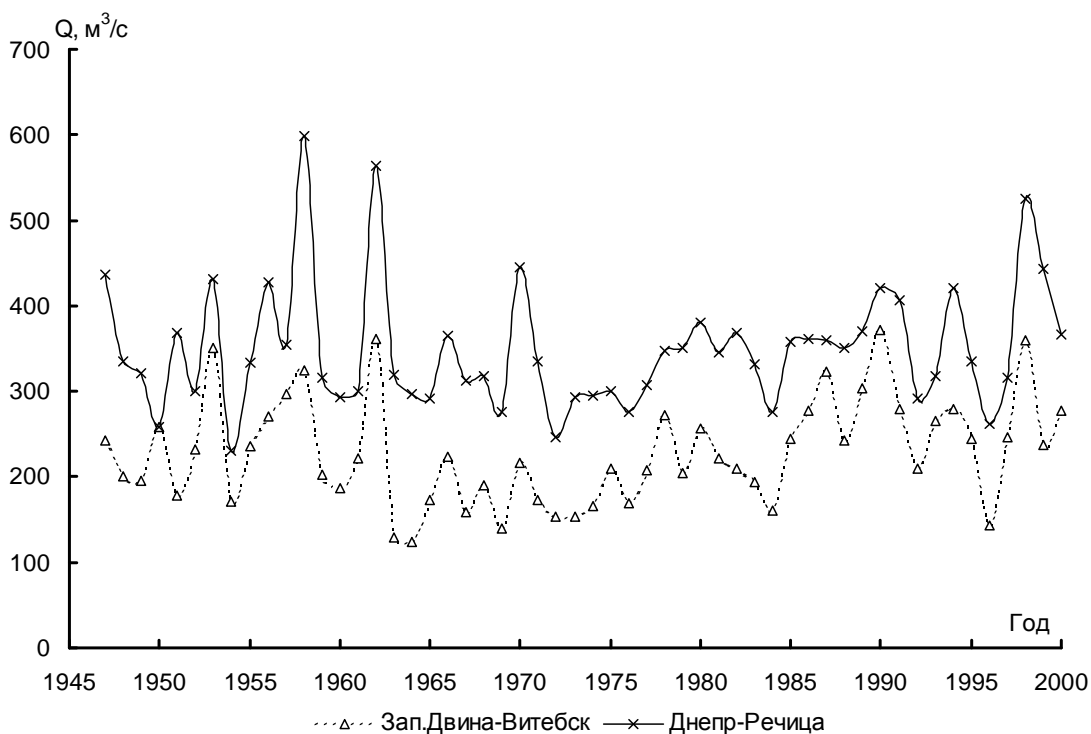
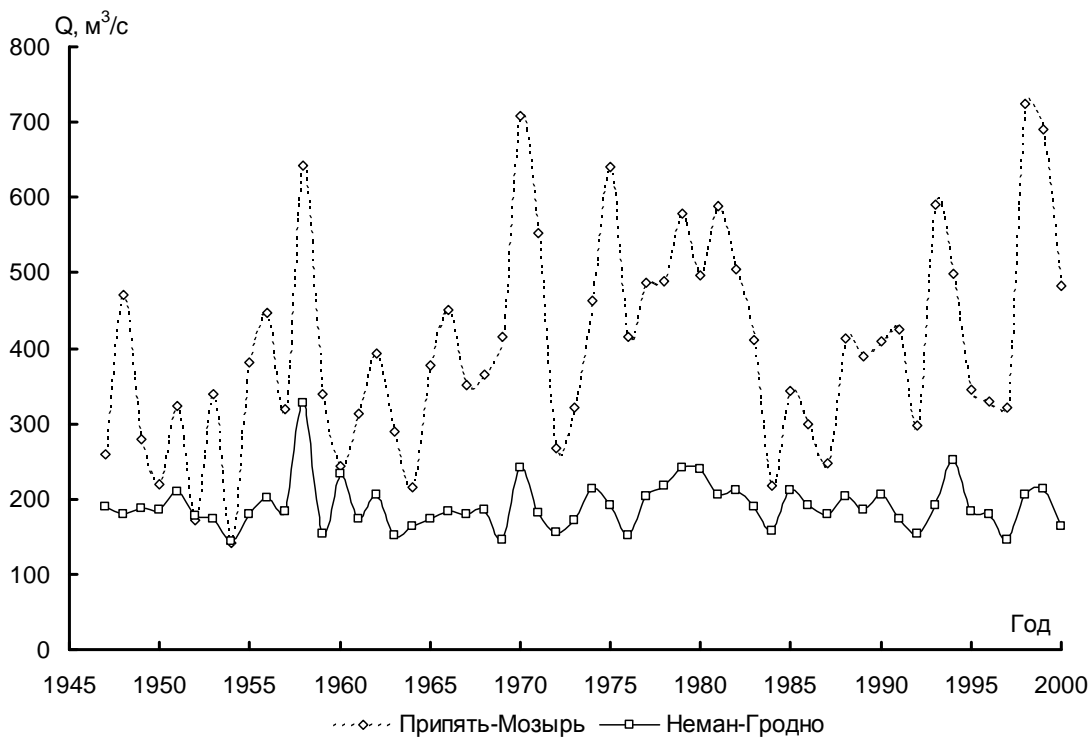


Рис. 1. Многолетний ход годовых расходов воды крупных рек Беларуси.

Необходимо отметить, что значения годовых расходов средних рек (с площадями водосборов более 2000 км²) являются довольно стабильными величинами, в первую очередь зависят от количества выпавших атмосферных осадков и суммарного испарения и менее подвержены антропогенным воздействиям, чем расходы малых рек. Для средних рек эта стабильность вызвана преобладанием подземной составляющей водного питания.

На сегодняшний день имеются достаточно длинные (более 100 лет) ряды наблюдений за годовыми расходами воды крупных рек Беларуси, что позволяет на основании различ-

ных методов исследования получать результаты, свидетельствующие о вековых колебаниях стока рек и выделять периоды этих колебаний. Это позволит прогнозировать дальнейшие изменения водности рек в связи с изменениями климата в будущем.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходными данными для анализа внутренней структуры временных рядов годовых расходов воды рек послужили данные инструментальных наблюдений с 1877 до 2000 год (124 года) за водным режимом основных рек Беларуси:

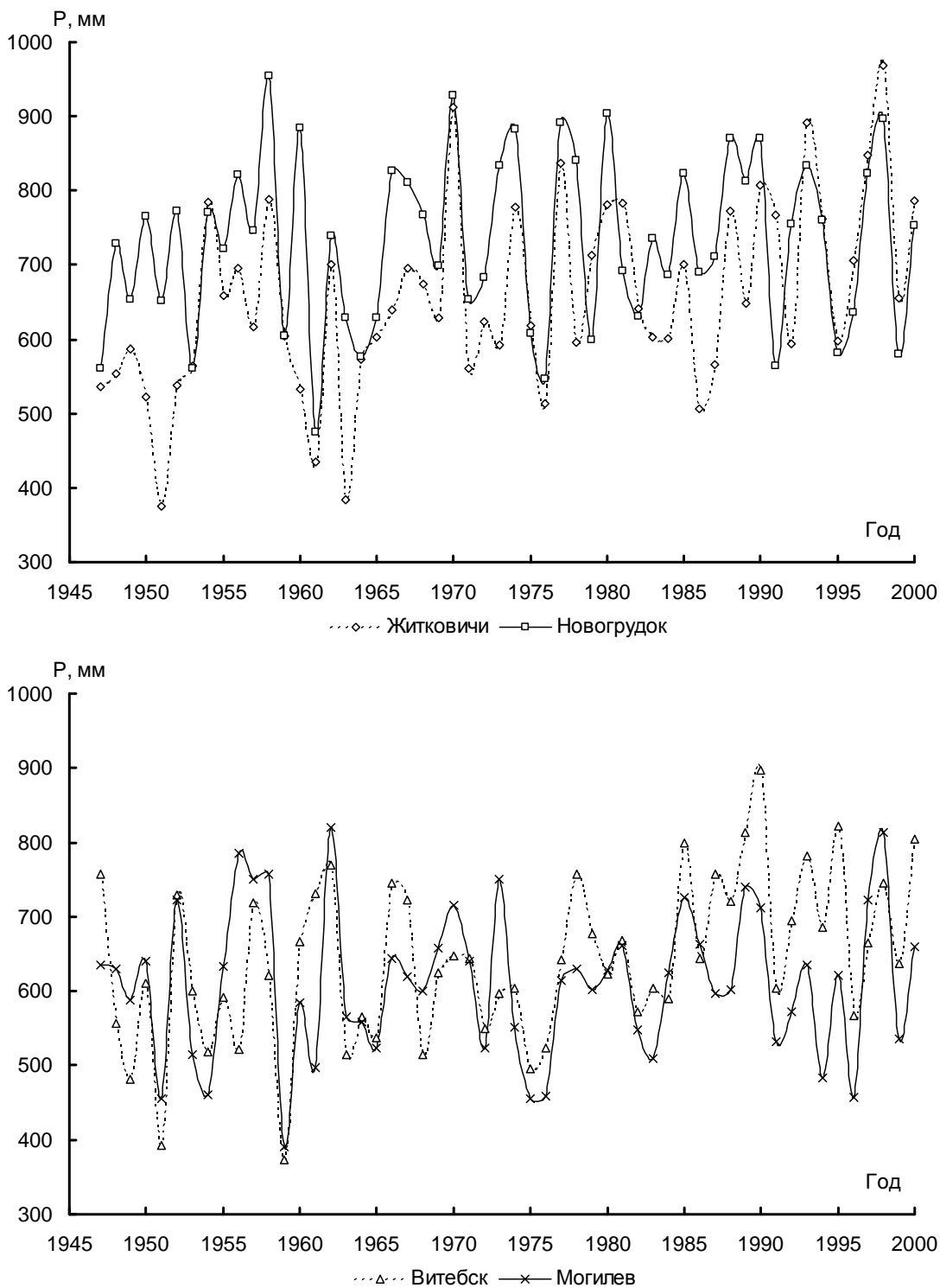


Рис. 2. Многолетний ход годовых атмосферных осадков.

Припять – г. Мозырь, Неман – г. Гродно, Западная Двина – г. Витебск и Днепр – г. Речица. Также использовались измеренные данные годовых атмосферных осадков по метеостанциям Житковичи, Новогрудок, Витебск и Могилев за 1947 – 2000 годы как наиболее близко расположенных к центрам вышеперечисленных рек-створов. Многолетний ход годовых расходов воды и годовых атмосферных осадков за период 1947-2000 годы представлен на рис. 1 и 2.

Сегодня исследование внутренней структуры временных рядов выполняется различными методами: построением разностных интегральных кривых, корреляционных, автокорре-

ляционных и спектральных функций, использованием спектрально-временного анализа (СВАН), причем каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Одним из наиболее наглядных методов считается спектральный анализ, основанный на разложении функций, графически представляемых как колебательный процесс, в ряд Фурье.

Практическая реализация спектрального анализа заключается в аппроксимации с любой точностью заданной функции H на интервале времени t с помощью конечного набора гармонических составляющих, т.е.

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (a_n \cdot \cos n \cdot \omega_1 \cdot t + b_n \cdot \sin n \cdot \omega_1 \cdot t) \quad (1)$$

или

$$H(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m (A_n \cdot \cos(n \cdot \omega_1 \cdot t - \varphi_n)), \quad (2)$$

где n – номер гармоники; $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1$ – угловая частота повторения; a_0 , a_n и b_n – коэффициенты ряда Фурье; m – число гармоник; A_n и φ_n – соответственно амплитуда и начальная фаза n -ой гармоники.

Коэффициенты a_n и b_n для дискретных числовых рядов определяются по формулам:

$$a_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \cos \omega_i \cdot \Delta t), \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{N} + \sum_{i=1}^N (y_i \cdot \sin \omega_i \cdot \Delta t), \quad (4)$$

где N – число членов ряда на интервале $T_n = 1/f_n$; Δt – отрезок времени между соседними членами ряда.

Конечная цель спектрального анализа – нахождение спектральной функции $D=f(\omega)$, описывающей распределение дисперсии D исходного ряда по различным частотам ω . Амплитудно- и фазово-частотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) спектра определяются по формулам [6]:

$$A_n(f) = \sqrt{a_n^2(f) + b_n^2(f)}, \quad (5)$$

$$\varphi(f) = -\arctg\left(\frac{b_n(f)}{a_n(f)}\right). \quad (6)$$

Как известно, величины A_n и D_n взаимосвязаны [7].

В зарубежной литературе [8] часто встречается следующая зависимость разложения функций в ряд Фурье

$$x_i = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^m ((a_n \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_n(t-1)) + b_n \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_n(t-1))), \quad (7)$$

где f_n – частота – количество циклов в единицу времени, $1/f_n = T$ – период повторения, который интерпретируется как количество наблюдений (годовых расходов воды), формирующих один полный цикл на соответствующей частоте; a_n и b_n – косинусоидные и синусоидные коэффициенты, являющиеся коэффициентами регрессии, т.е. показывающие связь теоретических функций косинусов и синусов с эмпирическими точками при соответствующей частоте.

По сути формулы (1), (2) и (7) являются преобразованием одного выражения, поэтому возможно использование любой из них.

Совместный спектральный анализ годовых расходов воды и суммарных атмосферных осадков выполнялся с использованием кросс-периодограмм, показывающих зависимость кросс-амплитуды от периодов колебаний вышеназванных величин. Кросс-амплитуда A_k является мерой ковариации (среднее попарных произведений отклонений) между относительными периодами (частотами) колебаний двух рассматриваемых рядов.

Расчет и построение графиков квадратичной связи между циклическими компонентами двух рядов наблюдений (в нашем случае годовых расходов и суммарных годовых атмосферных осадков) позволяет оценить квадрат корреляции r^2 между периодами колебаний стока и осадков, т.е. выделить наиболее существенные совместные периоды (частоты) колебаний.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Значения годовых расходов воды и годовых атмосферных осадков были разделены на две группы, соответствующие 32 годам наблюдений – 1947-1978 и 1969-2000 годы. Преобразованные в периодограммы АЧХ годового стока крупных рек Беларуси, рассчитанные с помощью уравнений (3), (4) и (5), показаны на рис. 3.

При построении АЧХ учитывался тот факт, что разложение временных рядов в ряд Фурье допустимо только в случае стационарности исходного ряда. Это означает, что если в исследуемом ряде присутствуют колебания, период которых больше длительности наблюдения (интервала), то необходимо описать эти колебания с помощью трендовой составляющей. Анализ исходных рядов с помощью разностных интегральных кривых, выполненный нами ранее [5] показал, что внутри выделенных интервалов присутствует хотя бы один замкнутый цикл колебаний водности, а средний период этих колебаний составляет 20-25 лет.

Анализ рис. 3 показывает, что в рядах годового стока присутствуют циклические изменения с интервалами 4-5 и 10-12 лет, причем сами циклы различны как по длительности, так и по амплитудам. Для Припяти эти различия незначительны, возможно четкое выделение 4 и 11-летнего цикла. При этом 2,5-летний цикл, имеющий значительную амплитуду в интервале 1947-1978, теряет ее (снижение в 2 раза) в интервале 1969-2000 годы, а 32-летний цикл приобретает значимость в интервале 1969-2000 года. Для Немана произошло «выравнивание» амплитуды за период 1969-2000 по сравнению с 1947-1978 годами, с выделением лишь одного существенного цикла в 4 года. Цикличность колебаний годового стока Западной Двины изменилась с одного периода в 4 года за интервал 1947-1978 до двух в 4 и 11 лет за интервал 1969-2000 годы при одновременном четком выделении этих двух циклов. Днепр имеет похожие на Западную Двину изменения количества выделяющихся циклов, кроме 2-летнего, сильно выдающегося за период 1947-1978 годы.

Можно отметить синхронность хода графиков периодограмм по всем рассматриваемым рекам за период 1969-2000 годы, в то же время за интервал 1947-1978 годы этот синхронный ход менее выражен.

Отмеченные изменения цикличности годового стока в первую очередь связаны с колебаниями такого стокообразующего фактора, как атмосферные осадки. Для подтверждения этого факта на рис. 4 приведены периодограммы годовых атмосферных осадков по метеостанциям, наиболее близко расположенным к центрам водосборов исследуемых рек-створов и имеющими ряды наблюдений за 1947-2000 годы.

Для периодограмм годовых атмосферных осадков можно отметить общее выделение 2-4 и 8-12 летних циклов. В отличие от годового стока, более синхронный ход графиков периодограмм здесь наблюдается в интервале 1947-1978 года. Для более конкретного выделения совместных циклов колебаний осадков и стока на рис. 5 и 6 построены кросс-периодограммы и графики квадратичной связи между циклическими компонентами исследуемых величин.

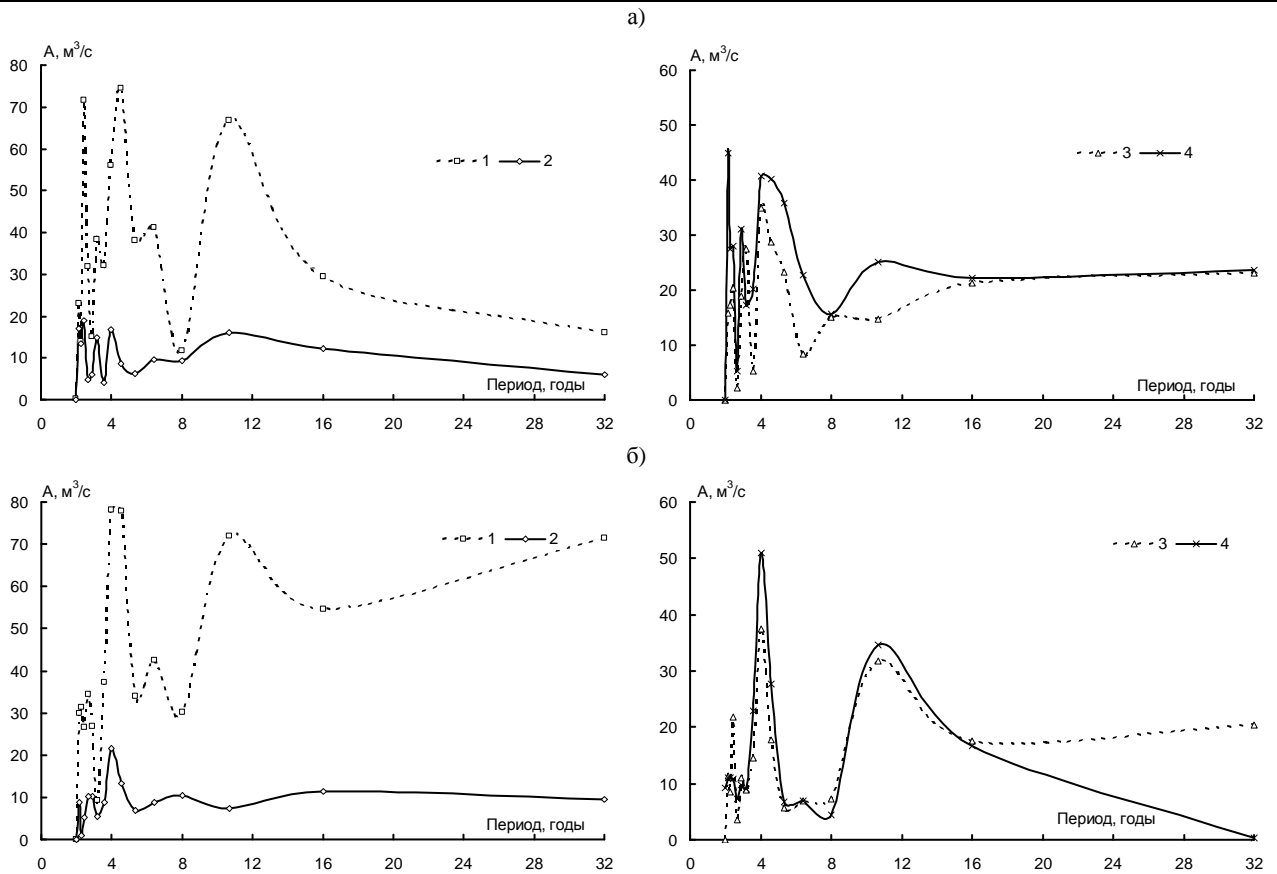


Рис. 3. Периодограммы годового стока за 1947-1978 (а) и 1969-2000 годы (б): 1 – р. Припять – г. Мозырь; 2 – р. Неман – г. Гродно; 3 – р. Западная Двина – г. Витебск; 4 – р. Днепр – г. Речица.

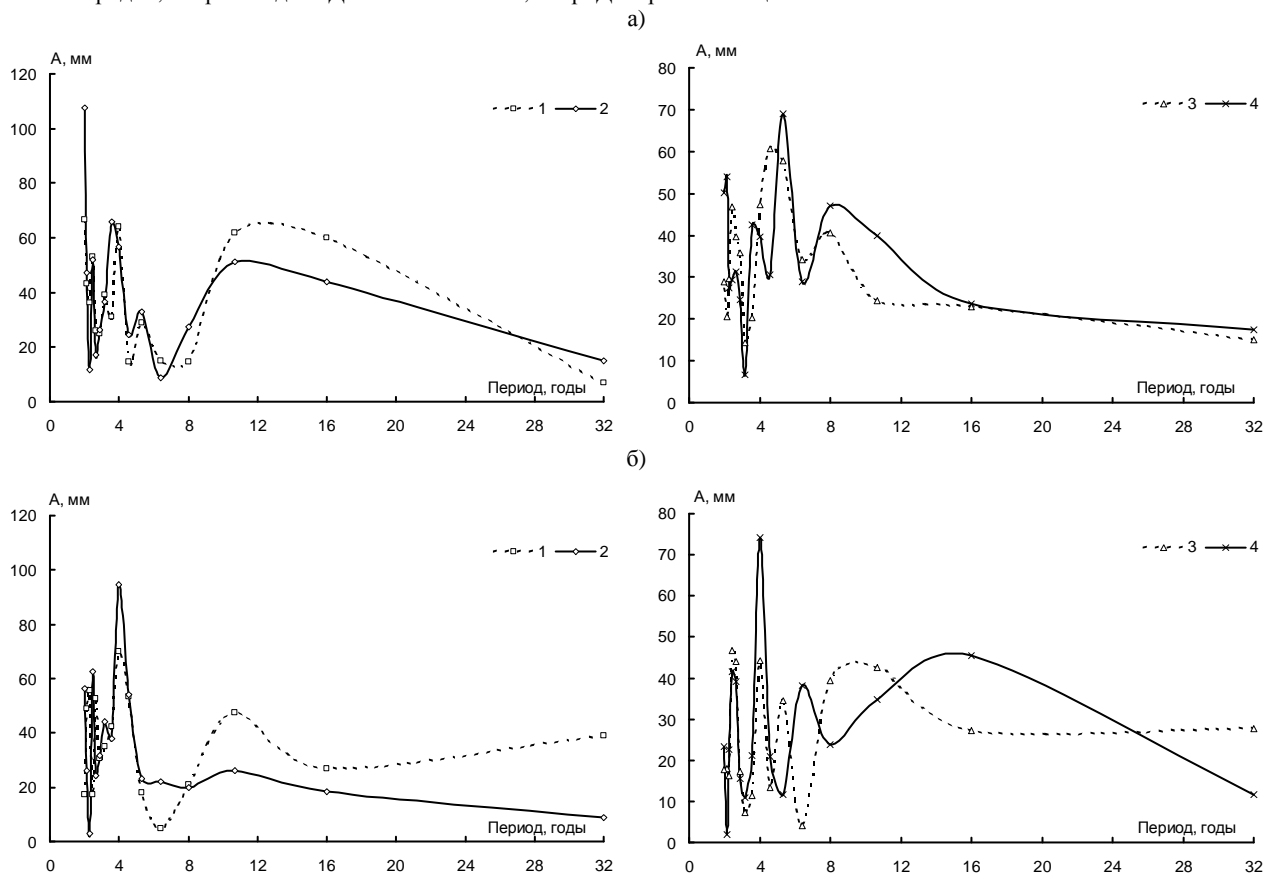


Рис. 4. Периодограммы годовых атмосферных осадков за 1947-1978 (а) и 1969-2000 годы (б) по метеостанциям: 1 – Житковичи; 2 – Новогрудок; 3 – Витебск; 4 – Могилев.

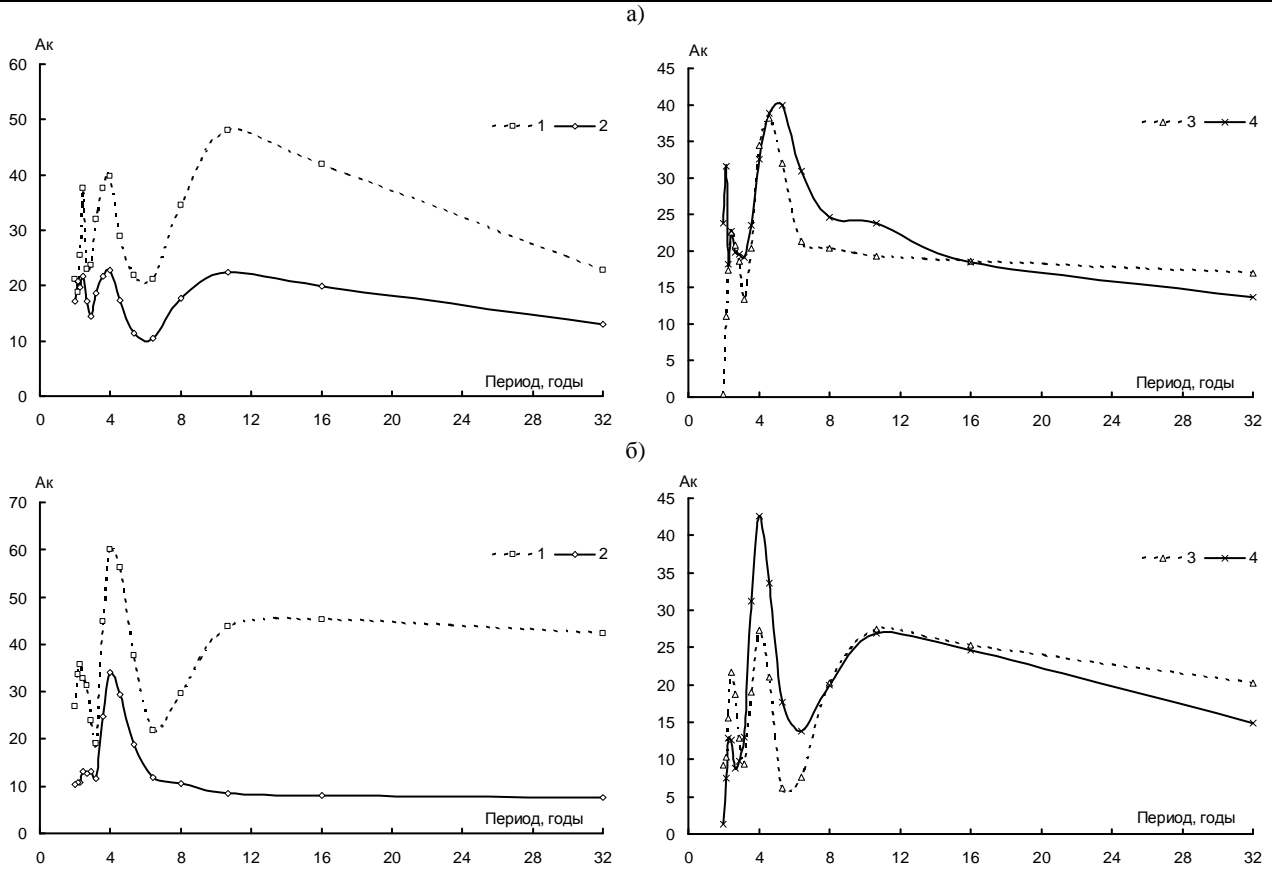


Рис. 5. Кросс-периодограммы годовых атмосферных осадков и годового стока за 1947-1978 (а) и 1969-2000 годы (б): 1 – Житковичи – р. Припять-г.Мозырь; 2 – Новогрудок – р.Неман-г.Гродно; 3 – Витебск – р.Западная Двина-г.Витебск; 4 – Могилев – р.Днепр-г.Речица.

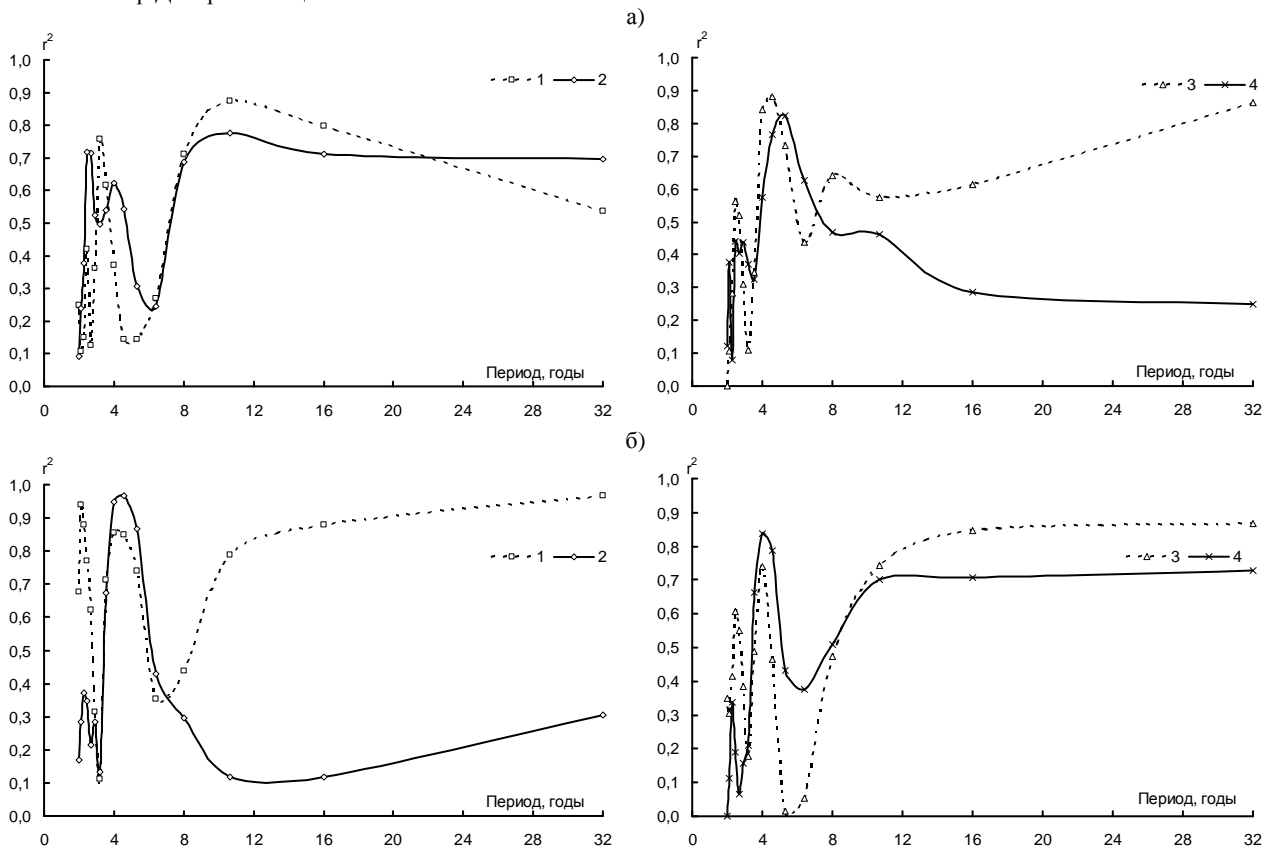


Рис. 6. Графики квадратичной связи между циклическими компонентами годовых атмосферных осадков и годового стока за 1947-1978 (а) и 1969-2000 годы (б): 1 – Житковичи – р. Припять-г.Мозырь; 2 – Новогрудок – р.Неман-г.Гродно; 3 – Витебск – р.Западная Двина-г.Витебск; 4 – Могилев – р.Днепр-г.Речица.

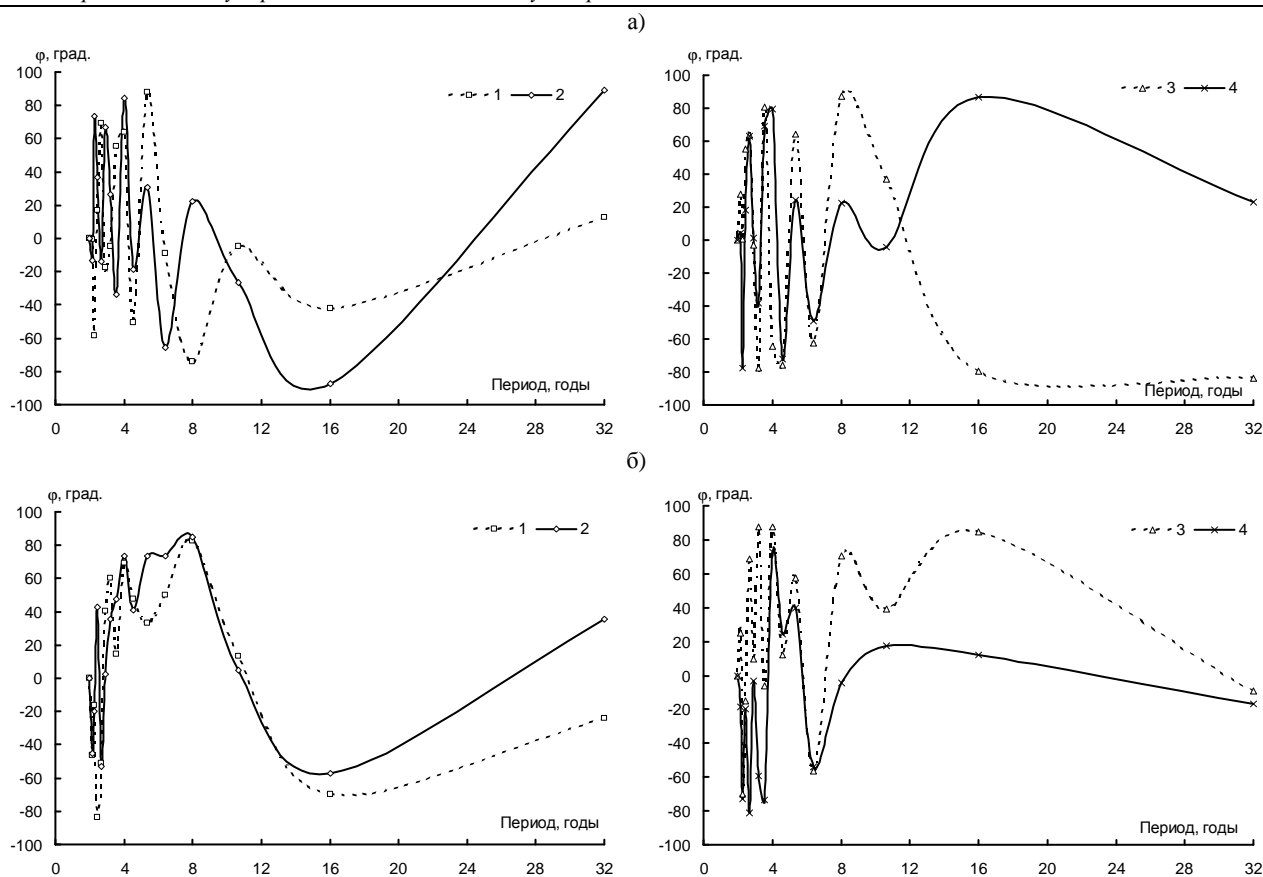


Рис. 7. Фазовые периодограммы годового стока за 1947-1978 (а) и 1969-2000 годы (б): 1 – р. Припять – г. Мозырь; 2 – р. Неман – г. Гродно; 3 – р. Западная Двина – г. Витебск; 4 – р. Днепр – г. Речица.

Анализируя рис. 5 и 6, можно прийти к следующим выводам:

- для Припяти наиболее существенная связь между циклами изменений годовых стока и атмосферных осадков наблюдается при 4 и 11-летних колебаниях за период 1947-1978 и 2, 4 и 32-летних циклах за период 1969-2000 годы;
- для Немана соответственно 2, 4 и 11-летних колебаний за первый период и 4-летних для второго рассматриваемого периода;
- для Западной Двины – 5 и 32 лет для первого и 4, 16-32 лет – для второго периода;
- для Днепра – 6 лет для первого и 4, 12-32 лет – для второго периода.

В общем, большая часть протяженности графиков квадратичной связи лежит выше значимого коэффициента корреляции (0,7), что на оси у соответствует приблизительно значению $0,5 (\sqrt{0,5} \approx 0,70)$, что подтверждает синхронность цикличности изменения годового стока и атмосферных осадков практически по всем парам рассматриваемых рядов. Только для Немана за второй и для Днепра за первый рассматриваемые периоды возможно выделение одного конкретного пика приблизительно в 5 лет.

Хотя периодичность выпадения осадков локализована, она контролируется собственными колебаниями некоторой системы, включающей в себя и характеристики атмосферной циркуляции. Так, в осадках и циркуляционных характеристиках обнаружены одни и те же циклы в 2-3, 3-5 и 10-15 лет и циклы большей длительности, которые с учетом длины исходных рядов могут интерпретироваться как трендовая составляющая [3, 4]. Очевидна сопоставимость циклов длиной 10-15 лет с 11-летней солнечной активности (СА) [1].

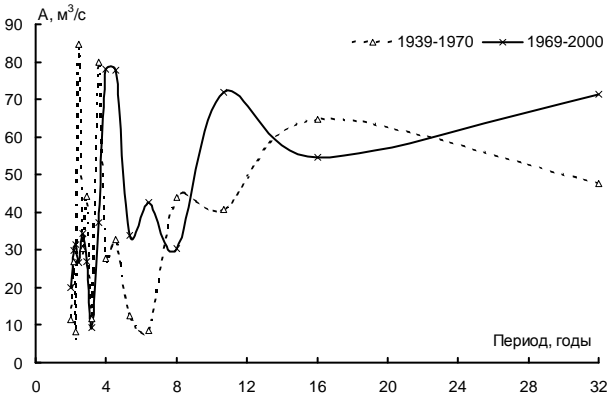
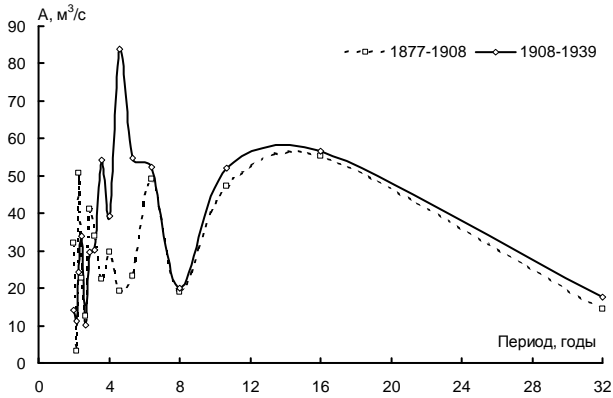
ФЧХ годового стока, преобразованные в периодограммы и вычисленные с помощью (б) приведены на рис. 7. На при-

мере гидрологических рядов произведено также построение периодограмм за весь период наблюдений за годовыми расходами воды (1877-2000 годы) по 32-летним интервалам с учетом сохранения однородности выборок (рис. 8).

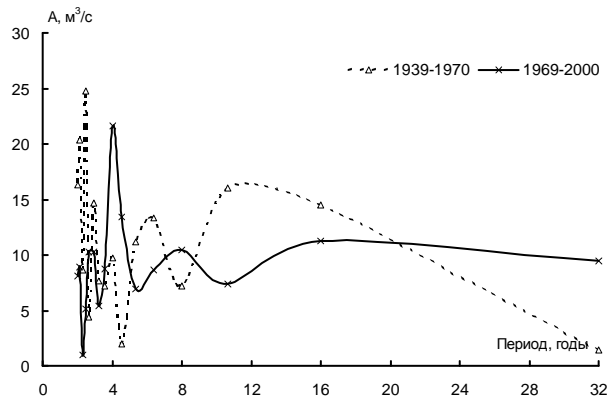
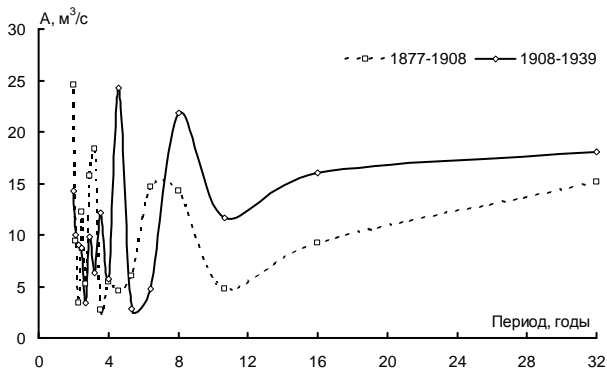
Существенных изменений фазовых периодограмм двух рассматриваемых периодов не обнаружено (см. рис. 7). Можно отметить более «компактное» расположение графиков на втором временном интервале (1969-2000 годы), т.е. произошла «стабилизация» процессов изменения цикличности годового стока, что связано с такими же процессами в колебаниях атмосферных осадков и изменениями климата.

Двойная волна макропериода в 11-летнем цикле СА представляется правдоподобной. Многими исследователями было установлено наличие циклов длиной 4-6 лет во многих природных явлениях в конце XIX и первой половине XX века при минимуме векового цикла СА в 1881-1912 годах [2]. Правомерным является утверждение, что в последующие годы периодичность явлений должна возрастать в связи с увеличением СА. При этом следующий минимум векового цикла СА приходится на конец XX века. Поэтому в 1950-1955 годах должны выделяться периоды с наибольшей цикличностью, близкой к 10-15 годам, а далее возможно увеличение количества периодов с малой длительностью. Следовательно, в конце XX века на периодограммах АЧХ должны отмечаться аномалии амплитуд с периодичностью 4-6 лет, а солнечнообусловленный 11-летний цикл должен быть выражен незначительно, что и подтверждается периодограммами на рис. 8. То есть в последние 30 лет происходит закономерное изменение периодичности циклов, выражающееся в уменьшении длительности короткопериодичных и длиннопериодичных циклов, причем роль длиннопериодичной составляющей АЧХ увеличивается, т.е. с течением времени соотношение амплитуд циклов изменяется. Аналогичные изменения отмечаются и в структуре метеорологических данных, уровней поверхностных и грунтовых вод [7].

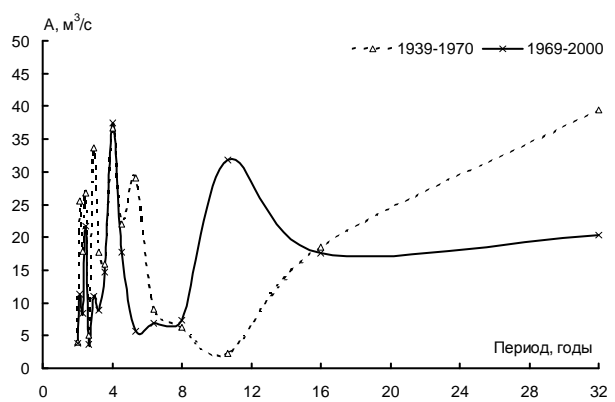
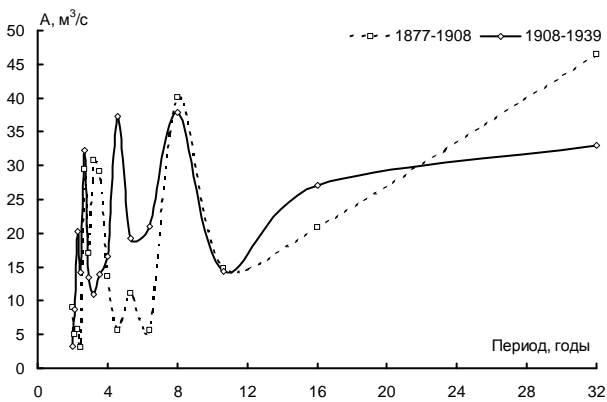
р. Припять – г. Мозырь



р. Неман – г. Гродно



р. Западная Двина – г. Витебск



р. Днепр – г. Речица

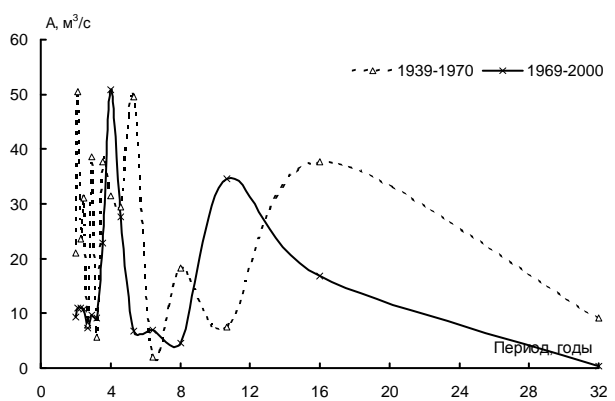
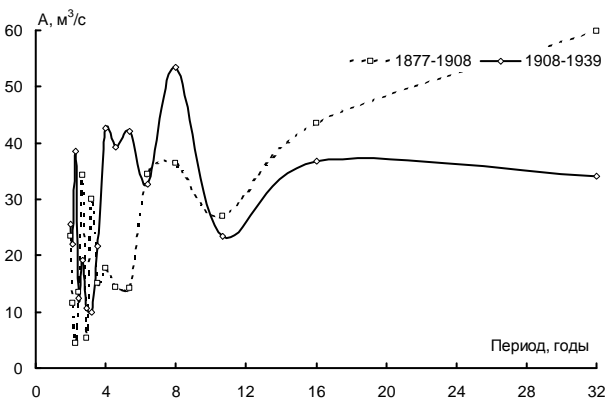


Рис. 8. Периодограммы годового стока за весь период наблюдений (1877-2000 годы) за различные интервалы по 32 года.

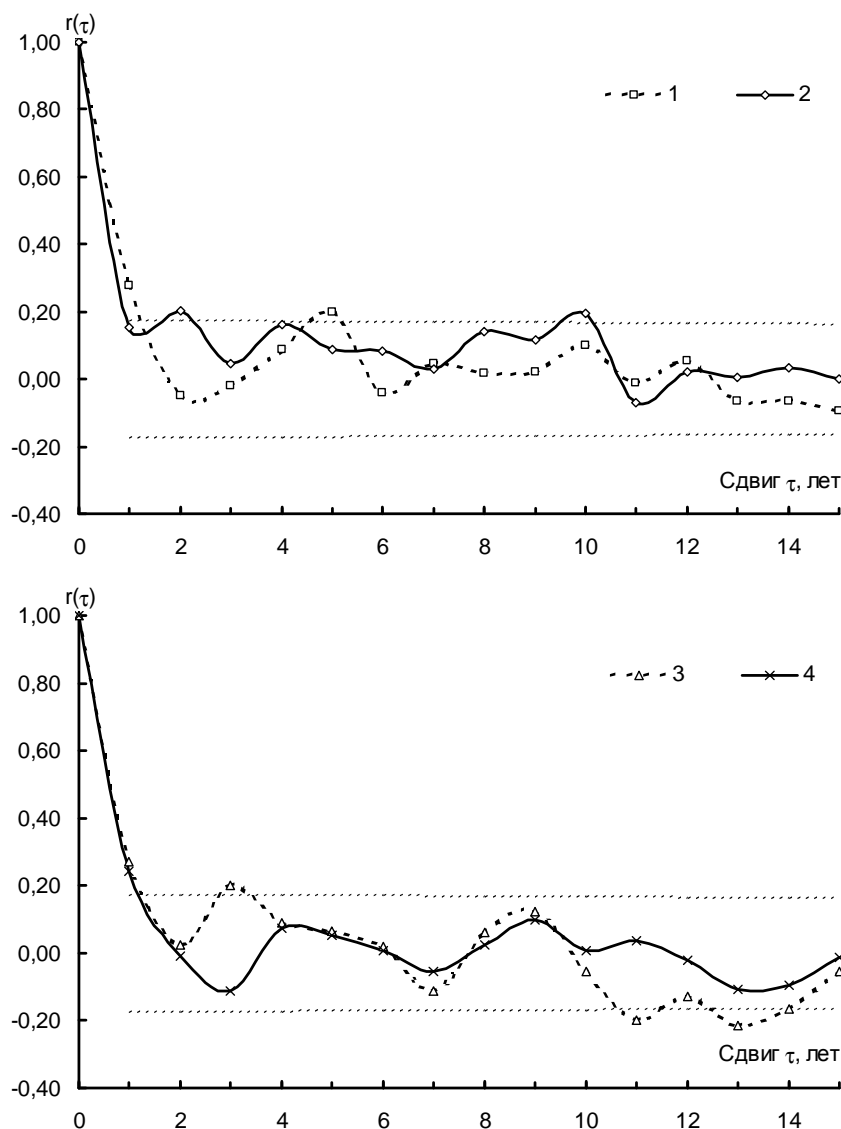


Рис. 9. Автокорреляционные функции годового стока за весь период наблюдений (1877-2000 годы). Пунктирными линиями выделен доверительный интервал «белого шума» 95%-ной обеспеченности: 1 – р. Припять – г. Мозырь; 2 – р. Неман – г. Гродно; 3 – р. Западная Двина – г. Витебск; 4 – р. Днепр – г. Речица.

С целью подтверждения статистической значимости выявленных на периодограммах циклов построены автокорреляционные функции рядов годовых расходов воды за период 1877-2000 годы, графики которых показаны на рис. 9. При сопоставлении графиков с доверительным интервалом «белого шума» 95%-ной вероятности превышения, приходим к выводу, что, по крайней мере, циклы длиной около 2-5 и 10-13 лет, регистрируемые периодограммами, неслучайны. Эта длина циклов близка к среднеарифметической периодичности всплесков, зафиксированных на данном временном интервале. При этом реальная длина циклов, как отмечалось выше, с течением времени изменялась.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании спектрального анализ годовых расходов воды выявлена цикличность колебаний речного стока основных рек Беларуси. Отмечаются как короткопериодичные (2-5 лет) и длиннопериодичные (10-15 лет) циклы, при этом в интервале 1969-2000 лет амплитуды короткопериодичных циклов имеют тенденцию к уменьшению, а длиннопериодичные – к увеличению.

Совместный анализ годового стока и годовых атмосферных осадков с использованием кросс-спектрального анализа и графиков квадратичной связи показал, что выделенные циклы колебаний стока тесно связаны с колебаниями осадков, причем для разных районов Беларуси выделяются разные совместные циклические изменения, в целом преобладают 4 и 11-летние циклы.

Разделение рядов наблюдений за годовым стоком на 4 временных интервала позволило определить изменение длительности и цикличности колебаний речного стока практически за один цикл СА. В конце XIX и XX веков чаще других выделяются 10-15 летние колебания, а в середине XX века – 4-6 летние.

Проведенный численный эксперимент подтвердил факт незначительного антропогенного вклада в изменение стока реки Припять, водный режим притоков которой во второй половине прошлого века был существенно трансформирован гидротехническими мелиорациями. Изменения годовых расходов Припяти в очень большой степени связаны с вековыми колебаниями гидрометеорологических элементов, в частности, атмосферных осадков, а также с колебаниями СА. Закономерное изменение циклов говорит о том, что они представ-

ляют собой вынужденные колебания, формирующиеся под воздействием крупномасштабных мощных энергетических факторов.

Полученные результаты хорошо согласуются с полученными нами ранее с использованием других методов оценки цикличности колебаний речного стока, таких как спектрально-временной анализ (СВАН) [5] и оценка межгодовой изменчивости модулей речного стока [9].

Дальнейшие исследования будут направлены на определение цикличности колебаний сезонных расходов воды, их связи с цикличностью годовых расходов, изменениями влажности почвы, испарения и других элементов водного баланса.

Полученные результаты могут найти практическое применение при прогнозировании годовых расходов основных рек Беларуси, так как колебания значений стока при разложении в ряд Фурье можно экстраполировать на будущие десятилетия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Витинский Ю.И. Солнечная активность. – М.: Наука, 1983. – 192 с.
2. Воробьева Е.В. Изменение атмосферных циклов в связи с геомагнитной возмущенностью и долгосрочные прогнозы погоды // Солнечно-атмосферные связи в теории климата

и прогнозах погоды. Тр. I Всесоюз. совещ. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – С. 333-346.

3. Дзержевский Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. – М.: Ин-т географии АН СССР, 1983. – 240 с.
4. Дроздов О.А. Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 158 с.
5. Логинов В.Ф., Волчек А.А., Лукша В.В. Многолетние колебания речного стока Припяти // Природопользование. – 2004. – Вып.10. – ИПИПЭ. – Мн.: ОДО «Тонпик». – С. 8-15.
6. Пановский Г.А. Брайер Г.В. Статистические методы в гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 210 с.
7. Педан В.В. Анализ структуры временных рядов весенних максимальных уровней природных вод // Водные ресурсы, 2003. – том. 30. – №6. – С. 688-695.
8. Shumway R. H. Applied statistical time series analysis. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.
9. Volchak A.A., Luksha V.V. Chronological structure of long-term alteration of river flow of Belarus // Природное асыродде Палесся: сучасны стан і яго змены. Матэрыялы міжнароднай канферэнцыі / ОПП НАН Беларусі. – Т.1. – Брэст, 2002. – С. 183-187.

УДК 550.34 (476)

Лукша В.В., Волчек А.А.

ПЕРИОДЫ КОЛЕБАНИЙ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ОСНОВНЫХ РЕК БЕЛАРУСИ

ВВЕДЕНИЕ

Анализ максимальных расходов воды весеннего половодья рек, а также последствий наводнений является одним из приоритетных направлений современной гидрологической науки. Исследования последних лет показывают, что речной сток имеет тенденцию к изменению. Причем, если годовой, минимальный летне-осенний и зимний стоки рек Беларуси увеличиваются, то максимальный сток весеннего половодья имеет тенденцию к снижению. Это вызвано увеличением количества оттепелей, что значительно увеличивает минимальный зимний сток [1].

Целью данной работы является изучение динамики периодов колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья основных рек Беларуси. При этом рассматриваются отрезки ряда, различающиеся степенью антропогенного воздействия на сток и типом атмосферной циркуляции.

Как известно, в последние десятилетия ресурсы пресных вод претерпели значительные трансформации, связанные с изменением климата и антропогенным воздействием. Выявление этих трансформаций возможно с помощью детального анализа внутренней структуры рядов стока рек.

Основной характеристикой водного режима рек являются средние годовые расходы воды. Средний годовой расход является устойчивой характеристикой оценки изменения речного стока, и только значительные нарушения формирования водных ресурсов могут сказаться на изменении колебаний его величин. В то же время, уменьшение максимальных расходов воды весеннего половодья существенно трансформирует внутригодовое распределение речного стока, и эти трансформации могут практически не сказаться на величине среднего годового расхода. Поэтому необходим тщательный анализ изменений каждого из внутригодовых расходов, таких как максимальных расходов весеннего половодья, минимальных

летних и зимних расходов с целью более детального выявления количественных изменений речного стока.

Инструментальные гидрометрические наблюдения за расходами крупных рек в Беларуси начаты еще в XIX столетии, поэтому сегодня, имея достаточно длинные ряды наблюдений, возможно получать корректные результаты в области вековых колебаниях стока рек, выделять периоды этих колебаний и на их основе прогнозировать дальнейшее изменение водности.

Исследование внутренней структуры временных рядов может выполняться различными методами: построением разностных интегральных кривых, корреляционных, автокорреляционных и спектральных функций, использованием спектрально-временного анализа (СВАН), причем каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Одним из наиболее наглядных методов считается спектральный анализ, основанный на разложении функций, графически представляемых как колебательный процесс, в ряд Фурье.

ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве исходных данных для анализа периодов колебаний максимальных расходов воды весеннего половодья использованы временные ряды продолжительностью 124 года (1877 – 2000 гг.) основных рек Беларуси: Припять – г. Мозырь, Неман – г. Гродно, Западная Двина – г. Витебск и Днепр – г. Речица. Восстановление недостающих данных наблюдений осуществлялось методом множественной корреляции с использованием рек-аналогов. Нами выполнено продолжение временного ряда путем погодичного восстановления пропущенных (или недостающих) наблюдений с помощью программного комплекса «Гидролог» [2].

Практическая реализация спектрального анализа заключается в аппроксимации с любой точностью заданной функции

Волчек Анастасия Александровна, младший научный сотрудник ГНУ «Отдел проблем Полесья Национальной академии наук Беларуси», Беларусь, ОПП НАН Беларуси, 224020, г. Брест, ул. Московская, 204.