

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСАДКОВ В ПЕРИОД ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

И. В. Тарасевич¹, Ю. А. Гледко², И. С. Данилович³

¹Аспирант, Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики, г. Минск, Беларусь, ira5582831@yandex.by

²Кандидат географических наук, доцент, заведующий кафедрой, Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики, г. Минск, Беларусь, gledko74@mail.ru

³Кандидат географических наук, доцент, ведущий научный сотрудник,
1) Институт природопользования НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь;
2) Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики, г. Минск, Беларусь irina-danilovich@yandex.ru

Аннотация

Рассмотрены пространственно-временные закономерности распределения осадков на территории Беларуси по данным наблюдений за период 1989–2020 гг. Выполнена оценка динамики характеристик осадков за период потепления климата. Установлены тенденции изменения месячных сумм осадков. Отмечается увеличение повторяемости засушливых условий в летние месяцы на фоне роста интенсивности выпадения осадков.

Ключевые слова: атмосферные осадки, засухи, антициклоны, климат.

SPATIAL AND TEMPORAL PATTERNS OF PRECIPITATION DISTRIBUTION DURING CLIMATE CHANGE IN THE TERRITORY OF BELARUS

I. V. Tarasevich, Yu. A. Gledko, I. S. Danilovich

Abstract

The spatial and temporal patterns of precipitation distribution on the territory of Belarus according to observations for the period 1989-2020 are considered. The dynamics of precipitation characteristics over the period of climate warming has been evaluated. The trends of changes in monthly amounts of sieges have been established. There is an increase in the frequency of arid conditions in summer months against the background of an increase in the intensity of precipitation.

Keywords: precipitation, droughts, anticyclones, climate.

Введение. В связи с продолжающимся периодом заметного изменения климата, неоднородным пространственным распределением трендов осадков и усилением засушливости территории Беларуси, актуальность детальных иссле-

дований пространственно-временных закономерностей распределения осадков в условиях изменения климата является несомненной и необходима для разработки мер адаптации к негативным климатическим изменениям.

Цель исследования – провести оценку динамики характеристик осадков за период потепления. Объект исследования – распределение осадков на территории Беларуси в период изменения климата. Предмет – пространственно-временные закономерности распределения осадков в условиях изменения климата.

Достоверность полученных результатов базируется на использовании фактических данных Государственного климатического кадастра Республики Беларусь, представленных месячными и годовыми суммами осадков по 12 метеорологическим станциям наблюдательной сети Белгидромета Минприроды за период 1989–2020 гг. В работе использованы научные издания, монографии таких авторов, как: Бровка Ю. А., Буяков И. В., Волчек А. А., Гледко Ю. А., Гончар А. Г., Данилович И. С., Журавович Л. Н., Квач Е. Г., Логинов В. Ф., Лысенко С. А., Мельник В. И., Пискунович Н. Г., Хомич В. С., Чернышов В. Д. и др.

Современные изменения климата, уже произошедшие и ожидаемые в дальнейшем, оказывают и будут оказывать влияние на экстремальность климата. Это отмечено в Четвертом оценочном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [17].

По своим физическим законам глобальное потепление должно сопровождаться изменениями гидрологического цикла, которые могут проявляться в увеличении интенсивности осадков, числа экстремумов и др., хотя существуют и компенсационные механизмы, которые могут уменьшить эти эффекты [18]. И в ряде регионов обнаруживается увеличение интенсивности осадков по данным наблюдений [19].

Согласно [12, 13], в XXI в. ожидается постепенное усиление тенденции к увеличению годовых сумм осадков на территории России, но наиболее значительное придется на зиму. В летний сезон увеличение осадков ожидается только на севере и востоке России. В южных регионах [12, 13] летом возможно небольшое уменьшение количества осадков. Важно также иметь в виду, что усиление потепления будет сопровождаться увеличением доли конвективных осадков и уменьшением осадков из облаков слоистых форм. Неопределенность оценок изменения количества осадков в южных регионах России, отмеченная в работе [12, 13], согласуется с оценкой характера потенциальной предсказуемости продолжительных засух на Североамериканском континенте.

Оценка климатических изменений основывается на данных специализированных наблюдений, которые проводились в России на всей территории в разных природных зонах в течение нескольких десятилетий. В середине 1980-х годов сеть резко сократилась, уменьшился и объем наблюдений. В бывших республиках СССР складывается аналогичная ситуация с наблюдениями. На территории Украины наблюдения продолжаются в основном на сельскохозяйственных полях [20, 21]. В Казахстане и Армении наблюдения ведутся по со-

кращенной программе. При этом в Республике Беларусь удалось сохранить наблюдательную сеть практически на уровне 1980-х годов [8].

Вопрос изучения климата территории Беларуси освещен в ряде работ. В работе [14] показано, что в период 1900–2014 гг. колебания годовой температуры на территории Беларуси находятся около климатологической нормы (1881–1990 гг.). Современный период потепления на территории Беларуси отмечается с 1989 года, превышение среднегодовой температуры воздуха за период 1989–2019 гг. по сравнению с нормой 1961–1990 гг. составило 1,3° С [15]. В работе [9] установлено, что в первую часть развития потепления (1989–1999 гг.) наибольшие изменения были характерны для холодной части года (январь–апрель), с 2000–х гг. отмечается смещение потепления климата на вторую половину года (июль–декабрь). Согласно работам [10, 11], среднее годовое количество осадков в Беларуси в конце XX века существенно не изменилось.

В статье [6] проведено исследование современных и ожидаемых изменений в режиме увлажнения на территории Беларуси. Выполнена оценка динамики средних и экстремальных характеристик осадков и показателей засушливости климата за 1948–2019 гг., а также ожидаемых изменений в режиме увлажнения в 2021–2099 гг. В исследовании говорится о прогнозируемом увеличении продолжительности засушливых периодов в летне-осенний сезон, что свидетельствует о дальнейшем нарастании экстремальности климата. Показывается рост максимальных сумм осадков на 30 % во все летние месяцы.

Материалы и методы. В качестве района исследования выступает Республика Беларусь. Территория Беларуси находится в переходной зоне между севером, где наблюдается увеличение осадков, и югом, где отмечается уменьшение осадков. За последнее тридцатилетие, которое охватывает период изменения климата Беларуси (1989–2020 гг.), не отмечаются значимые изменения годовых сумм осадков, но в то же время отмечаются более частые засушливые явления.

В данной работе использовались количественные характеристики Государственного климатического кадастра Республики Беларусь, который находится в ведении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Перечень метеорологических станций, по которым использовались данные наблюдений с характеристиками, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень метеорологических станций

Название станции	Местоположение	Индекс ВМО	Высота над уровнем моря, м
Бобруйск	Бобруйск, Могилевская область	26961	156
Борисов	Борисов, Минская область	26759	189
Брест	Брест, Брестская область	33008	146
Гомель	Гомель, Гомельская область	33041	126
Гродно	Гродно, Гродненская область	26825	134
М. Горка	Марьина Горка, Минская обл.	26855	177
Минск	Минск, Минская область	26850	225
Полоцк	Полоцк, Витебская область	26653	133
Витебск	Витебск, Витебская область	26666	176

Название станции	Местоположение	Индекс ВМО	Высота над уровнем моря, м
Могилев	Могилёв, Могилевская область	26863	193
Орша	Орша, Витебская область	26763	185
Горки	Горки, Могилевская область	26774	205

Для количественной оценки распределения осадков выполнен факторный анализ, который в качестве исходных метеорологических параметров включает месячные суммы осадков (P_{1-12} , мм).

Для пространственного анализа в работе использованы географические и картографические методы. По полученным данным произведено картографирование величин сумм осадков с использованием информационной системы для картографии ArcGIS.

Результаты и обсуждение. С учетом накопленных материалов наблюдений и в связи с наблюдаемыми изменениями в структуре выпадения осадков в последние 30 лет, которые свидетельствуют о нарастании экстремальности климата, требуется проведение современной оценки режима увлажнения в период изменения климата.

По данным метеорологических наблюдений за период с 1989 по 2020 гг. составлены таблицы годовых сумм осадков и произведена выборка сумм осадков за теплый период (таблица 2). Осадки в основном зависят от географического положения, характера рельефа и процессами атмосферных циркуляций. Распределение осадков определяется внешними условиями, такими как характер подстилающей поверхности и рельеф местности. Западный перенос воздушных масс определяет уменьшение осадков к юго-востоку.

Таблица 2 – Суммы осадков теплого периода (апрель–октябрь) с 1989 по 2020 гг.

Год / станция	Полоцк	Орша	Борисов	М.Горка	Минск	Гродно	Бобруйск	Могилев	Горки	Брест	Гомель
1989	584	438	570	476	550	365	455	533	433	380	311
1990	589	492	502	404	524	417	475	488	460	403	549
1991	467	523	413	352	385	299	446	407	550	242	459
1992	427	409	367	281	346	359	369	352	389	464	325
1993	521	552	502	406	500	440	437	454	447	347	525
1994	415	329	405	316	444	384	419	289	292	390	386
1995	554	544	532	349	353	420	359	441	493	506	416
1996	362	381	419	333	417	378	452	293	312	395	399
1997	508	561	616	507	495	414	587	577	468	514	430
1998	703	694	779	713	747	433	597	618	636	436	514
1999	253	279	287	344	305	350	366	326	389	436	604
2000	465	504	536	341	348	292	341	433	431	429	495
2001	507	533	585	434	486	460	452	406	374	516	460
2002	334	346	396	387	412	305	476	387	316	355	367
2003	561	531	434	431	455	416	443	415	561	287	500
2004	460	347	485	455	527	363	459	355	287	367	336

Год станция	Полоцк	Орша	Борисов	М.Горка	Минск	Гродно	Бобруйск	Могилев	Горки	Брест	Гомель
2005	517	424	433	429	518	404	375	491	473	289	385
2006	557	539	627	443	598	344	373	440	522	485	582
2007	387	447	309	320	362	353	430	386	485	408	401
2008	555	422	482	501	481	446	468	364	408	438	371
2009	570	517	586	619	625	487	545	641	551	501	618
2010	505	401	625	475	585	458	373	392	409	511	387
2011	421	381	418	469	479	295	449	355	443	420	374
2012	476	557	447	431	544	334	519	563	673	427	571
2013	435	432	387	314	378	422	376	369	409	425	433
2014	454	301	433	371	455	338	388	377	369	391	482
2015	300	306	280	323	331	267	290	302	224	349	303
2016	511	417	466	510	516	375	417	421	501	431	437
2017	579	551	527	509	552	456	449	474	551	507	389
2018	410	439	354	382	448	353	376	478	380	464	417
2019	488	425	423	363	421	287	360	369	369	373	317
2020	472	490	462	375	397	379	414	449	504	408	429

Центральная часть республики является более возвышенной, в связи с этим она получает больше осадков. Несмотря на достаточное количество выпадающих осадков, в отдельные годы на территории республики наблюдаются засушливые явления.

По собранным данным построены графики распределения сумм осадков по областям в тёплый сезон (рисунок 1). Дополнительно были построены графики за холодный сезон и годовые суммы осадков. По полученным графическим материалам можно сделать вывод о том, что за многолетний период на большинстве исследуемых станциях отмечается тенденция понижения сумм осадков в теплый период (апрель–октябрь).





Рисунок 1 – Графики распределения сумм осадков по областям в тёплый период (апрель–октябрь) с 1989 по 2020 гг.

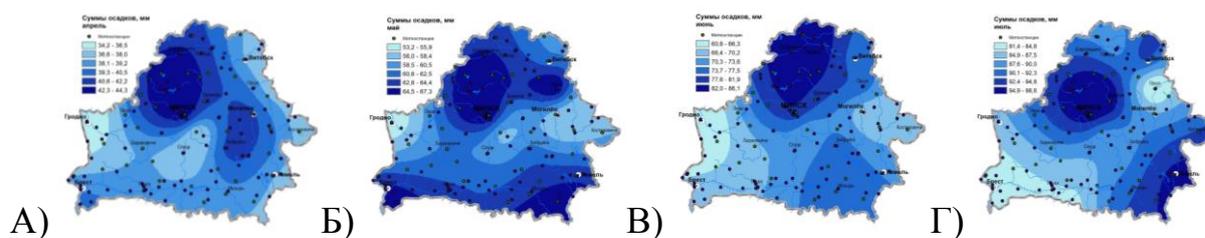
Месячные суммы осадков имеют четко выраженный годовой ход. Осадки тёплого времени года в большей степени связаны с ливневыми дождями, поэтому велика их изменчивость. В течение года максимум наблюдается в холодный период года, с ноября по январь осадки возможны практически каждый день, и в июле, минимум наблюдается весной и ранней осенью.

По данным инструментальных наблюдений на 12 метеостанциях составлена таблица 3. В таблице представлены осредненные суммы осадков по месяцам в теплый сезон (апрель–октябрь) за период с 1989 по 2020 гг.

Таблица 3 – Суммы осадков теплого периода (апрель–октябрь) с 1989 по 2020 гг.

Станция / Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Бобруйск	40,7	60,9	75,6	89,2	56,8	51,3	55,3
Борисов	41,3	62,7	79,3	97,2	75,7	61,2	54,1
Брест	39,0	65,1	67,5	82,1	69,7	56,3	41,3
Гомель	38,1	63,8	73,4	95,6	57,3	54,0	55,7
Гродно	34,4	53,7	60,9	86,3	60,5	51,5	41,5
М. Горка	36,8	58,4	71,3	89,8	64,3	50,1	49,4
Минск	43,1	66,0	80,0	97,0	71,8	56,4	54,3
Полоцк	40,5	62,9	84,3	89,2	74,7	62,5	65,0
Витебск	38,0	61,5	75,6	92,2	79,7	65,4	67,0
Орша	38,8	65,7	75,4	81,4	72,2	59,7	57,5
Могилев	40,8	57,2	68,5	87,7	64,8	52,3	54,9
Горки	38,0	59,5	71,0	85,0	73,7	54,1	59,0

По данным таблицы 3 построены карты распределения сумм осадков на территории республики Беларусь (рисунок 2).



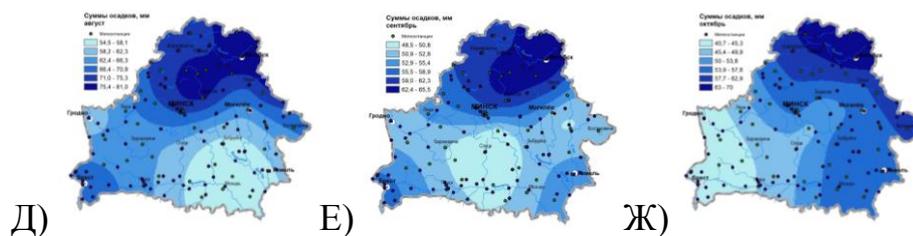


Рисунок 2 – Распределение месячных сумм осадков за апрель–октябрь в период 1989–2020 гг.

Анализ выпадения осадков на исследуемой территории за период изменения климата (1989–2020 гг.) показывает, что их количество в целом по стране существенно не изменилось. Следует отметить незначительное увеличение количества осадков холодного периода и уменьшение количества осадков теплого периода.

В среднем за последние тридцатилетие в теплое время недобор осадков отмечен в апреле, июне и особенно в августе, а также в сентябре (рисунок 2).

В период потепления произошли изменения в распределении осадков по территории республики, отмечается увеличение их контрастности. В отмеченный период потепления заметно увеличилась внутригодовая неравномерность выпадения осадков.

Период потепления климата в Беларуси связан с нарастанием экстремальности режима выпадения осадков. Увеличение неравномерности выпадения осадков и повышение температуры воздуха на территории Беларуси вызвали увеличение повторяемости засух. В годы периода потепления, а именно 1989–2020 гг., в основном отмечались засушливые условия на протяжении двух и более месяцев в период активной вегетации растений. Наблюдается рост повторяемости засух во всех областях страны. Последствия современного изменения климата проявляются в перераспределении количества осадков в годовом цикле, а именно уменьшение осадков в отдельные месяцы тёплого периода года и увеличение в холодное время года, что приводит к формированию новых климатических условий и оказывает существенное влияние на погодозависимые секторы экономики.

Территория Беларуси располагается в переходной зоне между севером, где отмечается увеличение осадков и югом, где наблюдается уменьшение осадков. За последние 30 лет отсутствуют значимые изменения годовых сумм осадков, но в то же время засушливые явления отмечаются более часто.

Изменение условий увлажненности территории страны и речного стока в апреле–октябре в течение периода потепления (1989–2020 гг.) относительно предшествующего периода характеризуется дифференциацией во времени и пространстве. В бассейне реки Западной Двины отмечается увеличение месячных сумм осадков по сравнению с предшествующим периодом. Отмечается возрастание продолжительности периодов без осадков и одновременно рост суточных максимумов осадков. В бассейне Немана зафиксирован недобор осадков в период потепления по сравнению с предшествующими периодами.

Наиболее значимый дефицит осадков наблюдался в августе. В бассейне Днепра, верховье и нижняя часть, характеризуются достаточным увлажнением в период потепления, в средней части отмечен недобор осадков. В бассейне Припяти отмечено увеличение осадков, несмотря на небольшой недобор осадков в июне и значительный недобор в августе.

Заключение. Согласно проведенного исследования, период потепления климата отмечается трансформацией структуры выпадения осадков в теплый период года (с апреля по октябрь), а именно их значимый рост в мае и июле в центральной и южной частях страны и снижение в августе, несмотря на отсутствие значимых изменений в режиме осадков в годовом разрезе.

В летний сезон осадки характеризуются пространственной неоднородностью. Наблюдается снижение продолжительности их выпадения на исследуемой территории (за исключением севера страны) и рост максимальных сумм осадков во все летние месяцы, что свидетельствует об увеличении повторяемости засушливых периодов. Пространственное распределение осадков в период 1989–2020 гг. характеризуется увеличением осадков на севере страны в период с апреля по октябрь. В бассейне Немана отмечено снижение осадков. В бассейне Днепра в целом режим увлажнения характеризуется приростом осадков. В бассейне Припяти зафиксировано увеличение осадков.

Список цитированных источников

1. Бровка, Ю. А, Буяков, И. В. Изменение гидротермического коэффициента и повторяемости экстремальных условий увлажнения на территории Беларуси в период потепления климата. // Природопользование. – 2020; 2:5–18. DOI: 10.47612/2079-3928-2020-2-5-18.

2. Волчек, А. А. Водные ресурсы Беларуси и их прогноз с учетом изменения климата / А. А. Волчек, В. Н. Корнеев. – Брест : Альтернатива, 2017. – 240 с.

3. Гледко, Ю. А, Гончар, А. Г. Региональное распределение ущерба последствий опасных метеорологических явлений на территории Беларуси // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сборник научных статей Международной научно-практической конференции; 23–25 апреля 2014 г.. – Брест : БрГТУ; 2014. – Ч. 2. – С. 107–112.

4. Данилович, И. С, Гайер, Б. Моделирование изменений температуры воздуха и осадков по декадам текущего столетия для территории Беларуси // Природные ресурсы. – 2018. – № 1. – С. 102–114.

5. Данилович, И. С., Пискунович, Н. Г. Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2021. – № 2. – С. 32–44.

6. Данилович, И. С., Пискунович, Н. Г. Экстремальные проявления в режиме увлажнения на территории Беларуси в условиях трансформации климата // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. – 2021 – № 2. – С. 32–44. <https://doi.org/10.33581/2521-6740-2021-2-32-44>

7. Данилович, И. С., Логинов, В. Ф. Текущие и ожидаемые изменения климата на территории Беларуси // Центральноазиатский журнал географических исследований. – № 1–2. – 2021. – С. С. 35–48.
8. Логинов, В. Ф., Волчек, А. А. Водный баланс речных водосборов Белоруссии / А. А. Волчек, В. Ф. Логинов. – Минск : Тонпик, 2006. – 160 с.
9. Логинов, В. Ф., Лысенко, С. А., Мельник, В. И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. – Минск : Энциклопедикс; 2020. – 218 с.
10. Логинов, В. Ф., Лысенко, С. А., Мельник, В. И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. 2-ое изд. – Минск : УП «Энциклопедикс», 2020. – 264 с.
11. Мельник, В. И., Буяков, И. В., Чернышов, В. Д. Изменения количества и вида атмосферных осадков в холодный период на территории Беларуси в условиях современного потепления климата // Природные ресурсы. – 2019. – № 2. – С. 44–51.
12. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – Том I : изменения климата. – М. : Росгидромет, 2008. – 227 с.
13. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – Том II : Последствия изменений климата, М. : Росгидромет, 2008. – 288 с.
14. Подгорная, Е., Мельник, В., Комаровская, Е. Особенности изменения климата на территории Беларуси в последние десятилетия // Труды Гидрометеорологического научного центра Российской Федерации. – 2015. – № 358. – С. 112–120.
15. Хомич, В. С, руководитель. Разработать прогноз состояния окружающей среды Беларуси на период до 2035 года: отчет о НИР (промежуточный). – Минск : Институт природопользования НАН Беларуси; 2020. — 315 с. По государственной регистрации 20192690.12.
16. Мельник, В. И, Буяков, И. В, Чернышев, В. Д. Изменения количества и вида атмосферных осадков в холодный период на территории Беларуси в условиях современного потепления климата // Природопользование. – 2019. – № 2. – С. 44–51.
17. American Meteorological Society, 1997. Meteorological drought — Policy statement, Bull. Amer. Meteorol. Soc., vol. 78, pp. 847–849, <http://www.ametsoc.org/policy/drought2.html>.
18. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 2007b. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L.Parry, O.F.Canziani, J.P.Palutikof, P.J. van der Linden, and C.E.Hanson (eds.).
19. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, 2007a. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S.Solomon, D.Qin, M.Manning, Z.Chen, M.Marquis, K.B.Averyt,

M.Tignor, and H. L.Miller (eds.), Cambridge, UK, Cambridge University Press, 996 p.

20. Groisman P.Ya., Knight R.W., Easterling D.R., Karl T.R., Hegerl G.C., and Razuvaev V.N., 2005. Trends in intense precipitation in the climate record, *J. Climate*, vol. 18, pp. 1326–1349.

21. Robock A., Vinnikov K.Y., Srinivasan G., Entin J.K., Hollinger S.E., et al., 2000. The Global Soil Moisture Data Bank, *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, No. 81, pp. 1281–1299.

22. Robock A., Mingquan Mu, Vinnikov K., Trofimova I.V., and Adamenko T.I., 2005. Forty five years of observed soil moisture in the Ukraine: No summer desiccation (yet), *Geophys. Res. Lett.*, vol. 32, L03401, doi: 10.1029/2004GL021914.

23. Schubert S.D., Suarez M.J., Pegion P. J., Koster R.D., and Bacmeister J.T., 2008. Potential predictability of long-term drought and pluvial conditions in the U.S. Great Plains, *J. Climate*, vol. 21, pp. 802–816.