

Поверхностные водные ресурсы Беларуси на современном этапе

Волчек А.А., Парфомук С.И., Сидак С.В.

¹*Брестский государственный технический университет, г. Брест, Республика Беларусь, volchak@tut.by*

Резюме. Выполнена оценка изменений годового стока рек Беларуси и основных факторов, формирующих сток, за период 1988–2018 гг. по отношению к периоду 1949–1987 гг. С учетом мультимодельного ансамбля из четырех сценариев изменения климата получены прогнозные оценки годового стока на период до 2035 г. Установлено, что средние многолетние значения годового стока рек Беларуси могут измениться от -10% в бассейне Припяти до 10% в бассейне Западной Двины.

Surface water resources of Belarus at the present stage

Volchek A., Parfomuk S., Sidak S.

Summary. The assessment of changes in the annual runoff of the rivers in Belarus and the main factors forming the runoff for the period 1988–2018 in relation to the period 1949–1987 was carried out. Taking into account the multimodel ensemble of four climate change scenarios, the forecast estimates of the annual runoff for the period up to 2035 are obtained. It is established that the average long-term values of the annual runoff of the rivers of Belarus can vary from -10% in the Pripyat River basin to 10% in the Western Dvina River basin.

Рациональное управление водными ресурсами в современных условиях является одной из приоритетных задач в области водных ресурсов не только в Беларуси, но и во всем мире. В процессе разработки стратегии управления водными ресурсами, планировании и реализации водохозяйственных мероприятий, решении задач оптимального регулирования речного стока, необходимо иметь научно-обоснованные оценки происходящих и ожидаемых в будущем изменений гидрологических характеристик под влиянием непрерывного и возрастающего антропогенного воздействия, и меняющегося климата. В последние 30 лет на территории Беларуси наблюдается существенная динамика климатических показателей, которая вызывает ответную реакцию в гидрологических процессах [1]. Изучению закономерностей формирования стока рек Беларуси, изменчивости характеристик стока в пространственно-временном аспекте посвящено множество работ [2]. Однако данные исследования не охватывают последние годы наблюдений, когда произошло глобальное изменение климата.

Целью данного исследования является оценка современной трансформации годового стока рек Беларуси, а также получение прогнозных оценок их изменений при вероятных климатических сценариях будущего.

В исследовании использованы материалы наблюдений Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь по действующим гидрологическим постам за период инструментальных наблюдений, опубликованные в материалах государственных кадастров. Для выявления пространственно-временной изменчивости речного стока, температуры воздуха и атмосферных осадков обработаны временные ряды за период с 1949 по 2018 г. ($n = 70$ лет). В качестве исходной гидрометеорологической информации использованы данные наблюдений за месячными и годовыми суммами атмосферных осадков, среднемесячными и среднегодовыми температурами атмосферного воздуха на 50 метеостанциях, среднемесячными расходами воды на 84 гидрологических постах, равномерно расположенных по территории Беларуси. Приведение рядов с малой продолжительностью периодов наблюдений

по выбранным для исследования гидропостам произведено с помощью компьютерного программного комплекса «Гидролог-2» [3].

В основе методологии исследования лежит систематизация и анализ многолетних рядов наблюдений за среднегодовыми расходами воды рек Беларуси. Анализ многолетней изменчивости характеристик стока изучаемых рек проводился дифференцированно, так как гидрологический режим средних и особенно малых рек не идентичен таковому крупных рек. Малые реки особенно чувствительны к условиям их формирования и служат интегральным индикатором сложных природно-антропогенных процессов, происходящих на их водосборах. Условно реки отнесены к следующим группам:

- реки с площадью водосбора более 30 000 км²;
- реки с площадью водосбора от 10 000 км² до 30 000 км²;
- реки с площадью водосбора от 2 000 км² до 10 000 км²;
- реки с площадью водосбора до 2 000 км².

В силу того, что одним из основных факторов, определяющих общую величину и внутригодовое распределение стока, является климат, целесообразно изучать весь гидрологический цикл в речном бассейне, включая изменение во времени и пространстве количества атмосферных осадков и температуры воздуха.

За период 1949–2018 гг. средняя скорость роста температуры на территории Беларуси составила около 0,31°C/10 лет, тогда как в течение периода с 1969 по 2018 г. она увеличилась до 0,46°C /10 лет.

Для выявления особенностей колебания температуры воздуха в бассейнах крупных рек Беларуси построены разностные интегральные кривые за 1949–2018 гг. по 8 метеостанциям (рис. 1).

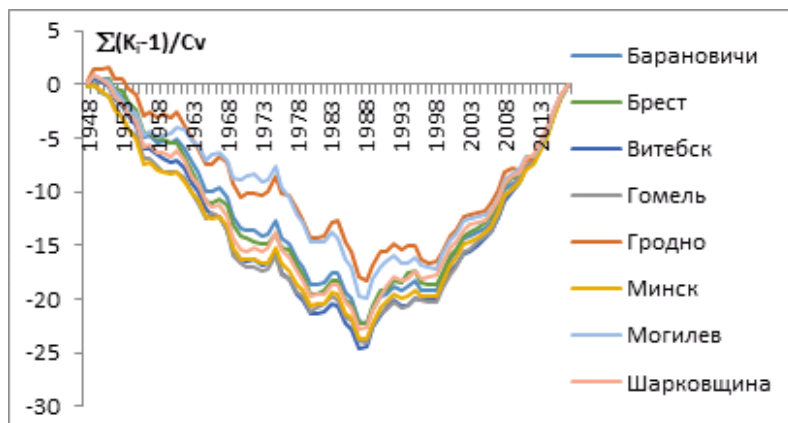


Рисунок 1 – Разностные интегральные кривые среднегодовых температур воздуха по метеостанциям Беларуси

Ординаты разностно-интегральных кривых вычислены как нарастающая сумма $\sum(K_i - 1)/c_v$, где $K_i = Q_i/\bar{Q}$ – модульный коэффициент, Q_i – среднегодовые температуры воздуха, i – номер вычисляемого члена последовательности, \bar{Q} – среднемноголетнее значение температуры воздуха, c_v – коэффициент вариации.

Построенные разностные интегральные кривые среднегодовой температуры атмосферного воздуха показывают, что расчетный период 1949–2018 гг. включает периоды понижения и повышения температуры, причем с 1988 г. находится в положительной фазе – тенденции повышения. Из рис. 1 видно, что 1988 г. соответствует началу интенсивного роста среднегодовых температур воздуха. Для оценки климатических изменений в соответствии с рекомендациями Всемирной метеорологической организации исходный ряд был разбит на два периода продолжительностью 30 лет и более: 1) с 1949 по 1987 г. и 2) с 1988 по 2018 г.

Анализ данных о температуре воздуха за период 1988–2018 гг. по сравнению с периодом 1949–1987 гг. указывает на её рост по всей территории Беларуси. Рост среднегодовой температуры по территории Беларуси за второй исследуемый период составил 1,31°C.

Так как изменение температуры носит неравномерный характер как внутри года, так и в пространстве, дальнейшее исследование температур атмосферного воздуха выполнено по группам, показанным на рис. 2.

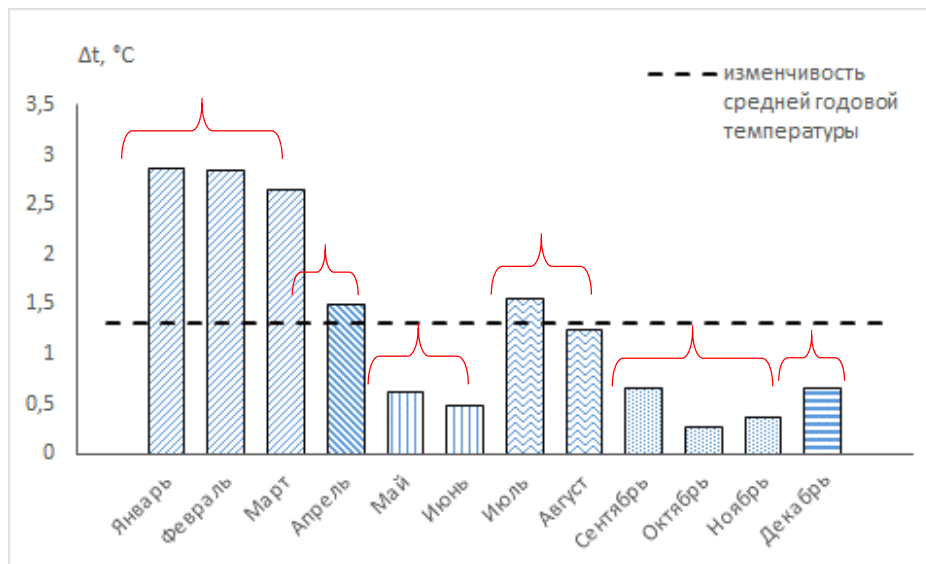


Рисунок 2 – Изменение среднегодовой и среднемесячных температур воздуха за период 1988–2018 гг. по отношению к периоду 1949–1987 гг., °С

В отличие от изменения температуры воздуха, существенного изменения суммарного количества осадков в годовом разрезе не произошло (рис. 3). Стоит отметить, что изменение количества осадков, как и температуры, характеризуется неоднозначность по бассейнам и месяцам. Наибольшая положительная динамика в изменении осадков (ΔP) наблюдается в феврале, марте, июле. В октябре увеличение осадков наблюдается в бассейнах рек Березина, Днепр, Западная Двина и Сож. Отрицательная тенденция в изменении количества осадков характерна для апреля и августа (кроме бассейна реки Западная Двина).

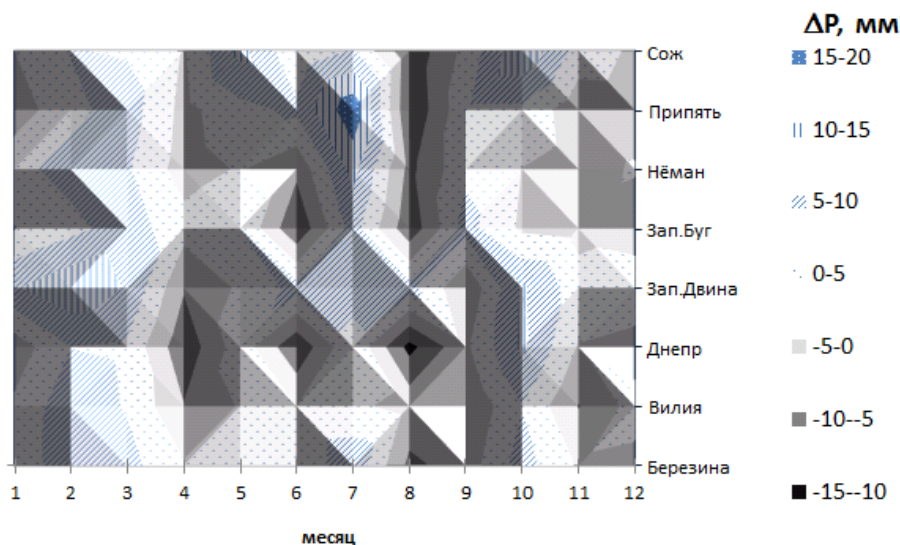


Рисунок 3 – Изменение количества осадков по месяцам для бассейнов рек Беларуси за период 1988–2018 гг. по отношению к периоду 1949–1987 гг.

Как показал анализ изменения стока на исследуемых гидрологических постах, наибольшее изменение среднегодового стока произошло для крупных рек (в среднем по Беларуси составляет 6%), а изменение максимального стока наиболее выражено для мелких и средних рек (снижение стока в среднем на 43%). Для крупных рек снижение максимального стока достигает 37%. Результаты пространственного обобщения изменений среднего годового стока позволяют сделать вывод, что увеличение годового стока произошло для бассейнов рек Западной Двины и Днепра. Для остальной части Беларуси в основном характерно незначительное снижение годового стока.

Рассмотренные выше климатические изменения оказывают непосредственное влияние на водный режим рек Беларуси. Для оценки зависимости между величинами стока, температурами воздуха и осадками определены коэффициенты корреляции в рамках корреляционных матриц между этими величинами. Анализ тесноты связи расходов речного

стока с метеопараметрами показал, что основными климатическими факторами, определяющими сток, являются осадки за зимний и весенний периоды и температура воздуха за январь – март и август. Коэффициент корреляции среднегодовых расходов с суммарным количеством осадков за январь – сентябрь для большинства рядов стока статистически значим и достигает наибольших значений.

Для получения прогнозных оценок изменения стока рек Беларуси на период до 2035 г. адаптирован метод гидролого-климатических расчетов, предложенный В. С. Мезенцевым, основанный на совместном решении уравнений водного и теплоэнергетического балансов [4]. Разработанная модель использована для оценки возможных изменений водных ресурсов рек в зависимости от климатических колебаний и антропогенных воздействий на характеристики водосборов. Обобщенные прогнозные оценки изменения стока получены с учетом комбинации сценариев А1В и В1 изменения климата, а также уточнения с использованием мультимодельного ансамбля из четырех сценариев СМIP5, предложенного Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2013 году в Пятом докладе по изменению климата [5]. Карты прогнозных оценок стока рек Беларуси на период до 2035 года приведены на рис. 4.

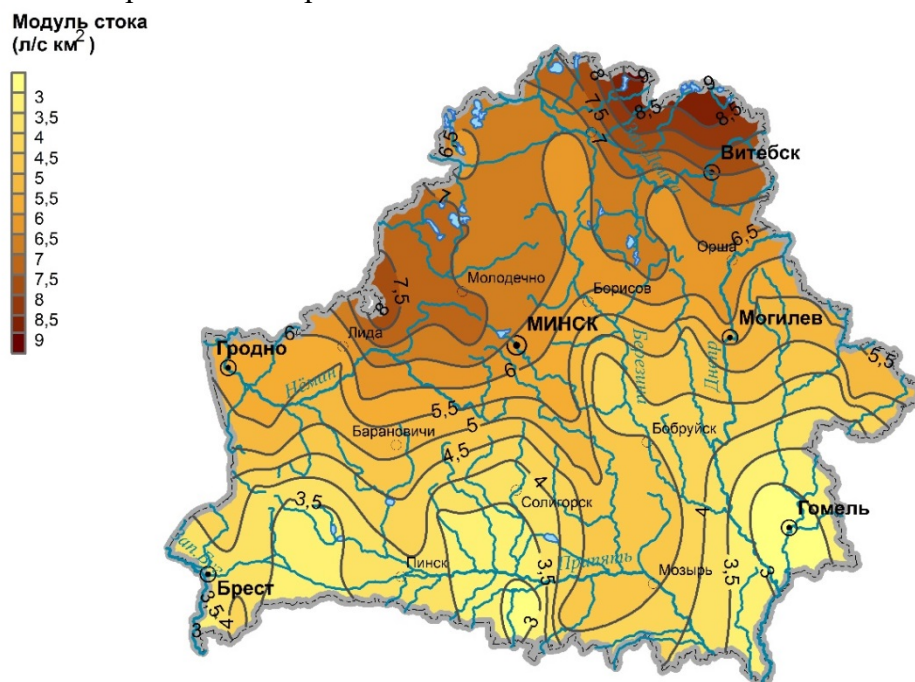


Рисунок 4 – Прогнозные оценки изменения среднегодового стока рек Беларуси до 2035 года

По результатам полученных прогнозных среднееголетние значения годового стока рек Беларуси в целом могут измениться к 2035 году от -10% в бассейне Припяти до 10 % в бассейне Западной Двины.

Работа выполнена в рамках задания 1.04 НИР «Оценка гидролого-климатических режимов территории Беларуси в современных условиях» (подпрограммы «10.1 Природные ресурсы и их рациональное использование» ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда» на 2021–2025 годы).

Список литературных источников

1. Лысенко, С. А. Пространственно-временные изменения начальной фазы современного потепления климата / С. А. Лысенко, В. Ф. Логинов // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 5. – С. 618–627.
2. Комлев, А. М. Закономерности формирования и методы расчетов речного стока / А. М. Комлев. – Пермь : Изд-во ПГУ, 2002. – 162 с.
3. Волчек, А. А. Пакет прикладных программ для определения расчетных характеристик речного стока / А. А. Волчек, С. И. Парфомук // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта.
4. Мезенцев, В. С. Гидролого-климатическая гипотеза и примеры ее использования / В. С. Мезенцев // Водные ресурсы. – 1995. – Т. 22, № 3. – С. 299–301.

5. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек [и др.] ; под общ. ред. А. А. Волчек, В. Н. Корнеева. – Брест : Альтернатива, 2017. – 225 с.

Современные тенденции в режиме зимних паводков на реках Беларуси

Данилович И.С.¹, Квач Е.Г.², Близнац О.А.³

¹*Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь, irina-danilovich@yandex.ru*

²*Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, г. Минск, Республика Беларусь*

³*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь*

Резюме. Выполнена оценка современных изменений характеристик стока в зимний сезон. Представлены количественные характеристики продолжающегося увеличения зимнего меженного стока. Отмечено повышение максимальных расходов зимних паводков в восточной половине страны, которое связано с накоплением снеготопливных запасов по сравнению с южной и западной частями, где отмечается снижение высоты зимних паводков и более часто их отсутствие.

Current trends in winter floods regime on the rivers of Belarus

Danilovich I., Kvach E., Bliznets O.

Summary. The study presents an assessment of current changes in winter streamflow during last decades. A continuing increase in winter streamflow rate is shown. The maximal discharge increase is observed during winter floods in the eastern half of the country and associated with the snow accumulation while there is a decrease in the height of winter floods in the southern and western parts, and more often their absence.

Введение. Рациональное использование водных ресурсов подразумевает постоянный мониторинг и количественный учет, а также оценку их колебаний и анализ причин происходящих изменений в режиме речного стока. Среди стокообразующих факторов основная роль в формировании гидрологического режима рек Беларуси принадлежит увлажнению, определяемое количеством выпавших осадков на водосборы. Исследования предыдущих лет [1, 2, 3, 4, 5] показали, что в последние десятилетия отсутствует однонаправленный многолетний значимый тренд годовых сумм осадков и годового стока по всей территории страны. Однако отмечается внутригодовое перераспределение стока рек, которое выражается в увеличении доли зимнего меженного стока, что связано ростом повторяемости оттепельного характера погоды, и приводит к формированию зимних паводков, а также снижению доли весеннего стока и более редкой повторяемости наводнений в период весеннего половодья. В связи с продолжающимся периодом потепления климата и тенденциями повышения зимнего меженного стока, цель работы заключалась в оценке величины изменения зимнего стока и максимальных расходов зимних паводков и их пространственного распределения.

Результаты. Климатические изменения в регионе, в первую очередь коснувшиеся температурного режима в зимний сезон, обусловили изменения гидрологического режима в период зимней межени. В течение последних десятилетий начало осенних ледовых явлений, которые обычно появляются в последней декаде ноября – начале декабря, отмечалось позже обычных сроков в среднем на 8–13 дней, начало ледостава (обычно вторая декада декабря) на 5–8 дней. При этом сроки окончания ледовых явлений (обычно в третьей декаде марта – первой декаде апреля) изменились на более ранние на 13–21 дней. Толщина льда на реках также заметно уменьшилась. Максимальные значения толщины льда в среднем составляют 25–45 см, и за период изменения климата уменьшились в среднем на 9–25 см.

За период потепления начало зимней межени сместилось в сторону более поздних сроков: для рек бассейна Западной Двины – на 4–11 дней, рек бассейна Немана – 6–10 дней, Западного Буга – 11–12 дней, для рек бассейнов Днепра и Припяти – на 6–13 дней. Поздние