

УДК 556,5 (456)

ПРОБЛЕМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОГРАФИЧЕСКОЙ СЕТИ И ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ БЕЛАРУСИ

П. С. ЛОПУХ^{1*}, А. А. ВОЛЧЕК^{2**}

¹ *Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь*

² *Белорусский технический университет, Брест, Беларусь*

Анализируется необходимость корректировки гидрологического районирования территории Беларуси. Рассматриваются методы и история разработки гидрологического районирования территорий СССР и Беларуси, закономерности пространственного распределения и вариативности стока, научное обоснование стока в разных регионах. Предложен вариант гидрологического районирования, основанный на бассейновом, ландшафтном и гидрологических принципах.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.221>

Keywords: hydrological zoning, network optimization, history, runoff analysis, series, statistics, runoff, runoff fluctuations, spatial differences, variations.

Введение. В настоящее время все больше внимания привлекает к себе проблема гидрологического районирования территории. Это обусловлено в первую очередь тем, что при нынешней слабо развитой гидрометрической сети определение основных гидрологических характеристик, как правило, осуществляется при отсутствии данных наблюдений. В этом случае установление общих закономерностей функционирования стока, условий его формирования и режима, а также распределения стока по территории в том или ином районе приобретает особую актуальность. Не меньшее значение имеет выделение районов с генетически однородными условиями формирования стока.

По классификации Б.Д. Зайкова, реки Беларуси относятся к группе рек с весенним половодьем восточно-европейского типа, который характеризуется высоким половодьем, низкой летней и зимней меженью и повышенным стоком осенью [1]. По своеобразию режима стока, характеру его связи с определяющими факторами и величине территория Беларуси в 60-х гг. была разделена на 6 районов, в некоторых из них были выделены подрайоны. В 2002 г. в Национальном Атласе районирование было опубликовано снова.

В основу гидрологического районирования Беларуси положен не бассейновый, а комплексный ландшафтный подход, который учитывает не

* E-mail: lopuch49@mail.ru

** E-mail: volchak@tut.by

только бассейны крупных рек, но и физико-географические и климатические характеристики местности, условия формирования стока. Поэтому территория Беларуси делится на шесть гидрологических районов, которые в свою очередь включают в себя подрайоны (рис. 1) [2].

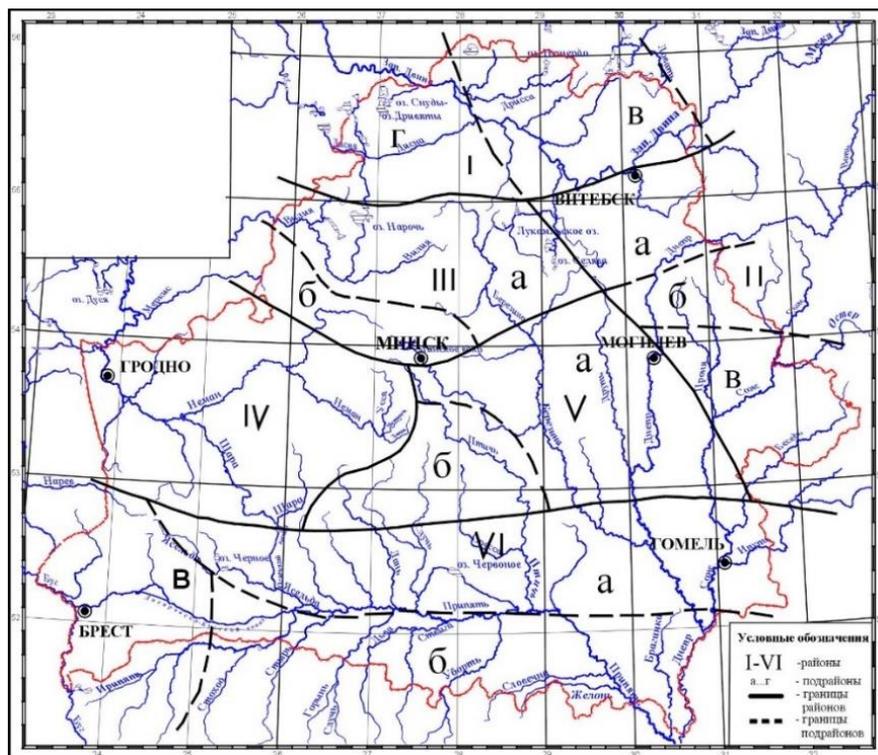


Рис. 1. Карта-схема существующих гидрологических районов Беларуси.

Исходные данные и методика исследований. Исходными данными послужили материалы наблюдений Департамента гидрометеорологии Минприроды Республики Беларусь за различными видами стока на действующих гидрологических постах Беларуси за период инструментальных наблюдений по 2020 г. включительно, опубликованные в материалах государственных кадастров. На сегодняшний день на территории Беларуси функционирует 122 станции наблюдений за стоком, но в исследованиях использованы 97 постов с наиболее продолжительными и непрерывными периодами наблюдений. В отдельных разделах использованы ряды многолетних колебаний максимальных весенних половодий, минимальных летне-осенних и минимальных зимних расходов воды рек Беларуси. При необходимости непрерывных интервалов данных за начало расчетного периода принимался 1945 г. – время послевоенного восстановления наблюдений на гидрологической сети.

Метод оптимизации гидрологической сети основан на определении трех критериев, оказывающих влияние на оптимальное количество станций наблюдений за стоком [3, 4].

Методы гидрологического районирования территории. Районирование представляет собой выделение территориальных единиц, обладающих однородностью гидрологических характеристик водного режима, а также типичностью либо относительной однородностью водных объектов, и состоит из нескольких этапов. На первом этапе вся территория разделяется на крупные районы, однородные по самому общему признаку. После чего выделенные районы делятся на подрайоны по более частным признакам. По мере детализации районов повышается их гидрологическая однородность, а разница между характеристиками гидрологического режима, наоборот, уменьшается.

Выделяемые гидрологические районы уникальны в пространстве, т.е. обладают неповторимым сочетанием гидрологических явлений и процессов. Это различие обусловлено тем, что при районировании территории рассматриваются не только конкретные условия формирования стока и характер гидрографической сети. При гидрологическом районировании территории помимо гидрологических характеристик также необходимо учитывать физико-географические факторы и геологические особенности территории, предусматривать ее разделение по признакам сходства и различия водных объектов, направленности гидрологических процессов.

Гидрологическое районирование позволяет систематизировать знания о гидрологических режимах отдельных территорий, помогает разобраться в сложном многообразии гидрологических процессов и явлений, решать задачи по моделированию управляемого водного режима, делать общую мелиоративную оценку земельного фонда.

Первоначально гидрологическое районирование проводилось на основе анализа физико-географических факторов. Такое районирование было выполнено М.Д. Семеновым-Тян-Шанским (1925, 1933) и В.И. Рутковским (1933) [5]. Д.И. Кочерину (1932) принадлежит районирование территории по максимальному стоку с учетом климатических факторов, а Д.Л. Соколовскому (1937) – по модулям максимального стока весеннего половодья [6]. В классификационной схеме М.И. Львовича (1938) реки подразделялись на районы в зависимости от внутригодового распределения стока по сезонам. Районирование по форме гидрографа годового стока принадлежит Б.Д. Зайкову (1946). К.К. Марков (1947) выполнил гидрологическое районирование, основанное на принадлежности бассейнов рек к различным орографическим областям. Районирование с учетом соотношений между элементами водного баланса выполнено В.А. Троицким (1948), а П.С. Кузину (1960) принадлежит гидрологическое районирование с учетом изменения элементов водного баланса. В последнее время гидрологическое районирование рассматривается в работах Л.М. Коротного (1991), А.В. Сикана (1999), С.В. Ясинского (2000), В.М. Саковича (2004) и др.

В настоящее время выполнено несколько видов районирования территории Беларуси. Это физико-географическое, ландшафтное [7], а также агроклиматическое районирования [8]. В середине прошлого столетия выполнено районирование территории Беларуси по величине годового стока [9], выделено 6 гидрологических районов, приуроченных к бассейнам основных рек. Однако проблема гидрологического районирования, в частности для

территории Беларуси, еще окончательно не решена. Она является одной из главных задач в гидрологии, поэтому вопросы, связанные с районированием территории по различным характеристикам гидрологического режима, требуют дальнейшего изучения.

В настоящей работе использовано несколько методов гидрологического районирования территории. Методика объединения гидрологических створов в районы по синхронности колебаний годового стока основана на построении матрицы парных коэффициентов корреляции, полученной в результате пространственного корреляционного анализа [10].

Методика районирования по условиям колебаний годового стока основана на анализе сходства изображений спектральной плотности средне-годовых расходов воды [6]. В зависимости от вида спектра территорию разделяют на районы. Спектральная плотность рассчитывается для всех гидрологических створов за одинаковый интервал времени по формуле [11]

$$S(w) = \frac{1}{\pi} \int_0^m \lambda(\tau)r(\tau) \cos(w\tau) d\tau, \quad (1)$$

где $w=2\pi/T$ – круговая частота; T – период; m – максимальный сдвиг при оценке ординат автокорреляционной функции; $\lambda(\tau)$ – сглаживающая функция, $r(\tau)$ – автокорреляционная функция. В качестве сглаживающей функции $\lambda(\tau)$ применяется корреляционное окно Наттола [11]:

$$\lambda(\tau) = \sum_{k=0}^3 a_k \cos[(\pi k \tau)/m], \quad (2)$$

где a_k – весовые коэффициенты ($a_0=0,364$; $a_1=0,489$; $a_2=1,137$; $a_3=0,011$). Окно Наттола используется для упрощения выделения типовых спектров, т.к. его применение позволяет снизить величину шумовой компоненты и получить сглаженный спектр.

Максимальный по длительности период, выделяемый на спектре, не должен превышать 1/3 длины ряда. Уровень значимости пиков назначается из нулевой гипотезы H_0 : гидрологический ряд представляет собой “белый шум”. Доверительный интервал [12] для выборочного спектра в этом случае определяется выражением

$$\frac{\chi^2_{1-\alpha}}{\nu 2\pi} < S^* < \frac{\chi^2_{\alpha}}{\nu 2\pi}, \quad (3)$$

где χ^2 – ордината распределения Пирсона; ν – число степеней свободы; $\alpha = 5\%$ – уровень значимости.

Число степеней свободы [11] для окна Наттола при длине ряда n и максимальном сдвиге m определяется по формуле

$$\nu = \frac{5,5n}{m}. \quad (4)$$

В основу объединения гидрологических створов в районы с использованием пространственно-корреляционных функций (ПКФ) положено утверждение, что поля гидрометрических характеристик являются изменчивыми в пространстве и во времени. Детерминированно задать интересующие величины в каждой точке и моменте времени невозможно, поэтому гидрологическую величину рассматривают как случайную. Статистический подход требует отказа от раздельного рассмотрения индивидуальных свойств случайного

поля. Рассматриваются лишь их статистические характеристики, которые позволяют установить общие особенности, характерные для всего набора реализаций. Эти общие закономерности принято называть статистической структурой случайного поля.

Для описания связи между значениями поля в различных точках наиболее употребляемыми являются такие характеристики статистической структуры как корреляционные, ковариационные и спектральные функции. В силу того, что данные функции однозначно связаны между собой и равно пригодны для описания статистической структуры, то предпочтение отдается корреляционным функциям, как более точным и универсальным, отличающимся меньшей зависимостью от изменений географического и сезонного характера.

Для однородных изотропных полей ПКФ зависит только от расстояния между точками, т. е.

$$r = f(\rho). \quad (5)$$

При этом ПКФ принимает одни и те же значения для любой пары точек с одинаковыми расстояниями (ρ), т. к. пары точек всегда могут быть совмещены друг с другом с помощью параллельного переноса, вращения и зеркального отображения.

Построив ПКФ как функцию $r = f(\rho)$, в поле координат (r, ρ) строится зависимость парных коэффициентов корреляции годовых расходов воды от расстояний между центрами тяжести водосборов. Полученная линия регрессии r принимается за истинную зависимость, отвечающую природе пространственной корреляционной связности речного стока. Принималось, что отклонения эмпирических точек от линии регрессии обусловлены случайными флуктуациями выборочных данных [13]. Проверка нуль-гипотезы H_0 об однородности ПКФ осуществлялась с помощью преобразования Фишера:

$$Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r} + \frac{r}{2(n-1)}, \quad (6)$$

где r – парный коэффициент корреляции; n – количество совместных лет наблюдений.

Это преобразование дает хорошие результаты даже при небольшом числе совместных лет наблюдений и высоких значениях r , а выборочные значения Z распределены по нормальному закону с дисперсией [13]:

$$\sigma_Z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}. \quad (7)$$

Далее рассчитывается количество точек, попавших в диапазон $\pm\sigma_Z$, $\pm 2\sigma_Z$, $\pm 3\sigma_Z$, которое сопоставляется с теоретическими вероятностями для нормального закона распределения. Нуль-гипотеза не опровергается и ПКФ считается однородной, если эмпирические и теоретические вероятности оказываются близкими. В противном случае, когда имеет место существенное расхождение между эмпирическими и теоретическими вероятностями, нулевая гипотеза опровергается и признается альтернативная гипотеза о неоднородности эмпирической ПКФ. В этом случае исходное поле стока уменьшается. Принцип районирования заключается в объединении створов с однородными ПКФ в отдельные районы.

Результаты исследований и их анализ.

Оптимизация режимной гидрологической сети Беларуси. Количество станций наблюдения за стоком воды рек Беларуси в последнее время существенно сократилось. Существует несколько причин закрытия постов: снижение финансирования, выход из строя гидрометрического оборудования, а также достигнутая удовлетворительная гидрологическая изученность территории. Ввиду необходимости оптимизации существующей режимной гидрологической сети определено оптимальное количество станций наблюдений за разными видами стока рек Беларуси [14].

В первую очередь было исследовано оптимальное количество гидрологических постов наблюдения за значениями годового стока рек Беларуси. Для нахождения репрезентативного критерия $A_{\text{репр}}$ использовалась методика, основанная на критерии однородности Стьюдента [15]. Проведенные исследования показали, что репрезентативная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост наблюдения за величинами годового стока, для территории Беларуси составляет 374 км^2 .

Градиентный критерий $A_{\text{град}}$ находился исходя из значений среднегодовых норм стока исследуемых рек и значений градиентов стока. Для нахождения параметров, входящих в формулу (1), были построены карты коэффициента вариации и модуля стока. Таким образом, рассчитанное значение градиентного критерия для территории Беларуси составило 1739 км^2 .

Расчет корреляционного критерия $A_{\text{корр}}$ основан на нахождении радиуса корреляции стока L_0 . Для его определения была построена ПКФ годового стока $r(l)$, где r – коэффициент парной корреляции, l – расстояние между водосборами. Радиус корреляции для территории Беларуси составил 688 км , а соответствующее значение корреляционного критерия $A_{\text{корр}} = 1218 \text{ км}^2$.

Имея соотношение $A_{\text{репр}} < A_{\text{корр}} < A_{\text{град}}$, оптимальная площадь, приходящаяся на один гидрологический пост, находится из соотношения $A_{\text{корр}} < A_{\text{опт}} < A_{\text{град}}$. Если исходить из градиентного критерия, то общее число режимных стоковых постов для территории Беларуси равно $N_{\text{опт}} = A/A_{\text{град}} = 207600/1739 \approx 119$. Если исходить из корреляционного критерия, тогда оптимальное количество гидрологических станций наблюдения за значениями годового стока равно $N_{\text{опт}} = A/A_{\text{корр}} = 207600/1218 \approx 170$.

Дальнейшее исследование проводилось для экстремальных значений стока: максимального весеннего половодья, минимального летне-осеннего и минимального зимнего. Для максимального стока значение репрезентативного критерия $A_{\text{репр}} = 969 \text{ км}^2$, значение градиентного критерия $A_{\text{град}} = 3297 \text{ км}^2$. Радиус корреляции при построении ПКФ максимального стока рек Беларуси равен 1140 км (рис. 2). Значение корреляционного критерия $A_{\text{корр}} = 97 \text{ км}^2$.

При исследовании минимальных видов стока были получены следующие результаты. Для минимального летне-осеннего стока: $A_{\text{репр}} = 363 \text{ км}^2$, $A_{\text{град}} = 2812 \text{ км}^2$, $A_{\text{корр}} = 847 \text{ км}^2$. Для минимального зимнего стока значения репрезентативного, градиентного и корреляционного критериев соответственно

равны 567, 2166 и 5154 км². При нахождении $A_{\text{корр}}$ строились графики ПКФ минимального летне-осеннего и минимального зимнего стока рек Беларуси.

Значения наименьшего и наибольшего количества станций наблюдений за максимальным и минимальными видами стока приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименьшее и наибольшее количество гидрологических постов на территории Беларуси

Количество гидрологических постов	Вид стока			
	годовой	максимальный	минимальный летне-осенний	минимальный зимний
наименьшее	119	63	74	40
наибольшее	170	2138	245	96

Существующее на сегодняшний день на территории Беларуси количество станций наблюдений за стоком, равное 122, достаточно для измерения максимального и минимального летне-осеннего видов стока. Для измерения минимального зимнего стока количество станций превышает максимально необходимое значение. Значения наименьшего и наибольшего количества гидрологических постов наблюдений за максимальным стоком сильно отличаются ввиду больших значений коэффициентов вариации и модуля стока, вводящих в расчетные формулы для определения корреляционного и градиентного критериев соответственно.

Что касается годовых значений стока рек Беларуси, то количество станций наблюдений за ним приближается к критической минимальной отметке. Дальнейшее уменьшение количества гидрологических постов недопустимо ввиду определяющего значения среднегодового стока в гидрологических и агротехнических расчетах, гидротехническом строительстве и других отраслях народного хозяйства [16].

Районирование по синхронности колебаний годового стока. Для районирования территории отобраны гидрологические створы с одинаковыми периодами наблюдений с учетом равномерности распределения по территории Беларуси. В первую очередь корреляционная матрица рассчитывалась для створов с площадью водосбора, превышающей 4000 км², что позволило провести приблизительные границы для предполагаемых районов. После чего парные коэффициенты корреляции были рассчитаны для всех створов с целью детального уточнения границ. Процесс районирования представлял собой объединение створов в один район в случае, когда парный коэффициент корреляции превышал необходимый уровень (он изменялся от 0,70 до 0,85). При разделении территории на районы учитывалось физико-географическое и ландшафтное районирование Беларуси [7] и положения водоразделов бассейнов рек страны. Территория Беларуси с выделенными районами синхронных колебаний годового стока приведена на рис. 2.

В работе представлены средние коэффициенты корреляции внутри каждого из выделенных районов и средние коэффициенты корреляции с

остальными районами республики. Средние значения внутрирайонных коэффициентов корреляции изменяются в пределах от 0,70 до 0,81, что говорит о высоком уровне синхронности колебаний годового стока для каждой группы выделенных в отдельный район створов. Средние значения межрайонных корреляционных коэффициентов колеблются в районе 0,50 и не превышают 0,68, что говорит о верном выделении районов.

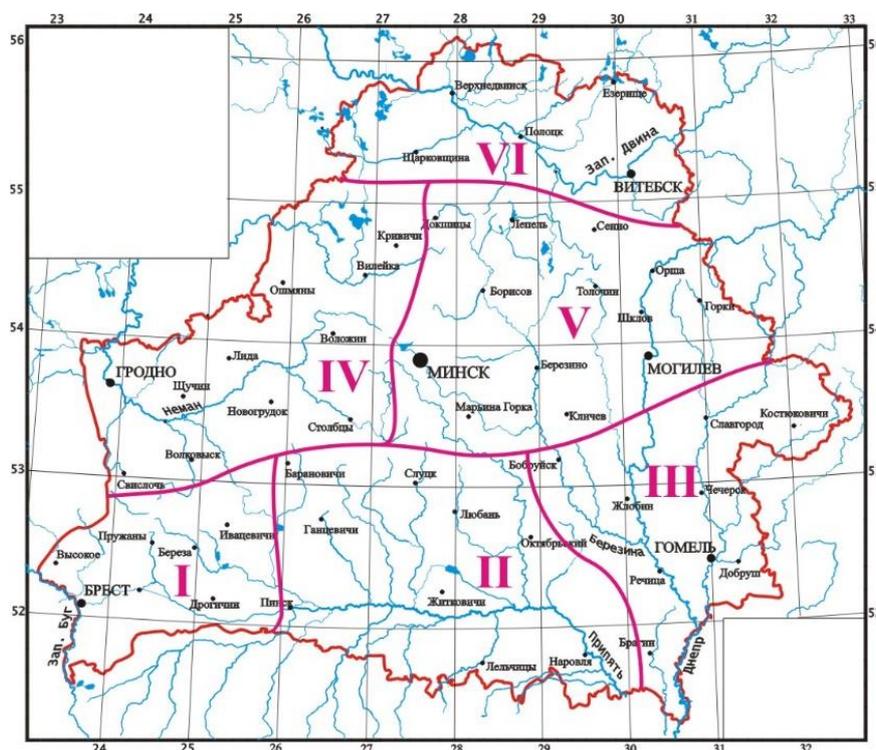


Рис. 2. Районы синхронных колебаний годового стока рек Беларуси: I – Юго-Западный; II – Припятский; III – Юго-Восточный; IV – Неманский; V – Центральный; VI – Западнодвинский.

Районирование по условиям колебаний годового стока. В зависимости от вида спектра годового стока территория Беларуси разделена на три типовых района. Первая группа спектров представляет собой гладкую кривую без значимых пиков в высокочастотной области. Она обнаружена у рек бассейна Припяти и Западного Буга. Типичным представителем этой зоны является спектр временного ряда годовых расходов воды р. Припять – г. Туров (рис. 3).

Для спектра стока рек центральной части Беларуси характерна значимая пятилетняя гармоника. Такой спектр характерен для водосборов бассейнов Немана, Березины и части Днепра. В Северо-Восточном районе республики находятся водосборы, расположенные в бассейнах Западной Двины и верхней части Днепра. Данная группа спектров представляет собой кривую с наличием значимого пика четырехлетнего колебания.

Районирование территории Беларуси способствовало проведению групповой оценки основных статистических характеристик. Средние значения

модуля годового стока (\bar{q}), коэффициентов вариации (C_v), отношений коэффициентов асимметрии и вариации (C_s/C_v), а также коэффициентов автокорреляции ($r(l)$) для водосборов трех районов Беларуси приведены в табл. 2.

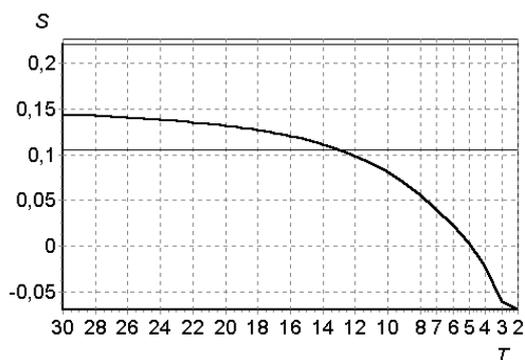


Рис. 3. Типовой для Юго-Западного района Беларуси (I район) спектр временных рядов годового стока р. Припять – г. Туров.

Таблица 2

Основные статистические характеристики рядов годового стока водосборов Беларуси

Номер района	\bar{q} , л/(с·км ²)	C_v	C_s/C_v	$r(l)$
I	4,50	0,35	2,29	0,26
II	5,82	0,29	4,58	0,07
III	6,63	0,28	2,78	0,18

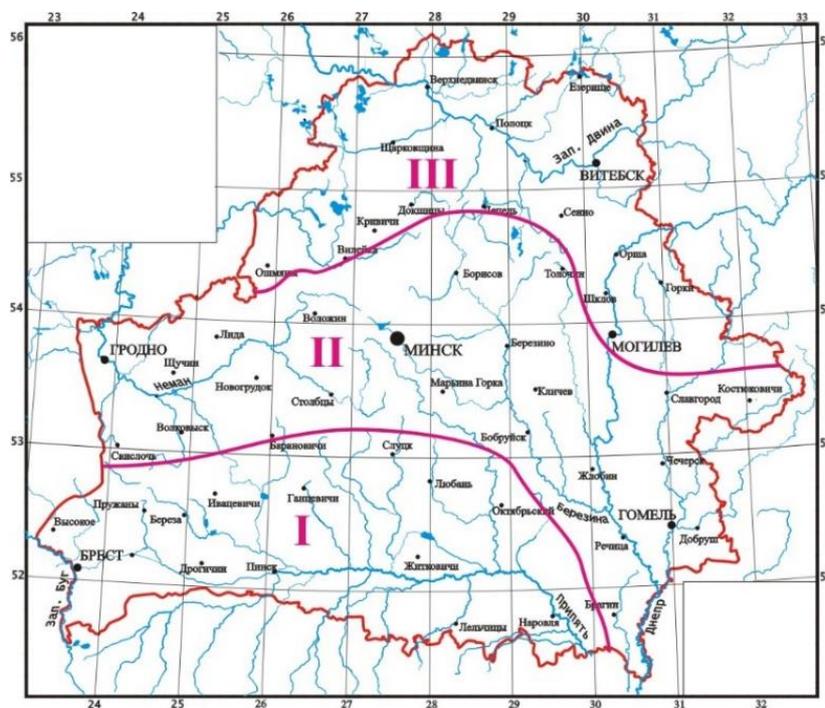


Рис. 4. Схема гидрологически однородных районов для территории Беларуси: I – Юго-Западный; II – Центральный; III – Северо-Восточный.

Значение модуля годового стока имеет ярко выраженную тенденцию к возрастанию от I района к III району, т. е. с Юго-Запада на Северо-Восток республики (рис. 4). Коэффициент вариации, наоборот, уменьшается от I района к III. Коэффициент автокорреляции и соотношение коэффициентов асимметрии и вариации не имеют подобных пространственных тенденций, но в центральном районе отмечается наименьший коэффициент автокорреляции и наибольшее соотношение C_s/C_v годового стока.

Среднее число совместных лет наблюдений при расчете парных коэффициентов корреляции составляло не менее 20 лет. Оценка однородности ПКФ годового стока рек Беларуси показала, что рассматриваемая функция неоднородна, поэтому исходное поле было разделено на более мелкие районы. В нашем случае для территории Беларуси выделено 4 однородных района.

Для выделенных районов получены зависимости $r = f(\rho)$, которые можно представить формулой $r = -\alpha \rho + \beta$, где α , β – эмпирические коэффициенты.

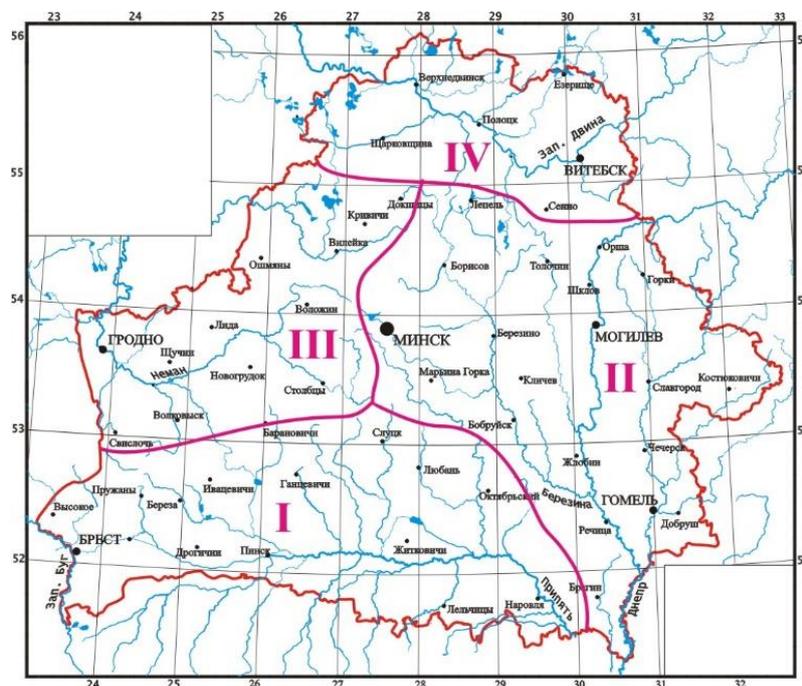


Рис. 5. Однородные районы по многолетним колебаниям годового стока рек Беларуси.

В результате проведенных исследований подтвердилась гипотеза о четырех однородных районах для территории Беларуси в зависимости от характера колебания годового стока рек. Первый выделенный район включает в себя речные створы бассейнов Западного Буга и Припяти, второму району соответствуют водосборы Днепра. Район III содержит речные створы Немана, а четвертый район включает водосборы Западной Двины. Районирование территории Беларуси в зависимости от характера многолетних колебаний годового стока приведено на рис. 5.

В процессе оценки водных ресурсов территории наиболее значима роль карт распределения модуля среднемноголетнего годового стока. Одна из последних фундаментальных работ по оценке состояния поверхностных вод Беларуси опубликована в 1996 г. [9]. В течение последних десяти лет водные ресурсы страны были подвержены трансформации в силу воздействия естественных и антропогенных факторов на сток.

Таблица 3

Естественные водные ресурсы Беларуси с учетом асинхронности

Речной бассейн	Речной сток, км ³ /год							
	местный				общий			
	обеспеченность, %				обеспеченность, %			
	5	25	75	95	5	25	75	95
Западная Двина	10,2	7,6	5,7	4,8	21,4	16,1	11,9	9,8
Неман	7,6	6,6	5,6	5,2	7,7	6,7	5,7	5,3
Виляя	2,7	2,4	1,9	1,6	2,7	2,4	1,9	1,6
Западный Буг	2,7	1,6	0,9	0,8	2,7	1,6	0,9	0,8
Припять	10,5	7,4	5,2	3,8	22,5	16,5	11,4	9,0
Днепр	15,5	11,6	9,9	8,4	26,8	19,9	16,2	14,1
в т.ч.:								
Березина	6,0	4,9	4,1	3,6	6,0	4,9	4,1	3,6
Сож	4,7	3,3	2,5	1,9	10,1	7,4	5,6	4,8
В целом по Беларуси	47,7	37,1	29,8	25,2	81,1	63,0	49,2	41,6

Величина асинхронности зависит от совпадения либо несовпадения фаз водности на реках. Это определяется генетическими особенностями формирования осадков, выпадающих на водосбор при прохождении циклов из различных зон зарождения и их водности. В связи с этим даже для относительно небольших территорий сток рек Беларуси имеет разное генетическое происхождение, что и определяет асинхронность. При этом сток в целом по стране отличается от суммы по бассейнам основных рек по причине более существенного влияния эффекта асинхронности стока на всей территории страны, чем в отдельных регионах. Для бассейнов основных рек прослеживается достаточно тесная связь коэффициентов асинхронности от обеспеченности. С увеличением или уменьшением водности года эффект асинхронности увеличивается (табл. 3) [17, 18].

Исходя из анализа стока на территории Беларуси был предложен вариант гидрологического районирования с учетом трех основных принципов выделения гидрологических районов: бассейнового, ландшафтного и гидрологического (рис. 6). Рассмотренные вариации стока не противоречат общим принципам гидрологического районирования, но учитывают локальные условия формирования стока. К тому же бассейновый подход упрощает практическое применение районирования. В ранее выполненных схемах районирования (в 60-х годах) бассейновый принцип реализован частично. Для условий Беларуси необходим новый подход выделения таксономических единиц районирования. На наш

взгляд, основу районов должен составлять водосбор реки. Учитывая небольшую площадь территории Беларуси, целесообразно выделять в каждом районе таксономические единицы более низкого ранга.



Рис. 6. Принципиально новый подход к выделению гидрологических районов.

С учетом вышеизложенного материала и рассмотренных подходов районирования территории Беларуси возникает необходимость объективной комплексной оценки условий формирования стока в современных условиях и необходимости новой разработки и корректировки гидрологического районирования Беларуси с использованием классических принципов и ранее проведенных гидрологических исследований. Классические принципы районирования (бассейновый, ландшафтный и гидрологический) реализованы в условиях неустойчивого климата, преобразования территории Беларуси в результате регулирования стока, существенным продлением гидрологических наблюдений за стоком, изменением степени развития гидрографической сети в 70–80-х гг. В качестве таксономических единиц районирования использован гидрологический район – гидрологический подрайон. В проекте впервые границы гидрологических районов в основном соответствуют границам наиболее крупных бассейнов рек, что упрощает ведение гидрологических расчетов. Ранее выполненное районирование отсекало границами притоки 3–5 порядков, что для территории Беларуси при ее небольшой площади необоснованно и весьма схематично.

В новом районировании предлагается выделить следующие гидрологические районы: Западнобугский, Неманский, Вилейский, Западновинский, Центральноберезинский, Припятский и Верхнеднепровский. Выделение Западнобугского района обусловлено значительной площадью водосбора на территории Украины и Польши и его соответствием европейской схеме гидрологического районирования, повышенной водностью реки, сложным

трансграничным гидрологическим режимом, нехарактерным для Полесской низменности. В предыдущем районировании он рассматривался в качестве подрайона в Припятском гидрологическом районе. Последний с севера ограничивается условной линией по створам водохранилищ: Локтыши, Краснослободское, Солигорское и Любанское, что соответствует границе однородности по многолетним колебаниям годового стока рек Припятского района.

Верхнеднепровский гидрологический район включает бассейны рек Днепра, его правого притока Друти и левого притока Сожа. Его выделение обусловлено высокой водностью реки, сложным гидрологическим режимом, обусловленным ландшафтными условиями формирования стока в пределах Восточно-Белорусской провинции, Предполеской и Полесской провинций. Гидрологический режим в средней и нижней частях водосбора Днепра отличается сложным гидрологическим режимом, нехарактерным для Полесской низменности. В то же время эти части соответствуют Центральному гидрологически однородному району, что дает основание выделить их в южный Верхнеднепровский гидрологический подрайон.

Заключение.

1. Асинхронность стока наиболее крупных водосборов подтверждает объективность выделения гидрологических районов по бассейновому принципу.

2. Районы, выделенные по синхронности стока, могут быть положены одним из критериев для обоснования разделения гидрологических районов.

3. Выделенные районы по многолетним колебаниям годового стока рек Беларуси подтверждают обоснованность выделения самостоятельного Заподнодвинского, Западнобугского и Припятского гидрологических районов.

4. Анализ количественных характеристик местного и общего речного стока, карт распределения стока, составленных на разных этапах трансформации природных ландшафтов, свидетельствует о наличии существенных региональных различий на территории Беларуси и необходимости выделения более дробных таксономических единиц гидрологического районирования в виде подрайонов.

5. Приведенный вариант гидрологического районирования может быть положен в основу детального гидрологического районирования территории Беларуси по бассейновому, ландшафтному и гидрологическому принципам. Сеть наблюдений за гидрологическим режимом является оптимальной и соответствует требованиям для выполнения достоверного гидрологического районирования.

Поступила 18.10.2023

Получена с рецензии 15.11.2023

Утверждена 15.12.2023

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беларуская энцыклапедыя*: Т. 15 (под ред. Г.П. Пашкоў). Мінск, БелЭн (2002), 552.
2. *Блакiтнaя кнiга Беларусi: Энцикл.* (под ред. Н.А. Дзiськo i iнш.). Мiнск, БелЭн (1994), 415.

3. Карасев И.Ф. О принципах размещения и перспективах развития гидрологической сети. *Труды ГГИ* **164** (1968), 3–36.
4. Коваленко В.В., Пивоварова И.И. *Оптимизация режимной гидрологической сети на основе стохастической модели формирования речного стока*. СПб., изд-во РГГМУ (2000), 43.
5. Волчек А.А. *Закономерности формирования водного баланса речных водосборов Беларуси: Формирование водного баланса Беларуси*. Saarbrücken, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG (2011), 87.
6. Дружинин В.С., Сикан А.В. Районирование территории Северо-Запада РФ по условиям формирования годового стока. *Водные ресурсы Северо-Западного региона России*. Санкт-Петербург (1999), 24–29.
7. Марцинкевич Г.И., Клицунова Н.К. и др. Теоретические проблемы и результаты комплексного географического районирования территории Беларуси. *Выбранные научковые працы БДУ* **7** (2001), 332–356.
8. Логинов В.Ф. и др. Изменения климата Беларуси и их последствия. Ин-т пробл. Использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси. Минск, ОДО “Тонпик” (2003), 330.
9. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье*. Т. 5. Ленинград, Гидрометеоздат (1966), 718.
10. Быков В.Д. *Исследование и расчеты речного стока*. Москва, Издательство МГУ (1981), 228.
11. Марпл-мл. С.Л. *Цифровой спектральный анализ и его приложения* (пер. с англ.). Москва, Мир (1990), 584.
12. Кайсл Ч. *Анализ временных рядов гидрологических данных* (пер. с англ.). Ленинград, Гидрометеоздат (1972), 138.
13. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. *Статистические методы в гидрологии*. Ленинград, Гидрометеоздат (1974), 424.
14. Волчек А.А. Оптимизация режимной гидрологической сети Беларуси. *Мелиорация* **4** (2020), 24–29.
15. Гайдукова Е.В., Хаустов В.А. *Оптимизация режимной гидрологической сети в условиях изменения климата* (2004).
<http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/138.html>
16. Логинов В.Ф., Волчек А.А., Волчек А.А. *Весенние половодья на реках Беларуси: пространственно-временные колебания и прогноз*. Минск, Беларуская навука (2014), 244.
17. Волчек А.А., Парфомук С.И. Водные ресурсы Республики Беларусь на современном этапе. *Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология* **2** (2011), 2–5.
18. Волчек А.А., Сидак С.В., Парфомук С.И. Пространственно-временная структура средне-многолетнего годового стока рек Беларуси. *Вестник Брестского государственного технического университета* **2** (2021), 75–80.

Պ. Ս. ԼՈՊՈՒԽ, Ա. Ա. ՎՈԼՉԵԿ

ԲԵԼԱՌՈՒՄԻ ՀԻՂՐՈԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ՑԱՆՅԻ ԵՎ ՀԻՂՐՈԼՈԳԻԱԿԱՆ
ՇՐՋԱՆԱՑՄԱՆ ՕՊՏԻՄԱԿԱՆԱՑՄԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԸ

Ամփոփում

Վերլուծվում են Բելառուսի տարածքի հիդրոլոգիական շրջանացման ճշգրտման անհրաժեշտության մոտեցումները: Քննարկվում են նախկին ԽՍՀՄ և Բելառուսի տարածքներում հիդրոլոգիական շրջանացման մշակման

մեթոդներն ու պատմությունը, հոսքի տարածական բաշխման և փոփոխականության օրինաչափությունները, տարբեր տարաշրջաններում հոսքի գիտական հիմքերը: Առաջարկվում է հիդրոլոգիական շրջանացման տարբերակ, որի հիմքում ընկած է ավազանային, լանդշաֆտային և հիդրոլոգիական սկզբունքները:

P. S. LOPUCH, A. A. VOLCHEK

PROBLEMS OF HYDROLOGICAL ZONING OF THE TERRITORY OF BELARUS

Summary

Approaches to the need to adjust the hydrological zoning of the territory of Belarus are analyzed. The methods and history of the development of hydrological zoning of the territory of the USSR and Belarus, the patterns of spatial distribution and runoff variability, and the scientific substantiation of runoff in different regions are considered. A variant of hydrological zoning based on basin, landscape and hydrological principles is proposed.