

УДК 551.577.21

О. М. Прокофьев, канд. геогр. наук, доцент,
кафедра физики атмосферы и климатологии,
Одесский государственный экологический университет
ул. Львовская, 15, Одесса, 65016, Украина
leggg0707@rambler.ru

СЕЗОННЫЙ ХОД КОЛИЧЕСТВА КРУПНОМАСШТАБНЫХ И КОНВЕКТИВНЫХ ОСАДКОВ

В статье приведены результаты исследования сезонной динамики крупномасштабных и конвективных осадков на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион. Выявлены зоны максимумов указанных видов осадков, описаны причины возникновения этих зон.

Ключевые слова: крупномасштабные осадки, конвективные осадки, суммарное количество осадков.

ВВЕДЕНИЕ

Постановка проблемы и ее актуальность. Атмосферные осадки – это основной источник увлажнения суши. Одним из наиболее существенных параметров при характеристике климата является количество выпадающих осадков. Поэтому, актуальность данной работы обусловлена вопросами перераспределения осадков в условиях современных климатических изменений, выраженных в глобальном потеплении.

В условиях современного изменения климата все новые отрасли народного хозяйства становятся потребителями информации об атмосферных осадках, чрезвычайно возросшие потребности в воде, особенно пресной, диктуют жесткие требования к мониторингу количества и качества природной влаги, поэтому необходимо постоянно контролировать достоверное их количество. От достоверности определения количества осадков зависит точность расчетов, относящихся к уравнениям водного баланса суши, связи теплового и водного балансов деятельной поверхности почвы, водохозяйственным расчетам, в том числе и к оценке урожайности [8]. Современные климатические изменения, выраженные в повышении температуры воздуха, имеют решающее значение на формирование количества фактической природной влаги в границах одной страны или объединенного региона [4, 7].

Следует отметить, что, по выводам Четвертого доклада по оценке изменений климата [16], рассматриваемая территория не входит в перечень наиболее уязвимых к глобальному потеплению регионов Земли, однако, проявление климатических изменений в регионе уже наблюдается и в течение ближайших десятилетий будет продолжаться. За последние десятилетие, как температура воздуха, так и другие метеорологические величины изменились и отличаются от климатической нормы [13]. По данным В. А. Балабух [2] среднегодовая тем-

пература воздуха в Украине за последние двадцать лет (1991-2010 гг.) выросла на 0,8 °С относительно климатической нормы. Также произошло перераспределение количества осадков по регионам Украины и по сезонам. Как отмечает И. Ф. Букша [3], хотя количество атмосферных осадков изменилась несущественно, однако заметны изменения интенсивности и характера их выпадения. Повышение температуры воздуха и неравномерное распределение осадков, которые имеют ливневый, локальный характер в теплый период года и не обеспечивают эффективное накопление влаги в почве, может привести к росту повторяемости и интенсивности засух [8].

Целью данной работы является оценка динамики сезонного хода количества различных видов осадков на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион (20°в.д – 50°в.д.; 35°с.ш – 60°с.ш) за период 1958-2001 гг. (рис. 1). Достоверность полученных результатов обеспечивают фактические данные о среднемесячных значениях количества осадков и применение методов статистического анализа [9].

Для достижения поставленной цели были выполнены следующие задачи:

- проведено осреднение данных о количестве разных видов осадков, как по месяцам, так и по годам;
- рассчитано суммарное количество осадков для исследуемой территории;
- проанализирован сезонный ход суммарного количества указанных видов осадков;
- проанализировано пространственное распределение средних многолетних годовых сумм осадков.

Объектом исследования в данной работе являются осадки. *Предметом* – динамика сезонного хода количества различных видов атмосферных осадков на территории Восточно-Европейской равнины и Причерноморского региона.

Теоретическое значение работы состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы для исследования закономерностей распределения осадков по территории Восточно-Европейской равнины и Причерноморского региона и прогноза их изменений в будущем. Практическое значение исследования заключается в том, что с его помощью можно определить основные особенности влагозапаса на исследуемой территории.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Европейским центром среднесрочных прогнозов (ECMWF) реализован проект ERA-40, предоставляющий данные реанализа за 45 лет с 1957 по 2002 год в узлах регулярной сетки. Данные получены с помощью численной модели с пространственным разрешением 40 км и минимальным шагом сетки 0,5°×0,5°. Данные предоставляются в форматах GRIB и netCDF. Модельный реанализ ERA-40 представляет собой результат численного моделирования с ассимилированием наземных и спутниковых данных. У разных моделей реанализа координатная сетка индивидуальна [10-14, 17].



Рис. 1. Территория исследования

В работе использовались данные об осадках проекта ЭРА-40: среднемесячные значения количества крупномасштабных осадков в узлах регулярной сетки $2,5 \times 2,5^\circ$ и конвективных осадков – $1,0 \times 1,0^\circ$ представленные European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF Центр, Ридинг, Великобритания) расширенный реанализ [1].

Известно, что осадки различают по характеру выпадения, по происхождению, по физическому состоянию, сезонам выпадения и т.д. Данные, используемые в работе, разделены по характеру выпадения. Крупномасштабные осадки представлены обложными, которые имеют среднюю интенсивность, равномерны, длительны (могут продолжаться сутками, захватывая большие территории). Конвективные осадки представлены ливневыми и характери-

зуються значительной интенсивностью, являются непродолжительными и захватывают небольшую площадь. К ливневым осадкам относятся: ливневой дождь, ливневой снег, ливневой дождь со снегом, снежная крупа, ледяная крупа и град.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

В ходе работы было проведено осреднение данных о количестве крупномасштабных и конвективных осадков, как по месяцам, так и по годам, а также рассчитана годовая сумма осадков.

Сезонный ход крупномасштабных осадков осредненных по всей исследуемой территории значительно отличается от хода конвективных осадков (рис. 2). Максимальные значения крупномасштабных осадков характерны для осенне-зимнего периода (ноябрь – 56,5 мм), минимальные – в летние месяцы (июль – 23,5 мм). Обложные осадки, связаны преимущественно с тёплыми фронтами.

Ливневые осадки наблюдаются при прохождении холодных фронтов, при внутримассовых процессах, связаны с формированием конвективной облачности. Сезонный ход количества конвективных осадков характеризуется ярко выраженным максимумом в теплый период года (май – 156,6 мм) и минимумом в зимние месяцы (февраль – 20,8 мм) [5].

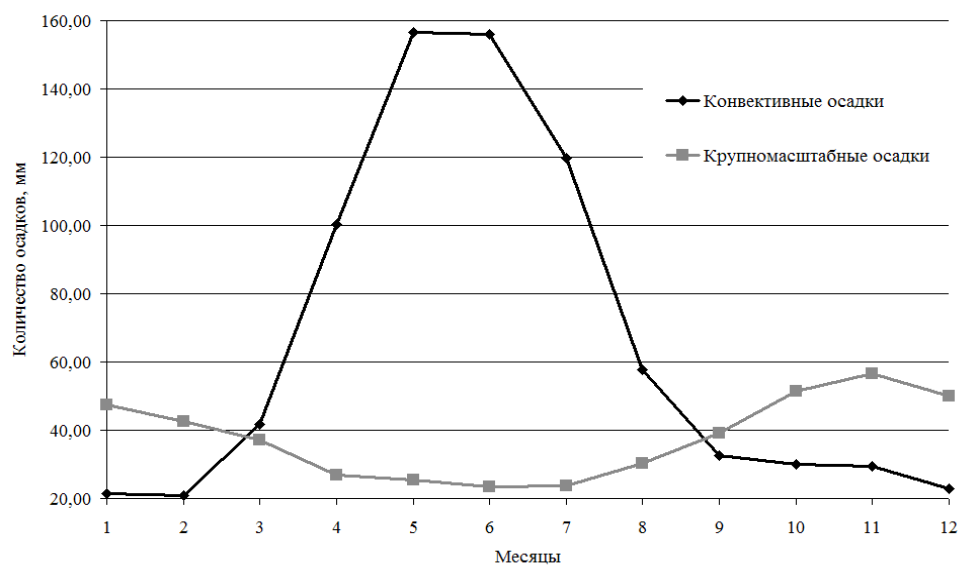


Рис. 2. Сезонный ход конвективных и крупномасштабных осадков, осредненных по всей исследуемой территории

Такой сезонный ход крупномасштабных и конвективных осадков обусловлен процессами формирования облаков, из которых выпадают обложные и

ливневые осадки. Обложные и ливневые осадки отличаются, в первую очередь по характеру образования.

Рассмотрим сезонный ход пространственного распределения крупномасштабных и конвективных осадков, используя карты, построенные для центральных месяцев сезона.

Для крупномасштабных (обложных) осадков в январе, как и для всех зимних месяцев, характерен широтный перенос и образование нескольких зон максимумов (в районе Восточно-Европейской равнины и над Турцией) (рис. 3 а).

В апреле формируется зона максимумов над Малой Азией и Кавказом, что свидетельствует о влиянии орографического фактора на увеличение количества выпадающих осадков в горных районах (рис. 3 б). В июле количество крупномасштабных осадков в регионе уменьшается, но сохраняется максимум над Кавказом (рис. 4 а). В октябре количество крупномасштабных осадков увеличивается и образуется зона максимумов над территорией Турции (рис. 4 б).

Пространственно-временное распределение конвективных осадков в регионе в зимний период характеризуется минимальными значениями и малоградиентными полями, и лишь на юго-востоке отмечается слабый максимум (рис. 5 а). С апреля начинается стремительный рост количества конвективных осадков, зона максимумов располагается над Кавказом (рис. 5, б). Летом, в неустойчиво стратифицированной атмосфере возникают условия для развития мощной конвективной облачности, с которой связано выпадение ливневых осадков. Так в мае, осредненное по всей территории, значение выпавших ливневых осадков в регионе достигает 15 см. Зона максимумов занимает всю территорию Украины.

В июле формируется две зоны максимумов, над Кавказом и Карпатами, которые обусловлены орографическими особенностями подстилающей поверхности, при этом уменьшаются горизонтальные градиенты количества конвективных осадков (рис. 6 а). С октября образуется зона максимумов конвективных осадков над территорией Турции, появлению которой способствуют хорошо прогретая южная атмосфера и приток влажного средиземноморского воздуха (рис. 6 б).

Одной из характеристик, применяемых в климатическом анализе, является среднее значение годовой суммы осадков за исследуемый период времени. Проведем сравнительный анализ пространственного распределения средних значений годовых сумм осадков за 45-летний период на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион (рис. 7).

На исследуемой территории для пространственного распределения годовых сумм крупномасштабных осадков (рис. 7 а) характерны два максимума: первый – на севере рассматриваемой территории (этот максимум связан с переносом влажных воздушных масс из Северной Атлантики), второй – в районе Кавказа.

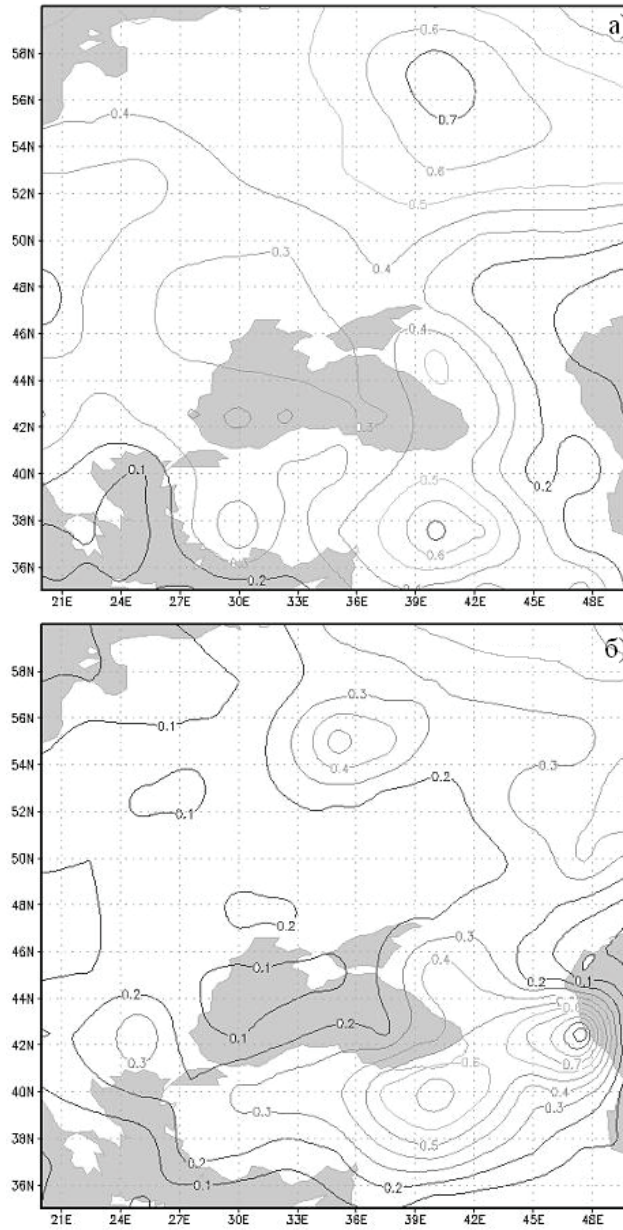


Рис. 3. Пространственное распределение крупномасштабных осадков (м) над рассматриваемой территорией (а – январь, б – апрель)

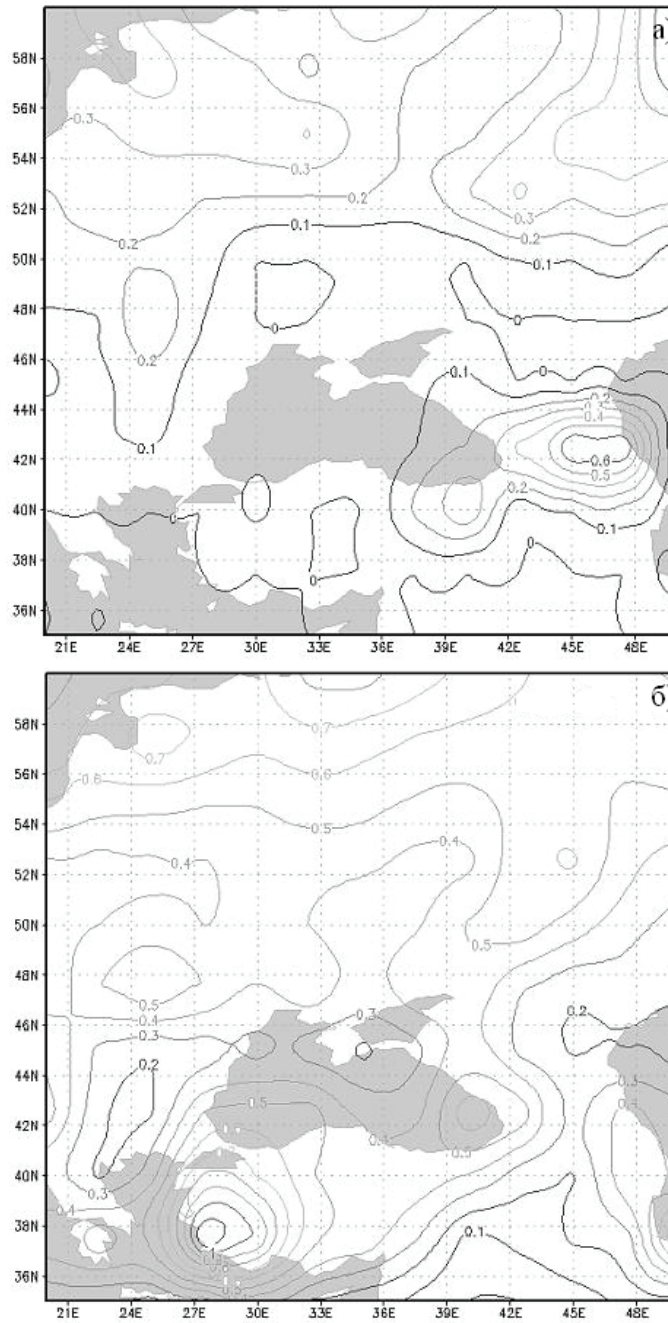


Рис. 4. Пространственное распределение крупномасштабных осадков (м) над рассматриваемой территорией (а – июль, б – октябрь)

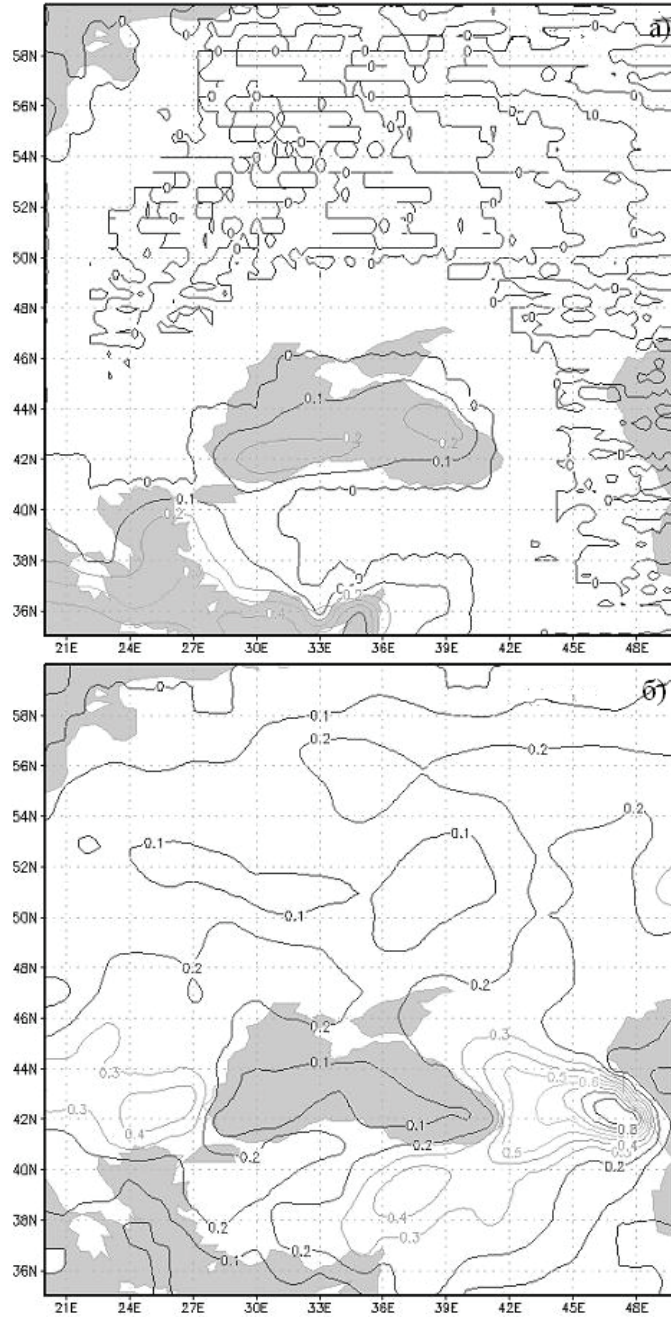


Рис. 5. Пространственное распределение конвективных осадков (мм) в центральные месяцы сезонов над рассматриваемой территорией (а – январь, б – апрель)

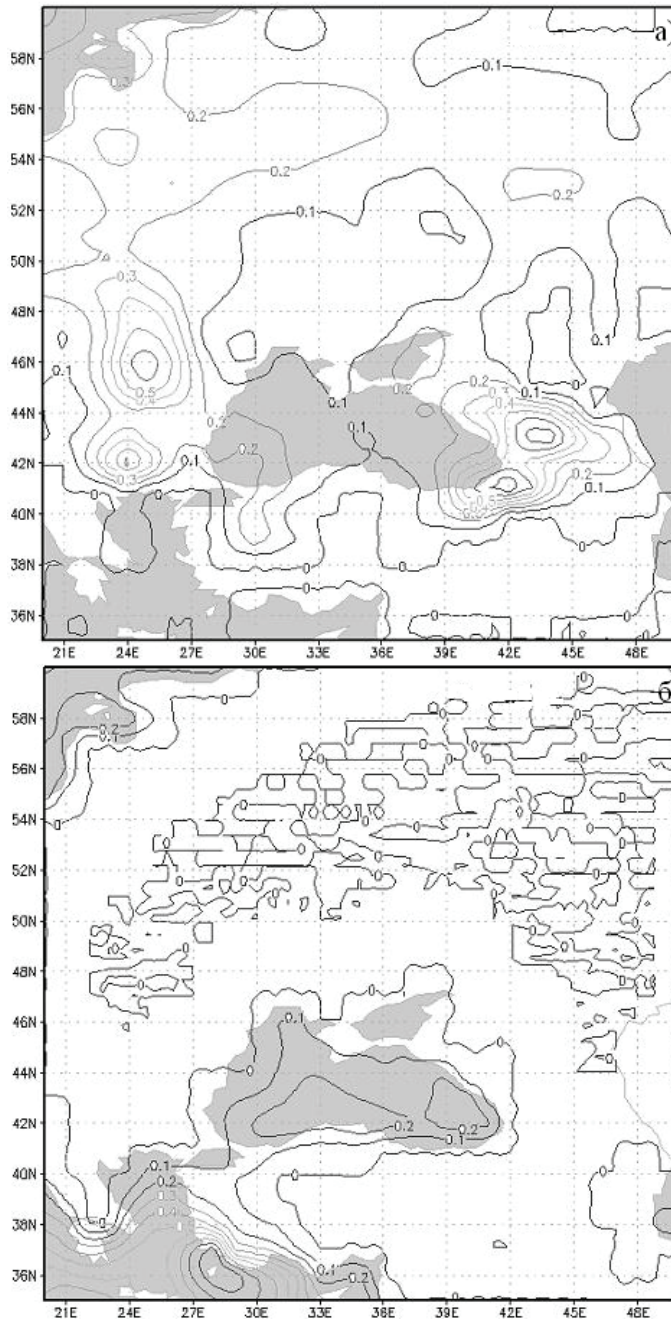


Рис. 6. Пространственное распределение конвективных осадков (мм) в центральные месяцы сезонов над рассматриваемой территорией (а – июль, б – октябрь)

В результате проведенного анализа, можно отметить, что на распределение годовых сумм конвективных осадков (рис. 7 б) влияет, прежде всего, орографический фактор. Максимумы расположены в районе Карпат и Кавказских гор, а также на побережье Малой Азии.

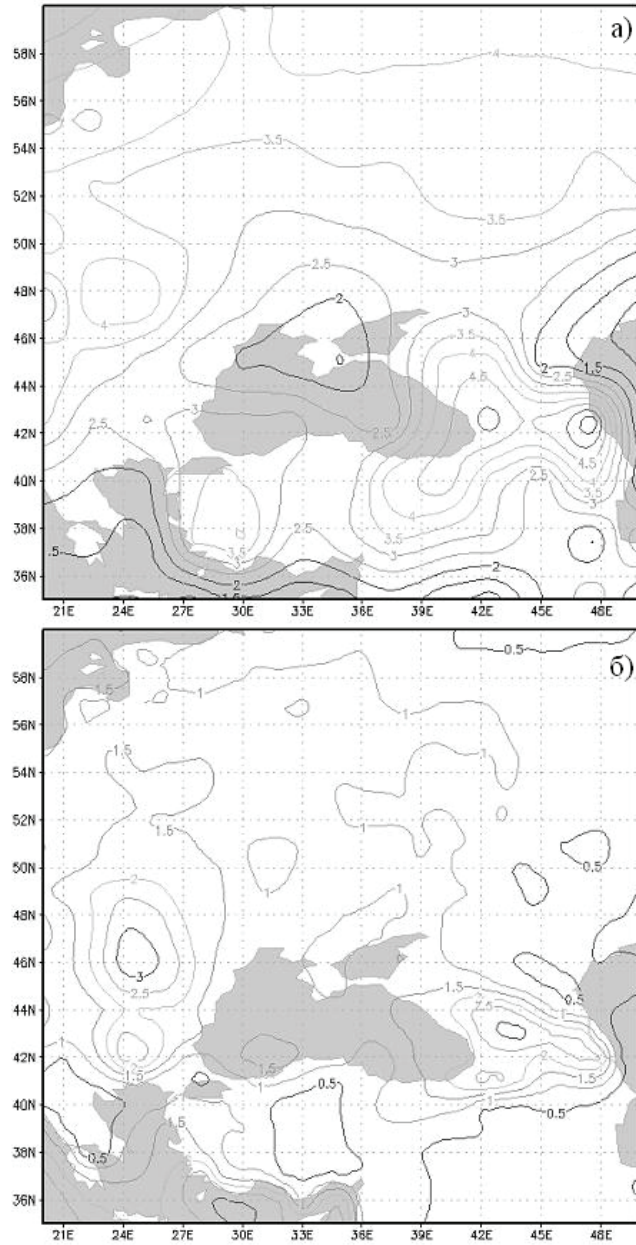


Рис. 7. Пространственное распределение средних многолетних годовых сумм крупномасштабных (а) и конвективных (б) осадков (м)

ВЫВОДЫ

Исследования сезонной динамики крупномасштабных и конвективных осадков на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион, выявили превышение (в 2 раза) количества ливневых над обложными осадками.

Максимум конвективных осадков наблюдается летом, крупномасштабных – зимой. Формирование зон максимумов обоих видов осадков обусловлено орографическими особенностями подстилающей поверхности. Как правило, зоны максимумов наблюдаются в районе Карпат, Малой Азии и Кавказа.

Перспективы дальнейших исследований. Для определения особенностей влагозапаса на территории, охватывающей Восточно-Европейскую равнину и Причерноморский регион, необходимо провести анализ многолетней динамики крупномасштабных и конвективных осадков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. База данных Европейского центра среднесрочных прогнозов (ECMWF) [Электронный ресурс] URL:<http://www.ecmwf.int/products/data> (дата обращения: 12.03.2014).
2. Балабух В. А. Межгодовая изменчивость интенсивности конвекции в Украине [Текст] / В. А. Балабух // Глобальные и региональные изменения климата (под ред. Осадчего В.И.). – К: Ника-Центр, 2011. – С.150-159.
3. Букша И. Ф. Изменение климата и лесное хозяйство Украины [Текст] / И. Ф. Букша // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2009. – Т. 7. – С. 11-14.
4. Волощук В. М. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти [Текст] / В. М. Волощук. – К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2002.– 17 с.
5. Климок В. И. Сезонный ход крупномасштабных и конвективных осадков [Текст] / В. И. Климок, А. А. Деревяга // Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ. – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – С. 60-64.
6. Ліпінський В. М. Клімат України [Текст] / В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
7. Швер Ц. А. Закономерности распределения количества осадков на континентах [Текст] / Ц. А. Швер. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 286 с.
8. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна [Текст] / О. Шевченко. – Київ: Мапаер, 2014. – 61с.
9. Школьный С. П. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник [Текст] / С. П. Школьный, І. Д. Лосева, Л. Д. Гончарова. – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.
10. Dee D. P. Variational bias correction of satellite radiance data in the ERA-Interim reanalysis [Text] / D. P. Dee, S. Uppala // Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2009. – №135. – P. 1830-1841.
11. Dee D. P. The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system [Text] / D. P. Dee // Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2011. – #137. – P. 553-597.
12. IPCC: Climate Change 2013 [Text] : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)] // Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York. – 2013. – 1535 pp.
13. Kobayashi S. Toward a consistent reanalysis of the upper stratosphere based on radiance measurements from SSU and AMSU-A [Text] / S. Kobayashi, M. Matricardi, D. P. Dee, S. Uppala // Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2009. – №135. – P. 2086-2099.
14. Poli P. Assimilation of Global Positioning System Radio Occultation data in the ECMWF ERA-Interim reanalysis [Text] / P. Poli, S. B. Healy, D. P. Dee // Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2010. – №136. – P. 1972-1990.
15. Simmons A. J. Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational datasets [Text] / A. J. Simmons, K.M. Willett, P.D. Jones, P.W. Thorne, D.P Dee // J. Geophys. Res. – 2010. – Vol. 115, №D1. – 22p.

16. Solomon S. Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC [Text] / S. Solomon. – Cambridge University Press. – 2007. – №4. – 94p.
17. Uppala S. The ERA-40 re-analysis [Text] / S. Uppala. – Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2005. – №131. – P.2961-3012.

REFERENCES

1. “The database of the European Centre for Medium forecasts (ECMWF)” available at: www.ecmwf.int/products/data (accessed 03 December 2014).
2. Balabukh, V. A. (2011), *Mezhgodovaya izmenchivost' intensivnosti konveksii v Ukraine [The interannual variability of the intensity of convection in Ukraine]*, Kyiv: Nika-Tsentr, pp. 150-159.
3. Buksha, I. F. (2009), *Izmeneniye klimata i lesnoye khozyaystvo Ukrainy [Climate change and forestry in Ukraine]*, *Scientific papers of Forest Academy of Sciences of Ukraine*, No.7, pp. 11-14.
4. Voloshchuk, V. M. (2002), *Hlobal'ne poteplinnya i klimat Ukrainy: rehional'ni ekolohichni ta sotsial'no-ekonomichni aspekty [Global warming and climate of Ukraine: Regional environmental and socio-economic aspects]*, Kyiv: Kyiv University, 17 p.
5. Klimyuk V. I., Derevyago A. A. (2014), *Sezonnyy khod krupnomasshtabnykh i konvektivnykh osadkov [Seasonal variations of large-scale and convective precipitation]*, *Collection of articles on the materials of the scientific conference OSENU*, OSENU, pp. 60-64.
6. Lipinski, V. M., Dyachuk, V. A., Babichenko, V. M. (2003), *Klimat Ukrainy [Climate Ukraine]*, Kyiv: Publishing House Raevs'kogo, 343 p.
7. Schwer, C.A. (1984), *Zakonomernosti raspredeleniya kolichestva osadkov na kontinentakh [Patterns of distribution of rainfall on the continents]*, L. : Gidrometeoizdat, 286 p.
8. Shevchenko, O. (2014), *Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukrainy [Assessment of vulnerability to climate change: Ukraine]*, Kyiv: Maflaer, 61p.
9. Shkolny, E.P., Loyeva, I. D., Goncharova, L. D. (1999), *Obrobka ta analiz hidrometeorolohichnoyi informatsiyi: Pidruchnyk [Processing and analysis of hydrometeorological information: Tutorial]*, Kyiv: Ministry of Education of Ukraine, 600 p.
10. Dee, D. P., Uppala, S. (2009) Variational bias correction of satellite radiance data in the ERA-Interim reanalysis, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, No. 135, pp. 1830-1841.
11. Dee, D. P. (2011), The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, No. 137, pp. 553-597.
12. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
13. Kobayashi, S., Matricardi, M., Dee, D. P., Uppala, S. (2009), Toward a consistent reanalysis of the upper stratosphere based on radiance measurements from SSU and AMSU-A, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, No. 135, pp. 2086-2099.
14. Poli, P., Healy, S. B., Dee, D. P. (2010) Assimilation of Global Positioning System Radio Occultation data in the ECMWF ERA-Interim reanalysis, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, No. 136, pp. 1972-1990.
15. Simmons, A. J., Willett, K. M., Jones, P. D., Thorne, P. W., Dee, D. P. (2010), Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational datasets”, *J. Geophys. Res.*, Vol. 115, №D1. – 22p.
16. Solomon, S. (2007), Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC, *Cambridge University Press*, No.4, 94p.
17. Uppala, S. (2005), The ERA-40 re-analysis, *Quart. J. R. Meteorol. Soc.*, No. 131, pp. 2961-3012.

Поступила 16. 05. 2015

О. М. Прокоф'єв, канд. геогр. наук, доцент,
кафедра фізики атмосфери та кліматології,
Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна
leggg0707@rambler.ru

СЕЗОННИЙ ХІД КІЛЬКОСТІ КРУПНОМАСШТАБНИХ ТА КОНВЕКТИВНИХ ОПАДІВ

Резюме

У статті наведені результати дослідження сезонної динаміки крупномасштабних та конвективних опадів на території, яка охоплює Східно-Європейську рівнину та Причорноморський регіон. Виявлено зони максимумів зазначених видів опадів, описані причини виникнення цих зон.

Ключові слова: крупномасштабні опади, конвективні опади, сумарна кількість опадів.

О. М. Prokofev

Department of atmospheric physics and climatology,
Odessa State Environmental University,
Lvovskaya St., 15, Odessa, 65016, Ukraine
leggg0707@rambler.ru

SEASONAL VARIATION OF QUANTITY OF LARGE-SCALE AND CONVECTIVE PRECIPITATION

Abstract

Purpose of study in this paper is to estimate the dynamics of seasonal variation of the quantity of different types of precipitation in the East European Plain and the Black Sea region for the period 1958-2001. The object of study is the large-scale and convective precipitations.

Methodology. In the article used data on precipitation project ERA-40: average monthly values of the number of large-scale precipitation gridded $2,5 \times 2,5^\circ$ and convective precipitation – $1,0 \times 1,0^\circ$ presented by European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF Center, Reading, UK) advanced reanalysis.

In the work was carried out averaging data on the number of large-scale and convective precipitation as by month and by year, and was calculated the total amount of precipitation.

Study of seasonal dynamics of large-scale and convective precipitation in the area covering the East European Plain and the Black Sea region, revealed excess (2-fold) in the number of heavy precipitation over widespread.

Results. Maximum of convective precipitation occurs in the summer, a large-scale – in the winter. Formation of zones of both types of precipitation maxima dictated under orographic features of the underlying surface. As a rule, the maximum is observed in the zone of Carpathian region, Asia Minor and the Caucasus.

Keywords: large-scale precipitation, convective precipitation, total precipitation.