

УДК 556, 504.453, 551.583

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ЭКСТРЕМУМОВ СТОКА РЕК БЕЛАРУСИ

И. С. Данилович^{1,2)}, И. В. Тарасевич^{1,3)}, Е. Г. Квач³⁾, Ю. А. Гледко¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет, ул. Ленинградская, 16, 220005, г. Минск, Беларусь, gledko74@mail.ru; ²⁾Институт природопользования НАН Беларуси, ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь, irina-danilovich@yandex.ru; ³⁾Белгидромет, пр. Независимости, 110, 220114, г. Минск, Республика Беларусь, ira5582831@yandex.ru

В работе представлен анализ изменения режима рек в различные фазы гидрологического цикла для трех речных водосборов (р. Западная Двина, р. Неман и р. Днепр). Показаны региональные тенденции изменения экстремальных гидрологических характеристик рек Беларуси в различные фазы водного цикла, связанные с таянием снегов, сильными дождями и засухами.

Ключевые слова: температура; осадки; сток; тренды; климатические изменения.

REGIONAL TRENDS IN STREAMFLOW EXTREMES ACROSS BELARUS

I. S. Danilovich^{1,2)}, I. V. Tarasevich^{1,3)}, E. G. Kvach³⁾, Yu. A. Hledko¹⁾

¹⁾Belorussian State University, Leningradskaya str., 16, 220005 Minsk, Belarus, gledko74@mail.ru; ²⁾Institute for Nature Management NAS of Belarus, F. Skoriny str., 10, 220076 Minsk, Belarus, irina-danilovich@yandex.ru; ³⁾Belgidromet, Nezavisimosti av., 110, 220114, Minsk, Republic of Belarus, ira5582831@yandex.ru

The paper presents an analysis of changes in river regime during various phases of the hydrological cycle for three river catchments (the Western Dvina River, the Neman River and the Dnieper River). The major results concern regional trends in extreme hydrological characteristics of Belarusian rivers in various phases of the water cycle associated with snow melting, heavy rains and droughts.

Keywords: temperature; precipitation; runoff; trends; climate change.

Введение. В последние десятилетия гидроклиматические изменения на территории Европы характеризуются увеличением частоты экстремальных явлений. В различных регионах регулярно формируются катастрофические наводнения и аномальные засухи. Повторяемость наводнений увеличилась в северо-западной и центральной частях Европы из-за роста количества осенних и зимних осадков, но уменьшились в северо-

восточной и восточной частях из-за сокращения высоты снежного покрова и более ранних сроков снеготаяния. В тоже время, большие наводнения практически исчезли на юге Европы из-за уменьшения количества осадков и увеличения эвапотранспирации [1]. На многих европейских реках, в том числе бассейне Балтийского моря, участились гидрологические засухи [2].

В связи с разнонаправленными процессами в гидрологическом режиме рек на Европейском континенте, цель исследования заключалась в установлении региональных тенденций изменения гидрологического режима рек Беларуси в различные фазы водного цикла, связанные с таянием снегов, сильными дождями и засухами.

Материалы и методы. Исследование экстремумов в гидрологическом режиме проводилось по трем репрезентативным водосборам: река Западная Двина у г. Витебска (север), река Неман у г. Гродно (запад), река Днепр у г. Речицы (юго-восток). Период обобщения охватывает интервал 1945-2020 гг., который разделен на два подпериода (1945-1990 и 1990-2020 гг.), отражающих существенные изменения тенденций переменных.

В исследовании рассмотрены четыре типа экстремумов стока: наибольшие расходы воды в период весеннего половодья (связанные с таянием снегов); дождевые паводки (вызванные сильными дождями); зимняя межень (с момента замерзания реки до начала снеготаяния); летне-осенняя межень (окончания весеннего половодья — появления первого льда).

Оценка направления, величины и статистическая значимость изменений проводилась с использованием непараметрических критериев Сена и Манна-Кендалла. Петтитт тест применялся для проверки гидрологических рядов на однородность и обнаружения точки начала статистически значимых изменений в рядах наблюдений.

Результаты. Региональные исследования изменения климата в Европе, показывают, что в восточной части, в том числе на территории Беларуси, изменение температуры воздуха характеризуется постепенным повышением, особенно в зимний период. Преобладание оттепельной погоды зимой начиная с 1970-ых гг. вызвало повышение зимнего меженного стока. Как следствие, на протяжении последних 50 лет весной продолжается снижение максимальных расходов в большинстве речных бассейнов. Изменения в холодный период года однородны на севере, северо-западе и северо-востоке Европы на протяжении последних десятилетий.

Режим увлажнения на большей части Европы характеризуется небольшими изменениями годового количества осадков и незначительными тенденциями засушливости по сравнению с центральной и южной Европой.

Однако анализ за последние 30 лет показал статистически значимые тенденции к увеличению числа и интенсивности атмосферных и гидрологических засух в Восточной Европе и увеличению выпадения интенсивных осадков в теплое время года. Летом в Восточной Европе зафиксировано статистически значимое увеличение волн тепла, обусловленных антициклонической погодой [3]. На территории Беларуси отмечается уменьшение продолжительности выпадения осадков на 15-20 %, рост числа дней с низкой относительной влажностью на 1-4 дня за десятилетие. В то же время, происходит увеличение суточных максимумов осадков на 20-30 %, особенно значительно в южных районах.

В течение 1990-2020 гг. частота засушливых периодов удвоилась во всех речных бассейнах вдоль водоразделов Черного, Каспийского и Балтийского морей [4]. На территории Беларуси наибольшее увеличение засушливости отмечено в западной и центральной частях страны [5].

Ниже показаны результаты расчетов по трем водосборам, которые подтверждают описанные тенденции. В таблице представлены результаты Петтитт теста, который подтверждает перелом хода температуры воздуха в 1988-1989 гг., средняя температура воздуха увеличилась от 1,2 °С на западе (Гродно) до 1,7-1,8 °С в северной и восточной частях Беларуси. Переломная точка изменения годовых сумм осадков установлена в первой половине 1980-х годов. Наблюдаются различия в количестве осадков между западной и восточной частями страны: годовое количество осадков в Гродно снижается, тогда как на севере и северо-востоке зафиксировано переувлажнение.

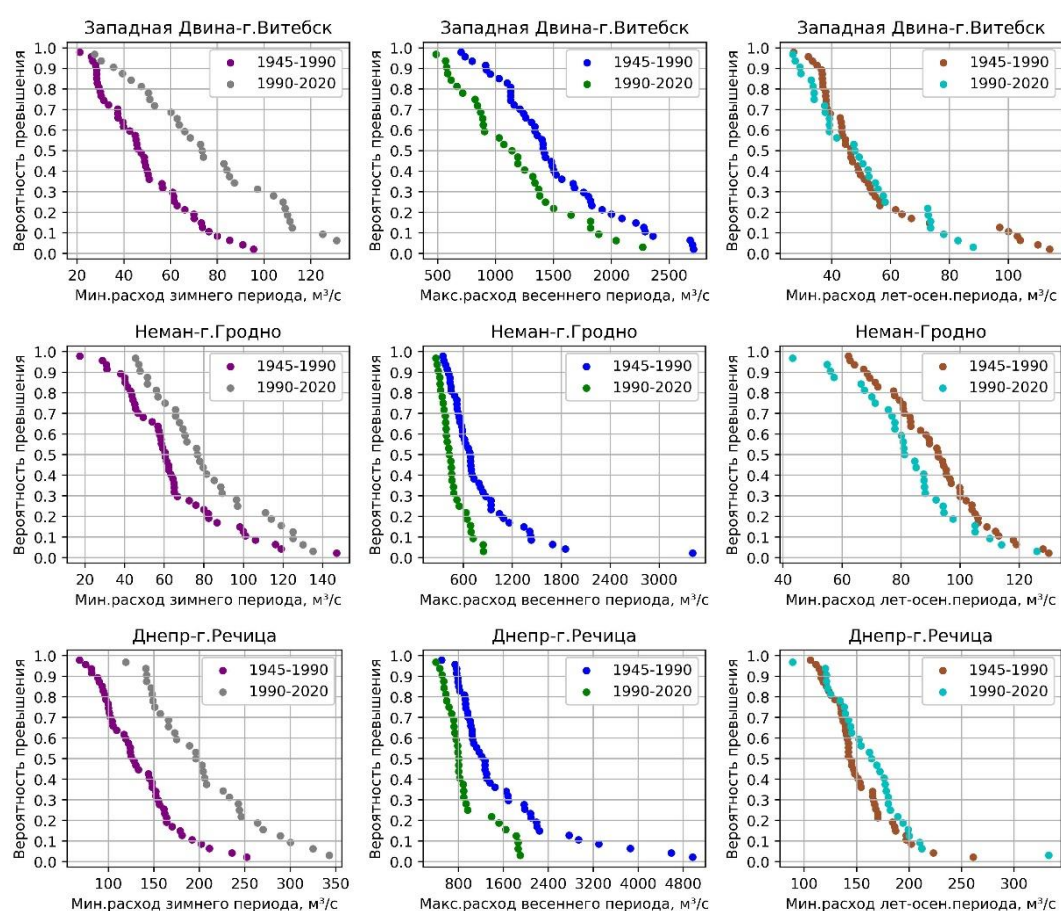
Результаты Петтитт теста на однородность гидроклиматических характеристик

Река-Пост	Характеристика	Температура воздуха, °С	Осадки, мм	Расходы воды, м ³ /с			
				Ср. год	Мин. зим.	Макс. вес.	Мин. лет.
З.Двина-г. Витебск	Год изм.	1988	1985	1985	1989	1971	2009
	Ср. 1	4.93	632	211	48.7	1729	53.5
	Ср. 2	6.74	748	238	75.0	1192	42.7
	p value	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.27
Неман-г. Гродно	Год изм.	1989	1982	1994	1993	1989	1989
	Ср. 1	6.5	881	193	64.1	841	92.1
	Ср. 2	7.7	546	178	84.2	465	83.1
	p value	0.00	0.01	0.35	0.01	0.00	0.17
Днепр-г. Речица	Год изм.	1989	1980	1978	1978	1971	1977
	Ср. 1	6.3	572	340	123	1944	145
	Ср. 2	8.0	627	352	194	993	167
	p value	0.00	0.10	0.39	0.00	0.00	0.01

В режиме годовых расходов статистически значимых изменений не произошло. Однако за последние три десятилетия продолжаются измене-

ния в холодное время года. Минимальный зимний расход за 30 лет увеличился на трех водосборах, а максимальный (как правило в период весеннего половодья) снизился. Для Западной Двины снижение максимального стока началось раньше, по сравнению с другими бассейнами — с начала 1970-ых гг. Предполагается, что более раннее наступление точки перелома может быть связано с мелиоративными работами в верховьях реки на территории России [6]. Минимальный летний сток увеличился на реке Днепр, тогда как для двух других рек изменения незначительны.

На рисунке представлены различные вероятности превышения расходов воды за два периода, которые отражают различные условия формирования речного стока. (1945-1990 гг. и 1990-2020 гг.).



Вероятность превышения расходов воды в различные периоды
(1945-1990 гг. и 1990-2020 гг.) на трех водосборах:
Западня Двина (Витебск), Неман (Гродно) и Днепр (Речица)

Зимние расходы 95 % обеспеченности на р. Западня Двина (г. Витебск) существенно не изменились из-за простираания бассейна реки на севере страны с более низкими температурами зимой и более устойчивой меженью.

На реках Неман и Днепр зимний расход 95 % обеспеченности увеличился в 1,5-2 раза вследствие значительного притока талых вод. Зимние расходы 5 % увеличились на трех исследуемых водосборах и на 30 % на всех водосборах страны [5]. Весенние расходы 5 % обеспеченности снизились на всех трех реках с 20 % на реке Западная Двина и до 50 % на рр. Неман и Днепр. В летне-осеннюю межень наиболее значимое снижение расходов 95 % обеспеченности (более чем на 10 %) отмечено на западе страны в бассейне р. Неман в связи со значительным дефицитом осадков за последние 30 лет. Кроме бассейна р. Неман, увеличение числа засух (месяцев с низким стоком) на 10-25 % отмечается в бассейнах р. Виляя, верховье р. Припять и Березины, нижнем течении р. Западная Двина в пределах территории Беларуси [5].

Библиографические ссылки

1. *Blenkinsop S., Muniz Alves L., Smith A.J.P.* ScienceBrief Review: Climate change increases extreme rainfall and the chance of floods // In: Critical Issues in Climate Change Science, edited by: Ed. by Quéré C.L., Liss P., Forster P. 2021.
2. *Danilovich I., Loginov V., Groisman P.* Changes of Hydrological Extremes in the Center of Eastern Europe and Their Plausible Causes // *Water*, Vol. 15, No. 16: 2992, 2023.
3. *Rutgersson A., Kjellström E., Haapala J., Stendel M., Danilovich I., Drews M., Jylhä K., Kujala P., Larsén X.G., Halsnæs K., et al.* Natural hazards and extreme events in the Baltic Sea region // *Earth Syst. Dynam.*, No. 13, 2022. P. 251-301.
4. *Georgiadi A. G., Groisman P. Y.* Extreme Low Flow during Long-Lasting Phases of River Runoff in the Central Part of the East European Plain // *Water*, No. 15, 2023.
5. *Данилович И. С., Гледко Ю. А., Тарасевич И. В.* Повторяемость засух на территории Беларуси в связи с атмосферной циркуляцией в Атлантико-Европейском секторе // *Метеорология и гидрология*, № 9, 2023. С. 61-71.
6. *Ахметьева Н. П., Михайлова А. В., Кричевец Г. Н., Беляев А. Ю.* Торфяные болота центральных областей Европейской части России: их трансформация за последние 100 лет. Москва: ГЕОС, 2020. 141 с.