

<https://doi.org/10.47612/2079-3928-2024-2-14-21>
УДК 551.583.16, 551.589.6

Поступила в редакцию 10.10.2024
Received 10.10.2024

БЕЗДОЖДНЫЕ ПЕРИОДЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

М. А. Хитриков, В. И. Мельник, И. В. Буяков

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Аннотация. Целью данного исследования было получение сведений о продолжительности бездождных периодов и числа их случаев за период 1955–2023 гг., а также изменения данных характеристик за период современного потепления (с 1989 г.). Под бездождным периодом понимался период минимальной продолжительностью 10 дней, в течение которого не наблюдалось выпадение осадков или их количество недостаточным для роста и развития растений. Установлено, что средняя продолжительность бездождных периодов и число их случаев за тёплый период года (апрель–октябрь) сохранялись на одном уровне: в среднем наблюдалось 3–4 периода за год, а их средняя продолжительность составляла 16–17 дней. Наиболее значимые изменения за период современного потепления наблюдались для средней из максимальных продолжительностей бездождных периодов: её значения преимущественно выросли на 2–3 дня (на отдельных станциях – до 5 дней). Также необходимо отметить, что на 48 % рассматриваемых станций установлены новые рекорды числа бездождных периодов за тёплый период года (до 9 случаев). При этом абсолютный максимум продолжительности бездождного периода (83 дня) был отмечен в Брагине в 1974 г., и лишь на 28 % рассматриваемых станций рекорды продолжительности были установлены после 1989 г. Период современного потепления также характеризовался трендами на увеличение числа бездождных периодов за тёплый период года и их максимальной продолжительности на большей части территории Беларуси.

Ключевые слова: изменения климата; бездождные периоды; засухливые явления; атмосферные осадки; агроклиматические ресурсы.

Для цитирования. Хитриков М. А., Мельник В. И., Буяков И. В. Бездождные периоды на территории Беларуси в условиях современного изменения климата // Природопользование. – 2024. – № 2. – С. 14–21.

RAINLESS PERIODS IN BELARUS UNDER THE CONDITIONS OF MODERN CLIMATE CHANGE

M. A. Khitrykau, V. I. Melnik, I. V. Buyakov

Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Abstract. The goal of this study was to investigate the duration of rainless periods and the number of their occurrences for the period of 1955–2023, as well as changes in these characteristics during the period of modern warming (since 1989). A rainless period was defined as a period of minimum duration of 10 days, during which no precipitation was observed or its amount was insufficient for plant growth and development. It was found that the average duration of rainless periods and the number of their occurrences during the warm period of the year (April–October) remained at the same level: 3–4 periods per year were observed on average, and their average duration was 16–17 days. The most significant changes for the period of modern warming were observed for the average of the maximum durations of rainless periods: its values predominantly increased by 2–3 days (at some stations – up to 5 days). It should be also noted that at 48 % of the stations under consideration new records of the number of rainless periods for the warm period of the year (up to 9 cases) were established. The absolute maximum of the duration of the dry period (83 days) was recorded in Brahyn in 1974, and only at 28 % of the stations under consideration, the records of duration were established after 1989. The period of modern warming was also characterised by trends for the increase in the number of rainless periods during the warm period of the year and their maximum duration over most of the territory of Belarus.

Keywords: climate change; rainless periods; droughts; precipitation; agroclimatic resources.

For citation. Khitrykau M. A., Melnik V. I., Buyakov I. V. Rainless periods in Belarus under the conditions of modern climate change. *Nature Management*, 2024, no. 2, pp. 14–21.

Введение. Важнейшей особенностью периода современного потепления являются изменения многих климатических характеристик, в особенности повторяемости и интенсивности неблагоприятных и опасных явлений погоды. Изменения наблюдаются и для показателей атмосферного увлажнения. Годовые суммы осадков на территории Беларуси в течение длительного периода, включая современный период потепления, изменялись незначительно. Статистически незначимое увеличение отмечается в пределах 3–5 % по всей территории страны с наибольшими значениями 5–7 % в северных районах [1]. При продолжающемся устойчивом повышении средних температур [2–5] отмечается перераспределение в характере выпадения осадков на протяжении года: так, зимой и в переходные сезоны наблюдается их незначительное повышение, наиболее выраженное на севере Беларуси [2, 3, 5]. Кроме того, растёт экстремальность выпадения осадков: начиная с конца 1980-х годов число дней с осадками интенсивностью более 10 мм/день выросло на 7,5 %, а число дней с осадками интенсивностью более 20 мм/день – на 20 % [6].

Учитывая данные обстоятельства, становится очевидным повышение риска засушливых явлений, которые являются наиболее губительными для растениеводства. Для оценки вероятности развития засух необходимо провести изучение изменений повторяемости и продолжительности бездождевых – периодов, когда выпадение атмосферных осадков не отмечалось или их количество было недостаточным для того, чтобы повлиять на влагосодержание почвы. Данное исследование особенно актуально, поскольку последнее комплексное исследование характеристик бездождевых в Беларуси проводилось в конце 1980-х годов [7], когда изменения климата ещё не были выразительными.

Первым этапом нового исследования бездождевых в Беларуси стала работа [8]. В целом же исследования бездождевых периодов как отдельной характеристики очень редки и в отечественной, и в зарубежной литературе. Они обычно рассматриваются как составная часть засушливых явлений. Можно отметить следующие работы, посвящённые изучению бездождевых периодов в Словакии [9], где они рассматриваются как фактор почвенной засухи, а также повторяемости бездождевых в Сербии [10], где они приравнены к атмосферной засухе. В странах СНГ работы, посвящённые бездождевым периодам, в последние годы не публиковались.

Методы и данные исследований. В настоящей работе для определения бездождевых периодов используются критерии, изложенные в работе [7]; согласно ним, под бездождевым периодом понимается отрезок времени минимальной продолжительностью 10 дней, в течение которых суточная сумма осадков не превышала 1 мм, а в последующем – с суточной суммой осадков менее 5 мм, если при делении количества осадков на число бездождевых дней (после первых 10), получается сумма менее 0,5 мм, так как при данных условиях атмосферные осадки будут неэффективны. Характеристиками бездождевых являются их средняя и максимальная продолжительность, а также число случаев за год или сезон.

Бездождевые периоды определялись на основе данных о суточных суммах осадков за тёплый период года (апрель – октябрь) начиная с 1955 г. до 2023 г. по 25 метеорологическим станциям Беларуси, имеющим непрерывные ряды данных за указанный период. Под указанное условие попадают следующие станции: Барановичи, Бобруйск, Борисов, Брагин, Брест, Василевичи, Верхнедвинск, Витебск, Вилейка, Волковыск, Гомель, Горки, Гродно, Житковичи, Жлобин, Лида, Марьина Горка, Минск, Могилёв, Новогрудок, Пинск, Полоцк, Пружаны, Славгород и Шарковщина. Это достаточно продолжительный период, позволяющий охватить как период современного потепления, так и предшествующие ему десятилетия. В Беларуси началом потепления является 1989 г. [11], поэтому в данной работе проводилось сопоставление двух периодов: 1955–1988 гг. и 1989–2023 гг. для оценки влияния современного потепления на характеристики бездождевых.

Согласно исследованию [7], до начала современного изменения климата средняя продолжительность бездождевых на территории Беларуси составляла от 15 дней в Витебской области до 17 дней в Полесском регионе, а всего за тёплый период года отмечалось в среднем 3–4 бездождевых периода. Рекорды продолжительности бездождевых наблюдались в Волковыске (55 дней) и Пинске (56 дней). В целом подобное распределение средних значений продолжительности бездождевых во многом схоже с распределением значений гидротермического коэффициента по Г. Т. Селянину [12]. Полесье – самый засушливый регион Беларуси, поэтому более продолжительные бездождевые там ожидаемы. Тот факт, что рекордные значения продолжительности бездождевых периодов отмечали на станциях, расположенных в западной части Беларуси, вероятно, связан с особенностями формирования блокирующих антициклонов над территорией восточной и центральной Европы, из-за которых вероятность появления периода с недостаточным количеством осадков выше именно в западной части Беларуси [13–15].

Для оценки изменений характеристик бездождевых периодов был проанализирован годовой ход числа случаев бездождевых, а также максимальные продолжительности бездождевых по годам на четырёх станциях: Василевичи, Волковыск, Марьина Горка и Шарковщина, представляющих разные регионы страны. Кроме того, данные станции расположены в малых городах, поэтому там отсутствует искажающий эффект городского острова тепла.

Результаты и их обсуждение. Изменения средней и максимальной продолжительностей бездождий представлены в картографической форме на рис. 1, а также осреднённые по административным областям – в табличной форме (см. таблицу) совместно с изменениями числа случаев бездождий за год. Учитывая, что скорость увеличения среднегодовой температуры в 4–5 раз выше скорости повышения годового количества осадков [4], ожидаемо, что климат становится более засушливым, и полученные нами результаты это подтверждают. Бездождные периоды регистрируются всё чаще, и они стали более продолжительными, однако наиболее значимые изменения свойственны экстремальным значениям: прирост средних значений за период современного потепления оказался небольшим и регистрировался не во всех регионах.

Так, согласно полученным нами данным, среднее число бездождий за тёплый период года в Беларуси за весь рассматриваемый период практически не изменилось и составило 3–4 случая, что сопоставимо с данными работы [7]; лишь на станции Брагин в среднем за тёплый период года отмечалось пять бездождных периодов. Как правило на станциях, расположенных в центральной и северной Беларуси, в 1955–1988 гг. число бездождий за тёплый период составляло три, а в Полесском регионе – четыре. В период 1989–2023 гг. на большей части станций центральной Беларуси среднее число бездождий за тёплый период года выросло. Всего же прирост средних значений отмечался на 9 из 25 рассмотренных станций. При осреднении значений получается, что лишь в Гродненской области в 1989–2023 гг. число бездождий за тёплый период года возросло, что может быть связано с сокращением количества осадков в западной Беларуси во время второй фазы современного потепления [2]. При этом следует отметить, что в период 1989–2023 гг. на половине рассматриваемых станций были обновлены рекорды по числу бездождий за тёплый период года, и ещё на семи станциях значения остались на том же уровне. Максимальное число бездождий за тёплый период года – 9 случаев (отмечалось в Брагине в период 1955–1988 гг. и в Гомеле в период 1989–2023 гг.). Такова главная особенность изменения характеристик бездождных периодов в настоящее время: средние значения выросли незначительно по сравнению с периодом, предшествовавшим современному потеплению, однако вероятность развития экстремумов стала выше. Кроме того, следует отметить, что тёплый период года без бездождий – очень редкое явление, которое было зарегистрировано лишь в 0,8 % всех случаев.

Характеристики бездождных периодов по административным областям Беларуси и их изменения за рассматриваемый период (1955–2023 гг.) с указанием станций, где были зарегистрированы наиболее продолжительные бездождья

Characteristics of rainless periods by administrative regions of Belarus over the period under consideration (1955–2023) with names of the stations where the longest rainless periods were recorded

Регион	Средняя продолжительность, дней	Среднее число случаев за год	Средний максимум продолжительности, дней	Максимальная продолжительность, дней	Максимальное число случаев за год
<i>Период 1955–1988 гг.</i>					
Брестская область	16	4	25	58 (Барановичи)	8
Витебская область	15	3	21	57 (Витебск)	7
Гомельская область	16	4	25	83 (Брагин)	9
Гродненская область	16	3	23	68 (Гродно)	6
Минская область	15	3	21	62 (Вилейка)	7
Могилёвская область	15	4	21	58 (Бобруйск)	7
Беларусь	16	4	23	83 (Брагин)	9
<i>Период 1989–2023 гг.</i>					
Брестская область	16	4	24	52 (Брест, Пинск)	7
Витебская область	16	3	23	69 (Шарковщина)	8
Гомельская область	16	4	25	46 (Брагин)	9
Гродненская область	16	4	23	69 (Волковыск)	8
Минская область	16	3	24	47 (Марына Горка)	7
Могилёвская область	16	4	23	52 (Бобруйск)	7
Беларусь	16	4	24	69 (Шарковщина)	9

Средняя продолжительность бездождий на территории Беларуси выросла на 1 день: с 15–16 дней в 1955–1988 гг. (что согласуется с данным Гольберга с соавт. [1]) до 16–17 дней в 1989–2023 гг., при этом ни на одной из рассмотренных станций прирост средних значений продолжительности не превышал двух дней. Наибольший прирост средней продолжительности отмечался в Витебской области и смежных с ней регионах, а в Полесье изменения были минимальными. Это согласуется с главной

особенностью современного изменения климата, заключающейся в том, что при продвижении на север масштаб и интенсивность климатических изменений увеличиваются [5]. Снижение средней продолжительности бездождий в 1989–2023 гг. относительно периода 1955–1988 гг. отмечалось на трёх станциях: Гродно, Гомель и Пружаны; величина снижения составила 1 день. Причина этого связана с региональными изменениями режима и количества выпадающих осадков во второй и третьей фазах современного потепления [3, 16]. Изменения средних максимумов продолжительности бездождных периодов на территории Беларуси были неоднородны. На 14 из 25 станций отмечался прирост значений на величину от 2–3 до 5 дней (наибольший прирост отмечался на станциях Минск и Борисов; см. рис. 1), при этом в Полесском регионе эти изменения были менее выражены (прирост составил 1–2 дня). Ещё на четырёх станциях значения средних максимумов бездождных периодов остались неизменными, а на семи наблюдалось их снижение на величину 1–2 дня (наиболее значимое снижение отмечалось в Гродно, и его величина составила 3 дня), которое происходило главным образом в Полесском и Предполесском регионах. Снижение значений средних максимумов продолжительности бездождных периодов в 1989–2023 гг. может быть объяснено региональными особенностями изменения количества осадков, например, их ростом в юго-восточной Беларуси, начиная со второй фазы периода современного потепления, а также локальными особенностями, влияющими на количество выпадающих осадков: характеристики подстилающей поверхности в указанных станциях могут способствовать более обильным осадкам (более 5 мм/сут, что прерывает бездождье) по сравнению с соседними. Произошли изменения и пространственного распределения средних максимумов продолжительности бездождий по территории страны: на территории восточного Предполесья и смежных с ним регионах, а также в западной части Витебской области образовались зоны повышенных значений, что может быть связано с рекордно продолжительными засухами, отмечавшимися в последние десятилетия, такими как события 2002, 2010 и 2018 г. Что касается абсолютных максимумов продолжительности бездождий, то на 16 из 25 рассматриваемых станций рекорды были установлены в период 1955–1988 гг., и лишь на семи из рассмотренных станций рекорды продолжительности бездождий были зафиксированы в период 1989–2023 гг. Кроме того, исторический рекорд продолжительности бездождного периода в 83 дня был установлен в Брагине в 1974 г. (см. рис. 1), ещё до начала выраженного потепления. Это объясняется серией сильных засух в 1960–70-е годы [17], а также тем фактом, что бездождные периоды такой большой продолжительности приурочены к блокирующим антициклонам – явлению нерегулярному; на их характеристики и повторяемость изменение климата не оказало значительного влияния [13–15]. По этой причине нельзя также выделить регион, где бы преобладали абсолютные максимумы, зарегистрированные в период с 1989 г.: они распределены по всей территории страны. Рекордная продолжительность бездождий в период современного потепления (69 дней) отмечалась на станциях Шарковщина в 2002 г. и Волковыск в 2019 г.

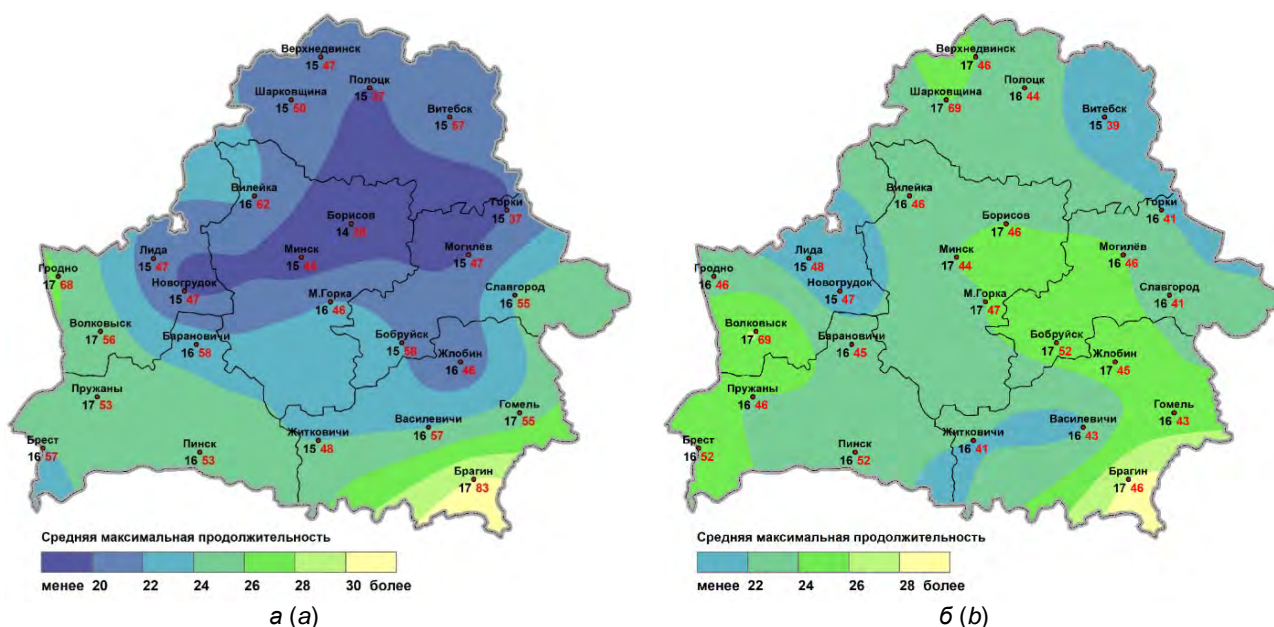


Рис. 1. Значения средней (цифры черного цвета), а также средней и абсолютной максимальной продолжительностей (цифры красного цвета) бездождных периодов в Беларуси за период 1955–1988 гг. (а) и 1989–2023 гг. (б)

Fig 1. Average (black numbers), average and absolute maximal durations (red numbers) of rainless periods in Belarus over the periods 1955–1988 (a) and 1989–2023 (b)

Число случаев бездождных периодов за тёплый период года и их максимальная продолжительность по станциям Василевичи, Волковыск, Марьяна Горка и Шарковщина представлены на рис. 2 и 3.

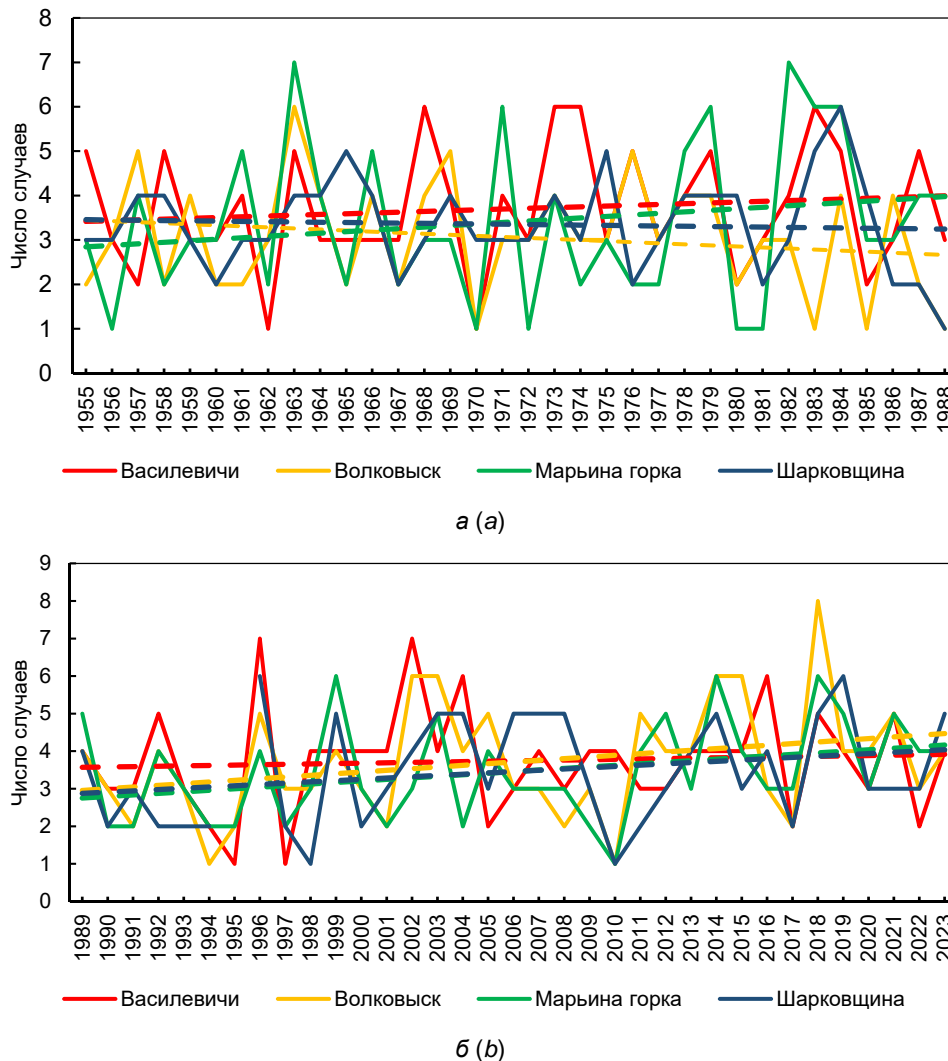


Рис. 2. Число бездождных периодов за год по станциям Василевичи, Волковыск, Марьяна Горка и Шарковщина за периоды 1955–1988 гг. (а) и 1989–2023 гг. (б)

Fig 2. Number of rainless periods per year in Vasilievičy, Vaŭkavysk, Mar'ina Horka and Šarkaušchna weather stations over the periods 1955–1988 (a) and 1989–2023 (b)

Изменения числа бездождных периодов за тёплый период года в 1955–1988 гг. и в 1989–2023 гг. имеют абсолютно разный характер (см. рис. 2). В период, предшествовавший современному потеплению, невозможно выделить общую тенденцию изменения для всей территории Беларуси: так, в Шарковщине число бездождий за тёплый период года оставалось примерно на одном уровне, в Волковыске оно уменьшалось, а в Василевичах и Марьиной Горке росло, причём Марьяна Горка из числа рассматриваемых станций оказалась единственной, где рекорд числа бездождий за тёплый период года (7 случаев) был установлен в 1955–1988 гг.; в Шарковщине он остался неизменным (6 случаев). В Василевичах и Волковыске наибольшее число бездождий за тёплый период года (7 и 8 случаев соответственно) было зарегистрировано в период 1989–2023 гг. В период современного изменения климата картина меняется: на большинстве станций наблюдается тренд на рост числа бездождий за тёплый период года, однако в Василевичах этот тренд оказался выраженным очень слабо (он практически остаётся на одном уровне). Причина этого заключается в усилении засушливости климата в тёплый период года в центральной и северной частях страны. Пропуск в ряде данных по станции Шарковщина в 1995 г. связан с тем, что в тёплый период этого года бездождий там зарегистрировано не было.

Тренды максимальной продолжительности бездождных периодов за каждый год в 1955–1988 гг. и 1989–2023 гг. также сильно различаются между собой (см. рис. 3). Так, период, предшествовавший современному потеплению, характеризовался слабым трендом на снижение максимальной продолжительности во всех регионах страны, за исключением восточного Полесья (станция Василевичи), где наблюдался слабый тренд на повышение продолжительности бездождий. Период 1989–2023 гг., как и в случае числа бездождий за год, характеризуется восходящим трендом на большей части территории страны, при этом наиболее выраженный тренд повышения максимальной продолжительности бездождий наблюдался на станции Волковыск. Исключением была станция Шарковщина, где в 1989–2023 гг. тренд не показывал никаких изменений. Эти особенности связаны с региональными различиями в изменении количества и режима выпадения осадков. Также следует отметить, что из четырех рассмотренных станций только в Василевичах максимальная продолжительность бездождья (57 дней) была зарегистрирована в период 1955–1988 гг. В Марьиной Горке (47 дней), Волковыске и Шарковщине (по 69 дней) максимальные значения были зарегистрированы в период 1989–2023 гг.

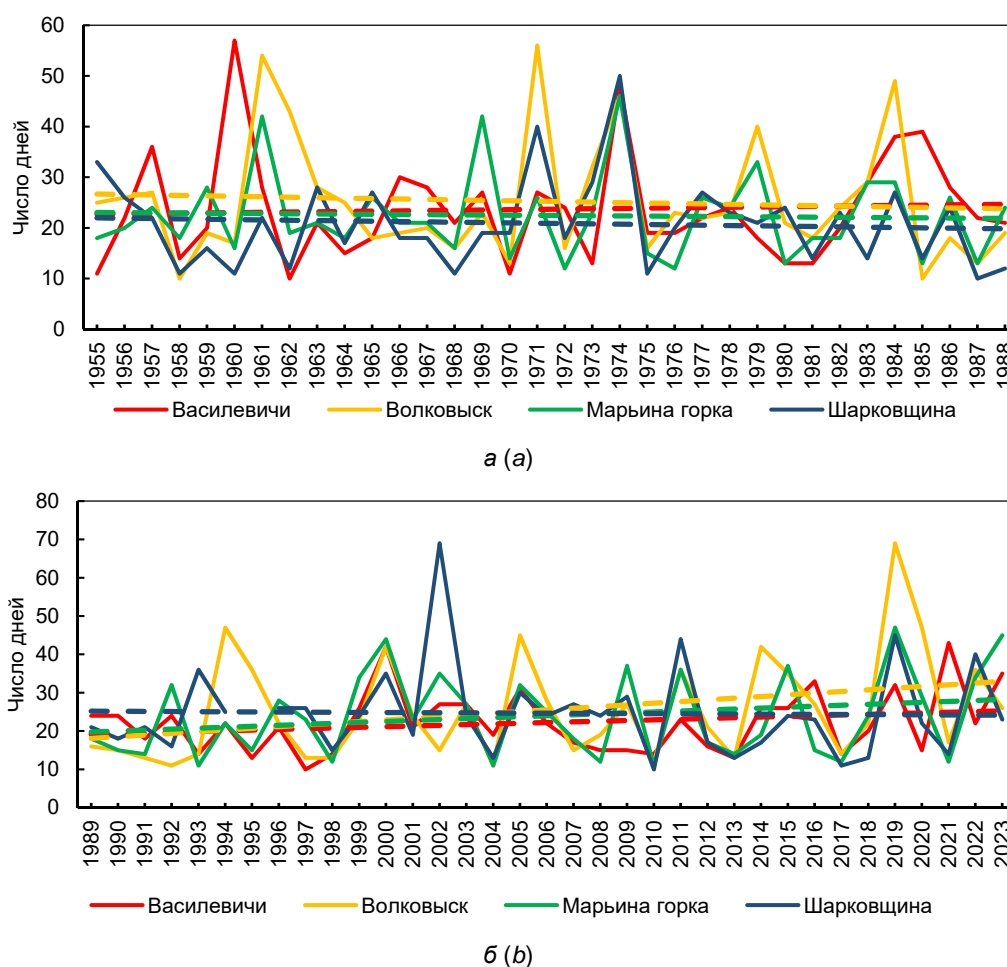


Рис. 3. Максимальная продолжительность бездождных периодов по годам на станциях Василевичи, Волковыск, Марьиная Горка и Шарковщина за периоды 1955–1988 гг. (а) и 1989–2023 гг. (б)

Fig 3. Maximal duration of rainless periods per year in Vasilevičy, Vaŭkavysk, Mar’ina Horka and Šarkauščyna weather stations over the periods 1955–1988 (a) and 1989–2023 (b)

Выводы.

1. Изменения термического и влажностного режимов, наблюдаемые в период современного потепления (с 1989 г.), не привели к существенным изменениям средних характеристик бездождных периодов: в течение последних 70 лет их среднее число за тёплый период года (апрель – октябрь) составляет 3–4, а их средняя продолжительность выросла с 15–16 дней в 1955–1988 гг. до 16–17 дней в 1989–2023 гг. Произошло сокращение разности средней продолжительности бездождий между севером и югом Беларуси приблизительно на 1 день.

2. Изменения экстремумов продолжительности и частоты бездождий за год за период современного потепления были более значимыми: на половине из рассматриваемых станций были обновлены рекорды частоты бездождий за тёплый период года (до 9 случаев), значения средних максимумов продолжительности преимущественно возросли на величину до 5 дней (в Полесском регионе – на величину до 2 дней) или остались на том же уровне, а средний максимум продолжительности по всей территории страны вырос с 23 до 24 дней. В то же время рекорды продолжительности бездождий в 1989–2023 гг. были обновлены лишь на 7 из 25 рассматриваемых станций (28 % от всех случаев). Тем не менее в период 1989–2023 гг. на большей части территории Беларуси оформились выраженные тренды на увеличение числа случаев бездождных периодов и их максимальной продолжительности.

3. Учитывая прогнозные показатели изменения климата в Беларуси [2, 3, 5], можно говорить об увеличении продолжительности бездождных периодов и числа их случаев в будущем.

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № X23КУБ-010).

Acknowledgements. The research was financially supported by the Belarusian Republic Fund for Fundamental Research.

Список использованных источников

1. Данилович, И. С. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси / И. С. Данилович, В. Ф. Логинов // Центральноазиатский журнал климатических исследований. – 2021. – № 1–2. – С. 35–48.
2. Логинов, В. Ф. Современные изменения климата / В. Ф. Логинов; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – СПб.: Гидротехпроект, 2024. – 267 с.
3. Логинов, В. Ф. Современные изменения регионального и глобального климата / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко. – Минск: Беларуская навука, 2019. – 314 с.
4. Хитриков, М. А. Оценка изменений и прогноз биоклиматического потенциала территории Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.03.08 / М. А. Хитриков; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск, 2021. – 24 с.
5. Логинов, В. Ф. Изменения климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования / В. Ф. Логинов, С. А. Лысенко, В. И. Мельник. – 2-е изд. – Минск: Энциклопедикс, 2020. – 264 с.
6. Логинов, В. Ф. Изменения характеристик увлажнения на территории Беларуси в 1955–2019 гг. / В. Ф. Логинов, М. А. Хитриков // Природные ресурсы. – 2020. – № 2. – С. 78–93.
7. Гольберг, М. А. Опасные явления погоды и урожай / М. А. Гольберг, Г. В. Волобуева, А. А. Фалей. – Минск: Ураджай, 1988. – 120 с.
8. Хитриков, М. А. Бездождные периоды на территории Белорусского Полесья за период 2000–2022 гг. / М. А. Хитриков, В. И. Мельник // Природнае асяроддзе Палесся і навукова-практычныя аспекты рацыянальнага рэсурсакарыстання: зб. навук. прац XI Міжнар. навук. канф., Брэст, 11–13 вер. 2024 г. / Нац. акад. навук Беларусі, Палес. аграр.-экалаг. ін-т; рэдкал.: М. В. Міхальчук (гал. рэд.) [і інш.]. – Брэст: Альтэрнатыва, 2024. – С. 96–99.
9. Analysis of non-rainfall periods and their impact on the soil water regime [Electronic resource] / M. Gomboš [et al.]. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82399>. – Date of access: 03.10.2024.
10. Srdjevic, B. Stochastic processes of extreme rainless periods in Serbia / B. Srdjevic, Z. Srdjevic, P. Benka // International Journal of Climatology. – 2020. – Vol. 41, iss. S1. – P. E1119–1136.
11. Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / В. И. Мельник; Бел. гос. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.
12. Нацыянальны атлас Беларусі / Камітэт па зямельных рэсурсах, геадэзіі і картаграфіі пры Савеце Міністраў Рэсп. Беларусь; рэдкал.: М. У. Мясніковіч [і інш.]. – Мінск: Белкартаграфія, 2002. – 292 с.
13. Пространственно-временные изменения циклогенеза и режима осадков в Атлантико-Европейском секторе в 1979–2019 гг. / И. С. Данилович [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2024. – № 5. – С. 17–30.
14. Tomczyk, A. M. Heat waves in Central Europe and their circulation conditions / A. M. Tomczyk, E. Bednorz // International Journal of Climatology. – 2016. – Vol. 36. – P. 770–782.
15. Strong heat and cold waves in Poland in relation with the large-scale atmospheric circulation / A. M. Tomczyk [et al.] // Theoretical and Applied Climatology. – 2019. – Vol. 137. – P. 1909–1923.
16. Логинов, В. Ф. Сезонные особенности изменения климата Беларуси / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка // Природопользование. – Минск, 2014. – Вып. 25. – С. 16–22.
17. Логинов, В. Ф. Экстремальные климатические явления: пространственно-временные закономерности их изменений и предпосылки прогнозирования / В. Ф. Логинов, Ю. А. Бровка. – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2012. – 132 с.

References

1. Danilovich I. S., Loginov V. F. *Tekuschie i ozhidayemye izmeneniya klimata na territorii Belarusi* [Current and expected climate changes over the territory of Belarus]. *Central'noaziatskiy zhurnal klimaticheskikh issledovaniy = Central Asian J. of the Geographical Researches*, 2021, no. 1–2, pp. 35–48. (in Russian)
2. Loginov V. F. *Sovremennye izmeneniya klimata* [Modern climate changes]. Saint Petersburg, Gidrotekhproekt Publ., 2024, 267 p. (in Russian)
3. Loginov V. F., Lysenko S. A. *Sovremennye izmeneniya regional'nogo i global'nogo klimata* [Modern changes in regional and global climate]. Minsk, Belaruskaja navuka Publ., 2019, 314 p. (in Russian)
4. Khitrykau M. A. *Ocenka izmeneniy i prognoz bioklimaticheskogo potentsiala Belarusi* [Estimation of changes and forecast of bioclimatic potential of Belarus]. PhD geogr. sci. abstract diss.]. Minsk, 2021, 24 p. (in Russian)
5. Loginov V. F., Lysenko S. A., Mel'nik V. I. *Izmenenie klimata Belarusi: prichiny, posledstviya, vozmozhnosti regulirovaniya* [Climate change in Belarus: causes, consequences, and regulatory opportunities]. Minsk, Enciklopediks Publ., 2018, 218 p. (in Russian)
6. Loginov V. F., Khitrykau M. A. *Izmeneniya kharakteristik uvlazhneniya na territorii Belarusi* [Changes in humidification characteristics on the territory of Belarus in 1955–2019]. *Prirodnye resursy = Natural Resources*, 2020, no. 2, pp. 78–93. (in Russian)
7. Gol'berg M. A., Volobuyeva G. V., Faley A. A. *Opasnye yaveniya pogody i urozhay* [Weather hazards and crop harvest]. Minsk, Uradzhay Publ., 1988, 120 p. (in Russian)
8. Khitrykau M. A., Mel'nik V. I. *Bezdozhdnye periody na territorii Belorusskogo Poles'ya za period 2000–2022 gg.* [Rainless periods on the territory of Belarusian Polesie in 2000–2022]. *Zbornik navykovykh prac XI Mižnarodnaj konferencyi "Pryrodnaje asiaroddzie Paliessia i navukova-praktyčnuja aspiekty racyjanalaha resursakarystannia"* [Proc. XI Int. sci. conf. "Natural environment of Polesie and scientific-practical aspects of rational use of resources"]. Brest, 2024, pp. 96–99. (in Russian)
9. Gomboš M., Kandra B., Tall A., Pavelková A. Analysis of Non-Rainfall Periods and Their Impact on the Soil Water Regime. Available at: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.82399> (accessed November 3, 2024).
10. Srdjevic B., Srdjevic Z., Benka P. Stochastic processes of extreme rainless periods in Serbia. *Int. J. of Climatology*, 2020, vol. 41, iss. S1, pp. E1119–1136.
11. Mel'nik V. I. *Vliyanie izmeneniya klimata na agroklimaticheskie resursy i produktivnost' osnovnykh sel'skohozyaystvennykh kul'tur Belarusi* [Effect of climate warming on the agroclimatic resources and productivity of main crops in Belarus]. PhD geogr. sci. abstract diss.]. Minsk, 2004, 21 p. (in Russian)
12. *Nacyjanal'ny atlas Belarusi* [National atlas of Belarus]. Minsk, Belkartahrafija Publ., 2002, 292 p. (in Belarusian)
13. Danilovich I. S., Akperov M. G., Beganskiy A. V., Dembickaya M. A. *Prostranstvenno-vremennye izmeneniya ciklogeneza i rezhima osadkov v Atlantiko-Evropeyskom sektore v 1979–2019 gg.* [Spatiotemporal Changes in Cyclogenesis and Precipitation Regime over the Euro-Atlantic Sector in 1979–2019]. *Meteorologiya i gidrologiya = Meteorology and Hydrology*, 2024, no. 5, pp. 17–30. (in Russian)
14. Tomczyk A. M., Bendorz E. Heat waves in Central Europe and their circulation conditions. *Int. J. of Climatology*, 2016, vol. 36, pp. 770–782.
15. Tomczyk A. M., Bednorz E., Pótrolniczak M., Kolendowicz L. Strong heat and cold waves in Poland in relation with the large-scale atmospheric circulation. *Theoretical and Applied Climatology*, 2019, vol. 137, pp. 1909–1923.
16. Loginov V. F., Brovka Y. A. *Sezonnye osobennosti izmeneniya klimata Belarusi* [Seasonal features of climate changes in Belarus]. *Prirodopol'zovaniye = Nature Management*, 2014, iss. 25, pp. 16–22. (in Russian)
17. Loginov V. F., Brovka Y. A. *Ekstremal'nye klimaticheskie yavleniya: prostranstvenno-vremennye zakonomernosti ikh izmeneniy i predposylki prognozirovaniya* [Extreme climatic phenomena: spatial and temporal patterns of their changes and preconditions for forecasting]. Minsk, 2012, 132 p. (in Russian)

Информация об авторах

Хитриков Максим Александрович – кандидат географических наук, научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: m.a.hitrykau@gmail.com

Мельник Виктор Иванович – кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Буйков Иван Васильевич – младший научный сотрудник, Институт природопользования НАН Беларуси (ул. Ф. Скорины, 10, 220076, г. Минск, Беларусь). E-mail: buyakov-ivan@mail.ru

Information about the authors

Maksim A. Khitrykau – Ph. D. (Geography), Senior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: m.a.hitrykau@gmail.com

Victor I. Melnik – Ph. D. (Geography), Leading Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: v.melnik2016@mail.ru

Ivan V. Buyakov – Junior Researcher, Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences of Belarus (10, F. Skoriny Str., 220076, Minsk, Belarus). E-mail: buyakov-ivan@mail.ru