

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВУЛКАНИЗМА на климатические условия Беларуси



Кристина Макар,
специалист по обеспечению
учебного процесса кафедры
физической географии мира
и образовательных технологий
факультета географии
и геоинформатики БГУ

Согласно трудам известного вулканолога Е.К. Мархинина [1], проявления вулканизма – один из важнейших и наиболее характерных для земной коры геологических процессов, имеющих огромное значение для формирования атмосферы нашей планеты. Более того, в истории известно множество случаев, когда вулканическая активность становилась причиной изменения климата. По вопросам вулканологии проведено множество исследований, за всю историю наблюдений собрано огромное количество информации, включающей различные аспекты данной темы. И хотя взаимосвязь между вулканической деятельностью и погодными условиями изучается уже более 200 лет, нужно отметить, что только в последнюю четверть века наметились подходы к разрешению ряда проблем в этой области, и при этом, несмотря на явный прогресс, многие из них все еще остаются нерешенными [2].

Анализируя широкий спектр изысканий таких ученых, как В.Ф. Логинов [3–7] и др., можно получить достаточно полное представление о том, как именно вулканические явления воздействуют на динамику климатических условий планеты в целом и внетропических широт в частности, в том числе и Северного полушария.

Однако многочисленные работы по данной проблематике не дают точного описания влияния вулканизма на метеорологические условия конкретно Беларуси. Существуют исследования, которые лишь косвенно указывают на связь с отдельными климатическими элементами на ее территории [8–10]. Тема актуальна не только для жителей нашей страны, но и для всего мира, так как эффект от вулканических извержений, отражающийся на метеоусловиях, прослеживается по всему земному шару, включая и регионы, в которых нет активных вулканов.

Гипотеза исследования основывается на предположении о том, что вулканическая активность может выступать одним из факторов, формирующих изменение климатических условий, в том числе радиационный баланс, температуру, осадки и циркуляционные процессы, и в более долгосрочной перспективе отражаться на природной среде. Однако масштабы и характер этих изменений на определенной территории, такой как Беларусь, остаются недостаточно изученными и требуют исследования. Исходя из сказанного, цель данной работы – описание влияния вулканической активности на набор климатических параметров нашей страны.

В основу исследования положены материалы, почерпнутые из научных книжных изданий [4, 6, 10], статей [3, 5, 7–9], а также ряда электронных ресурсов [11–17], использовались данные за период 1960–2023 гг. Исследовались следующие физические параметры: среднегодовая прямая, рассеянная

и суммарная солнечная радиация; среднегодовая и среднесезонная температура воздуха; среднегодовое и среднесезонное количество осадков. Для их анализа были выбраны метеостанции «Шарковщина», «Минск» и «Василевичи», находящиеся в разных регионах Беларуси.

Метеорологическая информация о солнечной радиации была предоставлена Республиканским центром по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды. Помимо этого сведения о температуре и осадках подчерпнуты из материалов справочно-информационного портала «Погода и климат».

Для анализа применялись методические подходы таких авторов, как В.Н. Киселев, Е.В. Матюшевская, А.Е. Ярот, П.А. Митрахович [8–10].

Для построения графиков, отражающих ход физических параметров за выбранный период исследований, использовалась программа Microsoft Excel 2019 (версия 2408). Наложение на графики текстовой части осуществлялось с помощью Adobe Illustrator 2021, построение карт и картосхем – пакета программ ArcGIS, а именно ArcMap 10.7 и ArcCatalog 10.7.

Для выполнения данной работы были использованы контент-анализ, геоинформационное картографирование, классификационный, статистический, сравнительно-географический, аналитический методы.

Большую часть научной информации по тематике влияния вулканических извержений на климат Земли можно встретить в многочисленных зарубежных работах и статьях. Некоторые из них носят чисто обзорный характер, однако встречаются и те, которые описывают результаты оригинальных исследований и экспериментов. Надо отметить, что в Беларуси данная тема не получила широкого распространения – в первую очередь из-за отсутствия вулканов на территории страны, а также действующих за ее пределами поблизости. Однако некоторые из отечественных ученых затрагивали проблему воздействия вулканической активности на климат, в большей степени – Северного полушария. К примеру, в работе В.Ф. Логинова и Ю.А. Боровка дается оценка роли аэрозолей естественного (вулкано- и биогенного) и антропогенного происхождения в формировании изменений климата планеты в 1881–2022 гг. (период инструментальных наблюдений), определяются и описываются временные рамки доминирования вышеупомянутых факторов [3]. Трудов, связанных с масштабным изучением связи вулканизма с климатом Беларуси, нет; во многих можно встретить лишь упоминания о том, что

такая связь присутствует. Тем не менее есть работы, касающиеся воздействия извержений на отдельные метеорологические элементы, такие как фотосинтетическая активная солнечная радиация (ФАР), а также на природные составляющие, например хвойные леса республики.

Так, в статье Е.В. Матюшевской и В.Н. Киселева приводится региональный анализ изменчивости ФАР за 1968–2013 гг. в Белорусском Поозерье и рассматриваются факторы, влияющие на нее на территории республики; в числе последних выделяются извержения вулканов [8]. По мнению авторов, одним из регуляторов притока солнечной радиации является аэрозольное содержание атмосферы. Анализируется поступление в воздушные массы нашей страны и состав природного аэрозоля, одним из источников происхождения которого выступают вулканические извержения.

В конечном итоге авторы приходят к выводу, что наиболее вероятной причиной изменчивости ФАР на севере Беларуси послужила динамика аэровулканического аэрозоля, на которую наложились региональные условия увлажненности, отражающие содержание водяных паров в воздушном бассейне [8].

Опосредованное влияние вулканов на климат нашей страны также можно проследить через их воздействие на хвойные леса, а точнее, на величину радиального прироста, который может служить индикатором изменения погодно-климатической обстановки [9].

Так как территория государства достаточно удалена от действующих вулканов, в экологических изысканиях по лесной тематике вулканическая проблематика практически не нашла отражение, поэтому работа [9] является одной из немногих в нашей стране, рассматривающих данный аспект.

В результате исследований была установлена и прослежена связь в цепи: вулканические извержения – увеличение замутненности атмосферы – уменьшение притока солнечной радиации – аномальные морозы при маломощном снежном покрове или без него – повреждение корневой системы – усыхание ели. А продукционный процесс сосновых и еловых лесов в зональных условиях Беларуси отражает изменения в природной обстановке, вызванные глобальными последствиями вулканических извержений [9].

Несмотря на огромный вклад ученых в рассмотрение данной проблемы, необходимо провести более обширные исследования воздействия вулканизма на климат Беларуси. Это позволит получить

Год	VEI 4	Вулкан		VEI 5	Вулкан		VEI 6	Вулкан	
		СП	ЮП		СП	ЮП		СП	ЮП
1963	-	-	-	1	-	Агунг	-	-	-
1964	1	Шивелуч	-	-	-	-	-	-	-
1965	1	Тааль	-	-	-	-	-	-	-
1966	2	Аву	Келуд	-	-	-	-	-	-
1968	1	-	Фернандина	-	-	-	-	-	-
1973	1	Чачадаке (Тятя)	-	-	-	-	-	-	-
1974	1	Фуэго	-	-	-	-	-	-	-
1975	1	Толбачик	-	-	-	-	-	-	-
1976	1	Августин	-	-	-	-	-	-	-
1980	-	-	-	1	Сент-Хеленс (Св. Елены)	-	-	-	-
1981	2	Паган Алаид	-	-	-	-	-	-	-
1982	1	-	Галунггунг	1	Эль-Чичон	-	-	-	-
1983	1	-	Коло	-	-	-	-	-	-
1986	3	Ключевской Чикораки Августин							
1990	1	-	Келуд	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	1	-	Серро-Хадсон	1	Пинатубо	-
1992	1	Спурр	-	-	-	-	-	-	-
1993	1	-	Ласкар	-	-	-	-	-	-
1994	1	-	Рабаул	-	-	-	-	-	-
1999	1	Шивелуч		-	-	-	-	-	-
2000	1	-	Улавун	-	-	-	-	-	-
2002	2	Руанг	Ревентадор	-	-	-	-	-	-
2004	1	-	Манам	-	-	-	-	-	-
2006	1	-	Рабаул	-	-	-	-	-	-
2008	3	Касаточи; Окмок	Чайтен						
2009	1	Пик Сарычева	-	-	-	-	-	-	-
2010	2	Эйяфьядлайёкюдль	Мерапи	-	-	-	-	-	-
2011	2	Набро Гримсвотн	-	1	-	Пуйеуэ- Кордон Каулле	-	-	-
2013	1	Синабунг	-	-	-	-	-	-	-
2014	3	-	Манам Семеру Келуд						



2015	2	Вулф	Кальбуко	-	-	-	-	-	-
2017	1	-	Семеру	-	-	-	-	-	-
2019	2	Синабунг	Улавун	-	-	-	-	-	-
2020	2	Суфриер Сент-Винсент Тааль							
2021	1	Фукутоку-Окано-Ба	-	1	-	Хунга-Тонга- Хунга Хаапай	-	-	-

Таблица. Зарегистрированные извержения вулканов в Северном (СП) и Южном (ЮП) полушариях с VEI от 4 до 6 за период 1960–2023 гг. (годы без описанных событий не вносились). Составлено автором по [11]

более точное понимание того, как именно вулканическая активность в мире повлияла на динамику метеоусловий в конкретной стране. Автор данной работы стремится выяснить масштабы и характер взаимосвязи между этой активностью и набором климатических параметров в пределах территории республики.

Для того чтобы определить, насколько существенно такое влияние, необходимо сопоставить ряды климатических данных с известными извержениями. Однако воздействовать на погодные условия страны, в достаточной степени удаленной от активно действующих вулканов, могут только те из них, сила извержения которых равна или больше показателя VEI 4 [10]. VEI (Volcanic Explosive Index) – индекс вулканической эксплозивности, разработанный в 1982 г., является относительной мерой взрывоопасности вулканических извержений. В связи с этим была составлена подборка таких случаев по всему миру за рассматриваемый временной отрезок, то есть за период 1960–2023 гг. (таблица).

На рис. 1 отображено пространственное распределение вулканов, описанных в таблице.

После крупномасштабного извержения вулкана Агунг (1963–1964 гг.) практически по всему миру наблюдалась вулканическая активизация – мощные извержения ряда вулканов, представленных в таблице.

Как уже описывалось ранее, климатические эффекты вулканической деятельности наиболее полно проявляются в том полушарии, где произошла инъекция вулканического аэрозоля, другими словами – выбросы при вулканическом извержении.

При этом также необходимо учитывать и особенности атмосферной циркуляции. Так, территория нашей страны расположена в зоне западного переноса воздушных масс. В атмосферу над всей Беларусью поступают аэрозоли с воздушными потоками, фор-

мирующимися за ее пределами, различного происхождения, в том числе и вулканогенного.

Однако это не означает, что на климатические параметры республики могут повлиять лишь извержения вулканов в Северном полушарии: достаточно мощная вулканическая активность в Южном также может стать причиной стойких погодных изменений.

Вероятнее всего, на аэрозольное содержание атмосферы над нашей страной оказывала воздействие наиболее выраженная активность следующих вулканов: Сент-Хеленс (Св. Елены) в США (1980 г.), Эль-Чичон в Мексике (1982 г.) и Пинатубо на Филиппинах (1991 г.), а также извержения исландских вулканов при западном переносе воздушных масс и некоторых других – Шивелуч (1964 г.), Тааль (1965, 2020 гг.), Толбачик (1975 г.), Августин (1976, 1986 гг.), Галлунгунг (1982 г.), Коло (1983 г.), Эйяфьядлайёкюдль (2010 г.) [8], Суфриер (2020 г.), Фукутоку-Ока-но-Ба (2021 г.).

Для того чтобы более детально отследить влияние вулканической активности на климат Беларуси, были выбраны следующие климатические параметры: солнечная радиация (прямая, рассеянная, суммарная), температура воздуха и осадки по данным метеостанций «Шарковщина», «Минск» и «Василевичи». Указанные пункты метеонаблюдений взяты за основу не случайно: «Шарковщина» в физико-географическом отношении соответствует Белорусскому Поозерью, «Минск» – центральному региону страны, «Василевичи» – белорусской части Полесья (рис. 2). Так как актинометрические наблюдения в выбранных локациях в значительной степени отражают ситуацию с состоянием атмосферы над всем югом, центром и севером республики соответственно, данные этих метеостанций способствуют наиболее полному репрезентативному определению искомых закономерностей, связанных с влиянием извержений вулканов на климат нашей страны.

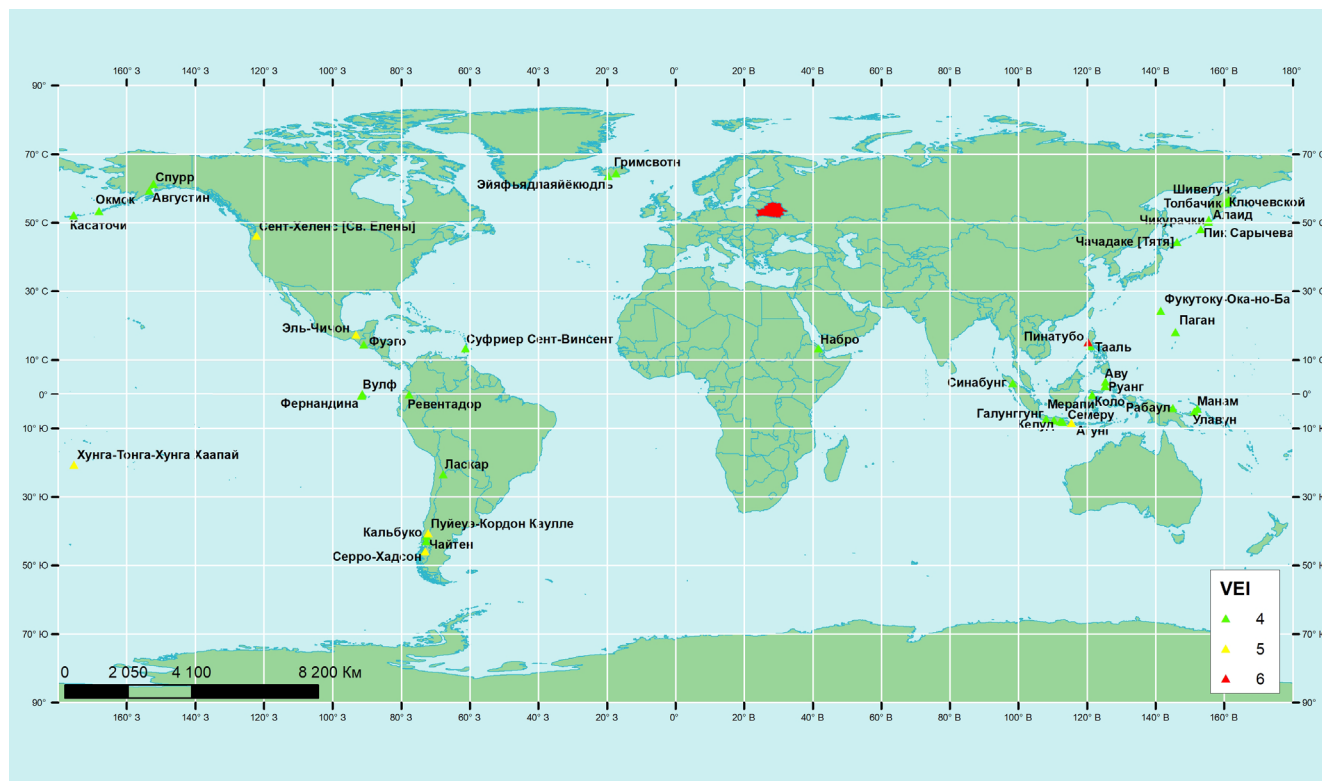


Рис. 1. Зарегистрированные извержения вулканов с VEI от 4 до 6 за период 1960–2023 гг. Составлено автором по [11]

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ. За период наблюдений, и особенно стабильно со второй половины 1970-х гг., рассеянная радиация преобладала над прямой. Это явление, наблюдавшееся вплоть до середины 1990-х гг. по всем метеостанциям, стало следствием увеличившейся аэрозольной замутненности атмосферы. Более того, для самого процесса наблюдений верна и обратная зависимость: о замутнении воздушной массы можно судить именно по значительному превышению рассеянной радиации над показателями прямой. Как следствие, сравнивая значения суммарной радиации в период до и после извержения, можно наблюдать тенденцию к ее уменьшению после извержения.

За все время наблюдений, исходя из графика на рис. 3, максимальная непрозрачность атмосферы отмечалась на метеостанции «Василевичи» в 1967 г. (2323 МДж/м²). Довольно высокие значения рассеянной радиации были отмечены здесь также в 1965 и 1970 гг. Однако эти пики, вероятнее всего, обусловлены интенсивной мелиорацией с последующим освоением осушенных торфяников и опустошительными пожарами, наблюдавшимися на территории Полесья в середине 1960-х гг., либо стали проявлением накопительного эффекта от ряда вул-

канических извержений. В частности, рост показателя в 1965 г. мог быть связан с активностью вулканов Шивелуч (п-ов Камчатка, Россия) и Тааль (Филиппины) [10].

Представляет интерес и пока не подтвержденная, с точки зрения влияния вулканизма, замутненность атмосферы в 1976 г., когда произошел резкий подъем рассеянной солнечной радиации (наблюдался с 1975 по 1976 г.), причем отчетливее всего это прослеживается на метеостанции «Шарковщина». Одной из возможных причин этого всплеска могло послужить извержение вулкана Толбачик на Камчатке в 1975 г. – самое известное и мощное (VEI=4+) в истории (Большое трещинное Толбачинское извержение).

Значительная замутненность атмосферы, по данным метеостанции «Василевичи», наблюдалась в 1980 г. после майского извержения вулкана Сент-Хеленс, выбросы которого в течение двух недель накрыли не только запад США, но и все Северное полушарие [10].

Наиболее интересным представляется период 1982–1983 гг., отмеченный резким подъемом рассеянной радиации, зафиксированным на всех выбранных метеостанциях: «Василевичи» –

2303 МДж/м²; «Минск» – 2275 МДж/м²; «Шарковщина» – 2202 МДж/м² (необходимо отметить, что для первой это был 4-й максимум, а для двух последних – максимальные показатели за весь период наблюдений). Данный всплеск объясняется мощным извержением вулкана Эль-Чичон (Мексика) в 1982 г., а также накопительным эффектом от активности Галунггунга (Индонезия) и Коло (Курильские о-ва, Россия).

После 1986 г. на графике можно выделить незначительное увеличение рассеянной и, как следствие, падение прямой радиации, вероятной причиной чего могло послужить извержение вулкана Августин на Аляске. Начавшись 27 марта, оно продолжалось до 31 августа 1986 г., продлившись, таким образом, около 5 месяцев.

Далее по графику прослеживается очищение атмосферы от вулканического аэрозоля вплоть до извержения Пинатубо (Филиппины, 1991 г.). Затем значимое замутнение атмосферы пришлось на 1992 г., когда значения рассеянной радиации составили 2100, 2197 и 2110 МДж/м² для метеостанций «Василевичи», «Минск» и «Шарковщина» соответственно, что стало следствием выбросов ранее упомянутого Пинатубо.

Начиная с 1993 г. атмосфера очищалась от вулканических частиц, на что указывает скачкообразное возрастание прямой радиации. Однако в 2010 г. на метеостанции «Шарковщина» наблюдался рост показателя рассеянной радиации на 317 МДж/м² по сравнению с 2009 г. Причиной этого могло стать извержение исландского Эйяфьядлайёкюдля (20 марта – 23 июня 2010 г.), так как его выбросы распространились по континенту вплоть до северной части нашей страны.

Кроме того, обращает на себя внимание увеличение прямой радиации по метеостанции «Шарковщина» в период с 2020 по 2022 г.; это может быть следствием извержений вулканов Суфриер (Сент-Винсент и Гренадины) и Фукутоку-Ока-но-Ба (Япония).

ТЕМПЕРАТУРА. График многолетней динамики температур представлен на рис. 4. Согласно приведенным данным, после крупных вулканических извержений на широте Беларуси отмечается закономерное падение среднегодовой температуры воздуха.

Так, из графиков, составленных на основе данных всех метеостанций, можно заметить резкое похолодание, сопоставимое с влиянием вулканической активности, в следующие периоды: 1964–1965 гг. (извергались вулканы Шивелуч и Тааль), 1975–1976 гг.



Рис. 2. Расположение выбранных метеостанций на территории исследований. Составлено автором

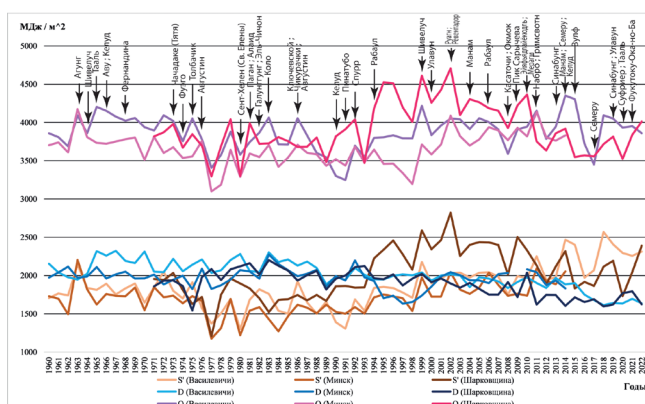


Рис. 3. Динамика прямой (S'), рассеянной (D) и суммарной (Q) радиации на территории Беларуси по данным метеостанций «Василевичи», «Минск», «Шарковщина» за 1960–2022 гг. (стрелками указаны вулканические извержения). Составлено автором по сведениям, предоставленным Матюшевской Е.В. и ГУ «Белгидромет»

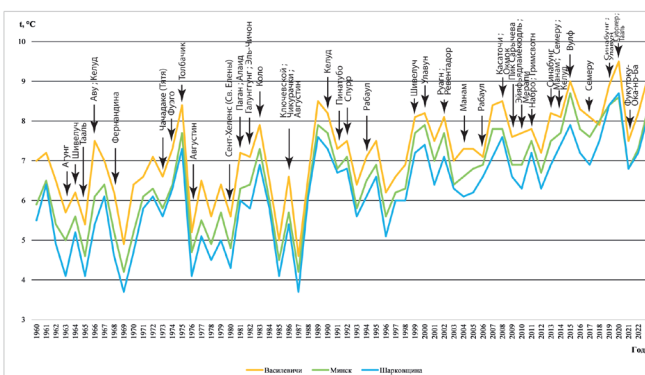
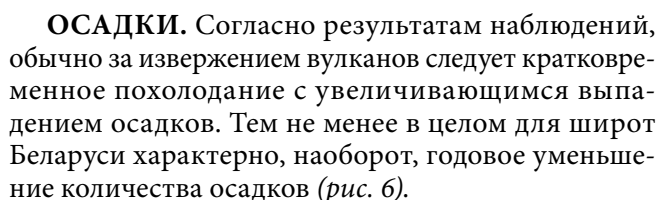


Рис. 4. Динамика среднегодовой температуры на территории Беларуси по данным метеостанций «Василевичи», «Минск», «Шарковщина» за 1960–2023 гг. (стрелками указаны вулканические извержения). Составлено автором по [12–14]

Существуют различия в ходе изменения температуры после вулканических извержений в зависимости от сезона года. Для того чтобы проследить подобные особенности, были составлены графики динамики температуры по сезонам (рис. 5).

Как правило, после извержений наблюдаются тенденции увеличения зимних и снижения весенних, осенних и летних температур. Однако существует различные факторы, которые могут нарушить данные закономерности, к примеру задерживающее влияние океана, сезон, в который происходит извержение, и т.д.



Так, зимой и весной в большинстве случаев будет наблюдаться тенденция к увеличению количества выпадающих осадков, а летом и осенью – к уменьшению.

Наблюдается связь вулканических извержений и климата Беларуси в целом, однако эффект не столь велик в силу расположения государства, в значи-

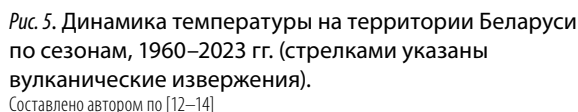


Рис. 6. Динамика осадков на территории Беларуси по данным метеостанций «Василевичи», «Минск», «Шарковщина», 1960–2023 гг. (стрелками указаны вулканические извержения). Составлено автором по [15–17]

- увеличение рассеянной и уменьшение прямой солнечной радиации;
- общее снижение температуры воздуха, при этом наибольшее – весной, осенью и летом при росте зимой;

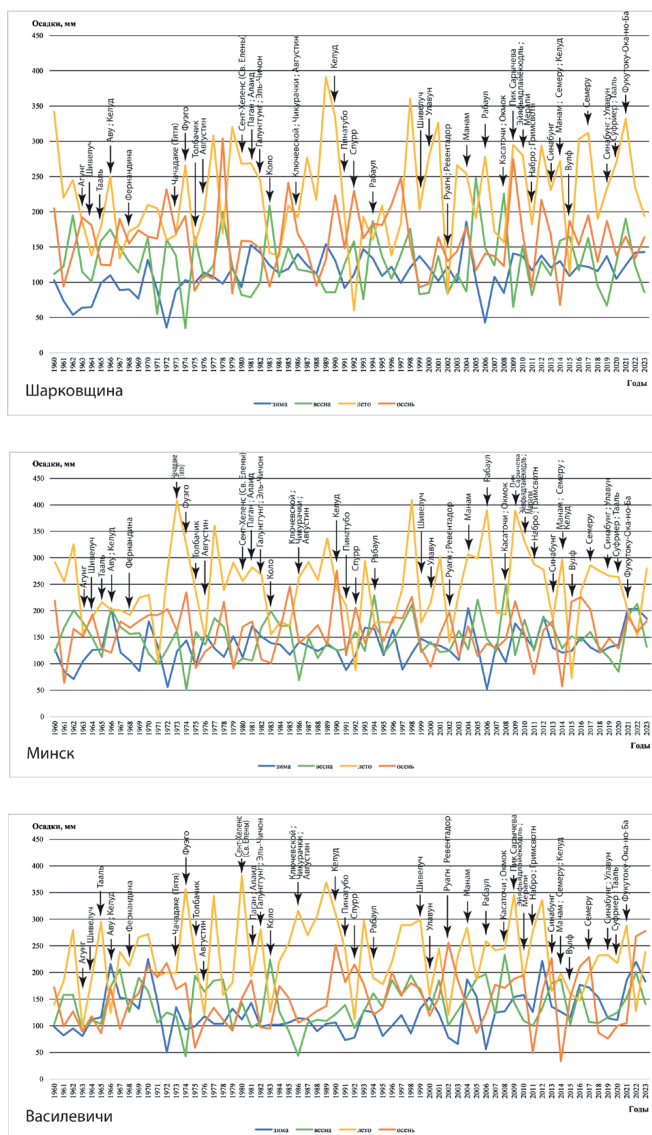


Рис. 7. Динамика осадков на территории Беларуси по сезонам года, 1960–2023 гг. (стрелками указаны вулканические извержения).

Полученные в ходе исследования результаты в виде аналитического отчета, содержащего анализ и графическую интерпретацию данных климатических параметров, сравнительный анализ климатических условий в периоды с ощущаемой вулканической активностью и без нее, итоговую оценку влияния вулканических извержений на климат Беларуси – все эти сведения могут быть использованы как для общего просвещения и развития, так и для других научно-исследовательских работ, потенциально связанных с данной темой; материалы самой работы могут применяться как основа для научных презентаций, статей и учебных пособий. 

1. Мархинин Е.К. Вулканы и жизнь – М., 1980.
2. Муравьев Я.Д. Вулканические извержения и климат // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2007. №2. С. 71–82.
3. Логинов В.Ф., Бровка Ю.А. Периоды доминирования влияния естественных и антропогенных факторов на климат // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2022. Т. 4, №4. С. 381–400.
4. Логинов В.Ф. Глобальные и региональные изменения климата: причины и следствия – Минск, 2008.
5. Логинов В.Ф. Климатическая и экологическая безопасность Республики Беларусь // Проблемы анализа риска. 2007. Т. 4, №1. С. 6–15.
6. Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. – Минск, 1992.
7. Логинов В.Ф. Радиационные факторы и доказательная база изменений климата // Солнечно-земная физика. 2012. №21. С. 3–9.
8. Матюшевская Е.В., Киселев В.Н. Изменчивость фотосинтетически активной радиации за 1968–2013 гг. в Белорусском Поозерье // Весці БДПУ. Сер. 3, 2015, №3. С. 18–24.
9. Киселев В.Н. [и др.]. Влияние вулканических извержений на хвойные леса Беларуси // Лесное и охотничье хозяйство. 2006. №2. С. 27–31.
10. Хвойные леса Беларуси в современных климатических условиях (дендроклиматический анализ) / В.Н. Киселев, Е.В. Матюшевская, А.Е. Яротов, П.А. Митрахович // под общ. ред. В.Н. Киселева. – Минск, 2010.
11. Global Volcanism Program. What was erupting in the year...? // <https://volcano.si.edu/faq/index.cfm?question=eruptionsbyyear>.
12. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Василевичах // <http://www.pogodaiklimat.ru/history/33038.htm>.
13. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Минске // <http://www.pogodaiklimat.ru/history/26850.htm>.
14. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Шарковщине // <http://www.pogodaiklimat.ru/history/26643.htm>.
15. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Минске // http://www.pogodaiklimat.ru/history/26850_2.htm.
16. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Василевичах // http://www.pogodaiklimat.ru/history/33038_2.htm.
17. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Шарковщине // http://www.pogodaiklimat.ru/history/26643_2.htm.