

УДК 556.166(476)

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ БЕЛОРУССИИ

© 2012 г. Волчек А. А.^{*}, Шелест Т. А.^{**}

^{*}Брестский государственный технический университет

^{**}Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина

Поступила в редакцию 19.08.2010 г.

Выявлены пространственно-временные закономерности в формировании дождевых паводков на реках Белоруссии. Проанализированы многолетние ряды наблюдений за максимальными расходами воды паводков, дана оценка их трансформации. Построена карта распределения максимальных модулей стока дождевых паводков 5 %-ной обеспеченности по территории республики. Исследована роль различных типов циркуляции атмосферы в формировании паводков на реках.

Введение. Реки Белоруссии принадлежат к типу равнинных с преобладанием снегового питания. Водный режим рек характеризуется большим разнообразием и находится в тесной связи с метеорологическими условиями в данном районе и с особенностями подстилающей поверхности (рельеф, залесенность, заболоченность и др.).

Наибольшее отличие имеют реки северо-восточных и южных районов. Первые из них (верховья Днепра и Западной Двины), расположенные в наиболее возвышенной и расчлененной части территории и текущие в узких четко выраженных долинах, характеризуются более резкими и значительными колебаниями уровней и расходов в течение года.

Южные реки (реки Полесья), расположенные в условиях равнинной сильно заболоченной местности с близким залеганием грунтовых вод, имеющие небольшие уклоны и слабую врезанность русел, протекают в широких долинах с обширными поймами. Они отличаются наибольшей сглаженностью хода уровней, невысоким и очень растянутым половодьем, относительно низкой летней меженью и периодическими паводками. Этот регион является наиболее паводкоопасным. Здесь паводки нередко затапливают значительные территории в поймах рек, что наносит существенный ущерб экономике страны. На рис. 1 показаны площади затопления поймы р. Припять в зависимости от обеспеченности уровня воды.

Режим рек западных районов (бассейн Немана и Западного Буга) также имеет свои особенности, обусловленные главным образом неустойчивыми

погодными условиями зимы и весны, благодаря чему на реках в одни годы формируется режим половодья, в другие же – типично паводочный. Паводочный режим формируется в годы с мягкой оттепельной зимой, когда устойчивый снежный покров отсутствует, и весной формируются паводки главным образом за счет дождей.

Паводки на реках страны бывают почти ежегодно и наблюдаются они в различное время на протяжении всего года. Высота паводков в среднем 0.4–0.7 м над меженью. Наиболее высокие паводки (1.0–1.7 м) наблюдаются на реках северо-востока (притоки Западной Двины и верхнего Днепра), на которых вследствие расчлененного рельефа и преобладания слабопроницаемых суглинистых почв происходит быстрое стекание воды при малых потерях на инфильтрацию. В отдельные годы высота летних паводков может достигать до 4–7 м над меженным уровнем.

Цель настоящего исследования – выявление пространственно-временных закономерностей в формировании дождевых паводков на реках республики. Для реализации поставленной цели потребовалось решить следующие задачи: проанализировать распределение максимальных модулей стока дождевых паводков; провести анализ многолетних рядов наблюдений за максимальными расходами воды дождевых паводков, дать оценку их изменениям; установить зависимость величины паводочного стока от типов циркуляции атмосферы.

Исходные данные и методика исследования. Исходными данными для исследования послужили материалы наблюдений Департамента по

гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за максимальными расходами воды дождевых паводков.

Наблюдения за водным режимом белорусских рек ведутся с конца XIX в. Наиболее продолжительные наблюдения за паводочным стоком имеются на крупных реках: р. Западная Двина (с 1877 г., г. Витебск), р. Неман (с 1878 г., г. Гродно), р. Припять (с 1881 г., г. Мозырь), р. Днепр (с 1882 г., г. Орша) и др. Часть гидрологических постов были открыты в 1920–1930-е гг. На многих реках наблюдения начали вестись только в послевоенный период (с 1946 г.). Причем количество гидрологических постов от начала наблюдений до настоящего времени постоянно изменялось. Самое большое их число отмечено в послевоенные годы. Таким образом, наибольшая продолжительность наблюдений за паводочным стоком составляет 130 лет. Причем более продолжительные наблюдения имеются на больших и средних реках, что позволяет с достаточной степенью достоверности использовать многолетние ряды и оценивать различные гидрологические характеристики. На малых реках продолжительность наблюдений значительно меньше.

Проблема паводков и их расчетов является одной из важных и вместе с тем сложных проблем гидрологической науки. Исследование условий и закономерностей формирования дождевого паводочного стока имеет длительную историю. История учения о паводках представляет собой пример развития научной дисциплины, тесно связанной с практическими запросами народного хозяйства, а именно гидроэнергетики, транспорта, сельского хозяйства, мелиорации, коммунального хозяйства и др. Поэтому основные направления по вопросам исследования паводков были направлены на расчет максимального паводочного стока.

Вместе с тем, условия пространственно-временных закономерностей формирования паводков, особенностей их проявления и возникновения исследованы недостаточно.

МОДУЛИ СТОКА ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ

Для выявления пространственной структуры распределения максимальных паводочных расходов выполнен сравнительный анализ величины максимальных модулей стока дождевых паводков 5 %-ной обеспеченности по территории Белоруссии.

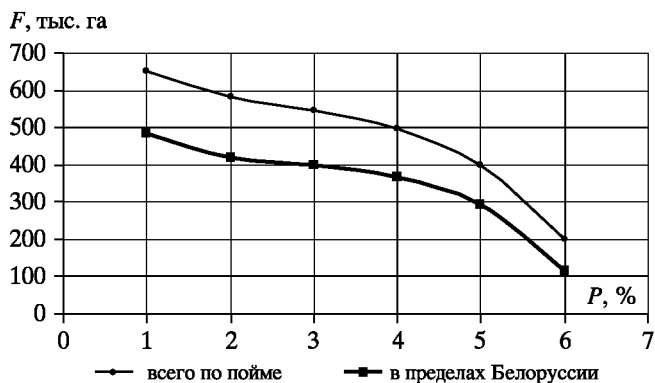


Рис. 1. Площади затопления поймы р. Припять в зависимости от обеспеченности уровня воды.

На предварительном этапе проведена оценка однородности и стационарности исходных временных рядов наблюдений. Оценка однородности рядов осуществлялась на основе генетического и статистического анализов исходных данных наблюдений. При этом использовался критерий Стьюдента для оценки однородности средних и критерий Фишера для оценки однородности дисперсий. Анализ показал, что ряды не имеют статистически значимых резко отклоняющихся от общей совокупности предельных максимумов, и принятый период репрезентативен. Определение расчетных гидрологических характеристик осуществлялось путем применения аналитических функций распределения ежегодных вероятностей превышения – кривых обеспеченностей [4]. Для сглаживания и экстраполяции эмпирических кривых распределения использовались аналитические кривые трехпараметрического гамма-распределения Крицкого–Менкеля. В результате получены максимальные расходы воды дождевых паводков 5 %-ной обеспеченности, которые были представлены в виде модулей стока. Выбор данной расчетной обеспеченности обусловлен нормативными документами, поскольку инженерные сооружения, как правило, рассчитываются на 5 %-ную вероятность превышения.

В соответствии со сменой географических зон по широте местности и, следовательно, изменением климатических факторов изменяются по территории и показатели стока рек. Так, максимальный модуль стока дождевых паводков 5 %-ной обеспеченности на исследованной территории в среднем составляет 30–35 л/(с · км²), причем его значения варьируются от 15 до 55 л/(с · км²) (рис. 2). При этом обнаруживается общее уменьшение величин максимального модуля стока дождевых паводков в направлении с севера на юг вместе с изменением количества осадков, характера рельефа, темпера-

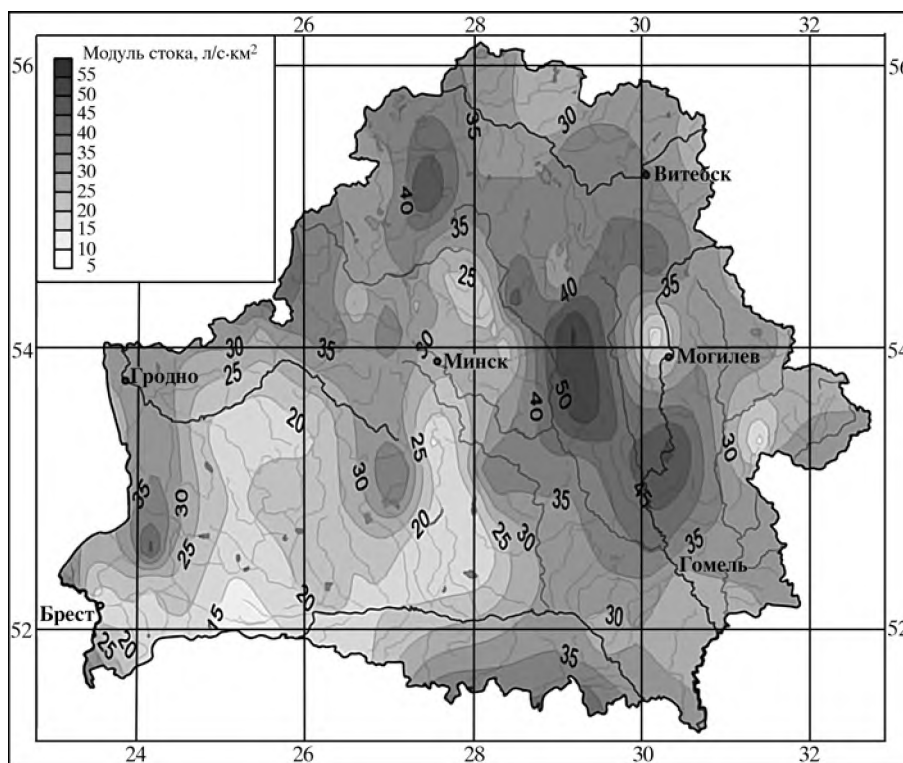


Рис. 2. Максимальный модуль стока дождевых паводков 5%-ной обеспеченности рек Белоруссии.

туры, испарения. Наибольшие значения модулей наблюдаются в бассейне Днепра и Западной Двины (40–45 л/(с · км²)). На западе страны, в бассейне р. Неман, величина максимального модуля стока паводков 5 %-ной вероятности превышения составляет 25–30 л/(с · км²), причем наименьшие значения отмечаются на левобережных притоках. На фоне общего зонального распределения стока по территории в отдельных районах наблюдаются повышения или понижения стока. Для рек Полесья характерны наименьшие величины максимального модуля стока дождевых паводков 5%-ной обеспеченности. Причем в пределах Полесья наблюдаются заметные отличия. Так, на западе, в бассейне Западного Буга, а также в восточной части Полесья показатели модуля стока паводков равны средним по стране и достигают 25–35 л/(с · км²), в среднем течении р. Припять они минимальны и составляют 15–20 л/(с · км²).

Таким образом, несмотря на то, что реки Полесья имеют наименьшие значения максимальных модулей стока дождевых паводков, этот район на сегодняшний день является наиболее паводкоопасным в силу особенностей строения данной территории.

Величина модуля зависит от площади водосбора: обычно чем больше площадь, тем меньше максимальный модуль стока. На малых водосборах максимальные модули стока паводков могут

достигать значительных величин. Так, на р. Копаявка (с. Черск) максимальный модуль стока паводков 5%-ной обеспеченности составляет 50, на р. Чертьень (с. Некрашевка) 80 л/(с · км²). На крупных реках максимальные модули стока паводков небольшие: на р. Припять (г. Мозырь 9.1), на р. Сож (г. Гомель) 12 л/(с · км²).

По величине максимальных расходов и уровней воды дождевые паводки существенно меньше снеговых. Однако в отдельные годы величина дождевых паводков может превышать половодье, как это было, например, в 1952, 1960, 1974, 1993, 1998 гг. на реках бассейна Припяти.

МНОГОЛЕТНИЕ КОЛЕБАНИЯ ПАВОДОЧНОГО СТОКА РЕК

На рис. 3 в качестве примера представлены графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков за период инструментальных наблюдений на некоторых реках Белоруссии, на которых показаны линии трендов. Анализ графиков показывает, что для многолетнего ряда колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков характерно чередование лет или групп лет с повышенной или пониженной водностью.

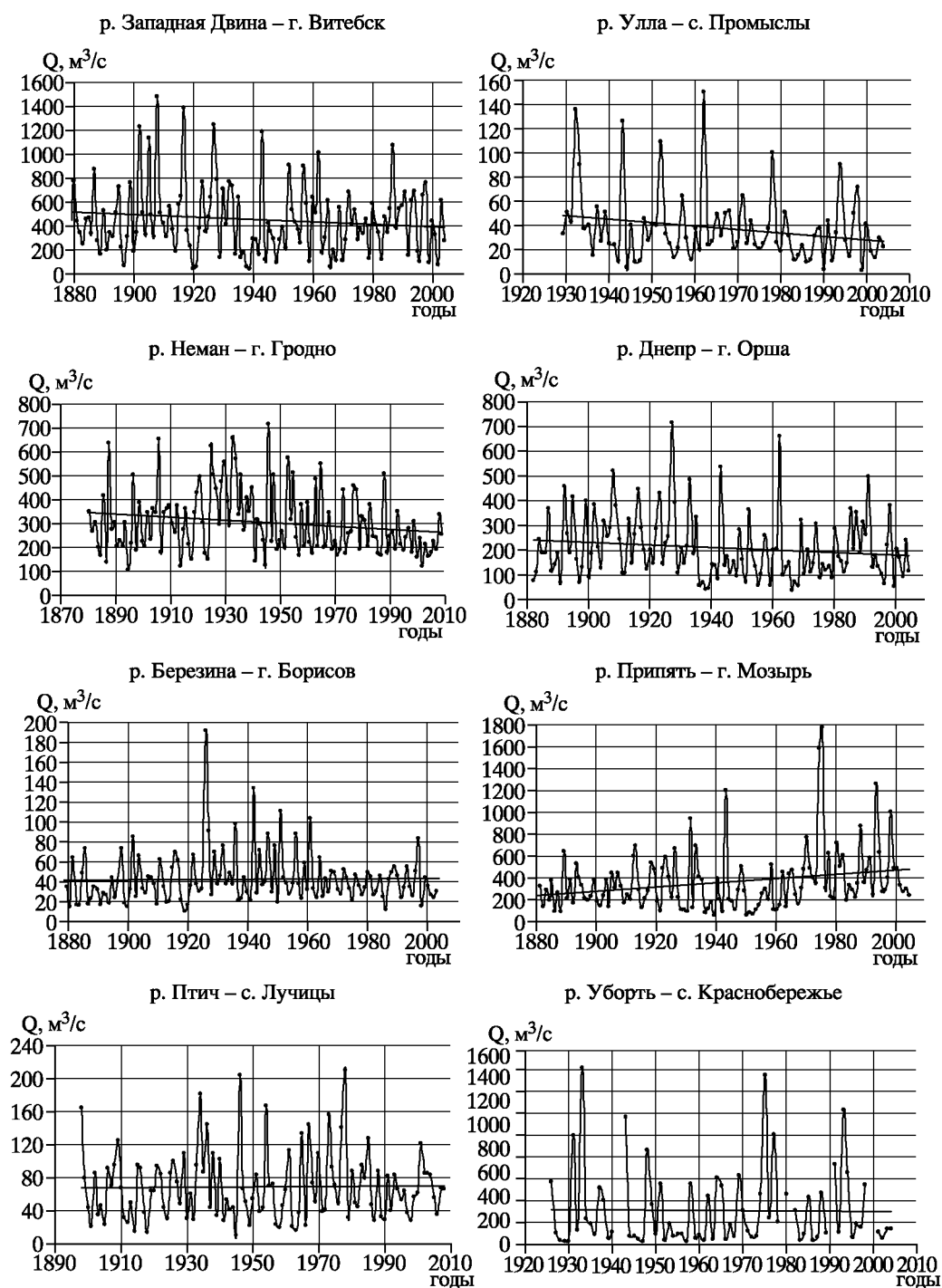


Рис. 3. Графики многолетних колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков рек Белоруссии.

Так, на р. Западная Двина (г. Витебск) наибольшие величины максимальных расходов воды дождевых паводков отмечены в первые десятилетия XX в. (1908, 1917 гг.), обеспеченность которых соответствует 1%-ной и менее вероятности превышения. С 1960-х годов амплитуда колебаний максимальных расходов воды заметно уменьшилась, и величины расходов существенно меньше, чем в первой половине XX в.

Из притоков Западной Двины наиболее продолжительный ряд наблюдений за водным режимом имеется по рр. Полота, Нача, Улла, Дрисса, период наблюдений на которых составляет около 80 лет. Наибольшие паводки на притоках отмечены в 1952, 1962, 1978, 1987, 1994 гг. Здесь также наблюдается уменьшение величин максимальных расходов воды дождевых паводков во второй половине XX в. по сравнению с первой половиной,

особенно выделяется период с середины 1960-х до середины 70-х гг.

На р. Неман (г. Гродно) наибольшие паводки наблюдались в 1885, 1903, 1920–1930-е, 1950, 1962 и 1985 гг. В целом середины 1980-х годов отмечена тенденция уменьшения величины максимальных расходов воды дождевых паводков. На притоках Немана, наблюдения на которых в основном ведутся с послевоенного периода, также наблюдается уменьшение величины максимального паводочного стока. Наибольшие паводки здесь отмечались на различных реках в разные годы. Так, на р. Гавья (с. Лубинята) наибольшие паводки отмечены в 1960-е и 70-е гг. (1975, 1977, 1980). На р. Котра (г.п. Сахкомбинат) самый большой паводок наблюдался в 1950 г., который по величине своего максимального расхода $87.8 \text{ м}^3/\text{с}$ значительно превосходил все остальные паводки. Наибольшие паводки на р. Щара (г. Слоним) были в 1970, 1974, 1975 и 1980 гг. Из последних значительных паводков выделяется паводок 2005 г. На р. Нарочь (с. Нарочь) своей величиной выделяются паводки 1945, 1950, 1960, 1978 и 2005 гг. Таким образом, в целом отмечается тенденция снижения величины максимальных расходов воды дождевых паводков.

На р. Днепр (г. Орша) в период с конца XIX до 30-х гг. XX в. отмечались паводки значительной величины (максимальный – в 1927 г., $Q_{max} = 713 \text{ м}^3/\text{с}$). Затем наблюдается уменьшение величины максимального паводочного стока, за исключением отдельных значительных паводков (1962, 1991, 1998 гг.). Наибольшие паводки на р. Березина (г. Борисов) отмечались в 1903, 1927, 1928, 1937, 1948, 1952, 1957, 1962 и 1998 гг., причем самый большой из них был в 1927 г. ($Q_{max} = 192 \text{ м}^3/\text{с}$). На р. Сож (г. Гомель) наибольшие паводки зафиксированы в первой половине XX в., особенно выделяется паводок 1933 г. ($Q_{max} = 1024 \text{ м}^3/\text{с}$). Из больших паводков последних десятилетий можно выделить дождевой паводок 1998 г. На притоках р. Сож (р. Уза – с. Прибор и р. Беседь – с. Светиловичи) наблюдается тенденция уменьшения величины максимальных расходов воды дождевых паводков. На обеих реках наибольшие паводки отмечались в 1930-е годы. Также своей величиной выделяются паводки 1958, 1969 и 1974 гг. Из последних более менее значительных паводков следует выделить паводок 1991 г., на р. Беседь еще и 1998 г. На р. Свислочь (с. Теребуты) наибольшие паводки отмечены в 1937, 1962, 1975, 1982 и 1998 гг., на р. Жадунька (г. Костюковичи) – в 1953, 1958 и 1974 гг.

На р. Припять (г. Мозырь) наибольшие максимальные расходы воды дождевых паводков за весь период инструментальных наблюдений отмечались в 1974 и 1975 гг., несколько меньшие – в 1993, 1998 гг., а также в 1931 г. Причем величина максимального расхода воды паводка 1975 г. ($1770 \text{ м}^3/\text{с}$) соответствует 0.8 % вероятности превышения и значительно превышает величину остальных паводков. Период с середины 1940-х до середины 1970-х годов характеризуется отсутствием паводков, либо их небольшими величинами. В целом для р. Припять (г. Мозырь) наблюдается тенденция роста величины максимальных расходов воды дождевых паводков за период инструментальных наблюдений.

Наибольшие паводки на р. Горынь (пос. Рецица) отмечались в 1924 г. ($Q_{max} = 1150 \text{ м}^3/\text{с}$) и в 1975 г. ($Q_{max} = 1080 \text{ м}^3/\text{с}$). В 1950-60-е гг. наблюдались паводки незначительной величины. Лишь в 1969 и 1965 гг. отмечались паводки, соответствующие 10 и 17%-ной вероятности превышения соответственно. Из паводков последних десятилетий своей величиной и размерами ущерба выделяются дождевые паводки 1988, 1993 и 1998 гг.

На р. Птичь (с. Лучицы) последние десятилетия характеризуются меньшими величинами максимальных расходов воды дождевых паводков в сравнении с 1930-ми и 1960–70-ми годами, когда отмечались наибольшие паводки за период инструментальных наблюдений. На р. Оресса (с. Андреевка) приток р. Птичь многолетний размах колебаний максимальных расходов воды дождевых паводков во многом напоминает р. Птичь.

В многолетнем ходе максимальных расходов воды паводков р. Уборть (с. Краснобережье) за период инструментальных наблюдений выделяются паводки 1933, 1975 и 1993 гг. Средняя величина паводков в целом не изменилась, характерно лишь чередование периодов повышенной и пониженной водности.

Реки бассейна Западного Буга имеют менее продолжительный период наблюдений. Поэтому можно судить лишь о паводках с середины прошлого века. Здесь своей величиной в многолетнем ряде выделяются паводки второй половины 1970-х годов (1974, 1975, 1979, 1980 гг.).

Таким образом, на большинстве рек Белоруссии наибольшие паводки отмечены в конце XIX – начале XX в., в 1930-е и 70-е гг. Также широкое распространение по территории имели паводки 1952, 1957, 1962, 1965 и 1987 гг.

ИЗМЕНЕНИЯ ПАВОДОЧНОГО СТОКА РЕК

На рис. 4 представлена карта распределения коэффициентов вариации C_v , максимальных расходов воды дождевых паводков на реках республики, которые характеризуют степень их изменчивости относительно среднего значения.

Анализ карты показывает, что изменчивость максимальных расходов воды дождевых паводков высокая и характеризуется коэффициентами вариации от 0.4 до 1.5. Причем наибольшие значения коэффициентов вариации отмечаются в бассейне Днепра, а также на правобережных притоках Припяти и в бассейне Западной Двины.

Для количественной оценки характера изменений максимальных расходов воды дождевых паводков во времени ряды наблюдений были разбиты на два периода: с начала наблюдений до 1965 г. и с 1966 г. по 2005 г. Эти два периода различаются в первую очередь по степени антропогенного воздействия на речные системы. Выбор 1965 г. в качестве переломного связан с началом крупномасштабных осушительных мелиораций. При этом выбраковывались ряды с периодом наблюдений менее 15 лет хотя бы за один из интервалов.

Для выявления пространственной структуры изменения максимальных расходов воды дождевых паводков величины изменения максимальных

расходов были представлены в виде коэффициентов изменения стока $k_i = \frac{Q_{cp2} - Q_{cp1}}{Q_o}$, где Q_{cp1}

и Q_{cp2} – средние значения максимального стока паводков за период от начала наблюдений до 1965 г. и с 1966 до 2005 г., соответственно, Q_o – среднее значение стока за весь период наблюдений. Коэффициенты изменения стока k_i были картографированы с использованием координат центров тяжести водосборов исследуемых рек. На рис. 5а представлены коэффициенты изменения стока k_i за период 1966–2005 гг. в сравнении с периодом от начала наблюдений до 1965 г. Знак “плюс” перед коэффициентами свидетельствует об увеличении средних величин максимальных расходов воды дождевых паводков во второй период, “минус” – об уменьшении.

Помимо этого, отдельно рассматривались паводки обеспеченностью не более 25%, как представляющие наибольшую опасность. Для них аналогично были определены коэффициенты изменения стока, которые также были картографированы. Результаты представлены на рис. 5б.

Анализ рис. 5а свидетельствует о том, что на большей части исследуемой территории Белоруссии, начиная с 1966 г. произошло изменение максимального стока дождевых паводков, величина и направление которого различны. Так, на реках

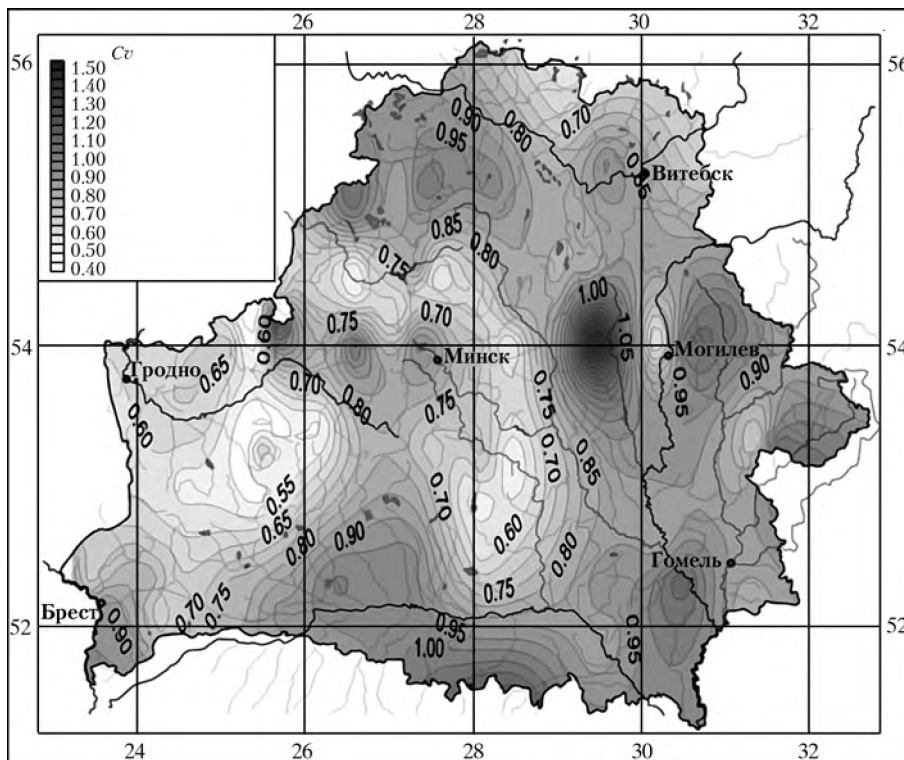


Рис. 4. Карта коэффициентов вариации максимальных расходов воды дождевых паводков рек Белоруссии.

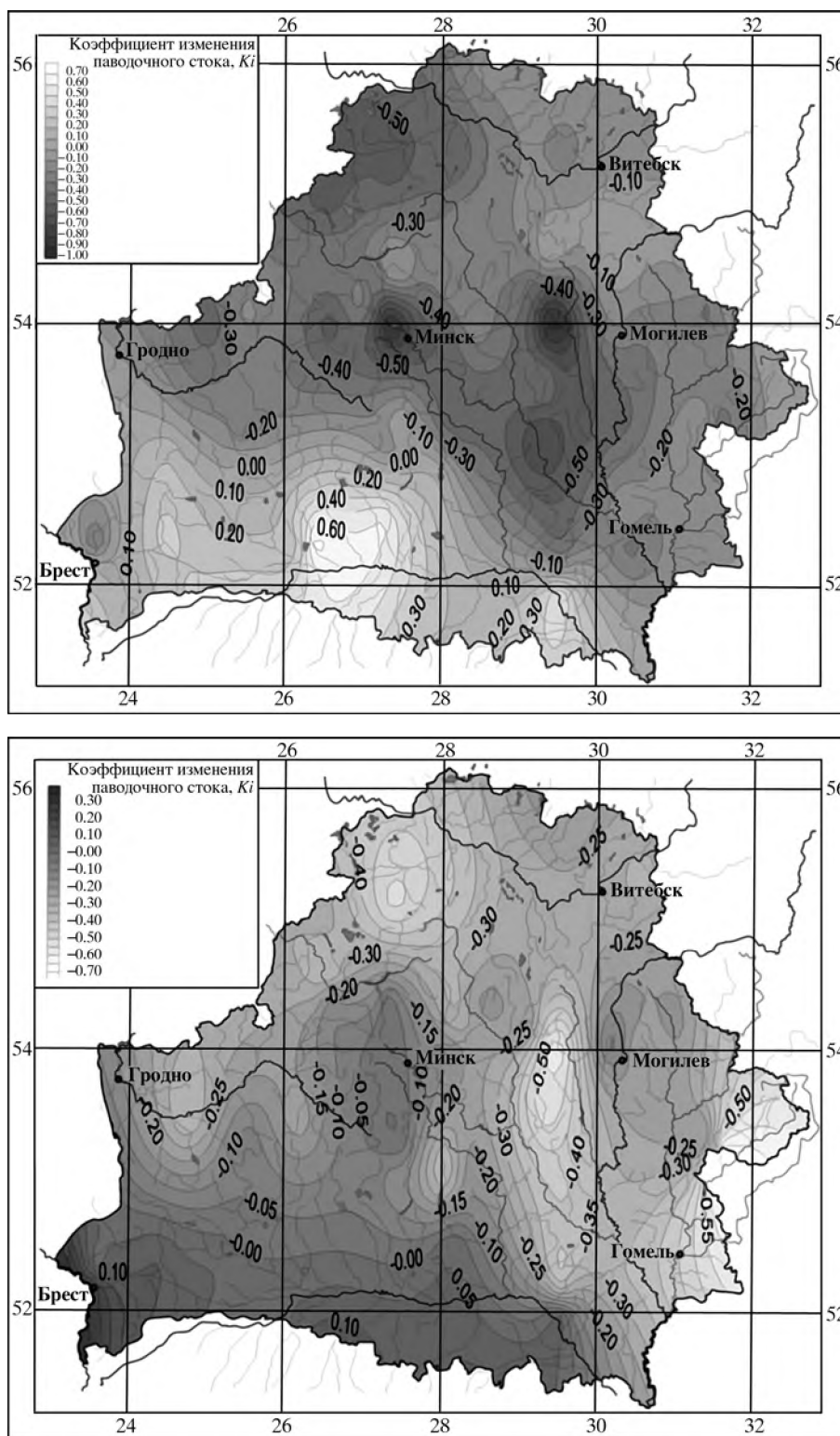


Рис. 5. а) Пространственная структура изменения максимальных расходов воды дождевых паводков рек Белоруссии за период инструментальных наблюдений, б) То же обеспеченностью до 25%

бассейнов Западной Двины, Немана и Днепра отмечается уменьшение величины дождевых паводков. Причем наибольшие уменьшения наблюдаются в западной части водосбора Западной

Двины и верхнем течении Днепра (до 40–50% и более). В восточной части указанных водосборов и в бассейне Немана величина уменьшения паводочного стока в среднем составляет 20%. Про-

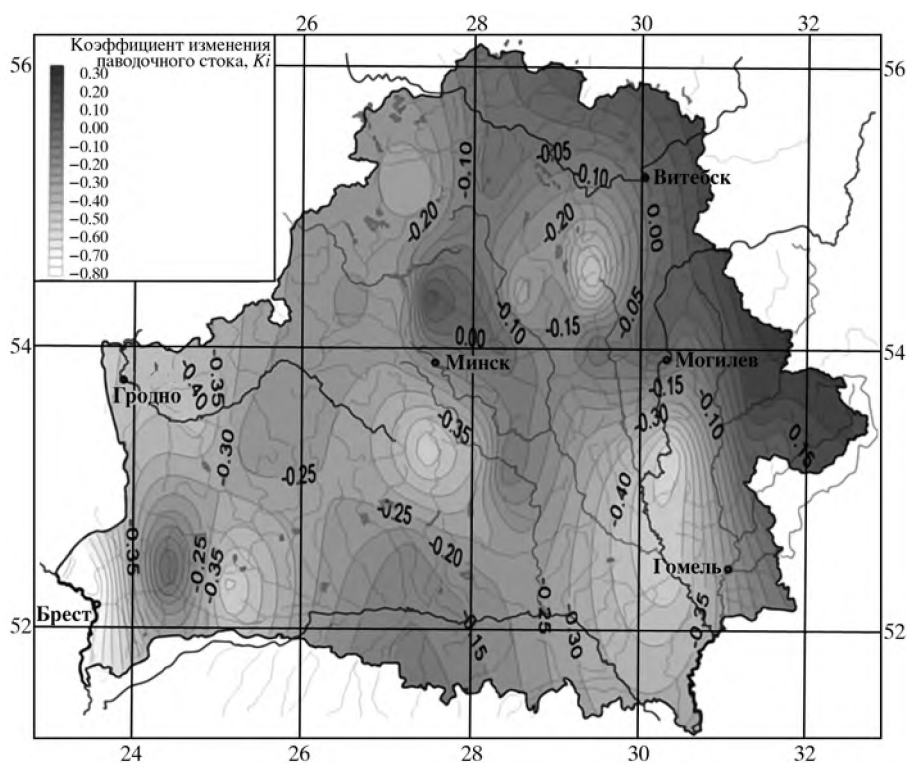


Рис. 6. Пространственная структура изменения максимального паводочного стока рек Белоруссии за период 1986–2005 гг. по сравнению с периодом 1966–85 гг.

тивоположная картина наблюдается в бассейне р. Припять, где в период 1966–2005 гг., по сравнению с периодом до 1965 г., отмечается увеличение максимального паводочного стока, особенно заметное в средней части бассейна Припяти (50% и более). В восточной части Полесья эти изменения менее значительны (10–20%). В бассейне Западного Буга изменения максимального паводочного стока находятся в пределах 10%.

Дополнительно из рассмотрения были исключены паводки с малоинформативными низкими значениями расходов и рассматривались лишь паводки обеспеченностью до 25%. Здесь картина во многом напоминает картину изменений для всех паводков, однако различаются масштабы изменения. Наибольшие отличия наблюдаются в бассейне Припяти, где для паводков обеспеченностью не более 25% изменения величин максимальных расходов воды практически не отмечаются. На реках бассейна Западного Буга наблюдается некоторое увеличение максимального стока дождевых паводков рассматриваемой обеспеченности в среднем на 15–25%.

Таким образом, для максимальных расходов воды дождевых паводков обеспеченностью не более 25% отмечается в целом уменьшение величины в период 1966–2005 гг. Особенно силь-

но уменьшились максимальные расходы воды дождевых паводков в бассейне Западной Двины и Днепра. Менее существенные изменения отмечены в бассейне Немана. На реках бассейна Припяти максимальные расходы воды дождевых паводков обеспеченностью не более 25% за рассматриваемые периоды практически не изменились (коэффициенты изменения стока колеблются от 0 до 10%). Лишь на р. Оресса изменения составили более 30%. Это связано с большой зарегулированностью реки. На реках бассейна Западного Буга отмечено увеличение максимального стока паводков.

Анализ пространственной структуры изменения максимальных расходов воды дождевых паводков позволяет утверждать, что причины, вызвавшие уменьшение их величины, носят как природный, так и антропогенный характер. Подтверждением этому является тот факт, что на юге Белоруссии (бассейн Припяти), где мелиоративные работы были наиболее интенсивными, коэффициенты изменения стока заметно отличаются от общей ситуации по стране. Влияние крупномасштабных мелиораций в Полесье, которые проявились в осушении обширных болотных массивов, на сток рек неоднозначно. С одной стороны, они способствовали тому, что произошло увеличение густо-

Таблица 1. Число лет с паводками (%) обеспеченностью не более 25 % за различные периоды

Река – створ	Период, годы		
	от начала наблюдений до 1965	1966–1985	1986–2005
Западная Двина – г. Витебск	28	5	30
Улла – с. Промыслы	30	25	15
Эсса – с. Гадивля	38	25	15
Полота – с. Янково I	31	15	25
Нача – с. Горовцы	33	20	15
Дисна – с. Шарковщина	38	20	15
Неман – г. Гродно	32	25	0
Свислочь – с. Сухая Долина	28	35	14
Котра – г.п. Сахкомбинат	30	40	5
Виля – г. Вилейка	35	20	15
Виля – с. Михалишки	40	15	15
Нарочь – с. Нарочь	29	30	10
Копаяювка – с. Черск	18	40	14
Лесная – г. Каменец	40	35	0
Днепр – г. Орша	26	20	20
Днепр – г. Могилев	20	20	40
Днепр – г. Жлобин	20	20	37
Днепр – г. Речица	34	5	11
Ухлясть – с. Радьков	33	30	5
Друть – с. Городище	50	5	20
Березина – г. Борисов	28	15	20
Березина – г. Бобруйск	29	15	15
Свислочь – с. Теребуты	23	30	20
Сушанка – с. Суша	25	25	25
Сож – г. Славгород	26	15	30
Сож – г. Гомель	29	15	32
Остер – с. Ходунь	20	10	30
Беседь – с. Светиловичи	22	20	37
Жадунька – с. Костюковичи	24	20	25
Уза – с. Прибор	32	30	5
Припять – г. Туров	14	40	25
Припять – г. Мозырь	17	45	30
Ясельда – г. Береза	30	25	24
Ясельда – с. Сенин	25	35	16
Горынь – пос. Речица	18	35	26
Уборть – с. Краснобережье	25	25	26
Птичь – с. Лучицы	27	40	5
Оресса – с. Андреевка	25	35	15
Словечна – с. Кузьмичи	26	20	31

ты речной сети, а это привело к возрастанию скорости добегаания воды до речного русла во время паводка, снижению потерь, и тем самым увеличению максимальных расходов воды. С другой стороны, произошло снижение уровня грунтовых

вод, что, наоборот, способствует повышению инфильтрационной способности почв и тем самым росту потерь воды [2]. Таким образом, можно предположить, что в бассейне р. Припять произошла компенсация двух разнонаправленных векторов: с одной стороны, под влиянием природных процессов произошло снижение максимальных расходов воды дождевых паводков (характерно для всей территории Белоруссии), с другой – их увеличение в результате мелиоративных работ. На реках бассейна Западного Буга сложившаяся картина обусловлена, возможно, короткими рядами наблюдений (начало – конец 1940-х–50-е гг), в результате чего наибольшие паводки, отмечаемые на многих реках в 1920–30-е годы и не вошедшие в анализируемые ряды, исказили ситуацию.

В последние десятилетия наблюдаются заметные изменения климата, проявляющиеся в повышении среднегодовой температуры воздуха. Особенно ощутимы они стали с середины 1980-х гг. Эти изменения не могли не сказаться на гидрологическом режиме рек. Для выявления роли потепления климата в формировании дождевых паводков второй период (1966–2005 гг.) был разделен на два интервала: 1966–1985 и 1986–2005 гг. Для каждого интервала были найдены средние значения максимальных расходов воды дождевых паводков, которые были представлены в виде коэффициентов изменения стока k , и картографированы. Результаты представлены на рис. 6.

Из рисунка видно, что в период 1986–2005 гг. практически на всех реках страны произошло уменьшение величины максимального паводочного стока. Самые существенные уменьшения отмечены в бассейне Западного Буга (более 50%), несколько меньшие – в бассейне Немана (30–40%). Меньше всего изменения коснулись бассейна Западной Двины и средней части водосбора Днепра, в то время как в нижнем течении Днепра они довольно значительны (до 40%). В бассейне Припяти уменьшение максимального паводочного стока находится в пределах 15–25%.

Помимо максимальных расходов воды дождевых паводков, проводился анализ числа лет с паводками обеспеченностью не более 25% за различные периоды как отношение количества паводков рассматриваемой вероятности превышения к количеству лет наблюдений за тот или иной период, выраженный в процентах. Причем рассматривались реки, имеющие продолжительность наблюдений не менее 15 лет за каждый из периодов. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Из табл. 1 видно, что в третий период (1986–2005 гг.) на большинстве рек Белоруссии отмечается минимальное число лет с паводками обеспеченностью не более 25%. Наибольшее количество паводков наблюдается в бассейне Припяти в период 1966–1985 гг., несколько меньшее – до 1965 г. На реках водосборов Западной Двины, Немана и Западного Буга наиболее часто паводки отмечались в период до 1965 г., в бассейне Днепра – как в первый, так и третий из периодов.

РОЛЬ ТИПОВ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ В ФОРМИРОВАНИИ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ

Для выявления закономерностей многолетних колебаний паводочного стока проведен сопряженный анализ стока и обобщенных характеристик циркуляции атмосферы. Наиболее удобным для анализа формирования водного режима является макроциркуляционный метод, предложенный Г.Я. Вангенгеймом и А.А. Гирсом. Метод основан на выделении элементарных синоптических процессов и обобщении всех видов элементарных синоптических процессов в трех типах циркуляции атмосферы: *W* – западном, *E* – восточном, *C* – меридиональном и нескольких комбинированных, для каждого из которых характерны свои особенности состояния атмосферы [1, 3]. Макропроцессы каждого типа сохраняются в течение длительного времени (циркуляционные эпохи), в результате формируется определенный тип погоды, и, как следствие, климат территории. Поэтому каждая из форм циркуляции обуславливает разные метеорологические условия на территории, определяющие соответствующий гидрологический режим рек.

Для выявления роли различных типов циркуляции атмосферы в формировании дождевых паводков на реках Белоруссии исследовалась связь величины максимальных расходов воды дождевых паводков с типами циркуляции атмосферы. При этом для каждой из циркуляционных эпох были определены статистические параметры: средние величины максимальных расходов воды, коэффициенты вариации C_v и коэффициенты автокорреляции $r(1)$. Причем средние величины максимальных расходов воды паводков рассматривались отдельно для всех паводков Q_{cp} и для паводков обеспеченностью не более 25% $Q_{cp, P \leq 25\%}$. Помимо этого учитывалось количество паводков в каждую из эпох, выраженное в процентах от продолжительности периода наблюдений n в эту эпоху.

В табл. 2 представлены основные статистические параметры временных рядов максимальных расходов воды дождевых паводков для периодов с разными типами циркуляции атмосферы рек Белоруссии, имеющих наиболее продолжительный период наблюдений.

Анализ табл. 2 показывает, что в целом для всей территории страны наибольшее число лет с паводками обеспеченностью не более 25% отмечено в периоды с восточным *E* и комбинированным *E + C* типами циркуляции атмосферы, несколько меньшее – с западным *W*. По величине максимальных расходов дождевых паводков ситуация аналогична. Минимальное число лет с паводками обеспеченностью до 25% отмечено в период с меридиональным типом циркуляции атмосферы *C*. Причем по территории страны ситуация различна.

На реках бассейна Припяти наибольшая средняя величина максимальных расходов воды дождевых паводков отмечается при восточной форме циркуляции атмосферы *E*. Для р. Припять (г. Мозырь) и р. Горынь (пос. Речица) самым многоводным является период 1971–1995 гг., когда наблюдались наибольшие величины средних значений максимальных расходов воды дождевых паводков, а также наибольшее количество лет с паводками обеспеченностью не более 25%. На рр. Уборть (с. Краснобережье), Птичь (с. Лучицы) и Сож (г. Гомель) наиболее многоводным оказался период с 1929 по 1939 гг. Оба эти периода (1971–95 и 1929–39 гг.) соответствуют восточной форме циркуляции атмосферы *E*. На р. Днепр (г. Речица) наиболее многоводный период 1890–1928 гг., когда наблюдалось наибольшее число лет с паводками, соответствует западной форме циркуляции атмосферы *W*, хотя по величине максимального расхода воды паводков обеспеченностью не более 25% преобладает период 1929–39, что соответствует восточной форме циркуляции *E*.

На реках бассейна Западной Двины самый продолжительный период наблюдений, позволяющий проследить паводки во все эпохи, имеется лишь в створе г. Витебска. Здесь паводки наибольшей величины отмечались в период 1890–1928 гг., что характерно для западной формы циркуляции атмосферы *W*. На притоках Западной Двины (рр. Полота, Нача, Улла, Дрисса) самые значительные паводки отмечены в период 1949–1970 (*E*) и 1971–1995 (*E + C*) гг.

Наибольшие паводки на реках водосбора Немана отмечались в период 1929–1939 гг. (*E*) и 1949–1970 гг. (*E + C*). На р. Неман (г. Гродно)

Таблица 2. Статистические параметры временных рядов максимальных расходов воды дождевых паводков рек Белоруссии для периодов с разными типами циркуляции атмосферы

Река – створ	Период	<i>n</i>	Тип циркуляции атмосферы	Число паводков $P < 25\%$	$Q_{ep, P < 25\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{ep}, \text{ м}^3/\text{с}$	C_v	$r(1)$
Припять – г. Мозырь	1877–1889	9	С	1		275	0.62	–0.75
	1890–1928	39	W	8	579	328	0.49	0.10
	1929–1939	11	Е	2	817	298	0.96	–0.19
	1940–1948	9	С	2	854	360	0.94	–0.26
	1949–1970	22	Е+С	4	566	274	0.67	0.32
	1971–1995	25	Е	11	879	560	0.74	0.18
	1996–2005	10	W	2	747	403	0.55	0.03
Птичь – с. Лучицы	1890–1928	34	W	9	108	64.8	0.54	0.13
	1929–1939	11	Е	5	127	82.7	0.62	–0.17
	1940–1948	9	С	1		64.2	0.89	–0.2
	1949–1970	22	Е+С	6	138	68.7	0.70	–0.19
	1971–1995	25	Е	6	127	70.7	0.60	0.07
Уборть – с. Красноебережье	1996–2005	10	W	1		72.4	0.33	0.27
	1890–1928	3	W	1		58	1.27	
	1929–1939	11	Е	3	263	97	1.30	–0.30
	1940–1948	9	С	2	256	68.6	1.58	–0.26
	1949–1970	22	Е+С	5	144	57.1	0.98	–0.22
Сож – г. Гомель	1971–1995	25	Е	7	220	93.2	1.08	–0.03
	1996–2005	9	W	1		58.7	0.74	0.39
	1890–1928	29	W	9	383	227	0.57	0.19
	1929–1939	11	Е	5	462	311	0.83	–0.16
	1940–1948	9	С	1		172	0.88	–0.18
Западная Двина – г. Витебск	1949–1970	22	Е+С	5	337	192	0.51	0.04
	1971–1995	25	Е	6	341	206	0.45	–0.04
	1996–2005	9	W	1		190	0.69	–0.44
	1877–1889	13	С	4	851	508	0.52	0.02
	1890–1928	39	W	11	987	508	0.69	0.08
Полота – с. Янково I	1929–1939	11	Е	4	718	365	0.82	0.13
	1940–1948	9	С	1		360	0.92	–0.41
	1949–1970	22	Е+С	5	820	424	0.66	–0.14
	1971–1995	25	Е	5	752	452	0.48	–0.16
	1996–2005	10	W	2	714	386	0.67	–0.42
Березина – г. Борисов	1890–1928	2	W	2	19.6	19.6		
	1929–1939	11	Е	4	16.2	9.37	0.72	0.13
	1940–1948	9	С	2	24.6	9.11	1.02	–0.47
	1949–1970	22	Е+С	4	24.4	10.3	0.91	–0.12
	1971–1995	25	Е	7	16.2	9.61	0.55	–0.29
Березина – г. Борисов	1996–2005	10	W	1		6.43	0.58	–0.42
	1877–1889	9	С	2	69.2	35.0	0.64	–0.25
	1890–1928	39	W	10	82.7	42.9	0.74	0.20
	1929–1939	11	Е	3	82.0	48.2	0.50	–0.43
	1940–1948	9	С	3	98.1	55.5	0.66	–0.45
Березина – г. Борисов	1949–1970	22	Е+С	7	79.5	48.3	0.54	–0.42
	1971–1995	25	Е	4	53.6	37.9	0.30	0.08
	1996–2005	10	W	2	67.6	37.9	0.54	–0.15

Таблица 2 (окончание)

Река – створ	Период	<i>n</i>	Тип циркуляции атмосферы	Число паводков $P < 25\%$	$Q_{cp, P \leq 25\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{cp}, \text{ м}^3/\text{с}$	C_v	$r(1)$
Днепр – г. Орша	1877–1889	8	С	0		181	0.51	–0.08
	1890–1928	39	W	16	395	262	0.54	0.09
	1929–1939	11	Е	2	410	174	0.79	0.22
	1940–1948	9	С	1		176	0.78	–0.26
	1949–1970	22	Е+С	4	409	180	0.78	–0.07
	1971–1995	25	Е	6	355	199	0.52	0.05
	1996–2005	10	W	1		172	0.60	–0.42
Березина – г. Бобруйск	1877–1889	9	С	1		134	0.30	–0.60
	1890–1928	39	W	12	286	176	0.53	–0.09
	1929–1939	11	Е	5	279	190	0.54	–0.14
	1940–1948	9	С	2	328	149	0.63	–0.28
	1949–1970	22	Е+С	6	254	156	0.50	–0.24
	1971–1995	25	Е	3	209	142	0.27	–0.07
	1996–2005	10	W	2	237	149	0.41	–0.22
Неман – г. Гродно	1877–1889	12	С	2	534	297	0.45	–0.80
	1890–1928	39	W	13	485	334	0.41	0.08
	1929–1939	11	Е	5	526	398	0.37	–0.08
	1940–1948	9	С	2	617	315	0.59	–0.88
	1949–1970	22	Е+С	7	483	305	0.45	–0.76
	1971–1995	25	Е	4	455	273	0.35	–0.33
	1996–2005	10	W	0		223	0.31	–0.47

своей величиной и частотой появления паводков выделяется период 1890–1928 гг. (*W*).

На реках бассейна Днепра наибольшие величины паводков, а также максимальное их число отмечено в периоды 1890–1928 (*W*), несколько меньшее – в 1929–39 (*E*) и 1949–70 (*E + C*) гг.

Таким образом, не удастся выявить ту или иную эпоху циркуляции атмосферы в качестве явно преобладающей в формировании максимальных расходов воды дождевых паводков рек страны. На разных реках наибольшие паводки формируются в разные эпохи. Это объясняется тем, что помимо общей циркуляции атмосферы на формирование паводков оказывает влияние большое число различных факторов. Паводок – явление локальное и даже на соседних реках его масштабы могут существенно отличаться. В целом можно отметить, что в периоды с меридиональным типом циркуляции атмосферы *C* (1877–89 и 1940–48 гг.) наблюдается минимальное число лет с паводками по сравнению с другими типами циркуляции.

Заключение. Выполненные исследования позволили установить некоторые закономерности в формировании дождевых паводков на реках республики. Средняя величина максимальных мо-

дулей стока дождевых паводков на реках страны составляет 30–35 л/(с·км²), причем наибольшие его значения отмечены в бассейне Днепра и Западной Двины (40–45 л/(с·км²)), наименьшие – в средней части водосбора Припяти (15–20 л/(с·км²)). Анализ многолетних рядов наблюдений за максимальными расходами воды дождевых паводков позволил выявить периоды, когда отмечались наибольшие паводки на реках Белоруссии: конец XIX – начало XX в., 1930-е и 70-е годы. Обширные по площади распространения и величине максимального расхода паводки наблюдались также в 1952, 1957, 1962, 1965 и 1987 гг.

В целом наибольшие паводки отмечались по территории страны в период до 1965 г. по сравнению с периодом 1965–2005 гг., за исключением рек средней части бассейна Припяти, где величина паводков в период 1965–2005 гг. заметно превышает паводки до 1965 г. Влияние потепления климата на паводки проявилось в снижении максимальных расходов в сравнении с периодом 1966–1985 гг. Особенно заметно уменьшились паводки в бассейне Западного Буга, несколько меньше – на реках водосбора Немана и Днепра. Наиболее паводкоопасным периодом является пе-

риод до 1965 г. для водосборов Западной Двины и Немана. На реках бассейна Припяти наибольшие паводки зафиксированы в период 1966–1985 гг. Период 1986–2005 гг. на большинстве рек характеризуется снижением величины максимальных расходов воды дождевых паводков.

Сопряженный анализ паводочного стока и обобщенных характеристик циркуляции атмосферы позволил выявить некоторые особенности зависимости максимальных расходов воды паводков от типов циркуляции атмосферы. Наибольшее число лет с паводками обеспеченностью не более 25% отмечено в периоды с восточным и комбинированным типами циркуляции атмосферы, несколько меньше – с западным. Причем для рек водосбора Припяти отчетливо выделяется период с восточным типом циркуляции атмосферы, когда на большинстве рек отмечено наибольшее число и максимальные величины дождевых паводков.

В период с меридиональным типом циркуляции атмосферы зафиксировано минимальное число лет с паводками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исмайлов Г.Х., Федоров В.М.* Анализ многолетних колебаний годового стока Волги // *Водные ресурсы*. 2001. Т. 28. № 5. С. 517–525.
2. *Клюева К.А., Покумейко Ю.М.* Оценка влияния осушительных мелиораций на водный режим рек Белоруссии // *Сб. работ по гидрологии*. Л.: Гидрометеиздат, 1980. № 16. С. 62–97.
3. *Логинов В.Ф.* Причины и следствия климатических изменений. Минск: Наука і тэхніка, 1992. 319 с.
4. Пособие П1-98 к СНиП 2.01.14-83 “Определение расчетных гидрологических характеристик”. Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2000. 174 с.

Spatial-Temporal Fluctuations of Rainfall Floods on the Rivers of Belarus

A.A.Volchek*, N.F.Shelest**

* *Brest State Technical Institute*

** *Brest State University*

Spatial-temporal specific features in formation of rainfall floods on the rivers of Belarus have been revealed. Long-term numbers of supervision over the maximum expenses of water of rainfall floods are analyzed, the estimation of their transformation is given. The map of distribution of the maximum modules of a drain of rainfall floods of the security of 5 % on territory of Belarus is constructed. The role of various types of circulation of atmosphere in formation of rainfall floods on the rivers of Belarus was investigated. It is revealed, that on the different rivers the greatest high waters are formed during various epoch.