

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.

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 повышение 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 последнее десятилетие, как температура воздуха, так и другие метеорологические величины изменились и отличаются от климатической нормы [13]. По данным В.А. Балабух [2] среднегодовая температура воздуха в Украине за последние двадцать лет (1991-2010гг.) 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.

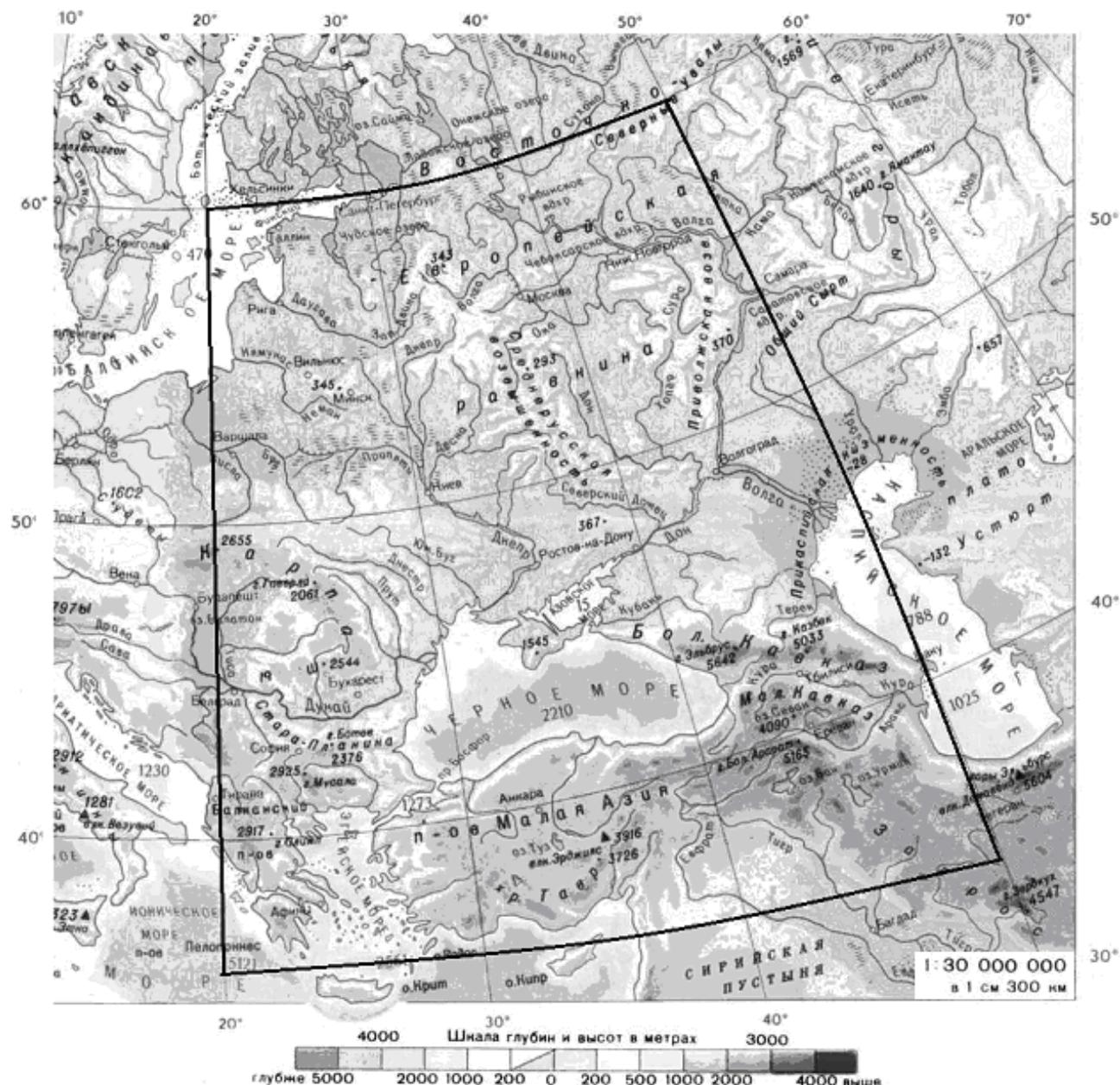


Рисунок 1 – Территория исследования

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 $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$. 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].

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 характеризуются 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].

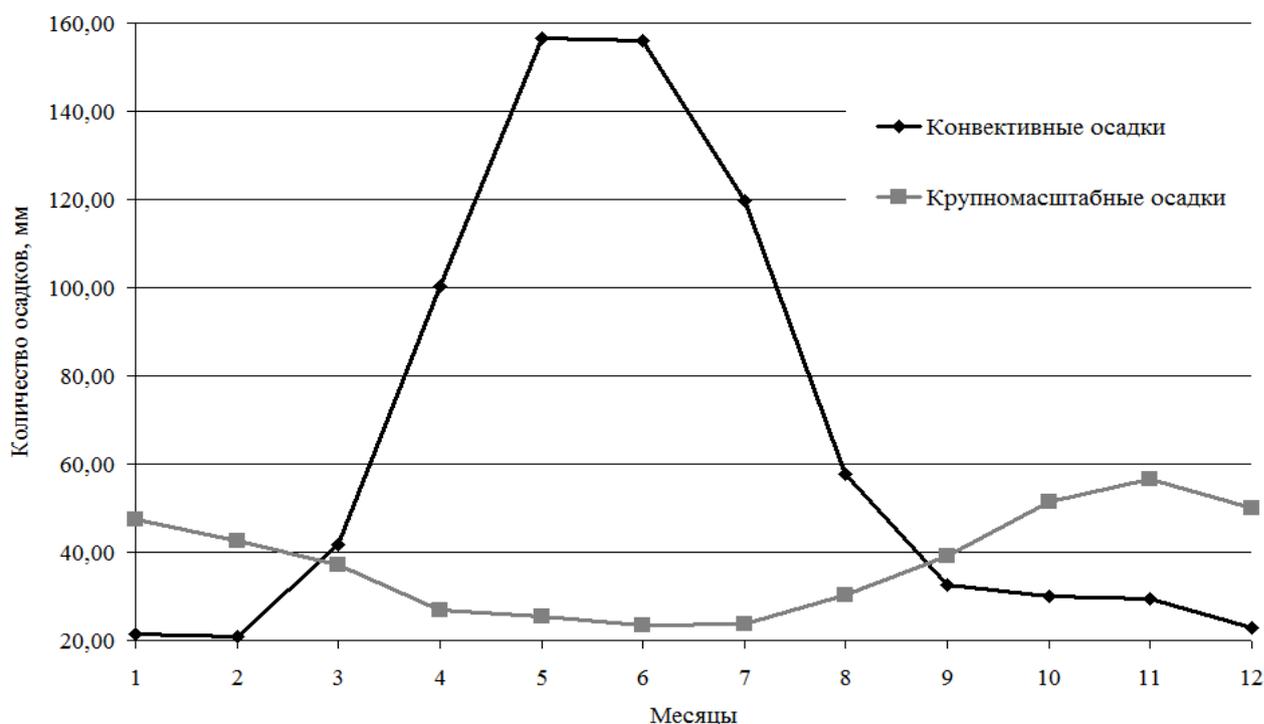


Рисунок 2 – Сезонный ход конвективных и крупномасштабных осадков, осредненных по всей исследуемой территории

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.

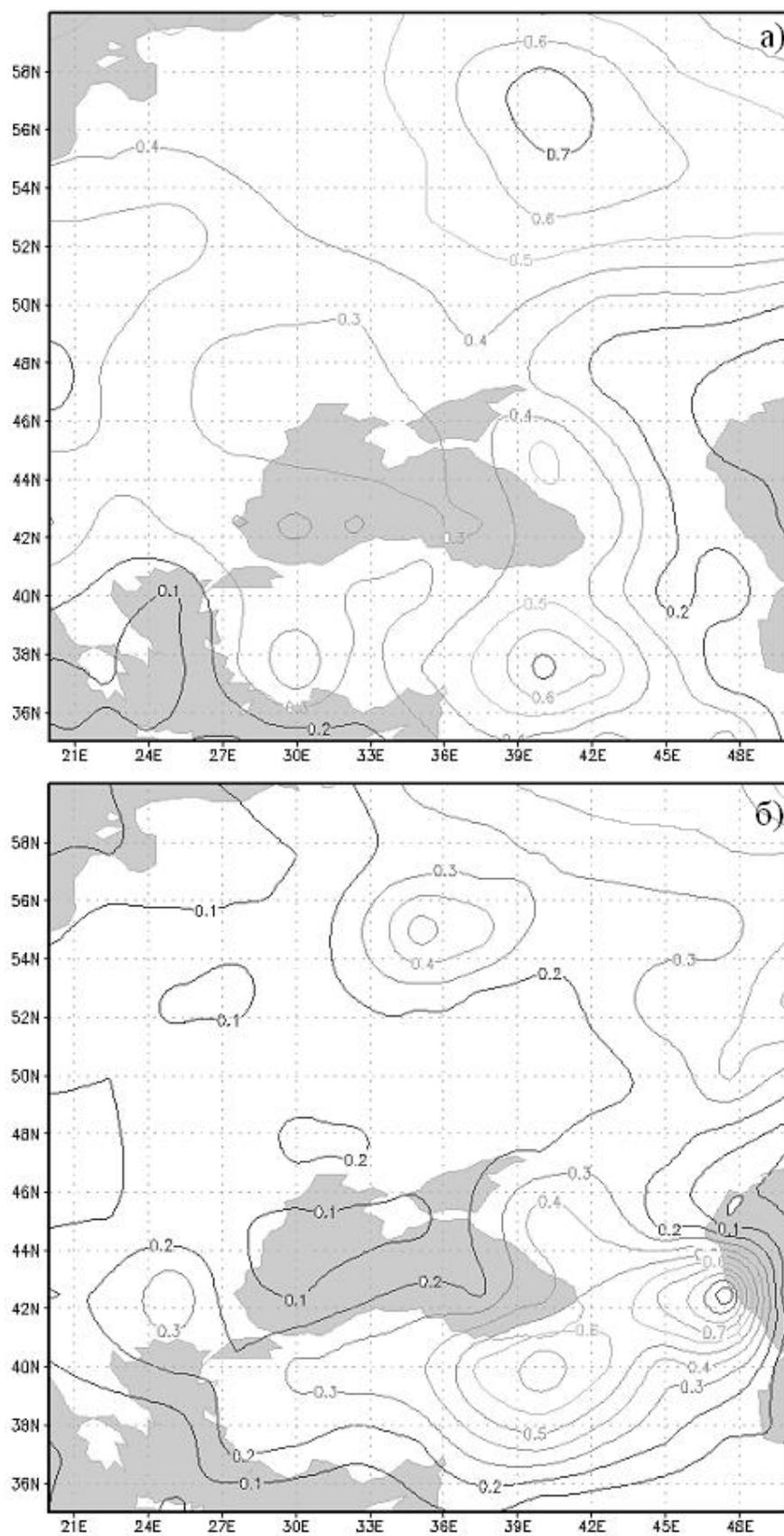


Рисунок 3 – Пространственное распределение крупномасштабных осадков (м) над рассматриваемой территорией (а – январь, б – апрель)

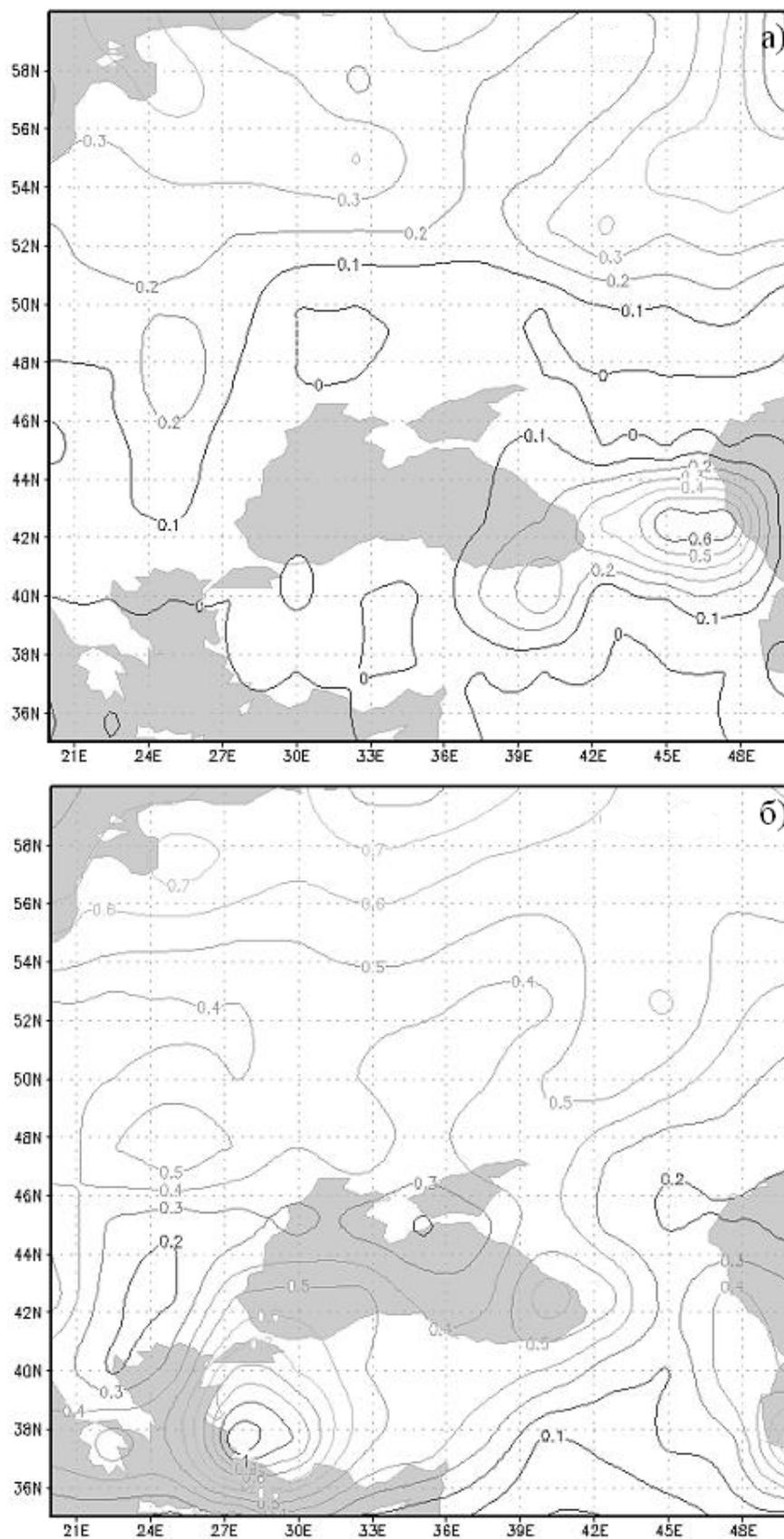


Рисунок 4 – Пространственное распределение крупномасштабных осадков (м) над рассматриваемой территорией (а – июль, б – октябрь)

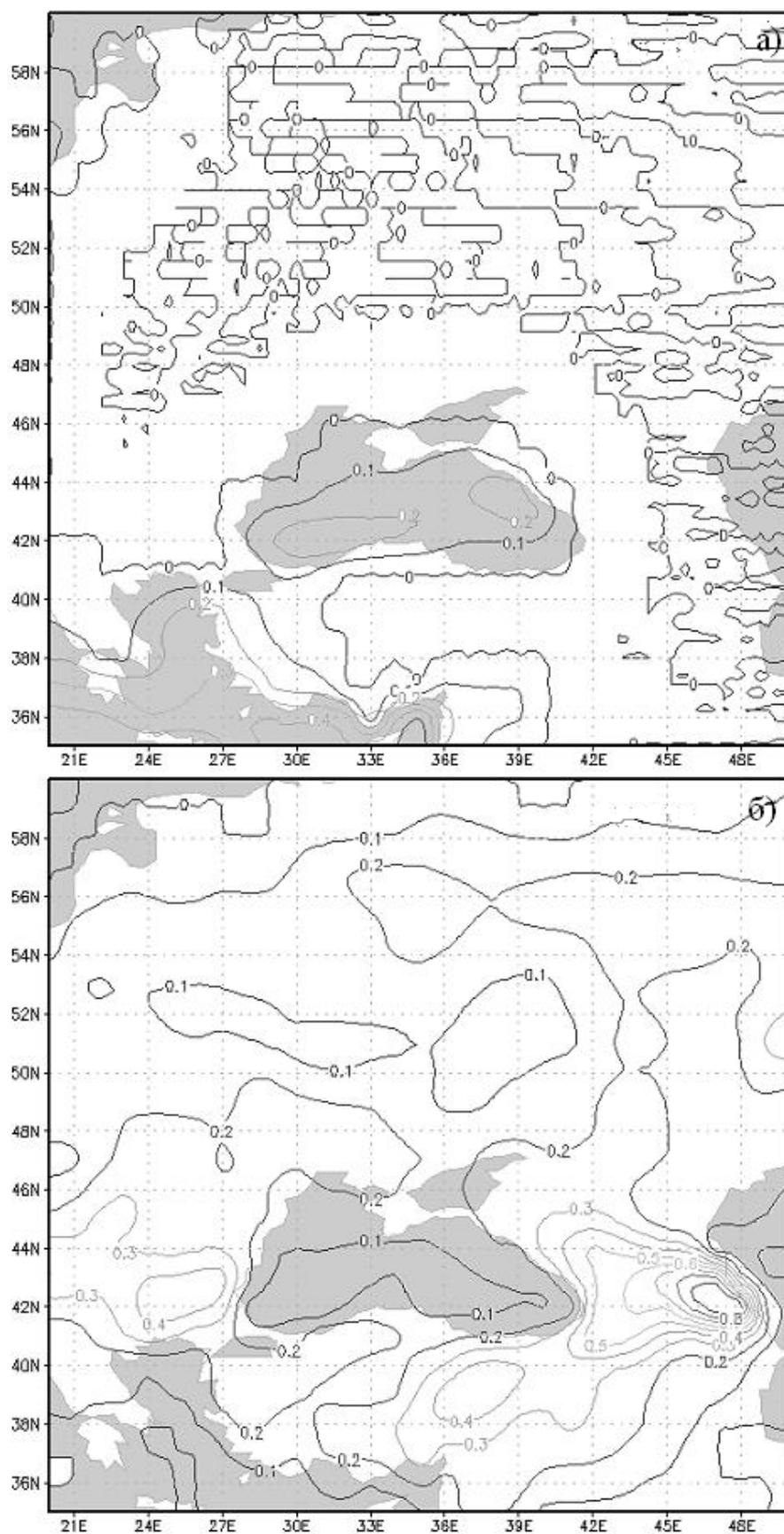


Рисунок 5 – Пространственное распределение конвективных осадков (м) в центральные месяцы сезонов над рассматриваемой территорией (а – январь, б – апрель)

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.

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.

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.

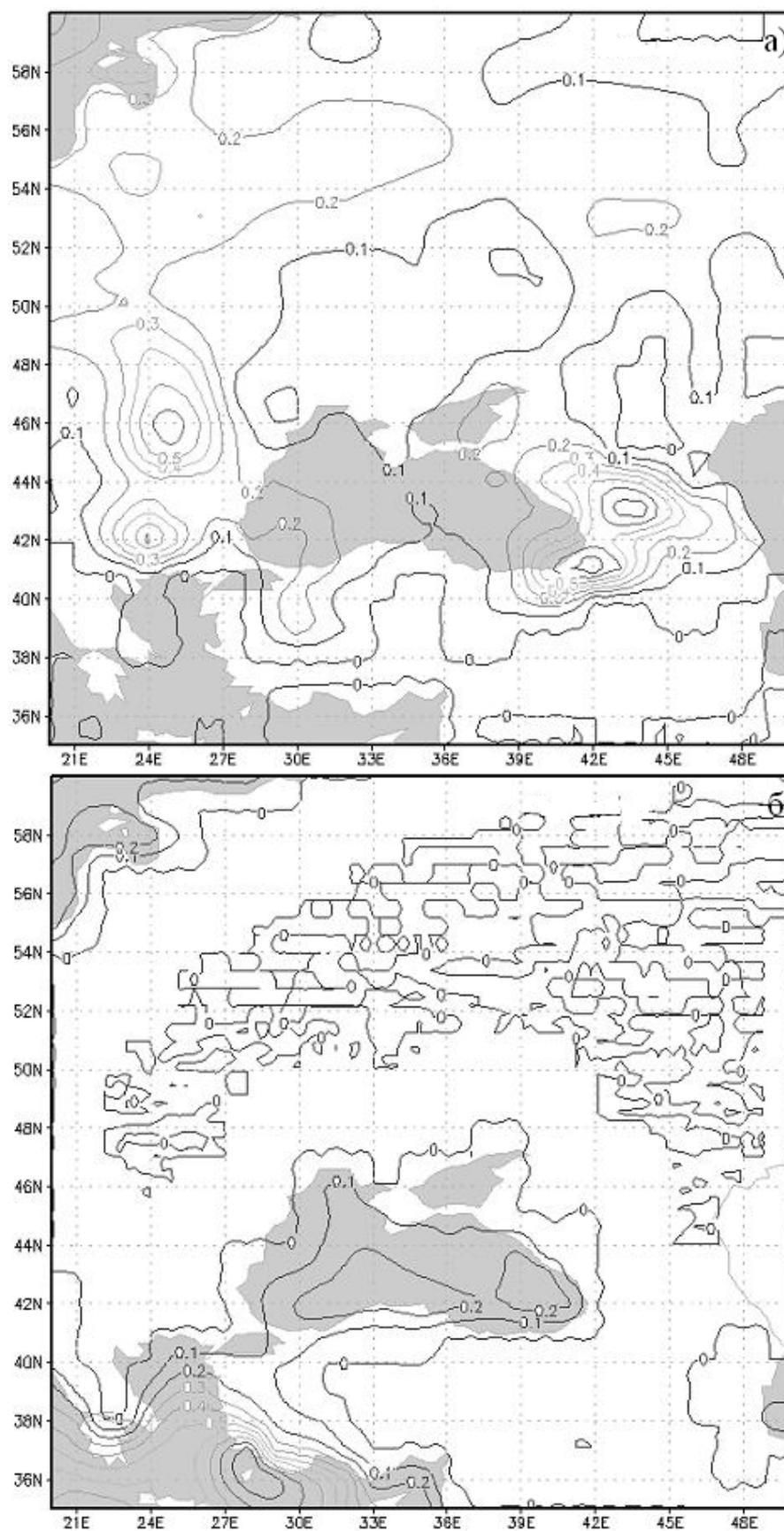


Рисунок 6 – Пространственное распределение конвективных осадков (м) в центральные месяцы сезонов над рассматриваемой территорией (а – июль, б – октябрь)

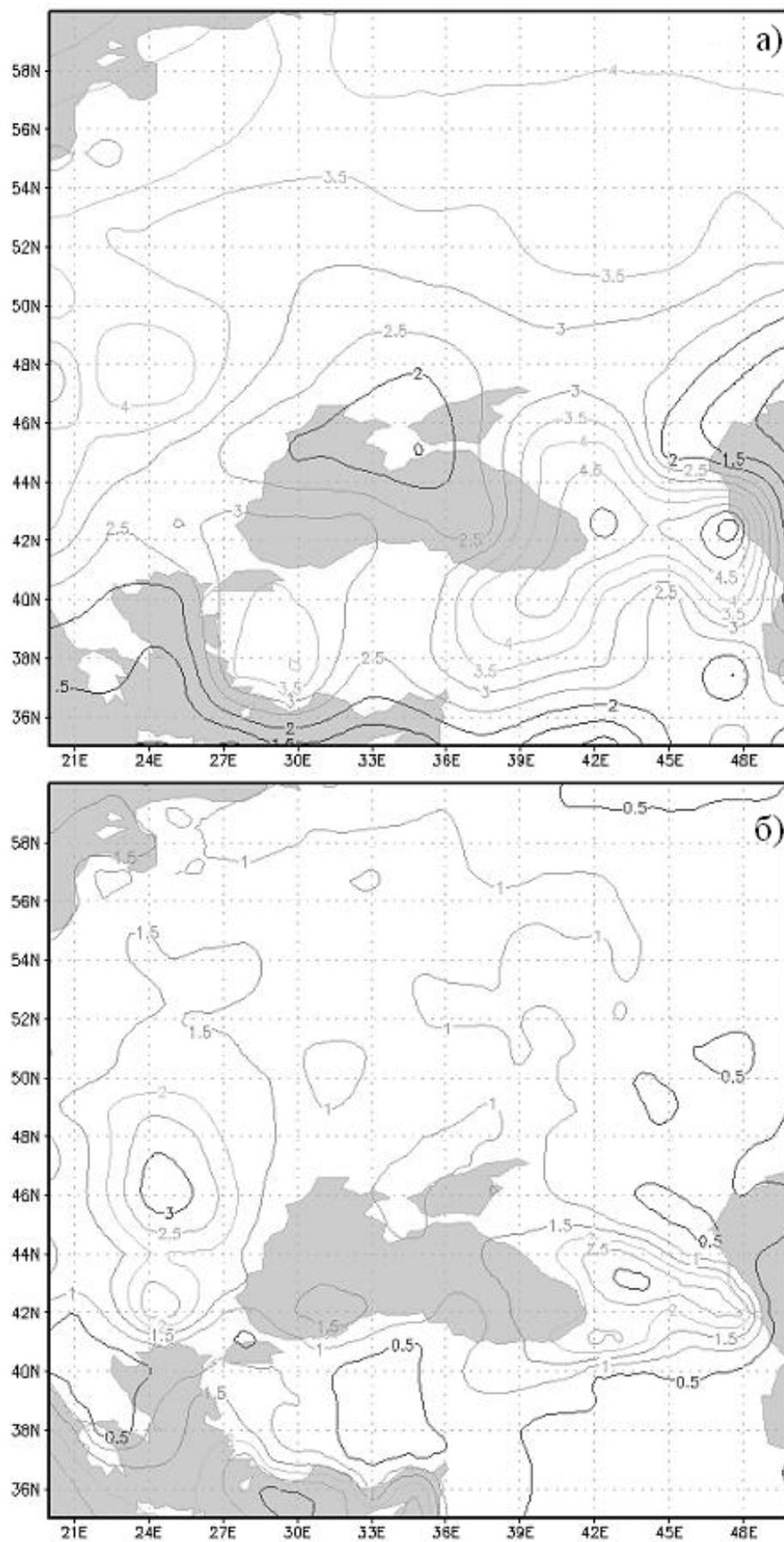


Рисунок 7 – Пространственное распределение средних многолетних годовых сумм крупномасштабных (а) и конвективных (б) осадков (м)

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 / 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 / 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 / В.М. Волощук. – К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”, 2002.– 17 с.
5. Климюк В.И. Сезонный ход крупномасштабных и конвективных осадков / В.И. Климюк, А.А. Деревяга // Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції ОДЕКУ. – Одеса: ОДЕКУ, 2014. – С. 60-64.
6. Липінський В. М. Клімат України / В.М. Липінський, В.А. Дячук, В.М. Бабіченко. – К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
7. Швер Ц. А. Закономерности распределения количества осадков на континентах / Ц.А. Швер. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 286 с.
8. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна / О. Шевченко. – Київ: Maflaer, 2014. – 61с.
9. Школьный Є. П. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник / Є.П. Школьный, І.Д. Лоева, 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 / 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 / D.P. Dee // Quart. J. R. Meteorol. Soc. – 2011. – #137. – P. 553-597.
12. IPCC: 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. – 2013. – 1535 pp.
13. Kobayashi S. Toward a consistent reanalysis of the upper stratosphere based on radiance measurements from SSU and AMSU-A / 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 / 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 / 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 / S. Solomon. – Cambridge University Press. – 2007. – №4. – 94p.

17. Uppala S. The ERA-40 re-analysis / 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]*, Kiyev: Nika-Tsentr pp. 150-159.

3. Buksha, I.F. (2009), *Izmeneniye klimata i lesnoye khozyaystvo Ukrainy [Climate change and forestry in Ukraine]*, *Theses Forest Academy of Sciences of Ukraine*, No.7, pp. 11-14.

4. Voloshchuk, V.M. (2002), *Hlobal'ne poteplinnya i klimat Ukrayiny: 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 Ukrayiny [Climate Ukraine]*, Kyiv: Publishing. Raevskogo, 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: Ukrayina [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.

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

The subject of study in this paper are large-scale and convective precipitation. Purpose – to estimate the dynamics of seasonal variation of the quantity of these types of precipitation in the East European Plain and the Black Sea region for the period 1958-2001 years.

We 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.

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.