

УДК 551.594.21

Т.Е. Данова, Ю.М. Мацук

ДИНАМИКА ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРОЗ НА ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛИЗА

Представлены результаты компонентного анализа повторяемости гроз на территории Украины. Показано, что величины первых пяти собственных значений двух периодов исчерпывают от 51 до 59 % суммарной дисперсии поля, что свидетельствует о большом количестве факторов, от которых зависит повторяемость грозовой активности в Украине. Проведенный компонентный анализ выявил влияние на повторяемость гроз в Причерноморском регионе процессов разных масштабов.

Ключевые слова: повторяемость гроз на территории Украины, компонентный анализ.

Вступление

Из многочисленных мезометеорологических процессов наибольшую роль в атмосфере играет конвекция, особенно если она сопровождается образованием кучево-дождевых облаков, с которыми связаны такие явления как град, грозы, торнадо, ливневые осадки. Грозы являются одним из опасных явлений погоды, связанных с конвективной облачностью. В настоящее время существует целый ряд разработок, позволяющих с высокой степенью вероятности обнаруживать и локализовать по косвенным признакам грозовые облака с помощью метеорологических радиолокаторов, грозорегистрационных систем и данных метеостанций для целей штормоповещения [6, 7, 9]. Таким образом, изучение современных региональных особенностей статистики (климатологии гроз) является основной целью мониторинга грозовых явлений. Исследования последних десятилетий показали, что грозовая активность чутко реагирует на изменения температуры, влажности, радиационного режима и состава атмосферы [1, 3-5].

Целью этой работы является оценка динамики грозовой активности за последние сорок лет на территории Украины с использованием методов многомерного статистического анализа. Достоверность полученных результатов обеспечивают фактические данные о повторяемости гроз [2] и применение методов многомерного статистического анализа [10].

Исходные данные и методы исследования

В работе анализируются данные о числе дней с грозой на территории Украины, с апреля по сентябрь за период 1970-2011 гг., которые были разделены на два периода: 1970-1989 гг. и

1990-2011 гг., полученные по сети 29 метеорологических станций Украины из базы данных испанского климатического сайта [2]. Использование компонентного анализа дает возможность получить собственные значения и собственные векторы матриц корреляции, провести параметризацию поля повторяемости гроз; осуществить анализ полей первых собственных векторов, благодаря чему появляется возможность ликвидировать большую рассредоточенность исходной информации, а также решить проблему сжатия исходной информации. Известно, что поля метеорологических величин, формируются под действием атмосферных процессов разных масштабов: макромасштаба, синоптического масштаба, мезомасштаба и более мелкого масштаба. Компонентный анализ позволяет сосредоточить внимание отдельно на процессах разных масштабов, влияющих на условия возникновения изучаемого явления [10]. В основе решения задачи сжатия исходной информации лежит линейное ортогональное преобразование исходного поля (1) в базисе собственных векторов матрицы корреляции:

$$\Delta X_j = \left\{ \begin{array}{c} \Delta X_{1j} \\ \Delta X_{2j} \\ \dots \\ \Delta X_{ij} \\ \dots \\ \Delta X_{nj} \end{array} \right\}, i = 1, \bar{n}. \quad (1)$$

Для определения собственных векторов матрицы корреляции используется матричное уравнение полной проблемы собственных значений:

$$R_x W_i = \lambda_i W_i, \quad (2)$$

где R_x – матрица корреляции, λ_i – собственное значение матрицы корреляции, W_i – i -тый ортонормированный собственный вектор.

Решение полной проблемы собственных значений дает возможность получить собственные значения (λ_i) и собственные векторы (W_i) матрицы корреляции. Свойство ортогональности собственных векторов дает возможность рассматривать совокупность собственных векторов как базис n -мерного евклидова пространства R^n и провести разложение вектора ΔX_j или (X_j) в этом базисе. Вектор ΔX_j представляет собой метеорологический объект – поля повторяемости гроз. Проведем разложение вектора ΔX_j , чтобы получить вектор меньшего размера, которому были бы присущи все основные физические свойства исходного вектора:

$$W' \Delta X_j = Z_j, \quad (3)$$

где

$$Z_j = \begin{Bmatrix} Z_{1j} \\ Z_{2j} \\ \dots \\ Z_{ij} \\ \dots \\ Z_{nj} \end{Bmatrix}, \quad i = 1, \bar{n}. \quad (4)$$

Результаты и их обсуждение

Известно, что суммарная дисперсия метеорологического поля распределяется таким образом, что наибольшая ее часть представляет собой дисперсию первой ортогональной компоненты.

Как показал анализ полученных результатов, для исследуемого поля повторяемости гроз за период 1970-1989 гг. величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 51 % сум-

марной дисперсии поля, для периода 1990-2011 гг. эта величина возросла до 59% (табл. 1). Как видим, анализ подтвердил основную теорию многофакторности условий возникновения гроз, т.е. на условия возникновения грозовой ситуации влияет большое количество различных факторов: изменение температуры, влажности, радиационного режима, состава атмосферы.

Поскольку наиболее крупномасштабные атмосферные процессы характеризуются наибольшей дисперсией, то первая ортогональная компонента Z_1 и первый собственный вектор отражает особенности процессов наиболее крупных масштабов, под действием которых формируются поля числа дней с грозой.

Хорошо заметна динамика первой главной компоненты, на долю которой приходится от ≈ 19 до ≈ 26 % суммарной дисперсии поля. Как видим, за последние 22 года влияние первой главной компоненты на реализацию грозовых явлений увеличилось на ≈ 7 %.

Вторая, третья и последующие ортогональные компоненты характеризуют процессы более мелкого масштаба, в том числе и шумы, обусловленные ошибками. В нашем случае главные компоненты (с третьей по пятую) являются практически одинаково весомыми. Уделим внимание первым трем главным компонентам.

С помощью скользящего сглаживания проведено избавление от шумовой компоненты во временных рядах главных компонент числа дней с грозой. Для скользящего сглаживания использовалась периодичность с максимальной энергией колебания, рассчитанная с помощью быстрого преобразования Фурье с вероятностью 68 %.

Выявлено, что для первой и третьей главных компонент в первом и втором временных периодах характерно двухлетнее колебание, а для второй главной компоненты – четырехлетнее.

Кроме того, анализ временной изменчивости первой главной компоненты показал, что на протяжении двух периодов наблюдается разнонаправленная тенденция: для периода 1970-

Таблица 1
Охват дисперсии (%) повторяемости гроз для двух периодов лет (1970-1989 гг. и 1990-2011 гг.)

№ компоненты	Собственное число		% охвата		Динамика %
	1970-1989	1990-2011	1970-1989	1990-2011	
1	5,50	7,52	18,97	25,93	+6,96
2	2,96	3,17	10,20	10,95	+0,75
3	2,93	2,19	7,69	7,55	-0,14
4	2,21	2,16	7,61	7,44	-0,17
5	2,04	2,10	7,03	7,23	+0,20
Сумма:			51,50	59,09	+7,59

1998 гг. характерно незначительное уменьшение значений, а в период 1990-2011 гг. наблюдается значительный рост влияния первой главной компоненты на повторяемость гроз на территории Украины (рис. 1, а, б). Полученная динамика хорошо описывает устойчивый рост грозовой активности в регионе в последнее время.

Проведем анализ полей первых трех собственных векторов, для этого визуализируем расчетные значения (рис. 2). Поле первого собственного вектора характеризуется зонами максимальных значений в районе Азовского моря для периода 1970-1989 гг.

Следующее двадцатилетие характеризуется распространением зоны максимальных значений на большую территорию Украины с макси-

мумами в районе г. Харькова и г. Львова. Учитывая, что для второго периода увеличился процент суммарной дисперсии поля (на 7 %), можно подтвердить явную тенденцию к увеличению площади положительных значений. Подобную тенденцию можно связать с ярко выраженным притоком южного теплого и влажного воздуха.

Поле второго собственного вектора характеризуется более сложной и мелкой структурой и двумя зонами максимумов. В период 1970-1989 гг. первая зона положительных значений приходится на Луганскую и Днепропетровскую области, а точнее на Донецкий кряж, который является естественной возвышенностью, находящейся на пути воздушных потоков. Здесь наблюдается более 50 % от общего числа дней с грозой за год.

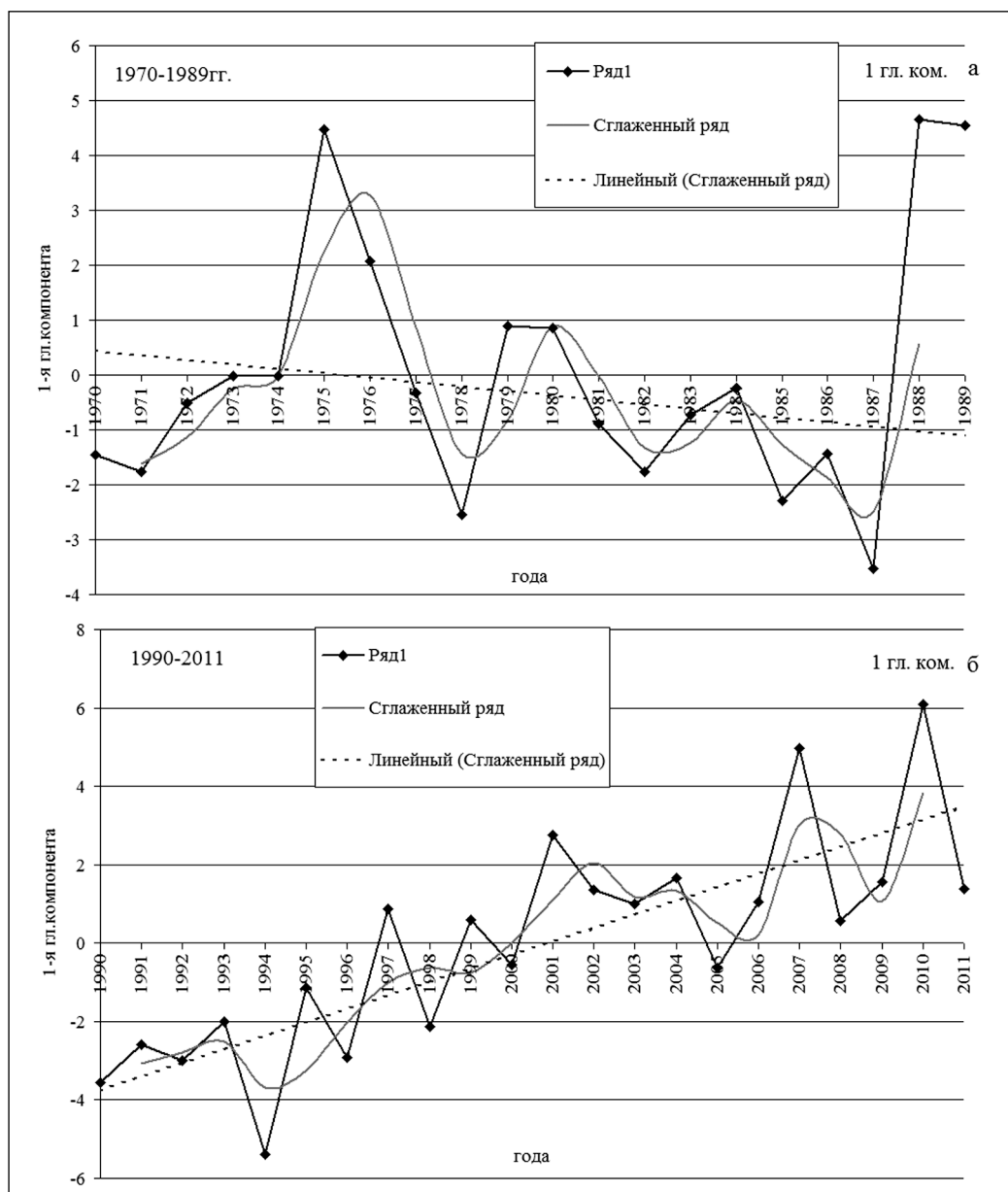


Рис. 1. Графики первой главной компоненты повторяемости гроз для 1970-1989 гг. и 1990-2011 гг.

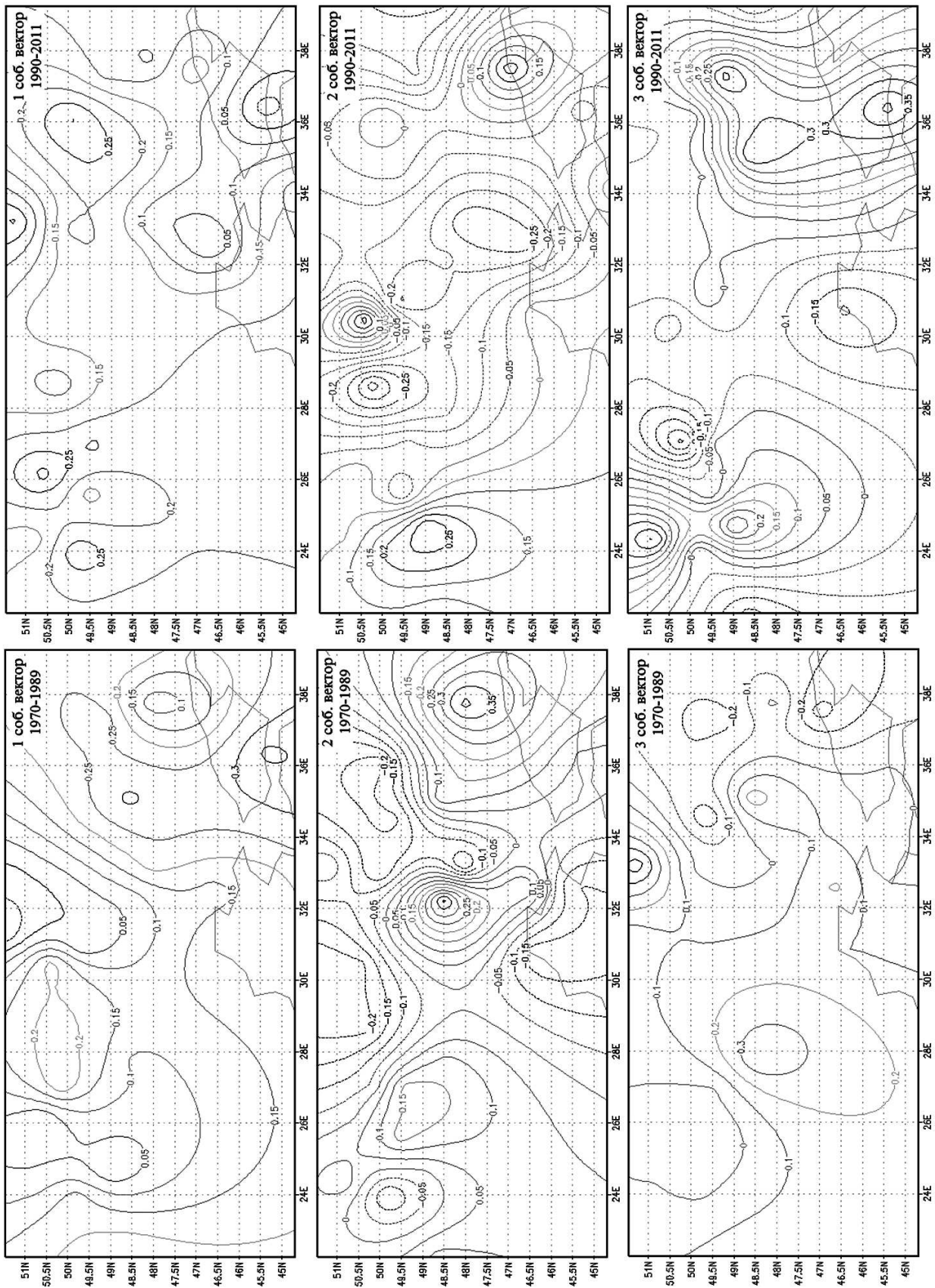


Рис. 2. Поля первых трех собственных векторов для двух периодов лет 1970-1989 гг. и 1990-2011 гг.

Второй максимум расположен над Кременчугским водохранилищем. В период 1990-2011 гг. произошло смещение первой зоны максимумов южнее (в район Мариуполя). Как известно, грозовая активность напрямую зависит от количества ядер конденсации в атмосфере. Одними из основных поставщиков ядер конденсации являются промышленные предприятия, в том числе и металлургической отрасли. Для Мариуполя таким предприятием есть завод «Азовсталь», где за последние 18 лет (1993-2011 гг.) выбросы варьируются от 315 до 425 тыс. тонн в год [8]. Резкий рост грозовой активности с 2000 года на г. Мариуполь может быть связан с одновременным повышением температуры воздуха и ростом производственных выбросов.

В свою очередь, рост грозовой активности на ст. Мариуполь на фоне ее небольшого уменьшения в районе г. Луганск, привело к перемещению максимума в район ст. Мариуполь (рис. 3). Второй максимум, отмечаемый на карте, сместился в район г. Киева, а также появился третий максимум в районе г. Львова.

Поля третьего собственного вектора характеризуются значительными изменениями. Так, в период 1970-1989 гг. наблюдается малоградиентное поле, а в период 1990-2011 гг. эта же территория представлена значительными горизонтальными градиентами и характеризуется двумя зонами максимумов: в районе Азовского моря и Донецкого кряжа и в районе Карпат. Объяснение изменений пространственного распределения значений третьего собственного вектора требует дополнительных исследований.

Выводы

Таким образом, с помощью компонентного анализа проведена параметризация поля повторяемости гроз. Получены собственные значения матрицы корреляции, а также решена проблема сжатия исходной информации. Как показал анализ полученных результатов, для исследуемого поля повторяемости гроз величины первых пяти собственных значений исчерпывают от 51 до 59 % суммарной дисперсии поля, что свидетельствует о большом количестве факторов, от которых зависит повторяемость грозовой активности в Украине.

Кроме того, были определены изменения в полях собственных векторов повторяемости гроз на территории Украины за период 1970-2011 гг., которые характеризуют изменение процессов разных масштабов, влияющих на повторяемость гроз в Украине. Выявлен рост влияния первой главной компоненты на повторяемость гроз на территории Украины, увеличение процента суммарной дисперсии поля (на 7 %) можно связать с ярко выраженным притоком южного теплого и влажного воздуха.

Выявленное перемещение зон максимумов второго собственного вектора связано с ростом производственных выбросов на заводе «Азовсталь». Полученные данные о производственных выбросах в г. Мариуполь подтверждают соответствие динамики выбросов предприятий металлургической отрасли современной динамике повторяемости гроз в этом районе, что, свидетельствует о взаимосвязи атмосферного электричества с формированием состава атмосферы и климатом планеты.

Изменения пространственного распреде-

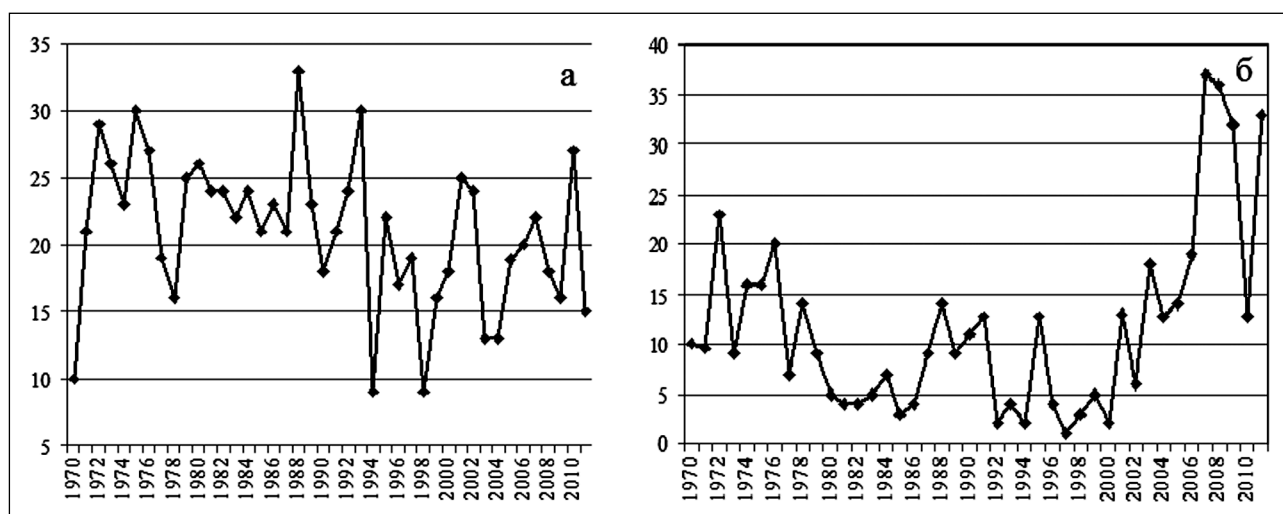


Рис. 3. Многолетние изменения повторяемости гроз: а) Луганск; б) Мариуполь

ления значений третьего собственного вектора требуют дополнительных исследований, однако, можно предположить, что влияющим фактором здесь является влагосодержание воздуха.

* *

1. Бадахова Г.Х. Тенденции грозоградовой активности в различных климатических зонах Ставропольского края на фоне глобального потепления // Материалы научно-практ. конф., ВГИ. 10-12.10.2007. – Нальчик, 2007. – С. 377-378.
2. База климатических данных [Электронный ресурс] URL: www.tutiempo.net (дата обращения: 12.04.2013).
3. Будыко М.И., Израэль Ю.А., Яншин А.Л. Глобальное потепление и его последствия // Метеорология и гидрология. – 1991. – № 12. – С. 5-10.
4. Волощук В.М. та ін. Глобальне потепління і клімат України: регіональні екологічні та соціально-економічні аспекти. – К.: Київ. ун-т, 2002. – 17 с.
5. Ліпінський В.М., Дячук В.А., Бабіченко В.М. Клімат України. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
6. Данова Т.Е. Радиолокационные характеристики ночных гроз в Причерноморье // Вестник Одесского гос. экологического ун-та. – 2008. – №5. – С. 137-141.
7. Сальман Е.М., Дивинская Б.Ш. Вопросы метеорологической эффективности радиолокационных систем наблюдения за облачностью и опасными явлениями погоды. – Тр. ГГО, 1971. – Вып. 261. – С. 92-107.
8. Сайт Министерства природных ресурсов. [Электронный ресурс] URL: www.menr.gov.ua (дата обращения: 12.04.2013).
9. Степаненко В.Д. Радиолокация в метеорологии. – Л.: Гидрометиздат, 1973. – 343 с.
10. Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підруч. – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.

Одесский государственный экологический университет, Севастопольский национальный технический университет

Т.Е. Данова, Ю.М. Мацук

Динаміка повторюваності гроз на території України за результатами компонентного аналізу

Представлено результати компонентного аналізу повторюваності гроз на території України. Показано, що величини перших п'яти власних значень двох періодів вичерпують від 51 до 59 % сумарної дисперсії поля, що свідчить про велику кількість чинників, від яких залежить повторюваність грозової активності в Україні. Проведений компонентний аналіз виявив вплив процесів різних масштабів на повторюваність гроз в Україні.

Ключові слова: повторюваність гроз на території України, компонентний аналіз.

T. Danova, J. Matsuk

Dynamics of repeatability of thunder-storms in territory of Ukraine by results of the componental analysis

Results of the componental analysis of repeatability of thunder-storms in territory of Ukraine are presented. It is shown, that sizes of first five own values of two periods settle from 51 up to 59 % of a total dispersion of a field that testifies to a plenty of factors on which repeatability of storm activity in Ukraine depends. The lead componental analysis has revealed influence on repeatability of thunder-storms in Ukraine of processes of different scales.

Keywords: repeatability of thunder-storms on territories of Ukraine, the componental analysis.