

УДК 551.5

В. Ф. Логинов, А. А. Волчек, И. Н. Шпока

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРОЗАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В работе рассмотрено изменение числа дней с грозами на территории Беларуси. Они имеют большую пространственную и временную изменчивость. Временная изменчивость количества дней с грозами определялась стандартными статистическими методами: распределение Пирсона III типа, статистическими критериями Стьюдента и Фишера.

Введение. Грозы – характерное для Беларуси опасное метеорологическое явление, которое сопровождается обильными дождями, сильными ветрами и представляют серьезную опасность для человека и строений. Количество дней с грозами имеет достаточно большую пространственную и временную изменчивость. В последние годы часто отмечались грозы в нехарактерные для развития этого явления месяцы года [2].

Задача исследований – анализ статистической структуры пространственно-временных колебаний количества дней с грозами на территории Беларуси.

Исходные данные и методы исследования. Основными исходными материалами при исследовании пространственно-временной структуры числа гроз на территории Беларуси послужили среднемесячные данные Департамента гидрометеорологии Беларуси по 47 метеостанциям за период с 1975 по 2002 г.

Пространственная изменчивость числа дней с грозами исследовалась с помощью карт, построенных нами за различные периоды осреднения. Временная изменчивость количества дней с грозами определялась стандартными статистическими методами.

Для получения обеспеченных величин числа дней с грозами использовано распределение Пирсона III типа и соотношение

$$N_{p\%} = N_{cp} (\Phi_{p\%} \cdot C_v + 1) \quad (1)$$

где $N_{p\%}$ – число дней с грозами расчетной обеспеченности; N_{cp} – среднее число дней с грозами; $\Phi_{p\%}$ – число Фостера расчетной обеспеченности; C_v – коэффициент вариации.

Тенденция изменения числа гроз в годы определялась с помощью линейных трендов

$$N = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t \quad (2)$$

где, N – количество дней с грозами в году; α_0 , α_1 – эмпирические коэффициенты; t – текущая координата времени.

Для установления различий в исследуемых параметрах использовались статистические критерии Стьюдента и Фишера.

Исследование статистических полей числа дней в году с грозами осуществлялось с помощью пространственных корреляционных функций (ПКФ), которые, в нашем случае, имели вид:

$$R(\rho) = R(0) - \alpha \cdot \rho \quad (3)$$

где $R(\rho)$ – значение эмпирической ПКФ; $R(0)$ – экстраполированное значение эмпирической ПКФ до значения $\rho=0$; ρ – расстояние между метеостанциями; $\alpha=dR(\rho)/d\rho$ – градиент поля, т. е. показатель величины изменения ПКФ на единицу расстояния.

Для обнаружения характерных циклов, анализа их устойчивости во времени использовали известную процедуру спектрально-временного анализа (СВАН) числа гроз. СВАН представляет собой спектральный анализ временных рядов в скользящем временном окне [3]. Результат представляется в виде диаграммы. На горизонтальной оси диаграммы откладывается календарное время в годах. Значения на оси абсцисс СВАН-диаграмм соответствуют центрам временных окон. На вертикальной оси откладывается частотная структура процесса. Каждый столбец характеризует величину амплитуды цикла в заданном скользящем временном окне. Более сильная зачерненность на диаграммах соответствует большей амплитуде цикла. Длина окна выбирается исходя из требований детальности и фактического частотного состава процесса. В нашем случае величина окна принята равной 9 годам, т. е. 0,33 от продолжительности ряда. Повторяемость доминирующих циклов выражается в виде более или менее продолжительных зачерненных полос свидетельствующих о существовании циклов. Определение *параметра хаотизации* также представляет собой вид спектрально-временного анализа. На оси абсцисс откладывается календарное время, а на оси ординат – степень «зашумленности» спектра. Монохроматическому процессу соответствует нулевой уровень, а белому шуму – единица [4].

Обсуждение результатов. В Беларуси грозы обычно наблюдаются в теплое время года с апреля по сентябрь. В среднем за месяц бывает 4–7, а на юге 5–8 дней с грозой, а в среднем за год наблюдается 24 дня с грозами. В зимний период грозы бывают крайне редко и не достигают значительной силы.

Образование гроз на территории Беларуси в большинстве случаев (~85%) связано с прохождением фронтов, чаще всего холодных (55%). Значительно реже грозы образуются при прохождении теплых фронтов и фронтов окклюзии (примерно по 15% гроз на каждый из этих видов). Около 15% составляют термические внутримассовые грозы [5].

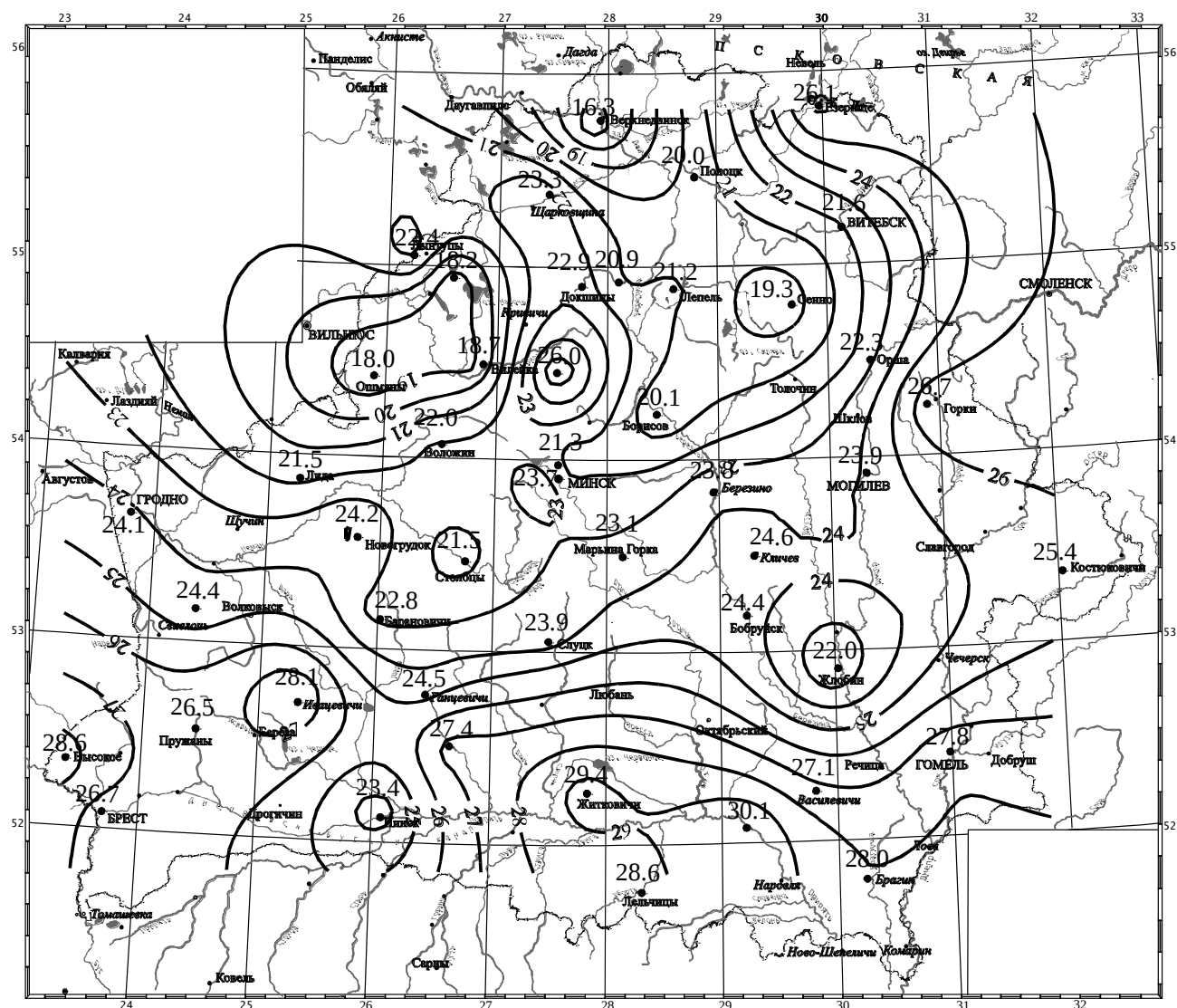


Рис.1. Средние годовые значения числа дней с грозами на территории Беларуси

На рис. 1 представлена пространственная структура распространения среднего значения числа дней с грозами в году на территории Беларуси. Анализ данных показал, что на территории Белорусского Полесья среднее число дней с грозой наибольшее.

Общая закономерность увеличения количества дней с грозами с севера на юг подтверждается данными наблюдений и хорошо согласуется с распределением числа дней с грозами на территории России [6]. Возрастание числа дней с грозами от севера к югу вызвано тем, что для образования гроз требуется не только большая неустойчивая стратификация атмосферы и сильная конвекция, но и большая влажность облаков. Последняя убывает с ростом широты вследствие понижения температуры. В северной части Беларуси облачность и количество осадков за последние 25 лет возрастало, некоторый рост указанных характеристик отмечался и за последнее десятилетие в других районах республики. Что касается температуры, то она увеличивалась в последние десятилетия особенно сильно зимой, весной, во вторую часть летнего периода (июль, август), а также в октябре.

На территории Беларуси на количество дней с грозами в той или иной степени влияют Полоцкая, Бобруйская, Барановичская, Гомельская аномалии электропроводности, отрицательные гравитационные аномалии [1]. Отрицательная магнитная аномалия, простирающаяся от северных границ Беларуси (Верхнедвинский район) до границы Минской области, совпадает с низкими значениями числа дней с грозами (Верхнедвинск, Полоцк, Лепель, Вилейка, Нарочь, Березинский заповедник, Сенно). Несколько увеличенное значение числа дней с грозами в треугольнике Горки – Могилев – Костюковичи нехарактерно для данной широты.

Максимальное число гроз приурочено к территориям с гравитационными аномалиями. На территории Беларуси выделяются три крупные отрицательные гравитационные аномалии: Новгородская аномалия на севере Беларуси, в которой прослеживаются широтные и северо-восточные направления изоаномал, а также две крупные аномалии на юге Беларуси широтного простираения (Подляско-Брестская впадина и Припятский прогиб). На станции Езерище число гроз – 26,1, на территории Белорусского Полесья число гроз – 25-30,1.

Временная изменчивость числа дней с грозами на территории Беларуси достаточно велика и соизмерима с другими метеорологическими и гидрологическими элементами, она оценивается средним коэффициентом вариации $C_v = 0,30$, который колеблется по территории от 0,50 (метеостанция Верхнедвинск) до 0,21 (метеостанция Василевичи).

Для корректного определения коэффициента асимметрии выполнено пространственно-временное объединение временных рядов числа дней в году в один вариационный ряд [4]. В результате установлено, что временной ряд числа дней с грозами в году имеет коэффициент асимметрии $C_s = 0$, т. е. подчиняется закону нормального распределения. Статистические характеристики временных рядов числа дней в году с грозами за период с 1975 по 2002 г., коэффициенты вариации, автокорреляции и число дней в году с грозами различной обеспеченности приведены в таблице.

На рис. 2 представлен годовой ход числа дней с грозой в среднем по метеостанциям Беларуси. Как видно из рисунка в целом временной ряд гроз каких-либо заметных трендов не имеет. Однако можно выделить два кратковременных положительных тренда с 1975 по 1985 г. и с 1993 по 2000 г. и наличие квазидвух- трехлетних колебаний в изменении числа гроз. Ниже будет рассмотрена частотная структура рядов более детально.

Анализ временной изменчивости среднегодового суммарного числа дней с грозами по всем метеостанциям Беларуси показал их значительную изменчивость за последние 28 лет. На западе Беларуси наблюдается рост числа дней с грозами, а на востоке – уменьшение. Минимальные значения числа дней с грозами отмечались во второй половине 70-х и первой половине 90-х годов XX столетия. Они совпали с уменьшением облачности и количества осадков, низкой температурой во второй половине 70-х годов и небольшим снижением температуры в большинстве месяцев теплого времени года в начале 90-х годов прошлого столетия. В период 1970–1975 г. наблюдается уменьшение количества дней с грозами в северо-западной и северо-восточной части республики. За период с 1983 по 1987 г. на

северо- и юго-западе наблюдалось увеличение числа дней с грозами, а в 1995–1996 г. – то же уменьшение среднегодового количества дней с грозами на северо-западе и северо-востоке. В тоже время на юго-западе и юго-востоке отмечается их увеличение. В 2000 г. наблюдается увеличение количества дней с грозами на всей территории республики. Наибольшая скорость роста числа дней с грозами пришлась на период с 1992 по 2000 г.

На рис. 2 представлен годовой ход числа дней с грозой в среднем по метеостанциям Беларуси. Как видно из рисунка в целом временной ряд гроз каких-либо заметных трендов не имеет. Однако можно выделить два кратковременных положительных тренда с 1975 по 1985 г. и с 1993 по 2000 г. и наличие квазидвух- трехлетних колебаний в изменении числа гроз. Ниже будет рассмотрена частотная структура рядов более детально.

Анализ временной изменчивости среднегодового суммарного числа дней с грозами по всем метеостанциям Беларуси показал их значительную изменчивость за последние 28 лет. На западе Беларуси наблюдается рост числа дней с грозами, а на востоке – уменьшение. Минимальные значения числа дней с грозами отмечались во второй половине 70-х и первой половине 90-х годов XX столетия. Они совпали с уменьшением облачности и количества осадков, низкой температурой во второй половине 70-х годов и небольшим снижением температуры в большинстве месяцев теплого времени года в начале 90-х годов прошлого столетия. В период 1970–1975 г. наблюдается уменьшение количества дней с грозами в северо-западной и северо-восточной части республики. За период с 1983 по 1987 г. на северо- и юго-западе наблюдалось увеличение числа дней с грозами, а в 1995–1996 г. – то же уменьшение среднегодового количества дней с грозами на северо-западе и северо-востоке. В тоже время на юго-западе и юго-востоке отмечается их увеличение. В 2000 г. наблюдается увеличение количества дней с грозами на всей территории республики. Наибольшая скорость роста числа дней с грозами пришлась на период с 1992 по 2000 г.

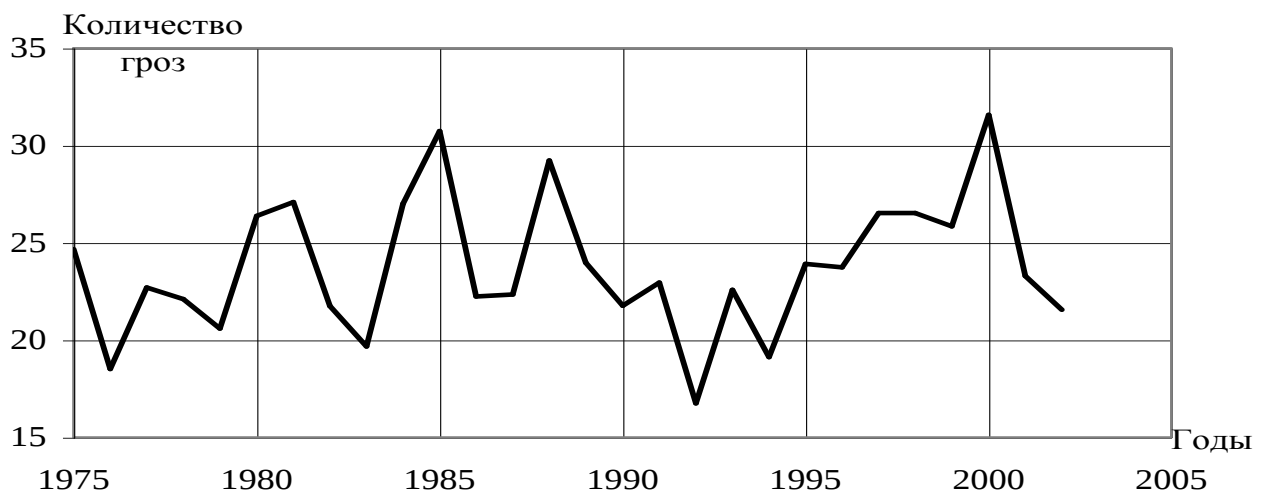


Рис. 2. Годовой ход среднего количества дней с грозами в году, приходящихся на метеостанцию на территории Беларуси

Основные статистические характеристики числа дней с грозами на территории Беларуси

Метеостанция	Среднее число дней с грозами	Cv	r(1)	Обеспеченность, %			
				5	25	75	95
Верхнедвинск	16,3	0,5	0,1	29,7	21,8	10,8	4,4
Езерище	26,1	0,3	0,0	37,3	30,7	21,5	16,2
Полоцк	20,0	0,3	0,3	28,8	23,6	16,4	12,2
Шарковщина	23,3	0,2	0,5	32,5	27,0	19,5	15,1
Витебск	21,6	0,2	-0,1	29,6	24,9	18,4	14,5
Лынтупы	22,4	0,2	0,3	30,9	25,9	18,9	14,7
Докшицы	22,9	0,2	0,0	31,8	26,5	19,3	15,1
Лепель	21,2	0,2	0,1	29,5	24,6	17,8	13,8
Сенно	19,3	0,4	0,3	32,3	24,6	13,9	7,6
Берез. зап-ник	20,9	0,4	0,7	34,2	26,3	15,5	9,1
Орша	22,3	0,3	0,2	33,2	26,7	17,8	12,5
Нарочь, Озерная	18,2	0,4	0,4	28,8	22,5	13,9	8,8
Вилейка	18,7	0,3	0,3	27,4	22,2	15,1	10,9
Борисов	20,1	0,2	-0,1	27,1	23,0	17,3	14,0
Воложин	22,0	0,2	0,1	29,2	24,9	19,0	15,5
Минск	23,7	0,4	-0,1	37,7	29,4	18,0	11,2
Колодищи	21,3	0,4	0,7	35,7	27,2	15,4	8,4
Березино	23,8	0,2	0,2	33,1	27,6	19,9	15,4
Столбцы	21,5	0,2	0,1	30,2	25,0	18,0	13,8
Марьина горка	23,1	0,2	-0,3	31,2	26,4	19,7	15,8
Слуцк	23,9	0,3	-0,4	37,0	29,2	18,5	12,2
Ошмяны	18,0	0,4	0,4	31,0	23,3	12,7	6,4
Лида	21,5	0,3	0,1	31,0	25,4	17,7	13,1
Гродно. АМСГ	24,1	0,3	0,3	34,1	28,2	20,0	15,2
Новогрудок	24,2	0,3	0,4	35,7	28,9	19,5	13,9
Волковыск	24,4	0,3	0,2	35,0	28,7	20,0	14,9
Горки	26,7	0,2	0,3	37,0	30,9	22,5	17,6
Могилев. АМСГ	23,9	0,3	-0,3	34,0	28,0	19,8	15,0
Кличев	24,6	0,2	-0,1	34,6	28,7	20,5	15,7
Костюковичи	25,4	0,3	0,0	36,5	29,9	20,8	15,5
Бобруйск. АМСГ	24,4	0,2	0,1	34,1	28,4	20,4	15,8
Барановичи	22,8	0,2	0,0	31,3	26,2	19,3	15,2
Ганцевичи	24,5	0,2	0,2	34,1	28,4	20,6	16,0
Ивацевичи	28,1	0,2	-0,1	38,7	32,4	23,8	18,7
Пружаны	26,5	0,3	0,5	38,8	31,5	21,5	15,6
Высокое	28,6	0,3	-0,3	40,4	33,4	23,7	18,1
Полесская. Болотная	27,4	0,2	-0,3	38,3	31,8	23,0	17,7
Брест	26,7	0,3	0,1	39,0	31,7	21,6	15,7
Пинск	23,4	0,4	0,4	37,1	29,0	17,8	11,2
Жлобин	22,0	0,4	0,3	34,9	27,3	16,7	10,5
Октябрь	26,0	0,3	0,1	37,1	30,6	21,5	16,2
Гомель	27,8	0,2	0,0	37,7	31,8	23,8	19,1
Василевичи	27,1	0,2	0,0	36,3	30,9	23,3	18,9
Житковичи	29,4	0,2	0,1	40,1	33,7	25,0	19,9
Мозырь, АМСГ	30,1	0,2	-0,3	40,8	34,4	25,7	20,5
Лельчицы	28,6	0,2	-0,2	39,0	32,8	24,3	19,3
Брагин	28,0	0,2	0,4	39,0	32,5	23,5	18,2
В среднем по террито- рии	23,8	0,28	0,12	34,31	28,07	19,45	14,36

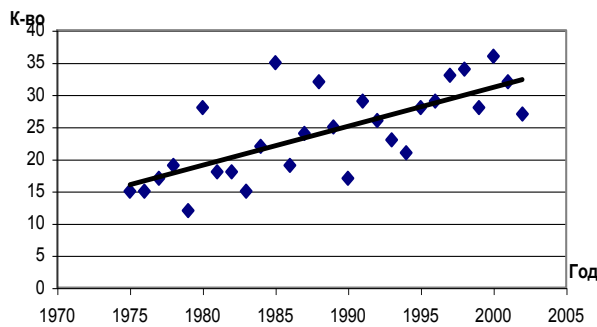
Тенденция изменения числа дней с грозой в году на различных метеорологических станциях оценивалась с помощью линейных трендов. Диапазон колебаний градиентов изменения количества дней с грозами в году за 10 лет достаточно велик от $-3,47$ за 10 лет (метеостанция Жлобин) до $+8,46$ (метеостанция Колодищи). Хотя большинство линейных трендов статистически незначимы, однако на ряде метеорологических станций – Новогрудок ($\alpha=6,04$), Пружаны ($\alpha=5,60$), Ошмяны ($\alpha=5,10$), Волковиск ($\alpha=4,12$), Гродно ($\alpha=2,87$) – расположенных на западе страны наблюдаются статистически значимые линейные положительные тренды, которые представлены на рис.3.

Циклическая структура грозовой деятельности на территории Беларуси крайне неустойчивая (рис. 4). В 80-х годах прошлого столетия наиболее мощными были 3-4-летние циклы, а в последние 15 лет более выраженной яв-

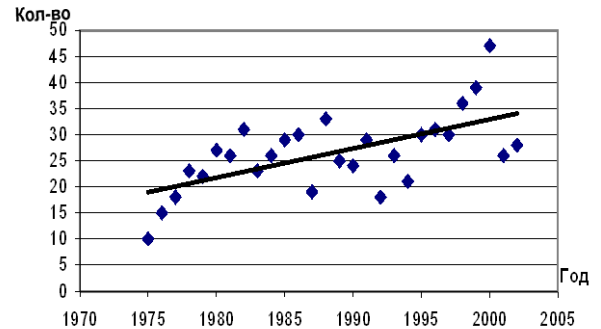
ляется 8-11-летняя цикличность. Для гроз на отдельных метеорологических станциях (Гродно, Василевичи, Витебск) доминирующими являются циклы около 4 и 7-8 лет. В изменении гроз на метеостанции Витебск с 1975 по 1988 г. отмечался мощный квазитрехлетний цикл. Анализ параметров «хаотизации» временных рядов гроз показал наличие значительного шумового компонента в проанализированных рядах (параметр «хаотизации» $> 0,5$).

Анализ пространственной статистической структуры полей числа дней в году с грозами осуществлялся с помощью вычислений пространственных корреляционных функций (рис. 5). Уравнение регрессии, полученное по всей совокупности точек (1004 парных коэффициента по 48 рядах наблюдений), имеет вид:

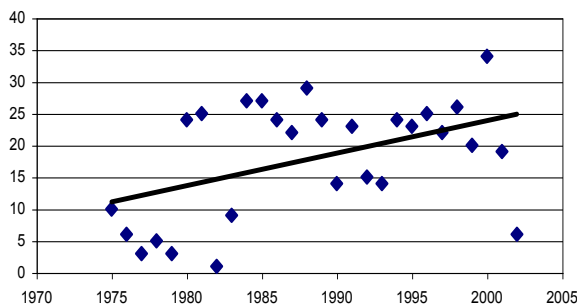
$$R(\rho) = 0,50 - 0,0007 \cdot \rho \quad (4)$$



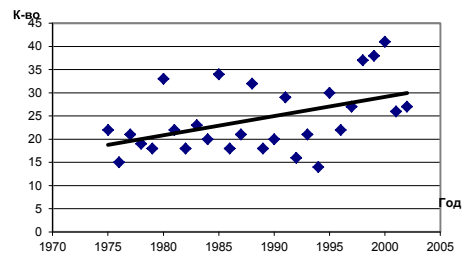
Новогрудок



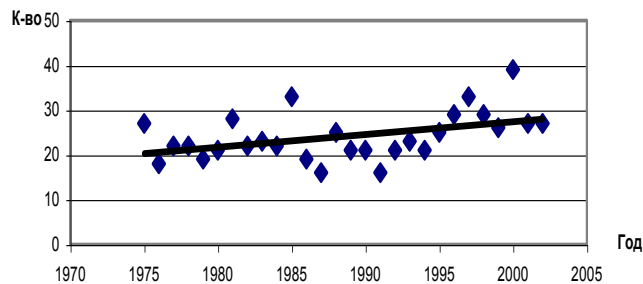
Пружаны



Ошмяны



Волковиск



Гродно

Рис. 3. Годовой ход числа дней в году с грозами по метеостанции со статистически значимыми линейными положительными трендами

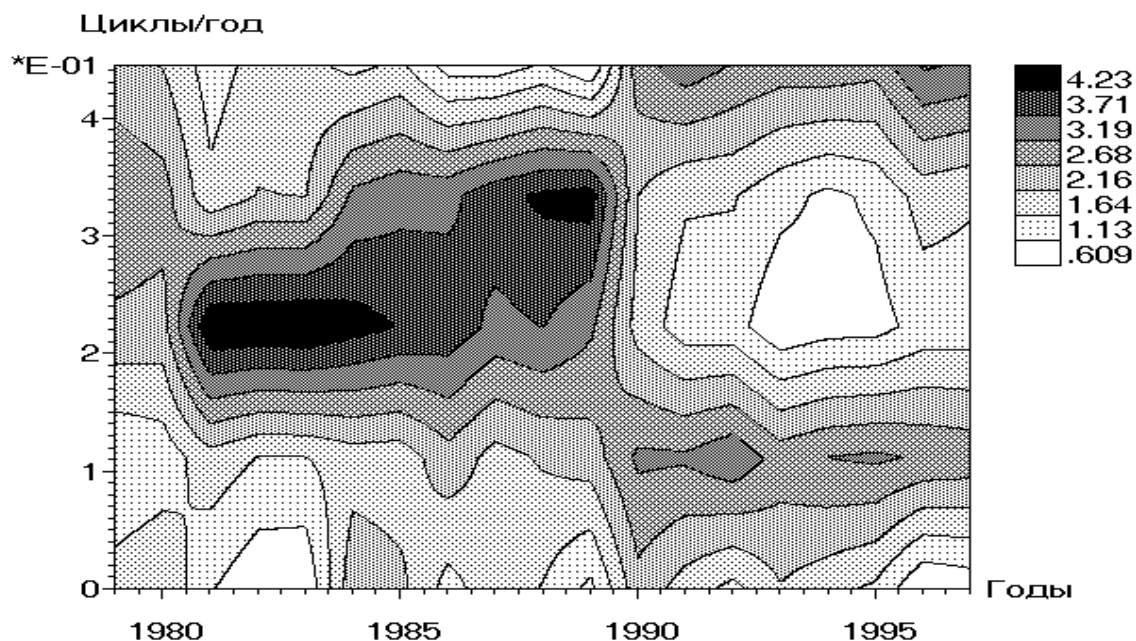


Рис. 4. СВАН-диаграмма временных рядов числа дней в году с грозами на территории Беларуси

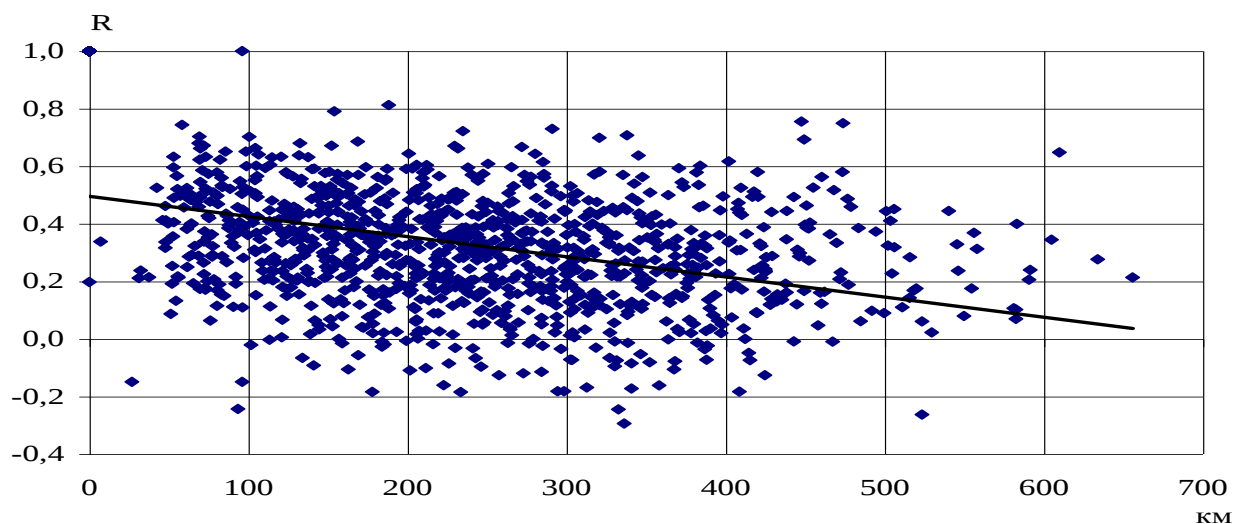


Рис. 5. Пространственная корреляционная функция числа гроз в году

Таким образом, пространственная корреляция числа дней в году с грозами по метеостанциям Беларуси монотонно убывает с расстоянием. Положительная связь прослеживается на расстоянии до 650 км. Большой разброс точек вызван неоднородностью статистической структуры поля числа дней в году с грозами.

Заключение. Выполненные исследования изменения числа дней с грозами на территории Беларуси показали, что статистическая структура количества гроз имеет

существенную как временную, так и пространственную изменчивость. Среднее количество дней с грозами составляет 24 дня, коэффициент вариации 0,28, что соизмеримо с вариациями других метеорологических характеристик. Изменение количества дней с грозами имеет широтный характер, увеличиваясь с севера на юг, и нарушающиеся аномалиями электропроводности. Выделены статистически значимые положительные линейные тренды по отдельным метеостанциям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геология Беларуси / Под ред. А. С. Махнач. – Мн.: Институт геологических наук НАН Беларуси, 2001. – 851 с.
2. Климат Беларуси / Под ред. В. Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
3. Логинов В. Ф., Волчек А. А., Шведовский П. В. Практика применения статистических методов при анализе и прогнозе природных процессов. Брест: Изд-во БГТУ, 2004. – 316 с.
4. Логинов В. Ф., Иконников В. Ф. Спектрально-временной анализ уровня режима озер и колебаний расходов воды крупных рек Беларуси // Природопользование. Мн., 2003, Вып. 9. С. 25-33.
5. Справочник по климату СССР. Выпуск 7 Белорусская ССР. Часть V. Облачность и атмосферные явления. – Гидрометеорологическое издательство. – Л., 1968. – 211 с.
6. Климат России // Под ред. д-ра геогр. наук, проф. Н. В. Кобышевой. – Санкт-Петербург: Гидрометеоздат, 2001. – 655 с.

В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, И.Н. Шпока

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЧИСЛА ДНЕЙ С ГРОЗАМИ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

В работе рассматривается гроза как опасное метеорологическое явление, дана оценка пространственной и временной изменчивости количества дней с грозами на территории Беларуси.

Материалами для исследования послужили данные Департамента гидрометеорологии Беларуси по 47 метеостанциям в месячном разрезе. В результате были построены карты характеризующие пространственную и временную изменчивость количества дней с грозами. Для прогнозирования количества дней с грозами различной обеспеченности использовалось распределение Пирсона III типа, а структура пространственной изменчивости исследовалась с помощью пространственных корреляционных функций (ПКФ). Оценка однородности временных рядов осуществлялась с помощью стандартных статистических критерии Стьюдента и Фишера. Установление цикличности временных рядов количества дней с грозами и анализ их устойчивости осуществлялся с помощью спектрально-временного анализа (СВАН).

Выполненные исследования изменения числа дней с грозами на территории Беларуси показали, что статистическая структура количества гроз имеет существенную как временную ($C_v = 0,28$), так и пространственную изменчивость. Максимальное число гроз приурочено к территориям с гравитационными аномалиями. А отрицательная магнитная аномалия, простирающаяся от северных границ Беларуси (Верхнедвинский район) до границы Минской области, совпадает с низкими значениями числа дней с грозами.

V. F. Loginov, A.A. Volchek, I.N. Shpoka

VARIABILITY NUMBER DAY'S THUNDERSTORMS ON THE TERRITORIAL BELARUS

In the article a thunderstorm as the dangerous meteorological phenomenon is considered. The estimation of the spatial and time variability of the day's quantity with thunderstorms on the territory of Belarus. The materials of researches of 47 meteorological stations the data of Department of hydrometeorology of Belarus have served in a monthly cut. As the result maps describing spatial and time variability of quantity of days with thunderstorms have been constructed. For forecasting the quantity of the days with thunderstorms of various security distribution Pirsona III of type was used. The structure of spatial variability was investigated with the help of spatial correlation functions. The estimation of uniformity of time numbers was carried out with the help standard statistical Student's and Fisher's criteria's. The establishment of cyclicity of time numbers of the day's quantity with thunder-storms and the analyses of their stability was carried out with the help of the spectral-time analysis. The executed researches of change of the number of days with thunder-storms on the territory of Belarus have shown, that the statistical structure of thunderstorm's quantity has essential both time ($C_v = 0.28$), and spatial variability. The maximal number of thunderstorms deals with gravitational anomalies on the territory of Belarus. And the negative magnetic anomaly reaching from the northern borders of Belarus (the area Verhnedvinsky of region) up to border of the Minsk region, coincides with low values of number of days with thunderstorms.