

УДК 551.594.21

*Данова Т.Е.<sup>1</sup>, Мацук Ю.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Одесский государственный экологический университет (Украина)

<sup>2</sup>Севастопольский национальный технический университет (Украина)

## КОМПОНЕНТНЫЙ АНАЛИЗ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРОЗ В ПРИЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ

*T. Danova<sup>1</sup>, J. Matsuk<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Odessa State Environmental University, Ukraine

<sup>2</sup>Sevastopol National Technical University, Ukraine

### COMPONENTIAL ANALYSIS OF REPEATABILITY OF THUNDER-STORMS IN UKRAINE'S BLACK SEA COAST

*Аннотация.* Представлены результаты компонентного анализа повторяемости гроз на территории Причерноморского региона. Показано, что величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 56 % суммарной дисперсии поля. С помощью быстрого преобразования Фурье выявлено, что для первых двух главных компонентов характерна двухлетняя гармоника, а для третьего главного компонента – трехлетняя. Проведенный компонентный анализ выявил влияние на повторяемость гроз в Причерноморском регионе процессов разных масштабов.

*Ключевые слова:* Причерноморский регион, повторяемость гроз, компонентный анализ.

*Abstract.* We report the results of the componential analysis of repeatability of thunder-storms on the territory of the Black sea region in Ukraine. It is shown that sizes of the first five eigenvalues make use of about 56% of the total field dispersion. Using the fast Fourier transform, we have found that the two-year-old and three-year-old harmonics are typical for first two main components and for the third main components, respectively. The componential analysis has revealed the influence of processes of different scales on repeatability of thunder-storms in the regions of Ukraine's Black sea coast.

*Key words:* Ukraine's Black sea coast, repeatability of thunder-storms, componential analysis.

### Постановка проблемы и актуальность задачи

Грозы являются одним из опасных явлений погоды, связанных с конвективной облачностью. Климатический обзор грозовой активности проводился ранее для отдельных областей Причерноморья [1, с. 377; 2, с. 138], комплексного исследования повторяемости гроз для всего региона проведено не было. Современные климатические изменения, характеризующиеся повышением температуры воздуха, имеют решающее влияние на условия формирования опасных явлений погоды, поэтому мониторинг условий образования грозовых явлений на территории Причерноморья является актуальным вопросом [4, с. 314].

### Материалы и методы исследования

Достоверность полученных результатов обеспечивают фактические данные о повторяемости гроз [6] и применение методов многомерного статистического анализа [5, с. 376]. В работе анализируются данные о числе дней с грозовыми явлениями на территории Причерноморья, с апреля по сентябрь за период 1983-2011 гг., полученные по сети 29 метеорологических станций. Использовалась база данных испанского климатического сайта о числе дней с грозовыми явлениями на станциях России, Украины, Молдовы Болгарии, Турции, Грузии [6].

Целью работы является получение собственных значений и собственных векторов матрицы корреляции, параметризация поля повторяемости гроз, проведение анализа полей первых собственных векторов, благодаря чему появляется возможность ликвидировать большую рассредоточенность исходной информации, а также решение проблемы сжатия и фильтрации 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 [5, с.376]. В основе решения задачи сжатия исходной информации лежит линейное ортогональное преобразование исходного поля (1) в базисе собственных векторов матрицы корреляции:

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

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,  $\lambda_i$  – собственное значение матрицы корреляции,  $W_i$   $i$ -тый ортонормированный собственный вектор.

Решение полной проблемы собственных значений дает возможность получить собственные значения ( $\lambda_i$ ) и собственные век-

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

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

где

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

### 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 величины первых пяти собственных значений исчерпывают около 56 % суммарной дисперсии поля (табл. 1). 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.

Таблица 1

## Охват дисперсии (%) повторяемости гроз

№ компонента	Собственное число	% охвата
1	7,81	26,94
2	3,16	10,91
3	2,26	7,79
4	1,83	6,30
5	1,21	4,17
Сумма:	-	56,11

Поскольку наиболее крупномасштабные атмосферные процессы характеризуются наибольшей дисперсией, то первый ортогональный компонент  $Z_1$  и первый собственный вектор отражает особенности процессов наиболее крупных масштабов, под действием которых формируются поля числа дней с грозой. Второй, третий и последующие ортогональные компоненты характеризуют процессы более мелкого масштаба, в том числе и шумы, обусловленные ошибками.

С помощью быстрого преобразования Фурье с вероятностью 68 % выявлено, что для первых двух главных компонентов характерны двухлетние колебания (рис. 1а и 1б), а для третьего главного компонента – трехлетнее (рис. 1в). Кроме того, анализ временной изменчивости первого главного компонента показал, что за 29-летний период наблюдается разнонаправленная тенденция. Период 1983-1993 гг. характеризуется незначительной отрицательной тенденцией, а 1994-2011 гг. – значительной положительной тенденцией (рис. 1б). Полученная динамика хорошо описывает устойчивый рост грозовой активности в регионе. Для второго главного компонента характерна устойчивая отрицательная тенденция (рис. 1б). Временная изменчивость значений третьего главного компонента описывается практически нулевым трендом (рис. 1в).

Проведем анализ полей первых трех собственных векторов, для этого визуализируем расчетные значения (рис. 2). Поле первого собственного вектора представлено положи-

тельными значениями с тремя максимумами, и только запад региона (ст. Львов) характеризуется отрицательным значением (рис. 2а). Зона максимумов расположена севернее акватории Черного моря, зона максимальных значений приходится на Донецкий кряж, который является естественной возвышенностью, находящейся на пути воздушных потоков. Здесь наблюдается более 50 % от общего числа дней с грозой за год на Украине. Необходимо заметить, что повторяемость и интенсивность гроз над континентом всегда значительно больше, чем у побережья морей и океанов. Поле первого собственного вектора хорошо иллюстрирует эту особенность. Поле второго собственного вектора характеризуется более сложной и мелкой структурой. Основной деталью этого поля является зона положительных значений, охватывающая всю акваторию Черного моря (рис. 2б).

Известно, что грозы в Причерноморском регионе наблюдаются одновременно с ливневыми осадками. Оба эти явления непосредственно связаны с конвективной облачностью. Необходимо заметить, что зона положительных значений, охватывающая всю акваторию Черного моря, также характеризуется сосредоточением максимумов количества осадков, с которыми связана грозовая активность в регионе [3, с. 15]. Одним из обязательных условий формирования облачности и реализации гроз является наличие атмосферных ядер конденсации. Над акваторией Черного моря – это соли (растворимые ядра конденсации), способствующие усиле-

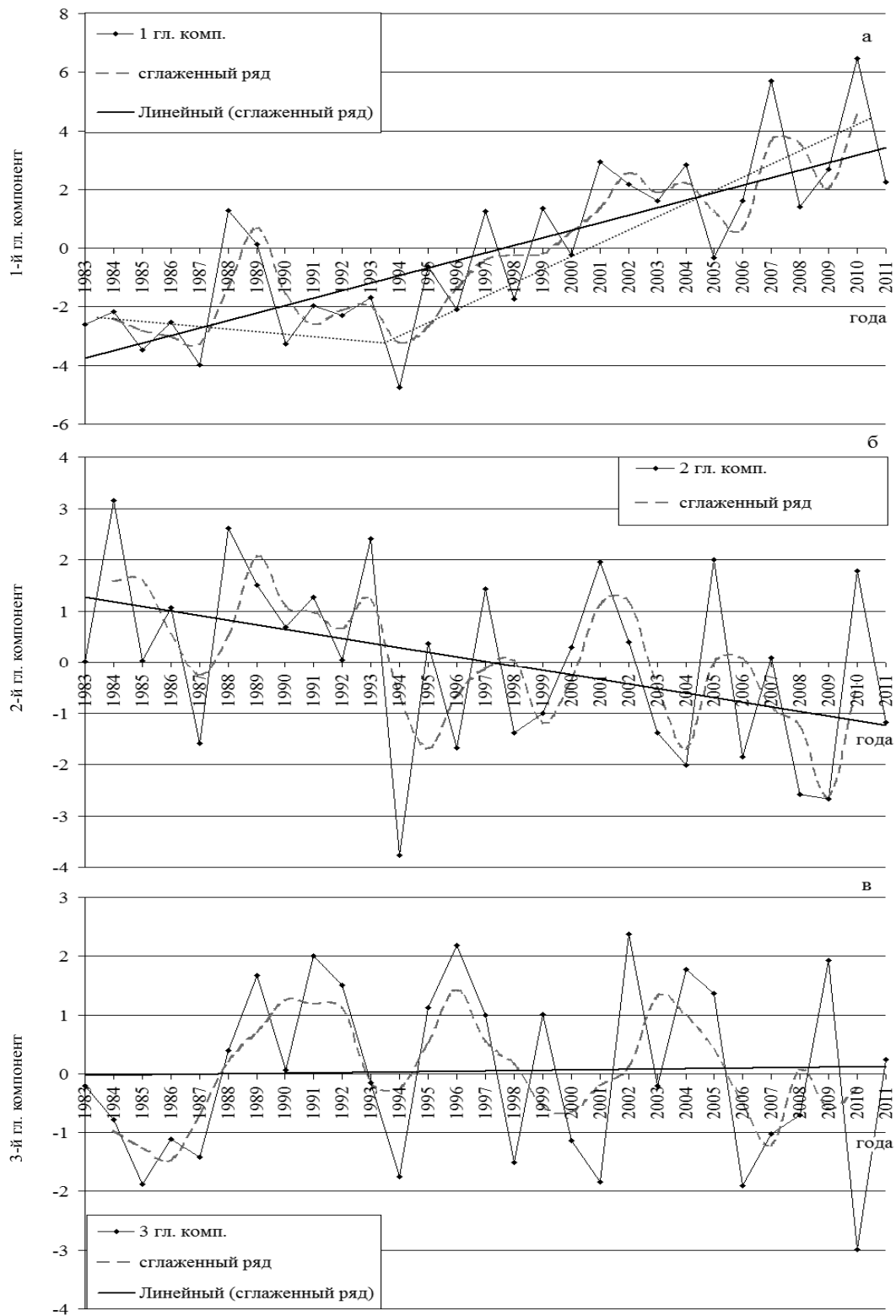


Рис. 1. Ряды первых трех главных компонент повторяемости гроз

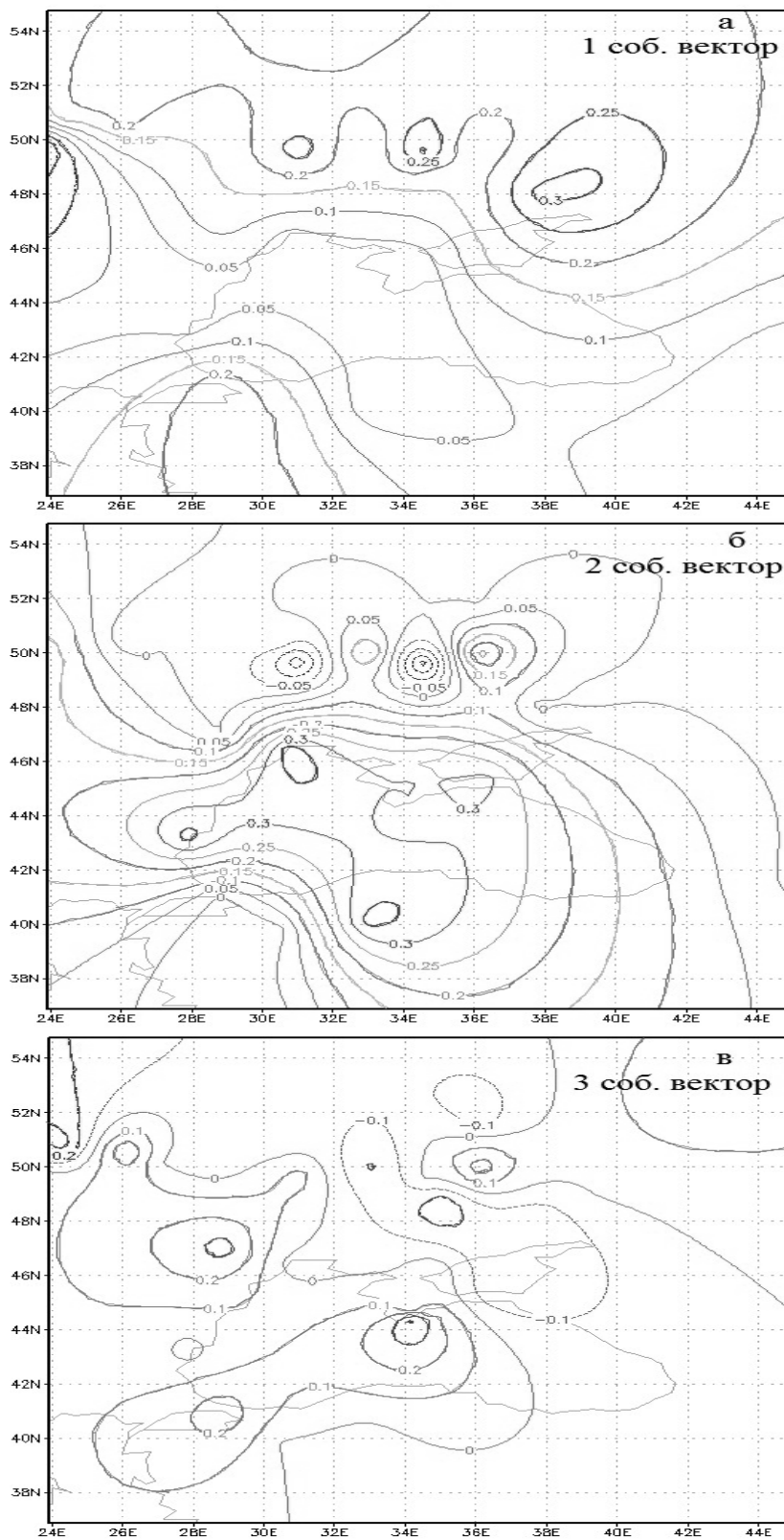


Рис. 2. Поля первых трех собственных векторов повторяемости гроз

нию процессов электризации в облаках [4, с. 315]. Поле третьего собственного вектора представлено небольшими горизонтальными градиентами и разделено на две зоны: положительных значений на юго-западе региона, а также отрицательных и нулевых значениях на остальной территории (рис. 2в).

Зона положительных значений хорошо описывает перемещение в Причерноморский регион теплого, насыщенного влагой воздуха средиземноморского происхождения.

### 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 около 56 % суммарной дисперсии поля, что свидетельствует о большом количестве факторов, от которых зависит повторяемость грозовой активности в Причерноморском регионе.

С помощью быстрого преобразования Фурье выявлено, что для первых двух главных компонентов характерны двухлетние колебания, а для третьего главного компонента – трехлетнее колебание. Первый главный компонент, значения которого исчерпывают около 27 % суммарной дисперсии поля, в период 1994-2011 гг. представлен значительной положительной тенденцией и хорошо описывает устойчивый рост грозовой активности в регионе.

Проведенный анализ полей первых собственных векторов показал, что зона максимумов поля первого собственного вектора охватывает практически всю северную часть исследуемого региона, для которой характерна максимальная грозовая активность. Поле второго собственного вектора представлено

более мелким масштабом, зона положительных значений охватывает всю акваторию Черного моря. Эта зона также характеризуется сосредоточением максимумов количества осадков, с которыми связана грозовая активность в регионе. Зона положительных значений поля третьего собственного вектора хорошо описывает перемещение в Причерноморский регион теплого, насыщенного влагой воздуха средиземноморского происхождения.

Полученные результаты показали, что грозовая активность на территории Причерноморского региона связана с большим количеством факторов, основным из которых является формирование конвективных облаков. Главным условием возникновения конвективной облачности является неустойчиво стратифицированная атмосфера, характеризующаяся большим тепло- и влагосодержанием, а также большую роль играют орографические особенности подстилающей поверхности.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Бадахова Г.Х. Тенденции грозоградовой активности в различных климатических зонах Ставропольского края на фоне глобального потепления // Материалы научно-практической конференции, ВГИ 10–12.10.2007. – Нальчик, 2007. – С. 377–378.
2. Данова Т.Е. Радиолокационные характеристики ночных гроз в Причерноморье // Вестник Одесского государственного экологического университета. – 2008. – № 5. – С. 137–141.
3. Касаджик Т.Л. Мониторинг современного состояния количества и повторяемости осадков на территории Украины / Материалы международного молодеж. науч. конф. «Планета – наш дом», ДонГТУ, 19.04.2013. – Алчевск, 2013. – С 14–17.
4. Качурин Л.Г. Физические основы воздействия на атмосферные процессы. – Л.: Гидрометиздат, 1990. – 464 с.
5. Школьный Є.П., Лоєва І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник, – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с.
6. El Tiempo [сайт]. URL: [www.tutiempo.net](http://www.tutiempo.net) (дата обращения: 12.09.2013).