

УДК 551.582, PACS 92.60.Ry

ХАРАКТЕР ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ НАЧАЛА XXI СТОЛЕТИЯ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

В. Ф. Мартазинова, А. А. Щеглов

Украинский гидрометеорологический институт ДСНС та НАН України,
пр. Науки, 37, 03028, Киев, Україна, vazira@gmail.com

В данной статье приведены результаты исследований экстремальных осадков на территории Украины в начале XXI века. На примере центральных месяцев сезонов показаны различия в месячных суммах и средних суточных суммах осадков. Характерная особенность современного режима осадков прослеживается в их распределении внутри месяцев, в котором наблюдается увеличение количества дней с экстремальными осадками. Для анализа изменений режима осадков предлагается разделение нормы месячных сумм осадков на нормы экстремальных и умеренных осадков.

Ключевые слова: экстремальные осадки, климат, изменение климата, нормы осадков, режим осадков.

1. ВСТУПЛЕНИЕ

Анализ изменения климата проводится с помощью основных его параметров – температуры и осадков, которые не относятся к климатообразующим факторам [1-7]. За изменение этих параметров несет ответственность циркуляция атмосферы [8-10]. Изменение во времени крупномасштабной атмосферной циркуляции приводит к изменению региональной циркуляции. Вся эта последовательная цепочка изменений приводит к региональному изменению климата, но не указывает на причину этих изменений.

Глобальное потепление в последние годы сопровождается увеличением экстремальных погодных условий во всех регионах Земного шара [1-5,8-18]. В последние годы на большей части европейского континента в результате продолжительных периодов с очень высокими температурами и нехватки осадков отмечаются сильные засухи [1,13,15]. В тоже время появляется много работ, посвященных экстремальным осадкам, [14,16,17-18]. Во многих работах ставится вопрос, что надо принимать за экстремальные значения [16-20,21]. В некоторых случаях делается классификация экстремальности осадков [4,18]. На самом деле, определение экстремальных значений в прогнозе погоды имеет много различий [17-18, 20-23]. Распределения осадков с одной стороны ограничены нулем и функция распределения осадков отлична от кривой нормального распределения. Эти отличия разнообразны и зависят от многих факторов, которые в разных регионах различны. Поэтому среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонение не

оказываются статистически показательными. В некоторых работах [24,25] делалось преобразование ряда осадков с целью приблизить их распределение к нормальному. Экстремальные значения осадков определялись по стандартному отклонению. В последних работах [26] экстремальность осадков определяется 95-ым и 99-ым перцентилем. Определение экстремальных осадков (опасные, стихийные) из наставления гидрометслужбы Украины [17], а также рекомендованные IPCC значения для определения сильных осадков – ≥ 10 мм, очень сильных осадков – ≥ 20 мм не могут нести одинаковый социальный и экономический ущерб во всех сезонах и регионах. Так, одно и то же значение, например, опасные осадки в одних регионах приносит бедствия (например, в горных регионах), а в других – нет (например, на равнинной местности). В то же время, суточные экстремальные значения осадков в каждом месяце и регионе имеют свои значения 95-го и 99-го перцентиля.

В данной статье предлагается новый подход к анализу месячной суммы осадков, который позволит оценить вклад экстремальных осадков в эту сумму. В качестве предмета исследований используется соотношение двух слагаемых в месячной сумме осадков – суммы суточных осадков меньше 15 мм и суммы суточных осадков 15 мм и выше. Такой подход позволит описать климатический режим осадков от сезона к сезону на территории Украины и провести в дальнейшем сравнительный анализ режима осадков на территории Украины от десятилетия к десятилетию.

2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Суточные и месячные суммы осадков по всем станциям Украины за период 2000-2016 гг. были взяты из архива ЦГО. Однако, ввиду отсутствия данных в 2015-2016 гг. по отдельным районам Донецкой и Луганской областей, а также АР Крым, средние многолетние значения осадков были рассчитаны для всей территории Украины за период 2000-2014 гг. для каждого месяца. Нормы суточной суммы осадков были рассчитаны только для дней с осадками.

В данной работе для исследования характера осадков на территории Украины была использована классификация суточных осадков из наставления Гидрометслужбы [17], где принято для жидкой фазы за сильные осадки считать случаи 15-49 мм, за очень сильные ≥ 50 мм и для твердой фазы за сильные осадки – 7-19 мм, очень сильные – ≥ 20 мм. Т.е. во все сезоны суточная сумма осадков с 15 мм включает в себя сильные и очень сильные осадки. Поэтому в данном исследовании осадки более 15 мм/сутки учитывались как экстремальные.

Средние многолетние значения осадков \bar{R}_i были рассчитаны для каждой i -ой станции территории Украины за период 2000-2014 гг. для каждого месяца. Также были рассчитаны средние многолетние значения осадков < 15 мм (\bar{R}_{di}) и ≥ 15 мм (\bar{R}_{ri}) для каждой i -ой метеорологической станции Украины за период 2000-2014 гг. для каждого месяца. Сумма двух слагаемых \bar{R}_{di} и \bar{R}_{ri} равна \bar{R}_i : $\bar{R}_i = \bar{R}_{di} + \bar{R}_{ri}$.

В результате было получено соотношение суточных осадков < 15 мм и ≥ 15 мм в средней многолетней месячной сумме осадков для каждой станции и каждого месяца.

3. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На рис. 1. представлены средние многолетние суммы осадков для центральных месяцев сезона. Как видно на рис. 1, наибольшее количество осадков выпадает в летний период. Осадки всех центральных месяцев сезона можно ранжировать по убыванию: июль, январь, октябрь, апрель.

Летние осадки на большей территории Украины почти вдвое превышают весенние и осенние осадки. Во все сезоны наибольшее количество осадков выпадает в Карпатском регионе. Распределение средних многолетних значений осадков по остальной территории совпадает вес-

ной, летом и осенью: наибольшие значения осадков отмечаются на западе и северо-западе, которые уменьшаются к юго-востоку.

Январское распределение осадков по территории Украины отличается от всех сезонов увеличением осадков в восточных регионах. Различные распределения осадков указывают на различные метеорологические условия их формирования в сезонах. Распределение сезонных осадков зависит от их суточных сумм внутри каждого месяца или сезона. В качестве примера изменения суточных осадков в сезоне рассмотрим данные наблюдений отдельных станций для различных регионов за период 2000-2016 гг.

На рис. 2-3 видно, как от сезона к сезону меняется суточное количество осадков на метеостанциях Львов, Киев, Рахов и Пожежевская. Приведенные нормы суточной суммы осадков на графиках были рассчитаны только для дней с осадками и поэтому их значения выше относительно простого осреднения за 17 лет. Наименьшие нормы суточных осадков отмечаются в переходные сезоны, особенно в весенние месяцы. В летний сезон нормы осадков практически по всей территории увеличиваются. Экстремальные значения осадков летнего периода редко появляются в других сезонах, как это видно на рис. 2 для станций Львов и Киев. Однако, для Карпатского региона (рис. 3) на примере станций Пожежевская и Рахов, отмечаются сопоставимые максимальные значения практически во все сезоны. Поэтому возникает задача пространственно-временного анализа экстремальности сезонных осадков.

Для исследования характера осадков на территории Украины были отдельно рассмотрены суточные суммы осадков < 15 мм и аномальные (или экстремальные) осадки ≥ 15 мм. Сочетание суточных осадков в отдельном месяце (слабые, умеренные, сильные и очень сильные) формирует характер месячных и сезонных осадков выше или ниже нормы. На рис. 4 приведены средние многолетние значения июльских осадков периодов 1961-1990 гг. и 2000-2014 гг. по областям Украины. Из рисунка видно, что в последние годы осадки на большей территории Украины уменьшаются. Если нормы осадков двух периодов рассмотреть по нормам каждого вида осадков, тогда можно оценить вклад каждого. Каждый вид осадков имеет в каждом месяце и сезоне свое пространственно-временное распределение.

Поэтому средние многолетние нормы осадков для месяца или сезона, как было показано во втором параграфе, можно получить при сложении средних многолетних норм каждого вида

осадков. Особенный интерес представляют сильные и очень сильные суточные осадки, т.к. они могут создавать во все сезоны различную сте-

пень риска для экономики и жизнедеятельности человека.

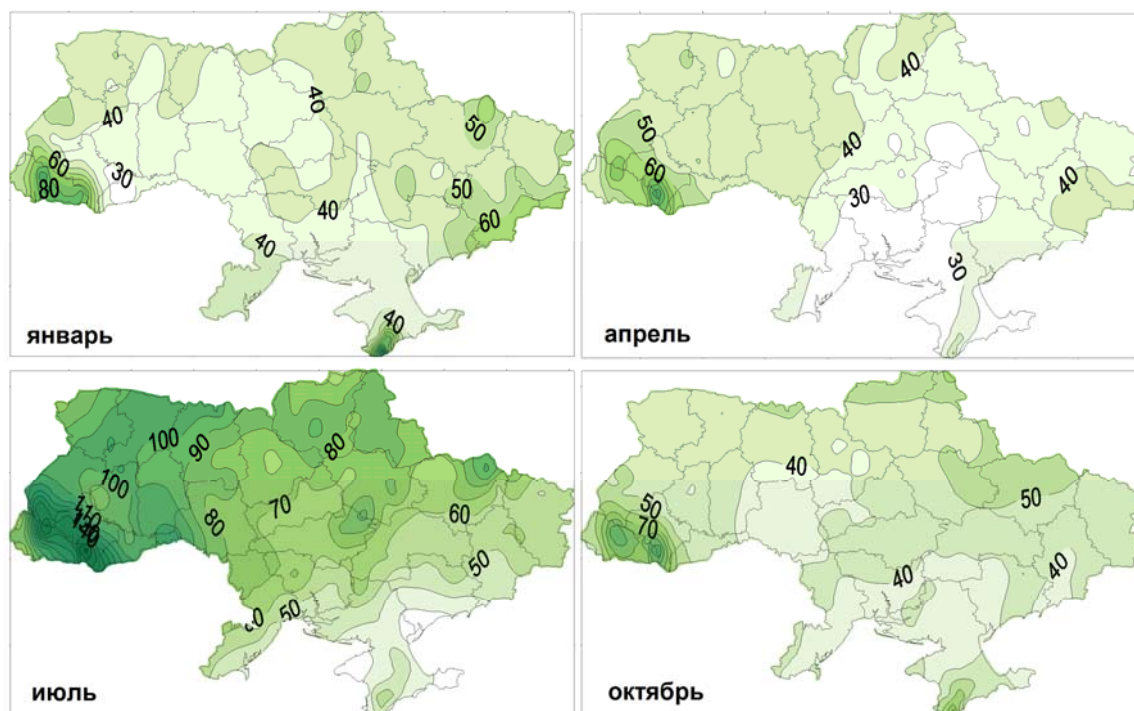


Рис. 1 – Среднее многолетнее количество осадков за период 2000-2014 гг.

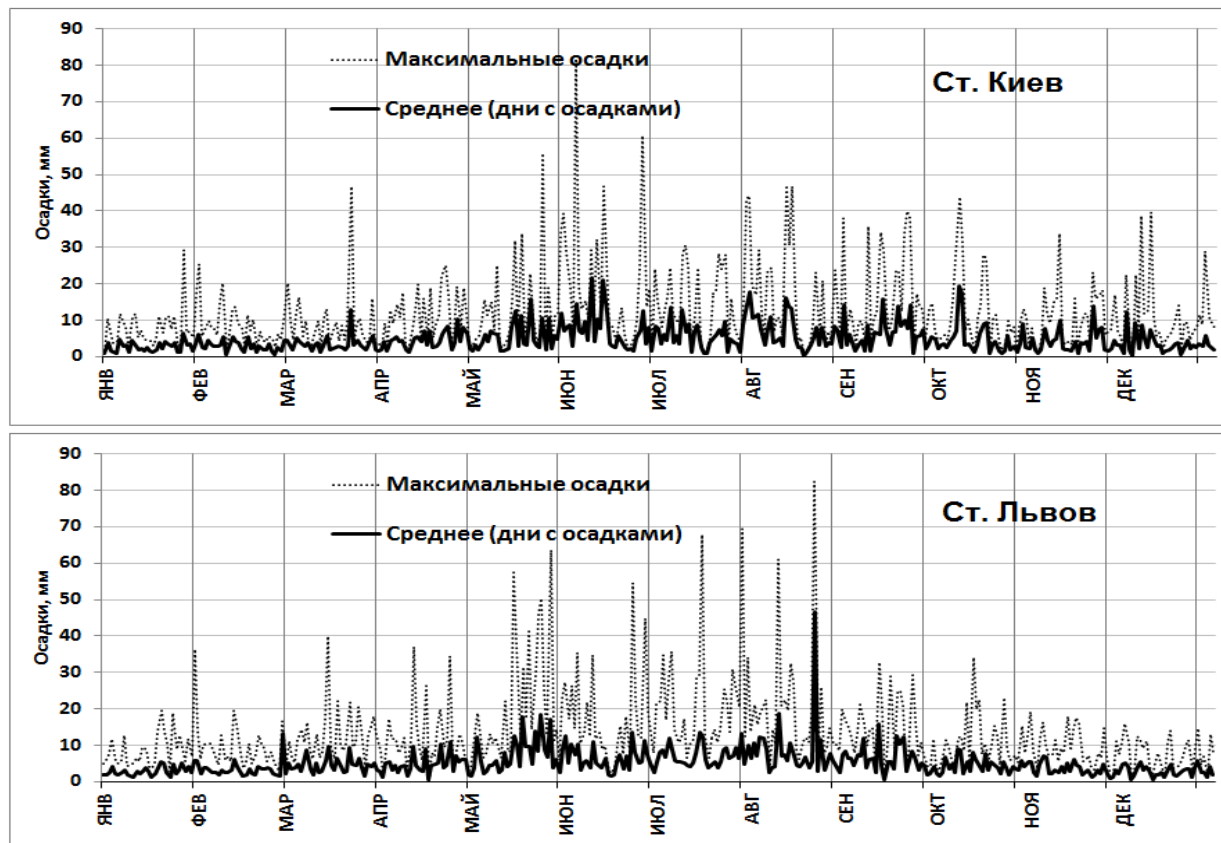


Рис. 2 – Годовой ход средних и максимальных суточных осадков по ст. Львов и Киев за 2000-2016 гг.

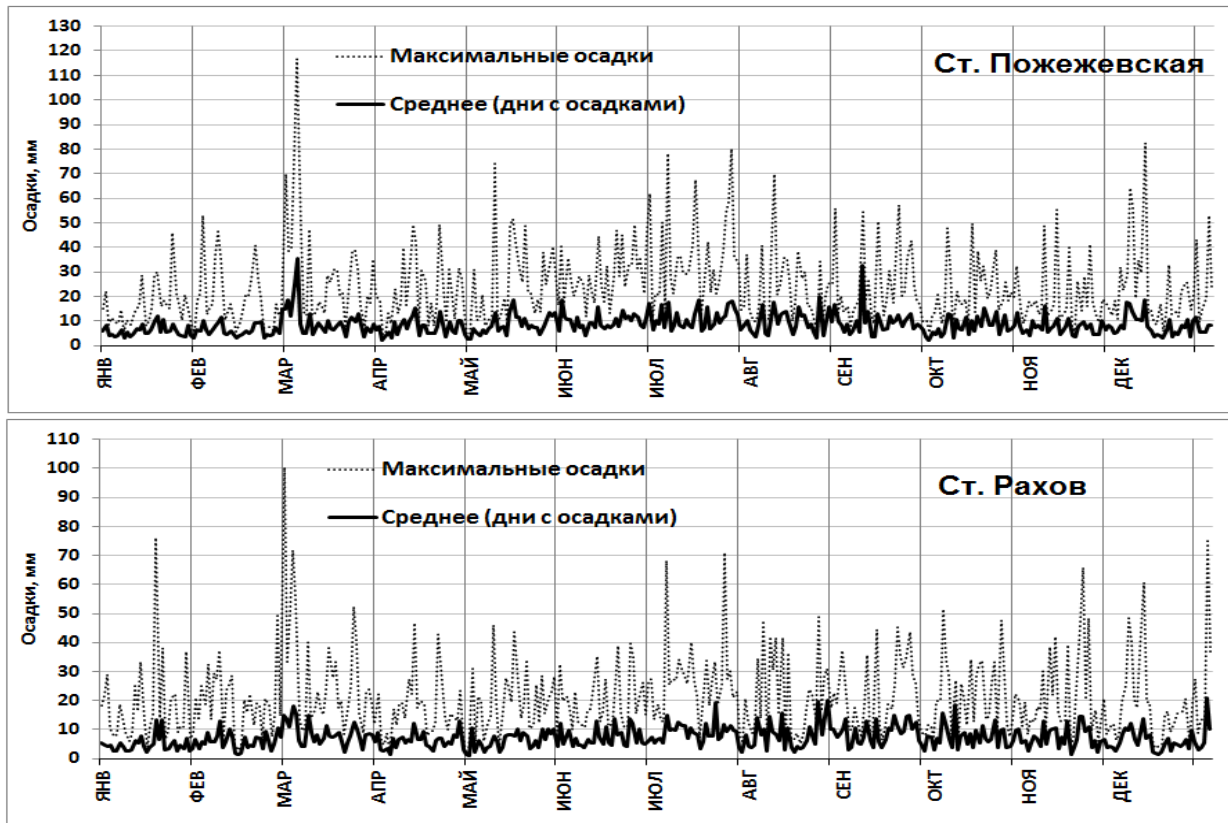


Рис. 3 – Годовой ход средних и максимальных суточных осадков по ст. Пожежевская и Рахов за 2000-2016 гг.

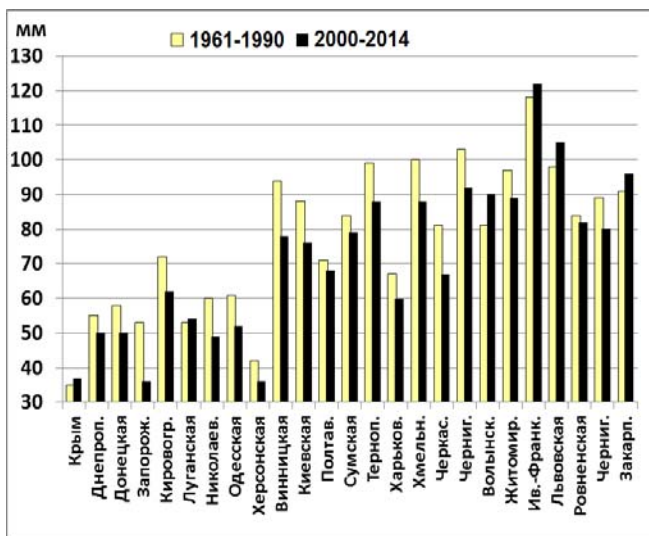


Рис. 4 – Средние многолетние суммы осадков по областям Украины: 1961-1990 гг. и 2000-2014 гг.

4. СООТНОШЕНИЕ СУТОЧНЫХ ОСАДКОВ ДО 15 ММ И БОЛЕЕ 15 ММ В МЕСЯЧНЫХ НОРМАХ ОСАДКОВ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Растущее число исследований указывает на наличие существенных тенденций к увеличению экстремальных осадков в Европе в течение последних десятилетий, которые привели к крупным наводнениям в Европе [2-4, 8-13]. Эти со-

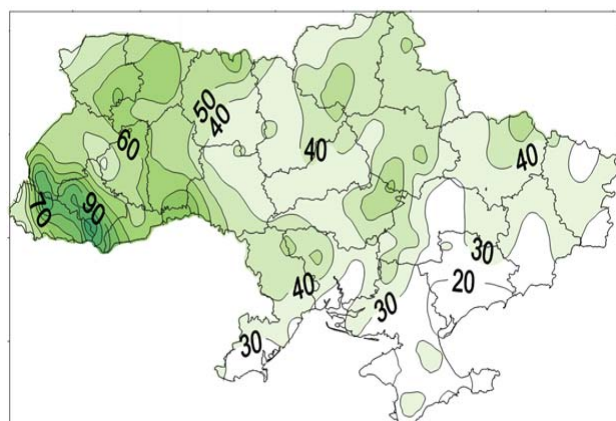
бытия, связанные с экстремальными аномальными осадками, показывают, что характер осадков становится более экстремальным в последние годы по сравнению с предыдущими десятилетиями. Приведенная ниже таблица 1 показывает экстремальность осадков в последние годы по ст. Киев. Данные таблицы были рассчитаны по пятнадцатилетним периодам с 1970 г. Количество дней без осадков от периода к периоду увеличивается, наибольшее число дней без осадков отмечается в последнем периоде. Также в этом периоде наблюдается уменьшение дней с осадками ниже 15 мм. В результате выпадение экстремальных осадков за сутки в последнем периоде повысилось.

Для того, чтобы проанализировать эти изменения по территории Украины, представим средние многолетние значения месячной суммы осадков в виде двух слагаемых: $\bar{R} = \bar{R}_r + \bar{R}_d$, где \bar{R}_r – средняя многолетняя сумма экстремальных осадков 15 мм и выше, и \bar{R}_d – среднее многолетнее значение суммы суточных осадков ниже 15 мм. Процентное отношение этих двух составляющих в месячной норме осадков позволит определить норму экстремальных осадков в каждом месяце и сезоне.

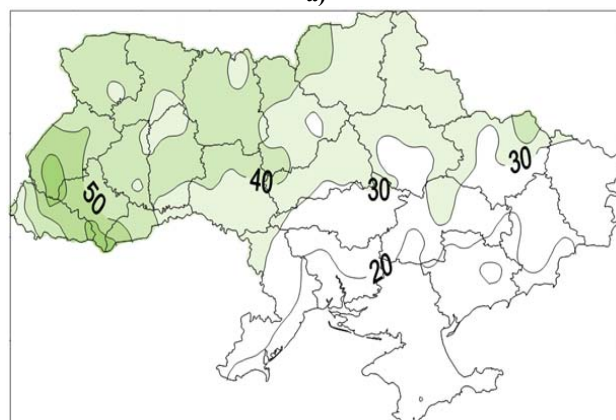
Таблица 1 – Изменение режима осадков июля по ст. Киев в период 1970-2014 гг.

	1970-1984 гг.	1985-1999 гг.	2000-2014 гг.
Средняя месячная сумма осадков, мм	53	66	61
Количество дней без осадков	314	319	334
Количество дней с осадками ≥ 15 мм	14	18	17
Количество дней с осадками < 15 мм	137	128	114
Сумма осадков ≥ 15 мм/сутки, мм	328,8	448,8	443,0
Сумма осадков < 15 мм/сутки, мм	460,5	544,0	471,0

Так, например, рассмотрим сумму осадков июля ниже 15 мм за период 2001-2014 гг. (см. рис. 5а). Средняя сумма осадков ниже 15 мм за июль, которые выпадают в западной половине Украины, составляет более 60 мм за месяц, а в районе Карпат – до 100 мм. На остальной территории в среднем за месяц таких осадков



а)



б)

Рис. 5 – Нормы осадков июля за период 2000-2014 гг.: а) случаев < 15 мм/сутки, б) случаев ≥ 15 мм/сутки

выпадает меньше, а их сумма снижается к юго-востоку страны и составляет около 30-50 мм. Как видим из рис. 5а, наибольшая сумма осадков в среднем за месяц приходится на западную территорию Украины, а на остальной территории отмечается пятнистость осадков.

На рис. 5б показано распределение месячной суммы осадков 15 мм за сутки и выше в среднем за период 2000-2014 гг. Наибольшая сумма осадков в среднем за месяц около 40-50 мм приходится на западную территорию Украины, наименьшая сумма осадков отмечается в юго-восточных областях страны.

На рис. 1 представлено среднее многолетнее количество осадков за период 2000-2014 гг. для центральных месяцев сезона по территории Украины. Средние значения осадков июля можно представить двумя ее составляющими, которые показаны на рис. 5а и рис. 5б. Вклад этих составляющих подобен и по количеству и по распределению на территории. При сложении данных рис. 5а и 5б получим распределение суммарных осадков по станциям Украины, приведенным на рис. 1.

Чтобы сравнить вклад экстремальных осадков в месячную сумму осадков в разных регионах, было рассчитано процентное их содержание из общего количества месячных осадков периода 2000-2014 гг. Ниже приводится процентный вклад нормы экстремальных осадков относительно общей месячной нормы осадков для центральных месяцев зимы, весны, лета и осени (рис. 6).

Из рис. 6 видно, что в январе сумма осадков ≥ 15 мм составляет от 5-10 % в общей норме месячных осадков 2000-2014 гг., кроме Карпатского региона, Черновицкой и Одесской областей Украины, где они имеют более 20-25 %. В следующем, весеннем сезоне, количество экстремальных осадков увеличивается и их процентный вклад в норму месячной суммы осадков апреля составляет в большинстве областей около 20 %. К летнему сезону количество осадков ≥ 15 мм увеличивается и в июле их процентный вклад в общую месячную сумму осадков составляет 50-70 %.

К осеннему сезону количество экстремальных осадков уменьшается, однако процент их вклада почти вдвое больше, чем в весенний период. В большинстве регионов вклад составляет около 30-40 %.

Предложенное разделение месячных норм осадков на два слагаемых позволяет определить, каких осадков выпадет больше или меньше в каждом месяце. Максимальное значение экстре-

мальных осадков для каждого месяца за период 2000-2014 гг. также является важной характеристикой. Максимумы экстремальных осадков имеют различные значение в каждом месяце.

На рис. 7 приводятся максимумы суточных экстремальных осадков в центральных месяцах сезонов за период 2000-2014 гг. В зимнее и весеннее время максимум достигает 20-30 мм для большей части территории Украины. При этом в

отдельных районах, максимум экстремальных осадков за сутки достигает 40-50 мм. Самые значительные экстремальные осадки за сутки отмечаются в летний период. Те районы, где за сутки может выпасть более 70 мм, являются наиболее уязвимыми и опасными для жизнедеятельности населения и экономики. В осенний сезон значения максимумов экстремальных осадков доходят до 30-40 мм.

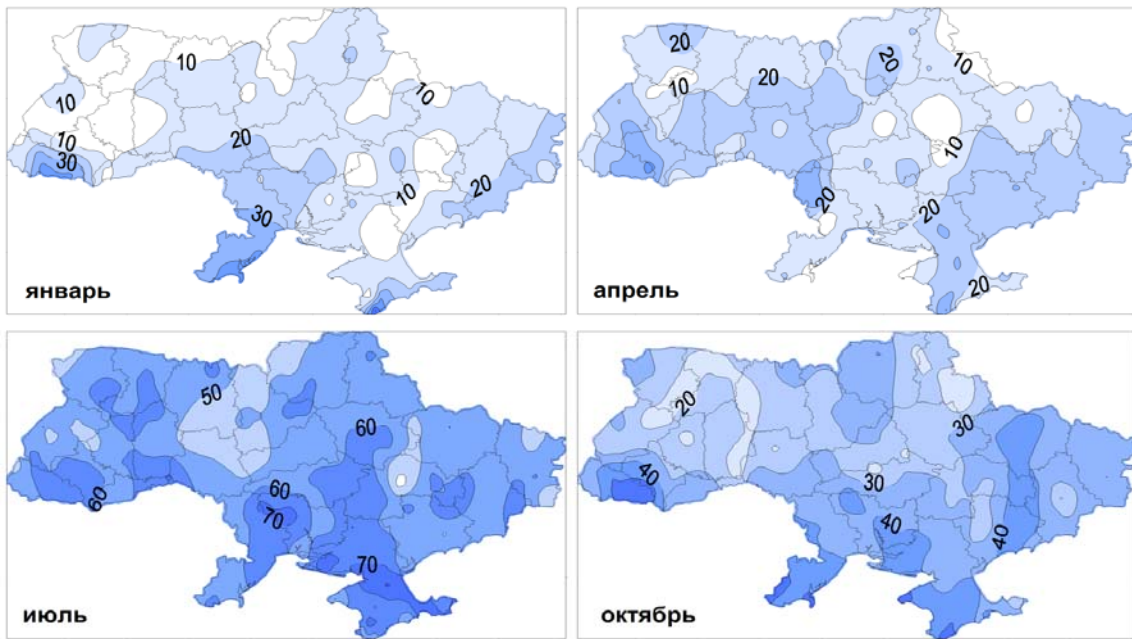


Рис. 6 – Процент экстремальных осадков в норме месячной суммы осадков за период 2000-2014 гг. для центральных месяцев сезона.

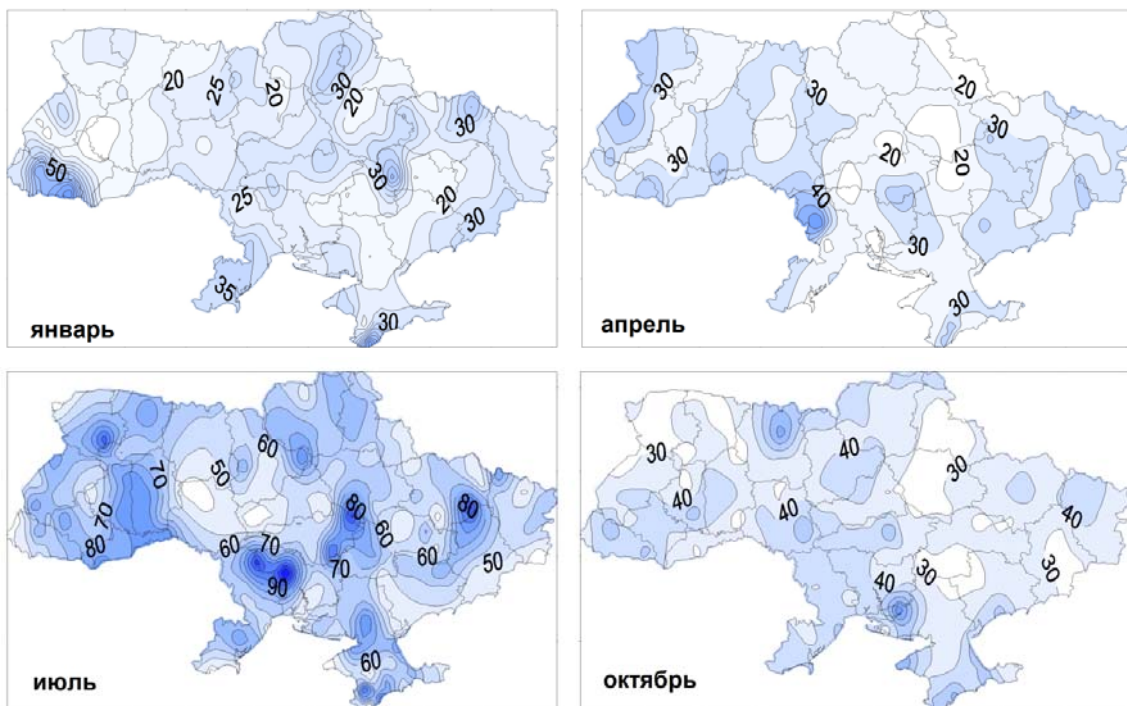


Рис. 7 – Максимальные значения суточных экстремальных осадков в центральных месяцах сезонов за период 2000-2014 гг.

5. ВИСНОВКИ

В даній статті приведені результати досліджень екстремальних опадів на території України в останні десятиліття. На прикладі центральних місяців сезонів показано різниця в місячних сумах опадів. Літні опади на більшій території України майже вдвічі перевищують весняні та осінні опади. Характерною особливістю сучасного режиму опадів є нерівномірне розподілення опадів на протязі місяців.

Для аналізу змін режиму опадів запропоновано розділення норми місячних сум опадів на суму екстремальних та суму помірних опадів. Таке розділення місячної норми опадів в перспективі дозволить:

- уточнити метод довготривалого прогнозу опадів на місяць,
- визначити в подальшому, змінюється чи режим опадів за рахунок екстремальних їх значень,
- виявити уразливі регіони на території України від екстремальних опадів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Drought News August 2015. *European Drought Observatory(EDO)*. URL: <http://edo.jrc.ec.europa.eu> (accessed: 20.02.2018)
2. Alexander, L., Zhang, X., Peterson, T., Caesar, J. et al. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
3. Степаненко С. М., Польовий А. М., Дем'янюк О.С., Дронова О.О. Зміни режиму опадів в Україні. *Агрометеорологічний журнал*. 2014. № 2. С. 10-17.
4. Klein Tank, A., Können, G. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16, 3665-3680.
5. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні. *Український географічний журнал*. 2012. № 4. С. 8-14.
6. Мартазінова В. Ф., Іванова О. К. Сучасний клімат Київської області. Київ : АБЕРС, 2010. 70 с.
7. Мартазінова В. Ф., Іванова Е. К., Щеглов А. А. Тенденція сучасного температурно-вологісного режиму України к аномально сухим та зноним атмосферним процесам в літній сезоні *Наук. пр. УкрГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 15-24.
8. Мартазінова В. Ф., Свердлик Т. А. Зміни великомасштабної атмосферної циркуляції повітря протягом ХХ ст. та її вплив на погодні умови і регіональну циркуляцію повітря в Україні. *Український географічний журнал*. 2001. №2. С. 28–34.
9. Мартазінова В. Ф., Іванова О. К. Зміни великомасштабної циркуляції атмосфери та їх вплив на регіональну циркуляцію і погодні умови. *Стихійні метеорологічні явища на території України за останні двадцятиріччя (1986-2005 рр.)* / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ : Вид-во "Ніка-Центр", 2006. 312 с
10. Мартазінова В. Ф., Бахмутов В. Г., Чайка Д. Ю. Вплив глобального потеплення на зміну великомасштабної атмосферної циркуляції та формування аномальних погодних умов в Україні. *Доповіді НАН України*. 2006. № 2. С. 105–110.
11. Brands, S., Manzanas, R., Gutierrez, J.M. (2012). Seasonal Predictability of Wintertime Precipitation in Europe Using the Snow Advance Index. *American Meteorological Society*, 25, 4023-4028.
12. Van den Besselaar, E.J.M., Klein Tank, A.M.G., Buishand, T.A. (2013). Trends in European precipitation extremes over 1951-2010. *International Journal of Climatology*, 33(12), 2682-2689.
13. Ефимов В. А., Івус Г. П., Нажмудинова Е. Н. К вопросу о формировании весенних засух на территории Украины. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія*. 2008. Вип. 50. С. 64-70.
14. Matygin, A., Ivanov, S., Ivus, G., Palamarchuk, J. (2010). Changes in the precipitation and runoff regimes over the Eastern Europe. *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vienna, Austria, vol. 12, pp. EGU2010-8087.
15. Łupikasza, E., Hansel, S., Matschullat, J. (2010). Regional and seasonal variability of extreme precipitation trends in southern Poland and central-eastern Germany 1951-2006. *International Journal of Climatology*, 31, 2249-2271.
16. Maraun, D., Osborn, T., Rust, H. (2011). The influence of synoptic airflow on UK daily precipitation extremes. Part I: Observed spatio-temporal relationships. *Climate Dynamics*, 36, 261-275.
17. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. Київ : Держ. гідрометеорологічна служба, 2003. 30 с.
18. Agel, L., Barlow, M., Qian, J.H., Colby, F., Douglas, E., Eichler, T. (2015). Climatology of Daily Precipitation and Extreme Precipitation Events in the Northeast United States. *Journal of Hydrometeorology*, 16(6), 2537-2557.
19. Мартазінова В. Ф., Савчук С. В., Витвицька І. В. Состояние средней суточной температуры воздуха и суточного количества осадков зимнего сезона в XX столетии по Киеву. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 7-18.
20. Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X.W., Wolter, K. (2016). Characterizing recent trends in U.S. heavy precipitation. *J. Climate*, 29(7), 2313–2332.
21. Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C. et al. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 111, 1–22.
22. Мартазінова В. Ф., Сологуб Т. А., Іванова О. К. Довгострокове прогнозування середньої місячної температури повітря та місячної суми опадів для території України. *Зб. Системні дослідження та моделювання в землеробстві*. Київ : Агропром. 1997. С.17-28.
23. Мартазінова В. Ф., Іванова Е. К. Классификация синопических процессов по методу полей эталонов и ее применение в долгосрочном прогнозе погоды. *Труды научного семинара «Проблемы и достижения долгосрочного метеорологического прогнозирования, 5-7 октября 2011*. Киев : Ника-Центр, 2011. С. 40-46.
24. Багров Н. А. О распределении месячных сум опадков. *Труды ЦИП*. 1965. Вип. 139. С. 3-21.
25. Юдин М. И. К использованию гиперболических тангенсов нормированных аномалий опадков в

статистических прогнозах. *Труды ГГО*. 1972. Вып. 273. С. 157-165.

26. Alexander, L.V. (2016). Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes*, 11, 4-16.

REFERENCES

1. Drought News August 2015. *European Drought Observatory(EDO)*. Available at: <http://edo.jrc.ec.europa.eu> (accessed: 20.02.2018)
2. Alexander, L., Zhang, X., Peterson, T., Caesar, J. et al. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, 2006, 111. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
3. Stepanenko, S.M., Polevoy, A.M., Demyanyuk, O.S., Dronova, O.O. (2014). Changes in rainfall regime in Ukraine. *Ahroekologichnyi zhurnal* [Agroecological journal], 2, 10-17. (In Ukr.).
4. Klein Tank, A., Können, G. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate*, 16, 3665-3680.
5. Osadchy V.I., Babichenko V.M. Dynamics of extreme meteorological phenomena in Ukraine. *Ukrayins'kyi heohrafichnyi zhurnal* [Ukrainian Geographical Journal], 2012. no. 4. pp. 8-14. (In Ukrainian)
6. Martazynova, V.F., Ivanova, O.K. (2010). *The modern climate of the Kiev region*. Kyiv: "AVERS" Publ. (In Ukr.).
7. Martazynova, V.F., Ivanova, E.K., Shcheglov, A.A. (2016). The tendency of modern temperature and humidity regime of Ukraine to abnormally dry and sultry atmospheric processes in the summer season. *Naukovi pratsi UkrHMI* [Proceedings UHMI], 268, 15-24. (In Russ.).
8. Martazynova, V.F., Sverdluk, T.A. (2001). Changes of large-scale atmospheric circulation during the XXth century and its influence on weather conditions and regional circulation in Ukraine. *Ukrayins'kyi heohrafichnyi zhurnal* [Ukrainian Geographical Journal], 2, 28-34. (In Russ.).
9. Martazynova, V.F., Ivanova, O.K. (2006). Zminy velykomasshtabnoi tsyrkuliatsii atmosfery ta ikh vplyv na rehionalnu tsyrkuliatsiiu i pohodni umovy [Changes of the large-scale atmospheric circulation and their impact on regional circulation and weather conditions]. In: V.M. Lipinsky, V.I. Osadchy, V.M. Babichenko (Eds). *Stykhiini meteorologichni yavysysha na teritorii Ukrainy za oclannie dvadtsiatichia (1986-2005 rr.)* [Natural spatial phenomena in the territory of Ukraine during the last twenty years (1986-2005)]. Kyiv: "Nika-Center". (In Ukr.).
10. Martazynova, V.F., Bakhmutov, V.G., Chayka, D.Yu. (2006). The influence of global warming on the change in large-scale atmospheric circulation and the formation of anomalous weather conditions in Ukraine. *Dopovidi NAN Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine], 2, 105-110. (In Russ.).
11. Brands, S., Manzanar, R., Gutierrez, J.M. (2012). Seasonal Predictability of Wintertime Precipitation in Europe Using the Snow Advance Index. *American Meteorological Society*, 25, 4023-4028.
12. Van den Besselaar, E.J.M., Klein Tank, A.M.G., Buishand, T.A. (2013). Trends in European precipitation extremes over 1951-2010. *International Journal of Climatology*, 33(12), 2682-2689.
13. Efimov, V.A., Ivus, G.P., Nazmudinova, E.N. (2008). To the question of the formation of spring droughts in the territory of Ukraine. *Meteorolohiya, klimatolohiya ta hidrolohiya* [Meteorology, climatology and hydrology], 50, 64-70. (In Russ.).
14. Matygin, A., Ivanov, S., Ivus, G., Palamarchuk, J. (2010). Changes in the precipitation and runoff regimes over the Eastern Europe. *EGU General Assembly Conference Abstracts*. Vienna, Austria, vol. 12, pp. EGU2010-8087.
15. Lupikasza, E., Hansel, S., Matschullat, J. (2010). Regional and seasonal variability of extreme precipitation trends in southern Poland and central-eastern Germany 1951-2006. *International Journal of Climatology*, 31, 2249-2271.
16. Maraun, D., Osborn, T., Rust, H. (2011). The influence of synoptic airflow on UK daily precipitation extremes. Part I: Observed spatio-temporal relationships. *Climate Dynamics*, 36, 261-275.
17. *Nastanova po sluzhbi prohnoziv ta sposterezhen pro nebespechni ta stykhiini yavysysha pohody* [Guide to the service of forecasts and warnings on dangerous and natural weather phenomena]. (2003). Kyiv: State Hydrometeorological Service. (In Ukr.).
18. Agel, L., Barlow, M., Qian, J.H., Colby, F., Douglas, E., Eichler, T. (2015). Climatology of Daily Precipitation and Extreme Precipitation Events in the Northeast United States. *Journal of Hydrometeorology*, 16(6), 2537-2557.
19. Martazynova, V.F., Savchuk, S.V., Vitvitskaya, I.V. (2007). The state of the daily air temperature and daily precipitation of the winter season in the twentieth century in Kiev. *Naukovi pratsi UkrNDHMI* [Proceedings UHMI], 256, 7-18. (In Russ.).
20. Hoerling, M., Eischeid, J., Perlwitz, J., Quan, X.W., Wolter, K. (2016). Characterizing recent trends in U.S. heavy precipitation. *J. Climate*, 29(7), 2313-2332.
21. Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C. et al. (2006). Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res. Atmos.*, 111, 1-22.
22. Martazynova, V.F., Sologub, T.A., Ivanova, O.K. (1997). Long-term forecasting of the average monthly temperature of air and monthly amount of precipitation for the territory of Ukraine. *Zb. Systemni doslidzhennya ta modelyuvannya v zemlerobstvi* [System Research and Modeling in Agriculture]. Kyiv: "Agroprom", pp.17-28. (In Ukr.).
23. Martazynova, V.F., Ivanova, E.K. (2011). Classification of synoptic processes by the field –etalon method and its application in the long-term weather forecast. *Trudy nauchnogo seminaru "Problemy i dostizheniya dolgosrochnogo meteorologicheskogo prognozirovaniya"* [Proceedings of the scientific seminar "Problems and achievements of long-term meteorological forecasting"], October 5-7. Kiev: "Nika-Center", pp. 40-46. (In Russ.).
24. Bagrov, N.A. (1965). *O raspredelenii mesiachnykh sum osadkov* [On the distribution of monthly precipitation]. *Trudy TSIP* [Proceedings Central Institute of Forecasts], 139, 3-21. (In Russ.).
25. Yudin, M.I. (1972). K ispolsovaniyu giperbolicheskikh tangensov normirovannykh anomaliiy osadkov v ststisticheskikh prognozakh [On the use of hyperbolic tangents of normalized precipitation anomalies in statistical forecasts]. *Trudy GGO* [Proceedings Main Geophysical Observatory], 273, 157-165. (In Russ.).
26. Alexander, L.V. (2016). Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond. *Weather and Climate Extremes*, 11, 4-16.

NATURE OF EXTREME PRECIPITATION OVER UKRAINE IN THE 21ST CENTURY

V. F. Martazinova, O. Shcheglov

*Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Service of Emergencies and
National Academy of Sciences of Ukraine,
Pr. Nauki, 37, 03028, Kiev, Ukraine, vazira@gmail.com*

The article examines the state of precipitation over the territory of Ukraine over recent decades. Through the example of central months of the seasons differences in monthly and average daily precipitation amounts for the period of 2000-2014 are shown. Within the most territory of Ukraine summer precipitation is almost twice as high as spring and autumn one. During all seasons the greatest amount of precipitation is observed in the Carpathian region. Distribution of average long-term precipitation values over the rest of the territory coincides in spring, summer and autumn: the highest precipitation values are observed in the western and north-western parts and decrease to the south-east.

The article studies a yearly precipitation rate at low-land and mountain meteorological stations. It proposes to separate criteria of precipitation extremality depending on the regions. All extreme daily precipitation can be divided into the following categories: > 20-30 mm / day, > 30-50 mm / day, > 50 mm / day. Each category of extreme precipitation has its a certain economic risk, but the third class can cause not only economic risks, but also risks associated with human life and activities. The distinct feature of the present-day precipitation consists in redistribution of precipitation in the middle of the months, when a daily precipitation rate increases together with intervals between heavy rains.

In order to analyze the changes of precipitation regime, the approach of dividing the rates of monthly precipitation amount by the rates of extreme and non-extreme precipitation is proposed. A comparative analysis of daily precipitation in different seasons and over different climatic periods was also carried out. The article studies the proportion of daily precipitation of up to 15 mm and the one exceeding 15 mm forming a part of monthly rates of precipitation over the territory of Ukraine. In January, rainfalls exceeding 15 mm make up from 5-10 % of the total amount of monthly precipitation, except the Carpathian region and the southwestern regions of Ukraine where those exceed 20-25 %. In spring, the amount of rainfalls increases and its percentage of the monthly precipitation amount is around 20 % over most of the regions. Until summer, the amount of rainfalls increases and in July its percentage is 50-70 %. Until autumn, the amount of those starts decreasing, however, the percentage of rainfalls is almost twice as high as in spring, and for most of the regions it is about 30-40 %. Such breakdown of the monthly precipitation rates into two components allows determination during a period in question of precipitation amounts we have each month.

The maximum daily precipitation amounts serve as an important indicator of the precipitation regime which shows the potential danger from extreme precipitation. For different regions the threshold values of the upper limit of rainfalls taken as a maximum daily value for the period of 2000-2014 differ. In winter and spring time, the limit of rainfalls amount per day usually hits 20-30 mm for the most territory of the country. At the same time there are certain areas where the limit values of the daily rainfalls rate reach 40-50 mm. The most significant rainfalls are observed in summer. Despite the fact that the territory of such rainfalls is quite patchy, nevertheless, those areas where precipitation rate over one day may reach 70 mm are the most vulnerable and have high risks for human life and activities. In autumn, the threshold values are 30-40 mm.

The breakdown of the rates of monthly precipitation amount into extreme and non-extreme ones allows determination in future of whether the precipitation regime changes because of extreme or non-extreme values. Also, in the long run, a comparative analysis of the rates of showers and weak rainfalls in the late 20th and early 21st centuries can be carried out and a tendency of precipitation regime seasonal change over the next decade can be obtained which will help us to identify vulnerable regions suffering from extreme precipitation rates.

Key words: extreme precipitation, climate, climate change, precipitation rates, precipitation regime

ХАРАКТЕР ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ОПАДІВ ПОЧАТКУ XXI СТОЛІТТЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

В. Ф. Маргазінова, А. А. Щеглов

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України,
пр. Науки, 37, 03028, Київ, Україна, vazira@gmail.com*

В статті розглядається стан опадів на території України в останні десятиліття. На прикладі центральних місяців сезонів показані відмінності у місячних сумах і середніх добових сум опадів за період 2000-2014 рр. Літні опади на більшій території України майже вдвічі перевищують весняні та осінні опади. У всі сезони найбільша кількість опадів випадає в Карпатському регіоні. Розподіл середніх багаторічних значень опадів по решті території збігається навесні, влітку і восени: найбільші значення опадів відзначаються на заході і північному заході та зменшуються на південний схід.

У статті розглядається річний хід інтенсивності опадів на рівнинних і гірських метеорологічних станціях. Пропонується розділяти критерії екстремальності опадів в залежності від регіонів. Всі екстремальні добові опади можна розділити на класи: > 20-30 мм / добу, > 30-50 мм / добу, > 50 мм / добу. Кожен клас екстремальних опадів несе свій ризик в економіці, але третій клас може принести не тільки ризик в економіці, але і в життєдіяльності людини. Характерна особливість сучасного режиму опадів в XXI столітті простежується в перерозподілі опадів всередині місяців, при якому збільшується добова кількість опадів та періоди між значними опадами.

З метою аналізу змін режиму опадів, запропонований підхід поділу норми місячних сум опадів на норми екстремальних і неекстремальних опадів. Був проведений порівняльний аналіз стану добових опадів різних сезонів і різних кліматичних періодів. У статті розглядається співвідношення добових опадів до 15 мм і більше 15 мм в місячних нормах опадів для території України. У січні зливові опади більше 15 мм складають від 5-10 % в загальній нормі місячних опадів, крім Карпатського регіону та південно-західних областей України, де зливи мають більше 20-25 %. У весняному сезоні кількість злизових дощів збільшується і їх процентний внесок в норму місячної суми опадів у квітні складає близько 20 % для більшості областей. До літнього сезону кількість злизових дощів збільшується, і в липні їх процентний внесок становить 50-70 %. До осіннього сезону кількість злизових дощів зменшується, проте відсоток вкладу злизових дощів майже вдвічі більший, ніж у весняний період і складає для більшості регіонів близько 30-40 %. Такий поділ місячних норм опадів на дві складові дозволяє визначити в поточному періоді, яких опадів випадає більше або менше в кожному місяці.

Максимальні добові суми опадів є важливим показником режиму опадів, який вказує на потенційну небезпеку від екстремальних опадів. Для різних регіонів порогові значення верхньої межі злизових опадів України, що представляють собою максимальне значення за добу за період 2000-2014 рр. відрізняються. У зимовий і весняний час межа суми опадів за добу доходить переважно на більшій території країни до 20-30 мм. При цьому є окремі райони, де граничні значення злив за добу доходять до 40-50 мм. Найзначніші зливові опади за добу відзначаються в літній період. Не дивлячись на те, що є плямистість по території, тим не менш, ті райони, де за добу може випасти більше 70 мм, є найуразливішими і небезпечними для життєдіяльності населення, і мають найбільший ризик економічного збитку. В осінній сезон порогові значення злизових дощів становлять 30-40 мм.

Поділ норми місячних сум опадів на норми екстремальних і неекстремальних опадів дозволить визначити в подальшому, чи змінюється режим опадів за рахунок екстремальних значень або неекстремальних. Також в перспективі можна провести порівняльний аналіз місячних норм злизових і незлизових опадів кінця XX і початку XXI століть і отримати тенденцію зміни режиму опадів по сезонах в найближчому десятилітті, щоб виявити уразливі регіони від екстремальних опадів.

Ключові слова: екстремальні опади, клімат, зміна клімату, норми опадів, режим опадів

Подання до редакції : 17. 04. 2018

Надходження остаточної версії : 21. 09. 2018

Публікація статті : 29. 11. 2018