

Особенности пространственно-временной динамики количества атмосферных осадков на северо-западе Украины в связи с изменением климата

С.В. Будник

Центральная геофизическая обсерватория им. Б. Срезневского,
Украина, 08028, г. Киев, проспект Науки, д. 39, корпус 2;

* Адрес для переписки: svetlana_budnik@ukr.net

Аннотация. Представленное исследование посвящено анализу пространственно-временных изменений количества атмосферных осадков за год и характеристик хода дождей на северо-западе Украины. На современном этапе изменения климата на северо-западе Украины наблюдается общая тенденция увеличения количества осадков за год. Исследование линейных трендов многолетних рядов наблюдений за количеством атмосферных осадков за год показало, что эта тенденция не одинакова по территории и зависит от высоты и широты местности. Получена качественная оценка распределения по территории неоднородности роста количества атмосферных осадков за год. Количество осадков меняется и в пространстве, и во времени, однако распределение характеристик самих дождей (интенсивность, продолжительность и др.) остаются подобными по всей территории. Выявленные особенности изменения количества осадков в пространстве и времени могут быть полезными при изучении особенностей увлажнения территории, прогнозировании наводнений, изменения эрозионной активности и адаптации к изменению климата.

Ключевые слова. Характеристики осадков, тренд, территория, метеостанция, многолетние наблюдения.

Peculiarities of the spatial and temporal dynamics of precipitation in north-western Ukraine in relation to climate change

S.V. Budnik

Boris Sreznevsky Central Geophysical Observatory,
building 2, 39, Nauki Avenue, 08028, Kyiv, Ukraine 08028,

*Corresponding author: svetlana_budnik@ukr.net

Abstract. The presented study is devoted to the analysis of spatial and temporal changes in the amount of atmospheric precipitation for a year and the course of rainfall characteristics in the northwest of Ukraine. At the present stage of climate change in the north-west of Ukraine there is a general tendency of precipitation

amount per year increase. Study of tangents of slope angles of linear trends of multiyear series of observations of annual amount of atmospheric precipitation has shown that this trend is not the same over the territory and depends on the altitude and latitude of the area. A qualitative assessment of the distribution over the territory of the heterogeneity of annual precipitation growth was obtained. The amount of precipitation changes both in space and time, but the distribution of the characteristics of the rains themselves (intensity, duration and others) continues to be similar across the territory. The identified features of changes in the amount of precipitation in space and time can be useful in studying the unevenness of moistening of the territory, forecasting flooding, changes in erosion activity and adaptations before changes of a climate.

Keywords. Characteristics of precipitations, a trend, territory, a meteorological station, long-term supervision.

Введение

Исследование изменения количества атмосферных осадков в пространстве и времени проводилось и проводится постоянно и для разных регионов земного шара (Бабиченко, 1961; Вишневский, 1964; Алибегова, 1985; Захарова, 2004; Гордейчук, Волошина, 2004; Мохов и др., 2006; Будник, 2016; Neelina et al., 2017; De Paola et al., 2014; Nandargi, Mulye, 2012; Rufo-Hill et al., 2017; Climatic changes..., 2018). Результаты этих исследований находят применение в различных моделях и прогностических схемах многих отчетов и руководств, как по прогнозированию последствий изменений, так и адаптации к ним территорий и населения (Bates et al., 2008; Huffman et al., 2009; Liu et al., 2012; Попова и др., 2019, Изменение климата и безопасность, 2017; Carey-Smith, et al., 2018; Projecting Rainfall Intensity..., 2019; NCCS report..., 2018; De Gaetano, Castellano, 2017; Stormwater drainage manual..., 2018). Эти исследования постоянно дополняются и расширяются, открывая новые стороны столь важного компонента климата и его изменения. Изучаются, как соотношение самих характеристик атмосферных осадков (их количество, интенсивность, продолжительность и др.), так и их распределение по территории, влияние на них циклонической деятельности и т.п.

Для территории Украины установлено, что характеристики атмосферных осадков во многом определяются направлением перемещающихся воздушных масс (Навроцкая, 1984). Наибольший вклад в сумму осадков за теплый период вносят осадки, связанные с северо-западными фронтами и центрами циклонов (Навроцкая, 1991). П.И. Кобзинским и Л.Ю. Науменко (1988) отмечается, что в целом над степной зоной Украины (май-август 1981-1984 гг.) осадки наблюдаются при западном переносе воздушных масс. Пространственная изменчивость осадков находится в обратной зависимости от их продолжительности (Мельничук, 1972). По Е.Е. Корниенко и И.А. Курейко (1971) с увеличением слоя осадков доля площади, занимаемой ими, уменьшается. Значительное влияние на поля внутримассовых осадков оказывает удаленность от моря (Навроцкая, 1991). Это подтверждает влияние бризов на

внутримассовые осадки и положения траекторий циклонов на циклонические осадки. На распределение фронтальных осадков море не оказывает существенного влияния, его определяют обостренность фронта и удаление от центра циклона.

А.А. Врубелевская и В.В. Павлова (1985) установили, что наибольшее количество осадков, выпадающих на территории Украины, связано с западными и юго-западными процессами, наименьшее – с северо-западными и частными циклонами. Максимальная суточная сумма осадков отмечается в Полесье и лесостепной зоне Украины. В целом по территории Украины осадки убывают в восточном и юго-восточном направлении.

По данным (Ефимова и др., 1996) за период с 1967 г. по 1990 г. на Европейской территории СССР южнее 60° с.ш. осадки существенно увеличились, наиболее существенное увеличение произошло в летний сезон. Выпадающие осадки были преимущественно фронтального происхождения.

Есть мнение (Полонский и др. 2013), что в процессе регионального потепления климата вклад интенсивных осадков в общее их количество не возрастает, а, напротив, на большей части территории Украины, на которой регистрируется рост приземной температуры, отмечаются значимые отрицательные тенденции в их временном ходе. Однако исследования (Прокофьев, 2015) сезонной динамики крупномасштабных и конвективных осадков на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион, выявили превышение (в 2 раза) количества ливневых осадков над обложными осадками.

В целом в Украине отмечается существенное отличие температурно-влажностного режима между десятилетиями конца XX и начала XXI ст. (Мартазинова и др., 2016).

Согласно Е.А. Черенковой (2017) увлажнение территории Восточно-Европейской равнины, в изменении которого решающую роль играют вариации атмосферных осадков, подвержено сильной межгодовой изменчивости. Ею выявлена и исследована пространственная структура отклика сезонных осадков, выпадающих на Восточно-Европейской равнине, на долгопериодные изменения атмосферных процессов над северной Атлантикой. Наиболее существенное влияние они оказывают на формирование среднего многолетнего количества осадков весной и летом. Особенно чувствительные к этому влиянию регионы, расположенные на юго-востоке равнины.

Широкий круг проводимых исследований и их количество показывают важность этих исследований для развития методов прогнозирования и управления территориями в экстремальных ситуациях, обеспечения стабильности регионов, а также изменчивость результатов в зависимости от исследуемой территории и рассматриваемого временного интервала, что требует периодического пересмотра и дополнения существующих моделей и концепций при получении новых материалов наблюдений.

Представленное исследование посвящено определению тенденции хода атмосферных осадков за год, а также характеристик дождей на северо-западе Украины и анализу их изменений во времени и по территории.

Материалы и методы

Территорией исследования выбран северо-запад Украины – бассейны рек Западный Буг и Припять (рис.1). Для анализа взяты данные наблюдений за осадками 23 метеостанций, находящихся на этой территории и прилегающих к ней (табл. 1, 2). Площадь исследуемой территории составляет примерно 77 тыс. км², расстояние между крайними по параллели метеостанциями Каменка-Бугская и Киев – около 450 км. Используются материалы наблюдений гидрометслужбы Украины за атмосферными осадками: обработанные измерения количества осадков осадкомерами и записи плувиографов с начала наблюдений на метеостанциях до 2016-2018 гг. (Водный кадастр..., 1940; Метеорологические данные..., 1956; Метеорологические данные..., 1962; Справочник по климату ..., 1971; Метеорологические ежемесячники 1961-2018 гг.)

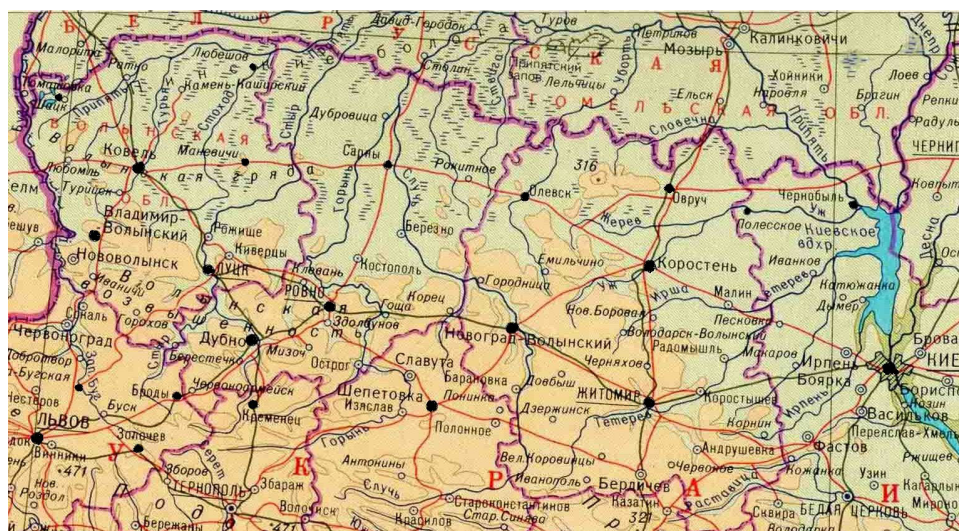


Рисунок 1. Карта-схема территории исследования и расположения пунктов наблюдения за атмосферными осадками (●)

Picture 1. Schematic map of the study area and the location of precipitation observation points (●)

Анализировались тенденции хода атмосферных осадков по метеостанциям во времени, в связи с чем для каждой метеостанции определялось уравнение связи тренда $y = ax + b$ (прямая линия), где a – угловой коэффициент прямой, равный тангенсу угла между прямой и положительным направлением оси ОХ, характеризующий градиент изменения осредненного количества осадков за многолетний период.

Использование градиентов различного вида для характеристики изменчивости атмосферных осадков не ново. Так, для соседней, с исследуемым регионом, Беларуси, Волчек (2006) выполнено физико-географическое районирование территории, основанное на анализе изменений градиентов атмосферных осадков.

Таблица 1. Список, периоды наблюдений и диапазон изменения количеств атмосферных осадков за год (по осадкомерам)

Table 1. List, observation periods and range of changes in the amount of atmospheric precipitation per year (due to precipitation gauges)

Название метеостанции	Период наблюдений за атмосферными осадками, учтенный в исследованиях, годы	Диапазон изменения количества осадков на метеостанции, мм
Любешев	1950-2018	272-868.6
Свитязь	1932-1933, 1947-2018	338-853.6
Маневичи	1947-2018	298-993.2
Ковель	1887-1894, 1900-1914, 1926-1928, 1931-1932, 1946-2018	331-808
Владимир-Волынский	1887-1889, 1891-1892, 1895, 1913-1914, 1930-1933, 1945, 1949-2018	376- 816.5
Луцк	1931-1933, 1945-2018	286-812.6
Сарны	1911, 1914, 1926-1928, 1930-1933, 1940, 1946-2018	360-847.7
Ровно	1945-2018	322-807
Дубно	1905, 1912-1913, 1945-2018	337-892.6
Рава-Русская	1897-1905, 1907-1910, 1913, 1917, 1932-1934, 1945-2018	357-954.2
Каменка-Бугская	1894-1895, 1897-1898, 1900-1905, 1913, 1917, 1932-1934, 1946-1948, 1950-2018	311-958.5
Броды	1890-1908, 1929-1930, 1945-2018	317-1022.3
Львов	1945-2018	393-996.6
Шепетовка	1887-1890, 1892-1900, 1905, 1924-1940, 1945-2018	376-960.5
Ямполь	1937-1940, 1945-2018	357-972.7
Кременец	1894-1910, 1912, 1925-1926, 1929-1933, 1947-2018	329-966.4
Олевск	1939-1940, 1947-1948, 1950-2018	417-915.3
Овруч	1936-1940, 1944-2018	339-904.5
Коростень	1913-1918, 1925-1940, 1945-2018	343-908.3
Новоград-Волынский	1923-1940, 1945, 1947-2018	390-835.1
Житомир	1949-50, 1963-2018	257-875.9
Чернобыль	1937-1940, 1942, 1945-1985, 1989-2018	301-953.8
Киев	1856-1940, 1942, 1944-1980, 1982-2018	331-925

Таблица 2. Диапазон изменения характеристик атмосферных осадков, измеренных с помощью pluviографов

Table 2. The variation range of the atmospheric precipitation characteristics measured using pluviographs

Характеристика атмосферных осадков	Метеостанции			
	Каменка-Бугская		Киев	
Период наблюдений за осадками	1963-1985	1988-2017	1950-1980	1993-2016
Диапазон среднего количества осадков за дождь более 10 мм, мм	10-98.5	10-97.6	10-82.4	10-71.7
Диапазон средней интенсивности осадков за дождь более 10 мм, мм/мин	0.01-0.74	0.01-1.58	0.01-0.58	0.01-0.60
Диапазон максимальной интенсивности осадков за дождь более 10 мм, мм/мин	0.03-2.62	0.04-2.5	0.06-7.1	0.013-1.87
Диапазон продолжительности осадков за дождь более 10 мм, мин	18-2505	11-2255	26-1460	26-1610

Результаты и обсуждение

На всех исследуемых метеостанциях наблюдается тенденция роста количества атмосферных осадков во времени (рис. 2, 3). Согласно исследованию материалов наблюдений глобальной сети исторических климатологических данных (ГСИКД) пространственные характеристики трендов градиентов годового количества осадков в Евразии показывают рост количества осадков, начиная с 1901 г. Для периода с 1979 года зависимость более сложная (Bates et al., 2008).

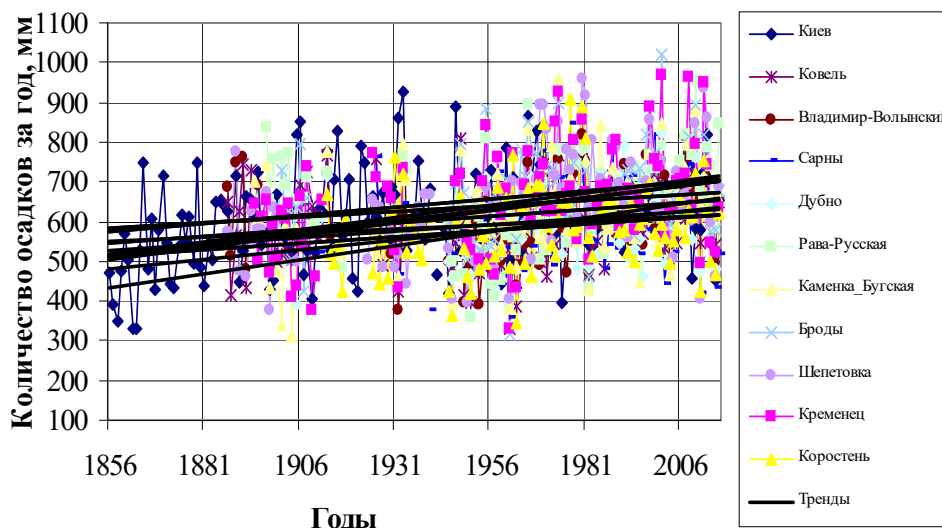


Рисунок 2. Тенденции изменения во времени хода атмосферных осадков за год по метеостанциям северо-запада Украины с более длительным периодом наблюдений

Picture 2. Changes trends of the annual atmospheric precipitation time course according to meteorological stations in the north-west of Ukraine with a longer observation period

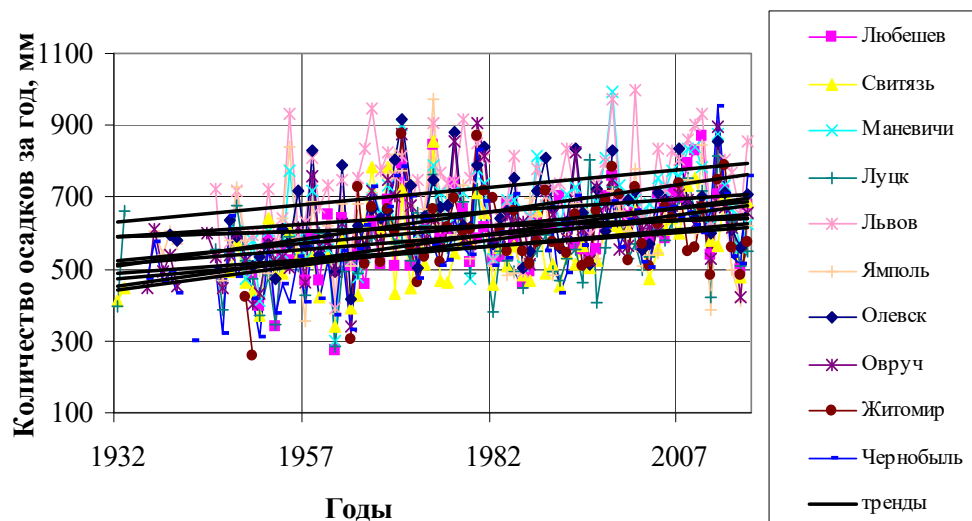


Рисунок 3. Тенденции изменения во времени хода атмосферных осадков за год по метеостанциям северо-запада Украины с рядами наблюдений начиная с 1932 года и позднее

Picture 3. Changes trends of the annual atmospheric precipitation time course according to meteorological stations in the north-west of Ukraine with observation series from 1932 and later

Однако эта тенденция к росту осадков не одинаково интенсивна на всех метеостанциях. Из рис. 2, 3 видно, что тренды по метеостанциям расслаиваются и имеют различный наклон (детально показать тренды всех метеостанций не представляется возможным). На основе анализа тангенсов углов наклона линий тренда, получено качественное распределение интенсивности роста количества осадков по исследуемой территории (рис. 4), отражающее представление о территориях с наибольшими и наименьшими изменениями в количестве осадков (потому на рис. 4 нет обозначений изолиний).

Выявлено, что тангенс угла наклона линий тренда зависит от высоты местности и широтного положения метеостанций (рис. 5), что подтверждают исследования Навроцкой (1991) о влиянии положения станции на количество осадков. Диапазон изменения высоты местности и широты на исследуемой территории невелик, присутствующий разброс точек объясняется присутствием влияния местных особенностей положения метеостанций, поэтому следует ожидать при увеличении рассматриваемой площади более тесные зависимости.

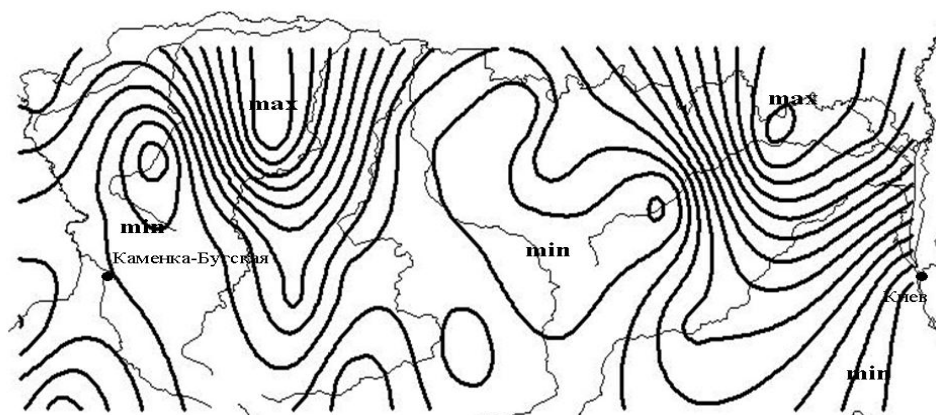


Рисунок 4. Качественное изменение по территории северо-запада Украины тенденции роста количества осадков за год во времени (по изменению линейного тренда многолетних рядов количества осадков)

Picture 4. Qualitative change over north-west Ukraine territory of the annual precipitation increase tendency (according to the linear trend change of the long-term series of precipitation)

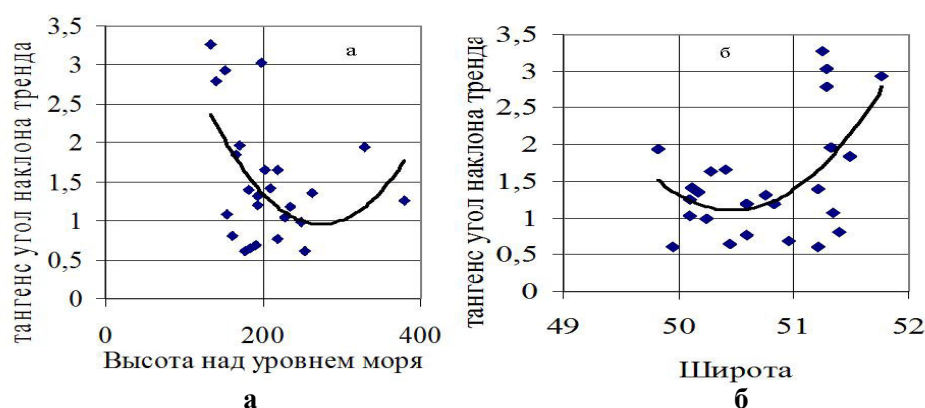


Рисунок 5. Зависимость угла наклона тренда от высоты над уровнем моря (а) и широтного положения метеостанции (б)

Picture 5. Dependence of the trend slope on the height above sea level (a) and latitudinal position of the weather station (b)

Между метеостанциями наблюдается тенденция изменения соотношения количества выпадающих за год осадков: если в начале наблюдений (конец XIX века) количество осадков по м/с Киев превышало количество осадков по м/с Каменка-Бугская, то в настоящий момент – наоборот – в Каменке-Бугской фиксируют большее количество осадков, чем в Киеве. Эта тенденция подтверждается и тем, что количество дождей более 10 мм на метеостанции Каменка-Бугская было зафиксировано больше, чем на метеостанции Киев (наблюдения за ходом дождей с помощью pluviographов начались в 50-60-х гг. XX столетия) (табл. 2). Обеспеченность годового количества осадков выше

также на метеостанции Каменка-Бугская. Однако особенности характеристик хода дождя (интенсивность, продолжительность и т.п.) по обеим метеостанциям практически идентичны. На рис. 6 представлен график хода во времени средней интенсивности осадков более 10 мм по метеостанции Киев, на котором прослеживается цикличность изменения. На рис. 7 показано изменение числа максимумов в ходе выпадения дождя во времени по метеостанции Каменка-Бугская, где также прослеживается наличие некоторой цикличности.



Рисунок 6. Изменение средней интенсивности осадков за дождь по метеостанции Киев

Picture 6. Change in the average intensity of precipitation for rain according to the Kiev meteorological station

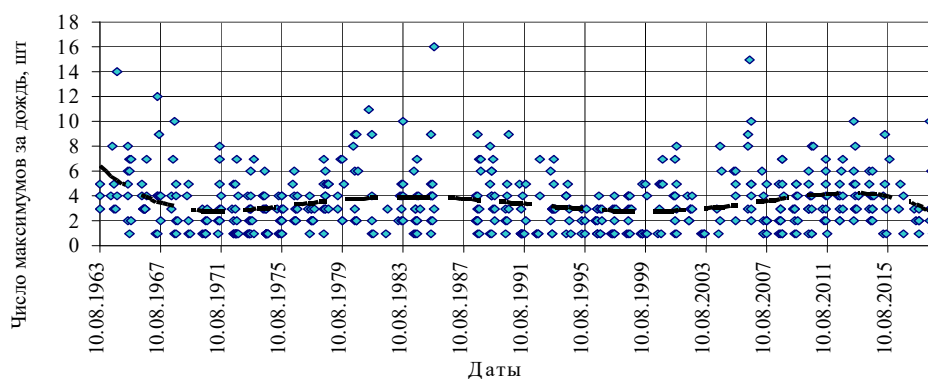


Рисунок 7. Изменение во времени количества максимумов интенсивности осадков за дождь по метеостанции Каменка-Бугская

Picture 7. Time change in the number of maximum precipitation intensity for rain at the Kamenka-Bugskaya meteorological station

Выводы

1. На современном этапе изменения климата на северо-западе Украины наблюдается общая тенденция увеличения количества осадков за год. Выявлено, что эта тенденция не одинакова по территории и зависит от высоты и широты местности. На основе анализа тангенсов углов наклона линий тренда получено качественное распределение интенсивности роста количества осадков по исследуемой территории. Диапазон изменения высоты местности и широты на исследуемой территории невелик, присутствующий разброс точек объясняется присутствием влияния местных особенностей положения метеостанций, поэтому следует ожидать при увеличении рассматриваемой площади более тесные зависимости.

2. Между метеостанциями наблюдается тенденция изменения соотношения количества выпадающих за год осадков. На западе исследуемой территории количество осадков растет по сравнению с востоком и наоборот.

3. Количество осадков меняется и в пространстве, и во времени, однако, распределение характеристик самих дождей остаются подобными по всей территории, прослеживается цикличность изменения средней интенсивности осадков во времени, числа максимумов в ходе выпадения дождя во времени и др.

Выявленные особенности изменения количества осадков в пространстве и времени могут быть полезными при изучении неравномерности увлажнения территории, прогнозировании наводнений, изменения эрозионной активности и адаптации территорий к изменениям климата.

Список литературы

Алибегова, Ж.Д. (1985) *Пространственно-временная структура полей жидких осадков*, Л., Гидрометиздат, 229 с.

Бабиченко, В.Ф. (1961) Основные характеристики особо обильных дождей на Украине, *Труды УкрНИГМИ*, вып. 23, с. 39-48.

Будник, С.В. (2016) Структура и современные изменения эрозионно-опасных дождевых осадков в Киевской и Житомирской областях Украины, *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*, т. XXVII, № 2, с. 5-16.

Вишневський, П.Ф. (1964) *Зливи і зливовий стік на Україні*, К., Наукова думка, 291 с.

Волчек, А.А. (2006) *Закономерности формирования элементов водного баланса речных водосборов Беларуси в современных условиях*. Автореферат дис. доктора геогр. наук, М., 42 с.

Водный кадастр Союза ССР (1940). Метеорологические данные. Т.2. Месячные и годовые количества осадков. Наибольшие суточные количества осадков. Вып.4. Европейская часть СССР с 51°0' до 48°01' с.ш. Под ред. О.А. Дроздова, Гидрометеорологическое издание, Л., 889 с.

Врубелевская, А.А., Павлова В.В. (1985) Некоторые данные по влагообороту на Украине при различных синоптических положениях, *Метеорология, климатология и гидрология*, вып. 21, с. 74–82.

Гордейчук, О.П., Волошина, О.В. (2004) Статистична структура полів температури повітря і опадів на території України за теплий період, *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*, вип. 48, с.13-24.

Ефимова, Н.А., Строкина, Л.А., Байкова, И.М. и др. (1996) Изменения основных элементов климата на территории СССР в 1967-1990 гг., *Метеорология и гидрология*, № 4, с. 34-41.

Захарова, М.В. (2004) Стохастическое моделирование полей дождевых осадков и исследование их однородности, *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*, вип.48, с. 408-415.

Изменение климата и безопасность (2017), Обзор ОБСЕ, ENVSEC Environment & Security, 12 с.

Кобзинский, П.И., Науменко, Л.Ю. (1988) Некоторые особенности влагонесущих потоков в атмосфере над степной зоной Украины летом, *Труды Укр.НИГМИ*, вып. 229, с. 106-110.

Корниенко, Е.Е., Курейко, И.А. (1971) О вкладе сильных осадков в общую сумму летних осадков на территории экспериментального метеорологического полигона, *Труды Укр.НИГМИ*, вып. 106, с. 92-98.

Мартазинова, В.Ф., Иванова, Е.К., Щеглов, О.А. (2016) Тенденция современного температурно-влажностного режима Украины к аномальности за счет атмосферных процессов в летний сезон, *Наук. прац УкрНигми*, вип. 268, с. 15-24.

Мельничук, О.Н. (1972) Взаимосвязь пространственно-временной вариации расчетных слоев ливневых осадков, *Метеорология и гидрология*, № 8, с. 98-100.

Метеорологические данные за отдельные годы (1956) Вып.10а по Закарпатской, Дрогобычской, Львовской и др. областям. Часть Пб. Атмосферные осадки, том 1, Под ред. Е.С. Розова, Киев, 629 с.

Метеорологические данные за отдельные годы (1962) Вып.10. По Украинской ССР. Ливневые дожди и суточные количества осадков за 1936-1959 гг. Том 2. Ливневые дожди Под ред. Л.И. Мисюра. Л., Гидрометеорологическое издательство. 383 с.

Метеорологический ежемесячник (1971) вып.10, январь Ч.2, Киев, 137 с.

Мохов, И.И., Рекнер, Э., Семенов, В.А. и др. (2006) Возможные региональные изменения режимов осадков в Северной Евразии в XXI в., *Водные ресурсы*, № 6, с. 754-762.

Навроцкая, В.С. (1984) Влияние небольших возвышенностей на осадки различного происхождения в теплый период, *Метеорология, климатология и гидрология*, вып. 20, с. 80-86.

Навроцкая, В.С. (1991) Мезометеорологические эффекты в распределении осадков теплого периода по юго-западу УССР, *Метеорология, климатология и гидрология*, вып. 26, с.100-106.

Полонский, А.Б., Воскресенская, Е.Н., Вышкваркова, Е.В. (2013) Пространственно-временная изменчивость интенсивных осадков на территории Украины и их связь с изменениями климата, *Доповіді Національної академії наук України*, № 7, с. 102-107.

Попова, В.В., Бабина, Е.Д., Георгиади, А.Г. (2019) Климатические факторы изменчивости стока Волги во второй половине XX – начале XXI вв., *Известия РАН. Серия географ.*, № 4 с. 63-72.

Прокофьев, О.М. (2015) Сезонный ход количества крупномасштабных и конвективных осадков, *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*, т. 20, вип. 2, с. 35-47

Справочник по климату СССР (1971). Данные за отдельные годы. Вып.10. Украинская ССР. Часть 2. Том 1. Атмосферные осадки, Киев. 837 с.

Черенкова, Е.А. (2017) Сезонные осадки на территории Восточно-Европейской равнины в периоды теплых и холодных аномалий температуры поверхности Северной Атлантики, *Известия РАН. Серия географ.*, № 5, с. 72-81. doi 10.7868/S0373244417050061.

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P., Eds. (2008) *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.

Carey-Smith, T., Henderson, R., Singh, S. (2018) *High Intensity Rainfall Design System Version 4* Prepared for Envirolink NIWA CLIENT REPORT, No 2018022CH, 73 p.

Climatic changes in short duration extreme precipitation and rapid onset flooding - implications for design values (2018), in A. Sorteberg et al. (eds), NCCS report, no. 1/2018, 144 p.

De Gaetano, A.T., Castellano, C.M. (2017) *Downscaled Projections of Extreme Rainfall in New York State. Technical Document*, Northeast Regional Climate Center Cornell University Ithaca, NY, 35 p.

De Paola, F., Giugni, M., Topa, M.E., Bucchignani, E. (2014) Intensity-Duration-Frequency (IDF) rainfall curves, for data series and climate projection in African cities, *Springer Plus*, 3,133 <http://www.springerplus.com/content/3/1/133>.

Huffman, G.J., Adler, R.F., Bolvin, D.T., Gu, G. (2009) Improving the global precipitation record. GPCP Version 2.1, *Geophysical Research Letters*, vol. 36, p. L17808.

Liu, C., Allan, R.P., Huffman, G.J. (2012) Co-variation of temperature and precipitation in CMIP5 models and satellite observations, *Geophysical research letters*, vol. 39, L13803, doi:10.1029/2012GL052093.

Nandargi, S., Mulye, S.S. (2012) Relationships between Rainy Days, Mean Daily Intensity, and Seasonal Rainfall over the Koyna Catchment during 1961-2005, *The ScientificWorld Journal Volume*, Article ID 894313, 10 pages doi:10.1100/2012/894313.

Neelina, J.D., Sahanya, S., Stechmannb, S.N., Bernsteina, D.N. (2017) Global warming precipitation accumulation increases above the current-climate cutoff scale, *PNAS*, February 7, vol. 114, no. 6, pp.1258-1263.

Projecting Rainfall Intensity Duration Frequency Curves Under Climate Change (2019) in Kevin Houck (eds.), Colorado Water Conservation Board, June 30, 25 p.

Rufo-Hill, J., Rath, J., Roy, S., Butcher, J. (2017) *Intensity Duration Frequency Curves and Trends for the City of Seattle Technical Memorandum*, SPU CSO Reduction Program Support Services, 86 p.

Stormwater drainage manual (2018) Fifth Edition, Government of the Hong Kong Drainage services department, Special Administrative Region, 193 p <https://www.dsd.gov.hk/EN/Files/>.

Technical_Manual/technical_manuals/Stormwater_Drainage_Manual_Eurocodes.pdf.

Reference

Alibegova, J.D. (1985) *Prostranstvenno-vremennaya struktura poley judkix osadkov* [Existential structure water liquid precipitation], Gidrometizdat, Leningrad, Russia, 229 c.

Babichenko, V.F. (1961) Osnovnye xarakteristiki osobo obilnyx dojdey na Ukraine [The basic characteristics of especially plentiful rains in Ukraine], *Trudy UkrNIGMI*, vol. 23, pp. 39-48.

Budnik, S.V. (2016) Struktura i covremennye izmeneniya erozionno-opasnyx dojdevyx osadkov v Kievskoy i Zhytomerskoy oblastyx Ukrainy. [Structure and current changes in erosion-hazard rainfall precipitation in Kiev and Zhitomor regions of Ukraine], *Problemy ekologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ekosistem*, vol XXVII, no. 2, pp. 5-16.

Vishnevskiy, P.F. (1964). *Zlyvu i zlyvovuy stik na Ykraini* [Rainfall and storm runoff in Ukraine], Naukova dymka, Kyjv, Ukraine, 291 p.

Volchek, A.A. (2006) *Zakonomernosti formirovaniya elementov vodnogo balansa rechnyx bodosborov Belorusi v sovremennyx usloviyax*. [Laws of formation of elements of water balance of river reservoirs of Belarus in modern conditions]. Extended abstract of Doctor's thesis of geographical sciences, Moscow, Russia, 42 p.

Vodnyj kadastr Soyuza SSR (1940). Meteorologicheskie dannye. T.2. Mesyachnyye i godovye kolichestva osadkov. Naibol'shie sutochnye kolichestva osadkov. Vyp.4. Evropejskaya chast' SSSR s 51°0' do 48°01' s.sh. [Water Cadastre of the

USSR (1940). Meteorological data. Vol.2. Monthly and annual precipitation. The greatest daily precipitation amounts. Vol.4. The European part of the USSR from 51°0' to 48°01' s.sh] In O.A. Drozdova (ed), *Gidrometeorologicheskoe izdanie*, Leningrad, Russia, 889 p.

Vrubelevskaya, A.A., Pavlova V.V. (1985) Nekotorye dannye po vlagooborotu na Ukraine pri razlichnyh sinopticheskikh polozheniyah [Some data on a moisture to a turn in Ukraine at various synoptic positions], *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya*, vol. 21, pp. 74-82.

Gordejchuk, O.P., Voloshina, O.V. (2004) Statistichna struktura poliv temperaturi povitrya i opadiv na teritorii Ukraïni za teplij period [Statistical structure water temperatures of air and precipitation for the warm period], *Meteorologiya, klimatologiya ta gidrologiya*, vol. 48, pp. 13-24.

Efimova, N.A., Strokina, L.A., Bajkova, I.M., etc. (1996) Changes of basic elements of a climate in territory of the USSR in 1967-1990 gg. [Changes of basic elements of a climate in territory of the USSR in 1967-1990y.], *Meteorology and a hydrology*, no. 4, pp. 34-41.

Zaharova, M.V. (2004) Stohasticheskoe modelirovanie polej dozhdevykh osadkov i issledovanie ih odnorodnosti. [Stochastic modelling water rain presipitations and research of their uniformity], *Meteorologiya, klimatologiya ta gidrologiya*, vol. 48, pp. 408-415.

Izmenenie klimata i bezopasnost' (2017) [Change of a climate and safety]. Obzor OBSE. ENVSEC Environment & Security, 12 p.

Kobzinskij, P.I., Naumenko, L.Yu. (1988) Nekotorye osobennosti vlagonesushchih potokov v atmosfere nad stepnoj zonoj Ukrainy letom [Some features влагонесущих streams in an atmosphere above a steppe zone of Ukraine in the summer], *Trudy Ukr.NIGMI*, vol. 229, pp. 106-110.

Kornienko, E.E., Kurejko, I.A. (1971) O vklade sil'nykh osadkov v obshchuyu summu letnih osadkov na territorii eksperimental'nogo meteorologicheskogo poligona [About the contribution of strong presipitations to a total sum of years deposits in territory of experimental meteorological range], *Trudy Ukr. NIGMI*, vol. 106, pp. 92-98.

Martazinova, V.F., Ivanova, E.K., Shcheglov, O.A. (2016) Tendenciya sovremennogo temperaturno-vlazhnostnogo rezhima Ukrainy k anomal'nosti za schet atmosferynykh processov v letnij sezon. [The tendency modern temperature-humidity of a mode of Ukraine to anomaly due to atmospheric processes during a summer season], *Nauk. prac Ukr Nigmi*, vol. 268, pp. 15-24.

Mel'nichuk, O.N. (1972) Vzaimosvyaz' prostranstvenno-vremennoj variacii raschetnykh sloev livnevnykh osadkov [Interrelation of an existential variation of settlement layers of showers], *Meteorologiya i gidrologiya*, no. 8, pp. 98-100.

Meteorologicheskie dannye za otdel'nye gody (1956) Vyp. 10a po Zakarpatskoj, Drogobychskoj, L'vovskoj i dr.oblastyam, Chast' I Ib Atmosfernye osadki, [Metereo-

logical data for individual years issue 10a in Transcarpathian, Drohobych, Lviv and other regions. Part IIb. Atmospheric precipitation, Volume 1] In red. E.S. Rozova, Kiev, Ukraine, 629 p.

Meteorologicheskie dannye za otdel'nye gody (1962) Vyp.10. Po Ukrainskoj SSR. Livnevye dozhd'i i sutochnye kolichestva osadkov za 1936-1959 gg. Tom 2. Livnevye dozhd'i. [Meteorological data for individual years Issue 10. On the Ukrainian SSR. Heavy rains and daily precipitation for 1936-1959. Volume 2. Heavy rains] In red. L.I. Misyura, Gidrometeorologicheskoe izdatel'stvo, Leningrad, Russia, 383 p.

Meteorologicheskij ezhemesyachnik (1971) [Meteorological Monthly] Vyp.10, Yanvar' CH.2, Kiev, Ukraine, 137 p.

Mohov, I.I., Rekner, E., Semenov, V.A. i dr. (2006) Vozmozhnye regional'nye izmeneniya rezhimov osadkov v Severnoj Evrazii v XXI v. [Possible regional changes of modes of presipitations in Northern Eurasia in XXI in], *Vodnye resursy*, no. 6, pp. 754-762.

Navrockaya, V.S. (1984) Vliyanie nebol'shikh vozvyshennostej na osadki razlichnogo proiskhozhdeniya v teplyj period. [Influence of small heights on deposits of a various origin during the warm period], *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya*, vol. 20, pp. 80-86.

Navrockaya, V.S. (1991) Mezometeorologicheskie efekty v raspredelenii osadkov teplogo perioda po yugo-zapadu USSR. [Mezometeorological effects in distribution of presipitations of the warm period on southwest USSR], *Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya*, vol. 26, pp. 100-106.

Polonskij, A.B., Voskresenskaya, E.N., Vyshkvarkova, E.V. (2013) Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' intensivnyh osadkov na territorii Ukrainy i ih svyaz' s izmeneniyami klimata. [Existential variability of intensive presipitation on territories of Ukraine and their communication with changes of a climate], *Dopovidi Nacional'noi akademii nauk Ukraïni*, no. 7, pp. 102-107.

Popova, V.V., Babina, E.D., Georgiadi, A.G. (2019) Klimaticheskie faktory izmenchivosti stoka Volgi vo vtoroj polovine XX – nachale XXI vv.[Climatic factors of variability of a drain of Volga in second half XX – the beginning XXIcc], *Izvestiya RAN. Seriya geograf.*, no. 4. pp. 63-72.

Prokofev, O.M. (2015) Sezonnyj hod kolichestva krupnomasshtabnyh i konvektivnyh osadkov [Seasonal course of quantity large-scale and convective precipitation], *Visnik ONU, ser. Geografichni ta geologichni nauki*, 20(2), pp. 35-47.

Spravochnik po klimatu SSSR (1971) Dannye za otdel'nye gody [Handbook of the USSR Climate (1971). Data for individual years] Vyp.10, Ukrainskaya SSR, Chast' 2, Tom 1. Atmosfernye osadki, Kiev, 837 p.

Cherenkova, E.A. (2017) Sezonnye osadki na territorii Vostochno-Evropejskoj ravniny v periody teplyh i holodnyh anomalij temperatury poverhnosti Severnoj Atlantiki [Seasonal precipitation in territory of East European plain during the

periods of warm and cold anomalies of temperature of a surface of Northern Atlantic], *Izvestiya RAN. Seriya geograf.*, no. 5, pp. 72-81. doi 10.7868/S0373244417050061.

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P., Eds. (2008) *Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.

Carey-Smith, T., Henderson, R., Singh, S. (2018) *High Intensity Rainfall Design System Version 4* Prepared for Envirolink NIWA CLIENT REPORT No 2018022CH, 73 p.

Climatic changes in short duration extreme precipitation and rapid onset flooding – implications for design values (2018), in A. Sorteberg et al. (eds), NCCS report, no. 1/2018, 144 p.

De Gaetano, A.T., Castellano, C.M. (2017) *Downscaled Projections of Extreme Rainfall in New York State. Technical Document*, Northeast Regional Climate Center Cornell University Ithaca, NY, 35 p.

De Paola, F., Giugni, M., Topa, M.E., Bucchignani, E. (2014) Intensity-Duration-Frequency (IDF) rainfall curves, for data series and climate projection in African cities, *Springer Plus*, 3,133 <http://www.springerplus.com/content/3/1/133>.

Huffman, G.J., Adler, R.F., Bolvin, D.T., Gu, G. (2009) Improving the global precipitation record. GPCP Version 2.1, *Geophysical Research Letters*. vol. 36. p. L17808.

Liu, C., Allan, R.P., Huffman, G.J. (2012) Co-variation of temperature and precipitation in CMIP5 models and satellite observations, *Geophysical research letters*, vol. 39, L13803, doi:10.1029/2012GL052093.

Nandargi, S., Mulye, S.S. (2012) Relationships between Rainy Days, Mean Daily Intensity, and Seasonal Rainfall over the Koyna Catchment during 1961-2005, *The ScientificWorld Journal Volume*, Article ID 894313, 10 pages doi:10.1100/2012/894313.

Neelina, J.D., Sahanya, S., Stechmannb, S.N., Bernsteina, D.N. (2017) Global warming precipitation accumulation increases above the current-climate cutoff scale, *PNAS*, February 7, vol. 114, no. 6, pp. 1258-1263.

Projecting Rainfall Intensity Duration Frequency Curves Under Climate Change (2019) in Kevin Houck (eds.), Colorado Water Conservation Board, June 30, 25 p.

Rufo-Hill, J., Rath, J., Roy, S., Butcher, J. (2017) *Intensity Duration Frequency Curves and Trends for the City of Seattle Technical Memorandum*, SPU CSO Reduction Program Support Services, 86 p.

Stormwater drainage manual (2018) Fifth Edition, Government of the Hong Kong Drainage services department, Special Administrative Region, 193 p <https://www.dsd.gov.hk/EN/Files/>.

Technical_Manual/technical_manuals/Stormwater_Drainage_Manual_Eurocodes.pdf.

Статья поступила в редакцию (Received): 10.01.2021;

Статья доработана после рецензирования (Revised): 14.09.2021;

Принята к публикации (Accepted): 11.10.2021.

Для цитирования /For citation:

Будник, С.В. (2021) Особенности пространственно-временной динамики количества атмосферных осадков на северо-западе Украины в связи с изменением климата, *Экологический мониторинг и моделирование экосистем*, т. XXXII, № 3-4, с.123-139, DOI: 10.21513/0207-2564-2021-3-4-123-139.

Budnik, S.V. (2021) Peculiarities of the spatial and temporal dynamics of precipitation in north-western Ukraine in relation to climate change, *Ecological monitoring and ecosystem modelling*, vol. XXXII, no. 3-4, pp.123-139, DOI: 10.21513/0207-2564-2021-3-4-123-139.