

М. А. АСАДЧАЯ, Е. Г. КОЛЬМАКОВА

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ В МАЛОВОДНЫЕ И МНОГОВОДНЫЕ ГОДЫ ВОДНОГО СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА

Рассмотрено влияние климатических изменений на поверхностные водные ресурсы Беларуси. Приведены результаты исследования изменения водного стока малых и больших рек страны в условиях потепления климата за последнюю четверть века. Выполнен сравнительный анализ параметров годового объема стока рек за два периода (до потепления и в период потепления) в экстремальные по водности годы. Для этого в целях исследования посредством аналитических методов установлены годы с минимальной и максимальной водностью за весь период инструментальных наблюдений. На примере речных бассейнов рек Западной Двины и Припяти впервые выявлены региональные различия в изменении внутригодового распределения водного стока рек в разрезе гидрологических сезонов в маловодные и многоводные годы.

Ключевые слова: потепление климата; маловодные и многоводные годы; изменение водности; водный сток; речной бассейн.

The problem of the climate changes impact on surface water resources in Belarus is considered. The results of the study of water flow changes in big and small rivers in the country in conditions of climate warming in the past quarter century are shown. The comparative analysis of the parameters of annual rivers' water flow in extreme water availability years is carried out for two periods – before climate warming and during this period. For the purpose of the research the years of minimum and maximum water availability for the entire period of instrumental observations is established by analytical methods. For the first time the study identified the regional differences in the change of water runoff distribution in the context of hydrological seasons in low and high water availability year on the example of the Western Dvina and Pripjat rivers' basins.

Key words: climate changes; low and high water availability years; water availability changes; water flow; river basin.

Глобальные процессы изменения климата обуславливают необходимость оценки их влияния на формирование водных ресурсов Беларуси. В изучение региональных особенностей изменения климата и условий формирования речного стока на территории страны внесли вклад В. Ф. Логинов, А. А. Волчек и др. [1–4]. В Республиканском гидрометеоцентре анализом влияния колебаний климата на гидрологический режим рек в 1980-х гг. стала заниматься группа гидрологов под руководством Л. А. Некрасовой [3–5]. Эти исследования позволили обнаружить тенденцию изменения внутригодового распределения водного стока рек на современном этапе, проявляющуюся в увеличении доли зимнего и уменьшении доли весеннего стока в средние по водности годы.

Однако с практической точки зрения наибольший интерес представляет анализ изменения внутригодового распределения водного стока в годы с экстремальной (минимальной и максимальной) водностью. Кроме того, интерес вызывают территориальная дифференциация динамики речного стока, формирующегося в различных природных условиях. Этим продиктована актуальность выполненного авторами исследования, цель которого заключалась в выявлении пространственно-временных закономерностей изменения в условиях потепления климата годового и внутригодового распределения водного стока рек севера и юга Беларуси, принадлежащих бассейнам Западной Двины и Припяти, водосборы которых имеют различные физико-географические характеристики и степень антропогенной трансформации.

В основе исследования лежат обработанные авторами данные инструментальных наблюдений Департамента по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь за 1882–2010 гг. Объектом исследования является годовой и внутригодовой объем стока в 14 створах бассейнов рек Западной Двины и Припяти с продолжительными рядами гидрологических наблюдений и обеспеченных синхронной метеорологической информацией: на крупных реках – Западной Двине – Витебск, Западной Двине – Полоцк, Припяти – Мозырь; на малых реках – Дисне – Шарковщина, Березовке – Саутки, Полоте – Янково, Улле – Бочейково, Наче – Нача, Птичи – Дараганово, Птичи – Лучицы, Орессе – Андреевка, Горыни – Малые Викоровичи, Уборти – Красноебережье и Ясельде – Сенин. Пропущенные наблюдения в створе Западная Двина – Полоцк восстановлены по методу аналогов с использованием данных поста Западная Двина – Витебск (коэффициент корреляции синхронных наблюдений равен 0,9). В целях исследования также привлекались данные по среднегодовым значениям температур и осадков на соответствующих метеостанциях (МС) за 1882–2010 гг.

Основной приемов расчета стока при наличии репрезентативных рядов наблюдений являются кривые обеспеченности, характеризующиеся такими параметрами, как среднее арифметическое значение ряда, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии, которые были рассчитаны с использованием программного комплекса «Аналитическая кривая обеспеченности». Кривые обеспеченности построены с применением метода моментов. На основе анализа кривых с рассчитанной процентной обеспеченностью (P , %) выделены годы с максимальной и минимальной водностью (табл. 1).

Максимальные и минимальные по водности годы в бассейнах рек Западной Двины и Припяти

Река – створ	Периоды							
	1939–1988 гг.				1989–2010 гг.			
	max		min		max		min	
	годы	P, %	годы	P, %	годы	P, %	годы	P, %
Западная Двина – Витебск	1962	3,05	1939	98,47	1990	2,29	1996	94,66
	1953	6,11	1964	97,71	1998	4,58	2002	75,57
Западная Двина – Полоцк	1962	1,41	1939	98,59	1990	2,82	1996	92,96
	1953	5,63	1964	97,18	1998	4,23	2002	76,06
Дисна – Шарковщина	1958	7,46	1976	98,51	1990	2,99	2003	95,52
	1955	8,96	1984	97,01	1994	5,97	2000	91,04
Березовка – Саутки	1978	6,45	1984	98,39	1998	1,61	2003	82,26
	1956	11,29	1976	96,77	1990	3,23	1992	77,42
Полота – Янково	1962	5,00	1976	98,75	1990	3,75	1996	86,25
	1987	7,50	1939	97,50	1998	6,25	2000	78,75
Улла – Бочейково	1962	1,49	1976	98,51	1998	2,99	2003	94,03
	1958	4,48	1939	97,01	1990	5,97	1992	89,55
Нача – Нача	1962	2,63	1976	98,68	1998	1,32	2003	89,47
	1928	3,95	1984	97,37	1990	5,26	2000	77,63
Припять – Мозырь	1970	1,59	1954	99,21	1998	0,79	2003	80,16
	1958	3,17	1952	96,83	1999	2,38	1992	78,57
Птичь – Дараганово	1958	1,19	1954	98,81	1998	3,57	1992	96,43
	1982	5,95	1986	91,67	1999	8,33	2000	94,05
Птичь – Лучицы	1958	0,95	1954	99,05	1999	1,90	1996	93,33
	1970	2,86	1984	98,10	1998	4,76	2003	85,71
Оресса – Андреевка	1958	1,89	1954	98,11	1993	15,09	1992	84,91
	1980	3,77	1984	96,23	1991	35,85	1989	58,49
Горынь – Малые Викоровичи	1970	1,19	1954	98,81	1998	2,38	2004	82,14
	1979	3,57	1957	96,43	1999	5,95	1992	80,95
Уборть – Краснобережье	1970	3,85	1960	97,44	1998	5,13	2002	83,33
	1977	6,41	1954	96,15	1993	11,54	2003	78,21
Ясельда – Сенин	1958	1,49	1954	98,51	2010	14,93	1992	83,58
	1970	2,99	1964	97,01	1999	16,42	1997	82,09

По данным среднегодовых расходов воды рассчитаны показатели годового объема стока и объем стока за гидрологические сезоны. Анализ гидрологических и метеорологических параметров выполнен для двух периодов: до потепления (с начала ведения регулярных гидрометеорологических наблюдений – с 1882 по 1988 г.) и во время потепления (с 1989 по 2010 г.). При этом особое внимание уделено сравнительному анализу внутригодового распределения среднемесячного объема водного стока в маловодные и многоводные годы до и во время потепления.

Водный сток исследуемых рек формируется в различных физико-географических условиях. Максимальные площади водосборов характерны для створов рек Припяти – Мозырь (101 000 км²) и Западной Двины – Полоцк (41 700 км²). Минимальные площади водосбора имеют створы Начи – Нача (240 км²) и Птичи – Дараганово (2030 км²) [3].

Особое влияние на гидрологический режим оказывают лесистость и заболоченность водосборов. Действие леса на весенний сток проявляется в снижении пика и увеличении продолжительности половодья. Водосбор р. Западной Двины (45 %) более залесен по сравнению с водосбором р. Припяти (30 %). Наибольшей лесистостью характеризуются водосборы рек Полоты и Уборти (более 50 %).

Наличие болот в водосборе приводит к выравниванию и замедлению стока, что обусловлено малыми уклонами. В настоящее время показатели заболоченности бассейнов Западной Двины составляют около 7 %, Припяти – менее 15 %. Антропогенная трансформация водосборных территорий внесла существенные изменения в естественный гидрологический режим рек. По состоянию на 1 января 2011 г. площадь мелиорированных земель в бассейне Западной Двины равна 16,1 %, Припяти – 23,4 %. Наибольшая доля мелиорированных земель зафиксирована для участков водосборов Ясельды – Сенин (30 %) и Орессы – Андреевка (31 %) [1, 6].

На протяжении XX в. кратковременные периоды потеплений сменялись близкими по величине и продолжительности периодами похолоданий. Отклонения от нормы не превышали 1,0 °С. Потепление, не имеющее себе равных по продолжительности и интенсивности, началось с аномально тепло-

го 1989 г., когда средняя температура в январе и феврале превысила норму на 7,0–7,5 °С, а в марте и апреле – на 3,0–5,0 °С. В целом 1989 г. оказался самым теплым за столетний период, превысив климатическую норму более чем на 2,0 °С [3]. Зафиксированное потепление продолжается до настоящего времени.

Анализ температурных показателей в разрезе речных бассейнов фиксирует потепление с 1989 г. на всех исследуемых метеорологических станциях. Наибольшие изменения прослеживаются на минимальных значениях средних температур, рост которых значительно больше на севере республики, в бассейне Западной Двины, где на МС Полоцка и Витебска он составил +1,9 °С. В бассейне Припяти наибольший рост минимальных значений средних температур зарегистрирован на МС Пинска и Лельчиц: +1,2 °С. Рост средних температур колеблется в пределах от +1,1 до +1,4 °С. Максимальные значения показателей средних температур увеличиваются во всех пунктах наблюдения незначительно – на +0,3 °С.

В период потепления на большинстве исследуемых МС зафиксирован рост минимальных значений годовых сумм атмосферных осадков. В бассейне р. Припяти наибольшее изменение минимального количества осадков зафиксировано на МС Мозыря и Пинска, где рост составил 40 и 51 %; в бассейне Западной Двины – на МС Витебска и Полоцка (35,1 и 39,9 % соответственно). Повсеместно отмечено увеличение количества выпадаемых осадков в средние по водности годы.

Как показал анализ, изменение водного стока в период потепления частично коррелирует с динамикой атмосферных осадков. Значимые коэффициенты корреляции ($r = 0,52-0,68$) зафиксированы для бассейна Западной Двины. В бассейне Припяти, где естественное формирование водного стока нарушено осушительной мелиорацией, корреляционная зависимость годового стока и годовых сумм осадков фактически не прослеживается.

Период потепления характеризуется увеличением в маловодные годы среднегодового объема стока на большинстве исследуемых гидрологических постов, исключая Птичь – Дараганово. При этом изменения в Припятском гидрологическом районе значительно больше, чем в Западно-Двинском, что соответствует масштабам изменения атмосферных осадков в соответствующих створах. В бассейне Припяти максимальный рост в 242 % по сравнению с периодом до потепления зафиксирован для малой реки Ясельды – Сенин. На крупной реке Припяти в створе г. Мозыря рост составил 105 %. В бассейне Западной Двины наибольшее увеличение объема водного стока в маловодные годы также зафиксировано в створах малых рек: Березовки – Саутки и Начи – Нача (75 и 66 % соответственно). В створах Западной Двины (Витебск, Полоцк) показатели выросли менее значительно (на 42 и 39 % соответственно).

Наибольшими значениями среднегодового объема водного стока в многоводные годы на крупных реках характеризуется период, предшествующий потеплению. Динамика его изменения на малых реках дифференцирована: в бассейне Западной Двины для некоторых створов зафиксирован рост в 5–20 %; в бассейне Припяти – повсеместно снижение до 31 %.

Данные внутригодового перераспределения среднемесячного объема стока рек бассейнов Западной Двины и Припяти в разрезе исследуемых периодов для лет с минимальной и максимальной водностью отражены в табл. 2 и 3.

Таблица 2

**Изменение в маловодные годы водного стока рек бассейнов Западной Двины и Припяти
в условиях потепления климата**

Река – створ	Маловодные годы за периоды		Распределение водного стока по сезонам года, %			
	1882–1988 гг.	1989–2010 гг.	Зима	Весна	Лето	Осень
Западная Двина – Витебск	1939	1996	22,8	60,6	12,6	4,0
			12,6	54,0	17,7	15,7
Западная Двина – Полоцк	1939	1996	15,2	63,2	16,1	5,5
			15,2	54,7	17,6	12,5
Дисна – Шарковщина	1976	2003	10,7	58,1	22,6	8,6
			5,8	43,2	25,0	15,4
Полота – Янково	1976	1996	16,7	52,6	21,8	8,9
			12,9	46,2	24,7	16,2
Березовка – Саутки	1984	2003	23,1	38,5	23,0	15,4
			4,6	37,9	37,8	19,7
Улла – Бочейково	1976	2003	15,7	45,1	27,8	11,5
			15,5	43,2	25,1	16,2
Нача – Нача	1976	2003	10,6	72,2	14,3	2,9
			6,3	44,0	34,8	14,9
Припять – Мозырь	1954	2003	10,7	43,0	30,0	16,0
			16,2	44,7	26,5	12,6

Река – створ	Маловодные годы за периоды		Распределение водного стока по сезонам года, %			
	1882–1988 гг.	1989–2010 гг.	Зима	Весна	Лето	Осень
Птичь – Дараганово	1954	1992	$\frac{15,4}{29,4}$	$\frac{47,5}{43,7}$	$\frac{18,8}{12,5}$	$\frac{18,3}{14,4}$
Птичь – Лучицы	1954	1996	$\frac{15,6}{18,9}$	$\frac{46,3}{37,1}$	$\frac{20,1}{28,9}$	$\frac{18,0}{15,1}$
Оресса – Андреевка	1954	1992	$\frac{15,4}{28,7}$	$\frac{42,5}{30,6}$	$\frac{22,4}{19,2}$	$\frac{19,7}{21,5}$
Горынь – Малые Викоровичи	1954	2004	$\frac{10,9}{24,1}$	$\frac{42,1}{46,6}$	$\frac{33,8}{17,9}$	$\frac{13,2}{11,4}$
Уборть – Краснобережье	1960	2002	$\frac{15,8}{38,3}$	$\frac{43,7}{39,3}$	$\frac{24,5}{11,1}$	$\frac{15,9}{11,3}$
Ясельда – Сенин	1954	1992	$\frac{18,3}{28,6}$	$\frac{45,3}{31,6}$	$\frac{22,6}{14,3}$	$\frac{13,8}{25,5}$

Примечание. В числителе приведены данные за период, предшествующий потеплению (1882–1988), в знаменателе – за период потепления (1989–2010).

Таблица 3

Изменение в многоводные годы водного стока рек бассейнов Западной Двины и Припяти в условиях потепления климата

Река – створ	Многоводные годы за периоды		Распределение водного стока по сезонам года, %			
	1882–1988 гг.	1989–2010 гг.	Зима	Весна	Лето	Осень
Западная Двина – Витебск	1962	1990	$\frac{8,4}{19,2}$	$\frac{46,6}{37,3}$	$\frac{32,6}{17,2}$	$\frac{12,4}{26,3}$
Западная Двина – Полоцк	1962	1990	$\frac{8,5}{21,1}$	$\frac{44,6}{34,0}$	$\frac{34,3}{19,1}$	$\frac{12,6}{25,8}$
Дисна – Шарковщина	1958	1990	$\frac{10,5}{37,8}$	$\frac{72,7}{21,7}$	$\frac{10,4}{14,6}$	$\frac{6,4}{25,9}$
Полота – Янково	1962	1990	$\frac{9,8}{25,7}$	$\frac{42,1}{26,8}$	$\frac{33,5}{20,4}$	$\frac{14,6}{27,1}$
Березовка – Саутки	1978	1998	$\frac{4,9}{28,0}$	$\frac{58,3}{23,3}$	$\frac{7,4}{29,5}$	$\frac{29,4}{19,2}$
Улла – Бочейково	1962	1998	$\frac{6,0}{19,9}$	$\frac{37,0}{25,0}$	$\frac{45,7}{30,4}$	$\frac{11,3}{24,7}$
Нача – Нача	1962	1998	$\frac{5,7}{24,5}$	$\frac{45,3}{28,4}$	$\frac{35,2}{28,1}$	$\frac{13,8}{19,0}$
Припять – Мозырь	1970	1998	$\frac{9,8}{20,0}$	$\frac{53,6}{32,0}$	$\frac{24,0}{31,0}$	$\frac{12,6}{17,0}$
Птичь – Дараганово	1958	1998	$\frac{8,5}{18,4}$	$\frac{67,6}{24,7}$	$\frac{15,0}{28,6}$	$\frac{8,9}{28,3}$
Птичь – Лучицы	1958	1999	$\frac{8,8}{25,8}$	$\frac{55,7}{57,8}$	$\frac{21,9}{11,5}$	$\frac{12,6}{4,9}$
Оресса – Андреевка	1958	1993	$\frac{9,5}{24,3}$	$\frac{56,7}{28,5}$	$\frac{23,6}{31,2}$	$\frac{10,2}{16,0}$
Горынь – Малые Викоровичи	1970	1998	$\frac{9,2}{24,4}$	$\frac{57,0}{25,0}$	$\frac{21,1}{35,2}$	$\frac{12,7}{15,4}$
Уборть – Краснобережье	1970	1998	$\frac{12,1}{24,2}$	$\frac{62,1}{31,9}$	$\frac{13,6}{31,3}$	$\frac{12,2}{12,6}$
Ясельда – Сенин	1958	2010	$\frac{6,4}{18,6}$	$\frac{76,1}{43,4}$	$\frac{12,6}{23,0}$	$\frac{4,9}{15,0}$

Примечание. В числителе приведены данные за период, предшествующий потеплению (1882–1988), в знаменателе – за период потепления (1989–2010).

В условиях потепления климата в маловодные годы наблюдается незначительное снижение весеннего стока рек, но основная часть годового стока по-прежнему формируется в весенний период. Так, в бассейне Западной Двины для крупных рек она составляет 60–63 %, для малых – около 50 %. Разнонаправленностью характеризуется тенденция изменения зимнего стока в период потепления. В бассейне Припяти зафиксирован существенный рост доли зимнего стока в составе годового – более 10 %. В бас-

сейне Западной Двины доля зимнего меженного стока в большинстве створов снижается. Изменение долей летнего и осеннего стока также территориально дифференцировано. К примеру, реки бассейна Западной Двины характеризуются увеличением доли осеннего стока, а реки бассейна Припяти – как значительным ростом (Ясельда), так и снижением (Птичь).

В период потепления климата в многоводные годы основной объем водного стока рек приходится, как и в период, предшествующий потеплению, на весну. Но доля весеннего стока в составе годового заметно сокращается, существенно в бассейне Припяти (на 20–30 %) по сравнению с бассейном Западной Двины (на 10–15 %). Повсеместно возрастает доля зимнего стока: в бассейне Западной Двины – на 25 %, Припяти – на 22 %. Динамика летнего меженного стока дифференцирована по территории. Так, доля летнего стока на крупных северных реках снижается в среднем на 15 %, на малых реках тенденция носит разнонаправленный характер. На всех крупных и малых водотоках бассейна Припяти зафиксирован рост доли летнего стока в составе годового в период потепления. Значение осеннего стока на большинстве исследуемых створов возрастает более чем на 10 % в период потепления.

Таким образом, изменение водного стока рек в условиях потепления климата направлено на нивелирование его внутригодового распределения, которое дифференцировано территориально (в разрезе речных бассейнов, а также крупных и малых рек) и значительно проявляется в годы с максимальной водностью.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волчек А., Лукша В., Парфомук С. Водные ресурсы Беларуси: современное состояние и прогноз. Саарбрюккен, 2011.
2. Логинов В. Ф., Сачок Г. И., Микулицкий В. С., Мельник В. И., Коляда В. В. Изменения климата Беларуси и их последствия / под общ. ред. В. Ф. Логинова. Минск, 2003.
3. Асадчая М. А., Шмык Е. В., Жуковская Г. С., Данилович И. С., Трофимова Л. Б., Некрасова Л. А. Гидрологический мониторинг Республики Беларусь (Гидрологические особенности рек Беларуси) / под общ. ред. А. И. Полищука, Г. С. Чекана. Минск, 2009.
4. Мельник В. И., Комаровская Е. В. Изменение климата и меры по адаптации отраслей экономики к этим изменениям в Республике Беларусь // Сб. тр. Респ. гидрометеорологич. центра / под ред. А. И. Полищука, В. И. Мельника. Минск, 2010. Вып. 1 (8).
5. Полищук А. И., Трофимова Л. Б., Чекан Г. С. Изменение гидрологического режима рек Беларуси в период потепления 1988–2006 гг. // Материалы Междунар. водного форума (Минск, 2–3 окт. 2008 г.) / М-во природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь [и др.]. Минск, 2008.
6. Асадчая М. А. Особенности трансформации водного стока рек Беларуси в условиях изменения климата // Антропогенная трансформация ландшафтов : сб. науч. ст. / БГПУ им. М. Танка. Минск, 2012. С. 9–11.

Поступила в редакцию 15.11.2013.

Мария Александровна Асадчая – студентка 6-го курса географического факультета.

Елена Геннадьевна Кольмакова – кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии мира и образовательных технологий.