

## **АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ОПАСНЫХ ДЛЯ АВИАЦИИ АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БЕЛАРУСИ НА ОСНОВЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ\***

There are the results of the investigations conducted on the base of the radiolocation observations in the article. The dynamics of the dangerous atmospheric phenomenon had been analyzed and the causes of this dynamics had been indicated. The possibility to use the radiolocation information for the meteorological investigations is named.

Увеличение числа и частоты авиационных рейсов в Беларуси требует достоверной информации о метеоусловиях. Безопасность полетов, регулярность и экономичность работы авиации обеспечиваются синоптическими, аэрологическими, радиолокационными станциями, а также метеорологическими спутниками [1]. Особое место в оперативном обслуживании авиации занимают метеорологические радиолокаторы, которые позволяют наблюдать за метеорологическими явлениями не только в непосредственной близости от аэропорта, но и контролировать состояние облачности и выявлять опасные явления в радиусе сотен километров, а также прогнозировать эти явления [2].

В настоящее время, несмотря на накопленный значительный фактический материал радиолокационных наблюдений, статистика возникновения опасных для авиации метеорологических явлений за многолетний (климатический) период изучена слабо. Целью наших исследований был анализ пространственно-временной динамики опасных атмосферных явлений в центральной части Беларуси на основе радиолокационных наблюдений.

Работа проводилась в несколько этапов. На первом были обработаны бланк-карты за период с 1991 по 2001 г., полученные в результате метеорологических радиолокационных наблюдений на радиолокаторе МРЛ-5, функционирующем в Национальном аэропорту «Минск». При анализе карт фиксировалась информация, связанная с перемещением облачности и наличием опасных атмосферных явлений (грозы, града, шквалов). Исследовалась территория 240×240 км в центральной части Беларуси, в пределах которой расположен метеорологический радиолокатор.

В ходе сбора информации фиксировались средние значения направления перемещения облачности (по преобладающему направлению) для каждого суток. Наличие опасного атмосферного явления отмечалось лишь для суток в целом (граница суток - 0 ч 00 мин), так как впоследствии подсчитывалось не количество опасных явлений, а число дней (суток) с ними. Вся ис

\* Авторы статьи - сотрудники кафедры общего землеведения.

следуемая территория была разбита на 64 ячейки (размером 30×30 км), каждая из которых принималась за пункт, поскольку в ходе радиолокационных наблюдений наличие того или иного явления определяется для таких ячеек.

Следующий этап исследований представлял собой статистическую обработку данных, полученных в ходе первого этапа. Для каждой ячейки было подсчитано количество дней, когда эти опасные явления наблюдались. Затем рассчитывалось количество таких дней за каждый год, на основе чего было получено их среднегодовое распределение, а также определен удельный вес каждого месяца по числу таких дней в году. Перемещения радиоэха облачности рассчитывались на основании удельного веса для всех направлений за каждый месяц, установлено распределение направлений перемещений для каждого года в целом, получен среднегодовой показатель за исследуемый период и среднее распределение для месяцев года. Аналогичные сведения были получены по данным о направлении перемещения радиоэха облачности в дни с опасными атмосферными явлениями.

Графические построения (карты, диаграммы, графики) третьего этапа позволили подтвердить снижение оправдываемости определяемых радиолокатором метеоявлений по мере удаления от МРЛ и, что главное, получить информацию о пространственно-временной динамике опасных явлений в рассматриваемом периоде на исследуемой территории. Кроме того, сравнение данных о внутригодовом распределении опасных явлений со средними многолетними дало возможность проследить динамику изучаемых явлений в большом временном масштабе. Прослежена взаимосвязь перемещений радиоэха облачности с распределением опасных явлений, на основе чего сделан вывод о причинах изменения числа дней с опасными атмосферными явлениями.

Таким образом, радиолокационные данные носят вероятностный характер, и степень распознавания опасных явлений убывает по мере удаления от места установки радиолокатора. Карты среднегодового числа дней с опасными явлениями (для территории в радиусе 120 км от МРЛ) подтверждают неравномерность радиолокационной информации. Для нашей страны характерно увеличение числа гроз с севера на юг [3]; наибольшее же число дней с опасными явлениями на составленных нами картах отмечается вблизи МРЛ и снижается по мере удаления от него. Это происходит вследствие того, что с расстояния 100 км от МРЛ часть облаков не обнаруживается, так как их вершины лежат ниже линии радиозрения. Кроме того, для рассматриваемого локатора существует закрытый сектор от 355 до 175°, создаваемый лесной растительностью и ограничивающий возможности наблюдений: здесь (в восточном секторе) отмечается наиболее интенсивное убывание числа дней с опасными явлениями по мере удаления от МРЛ. В представленной работе карты распределения опасных явлений не приводятся по причине их малой значимости для климатологии (в связи с ограниченными возможностями одного радиолокатора).

По сравнению с многолетними данными удельный вес гроз холодного периода в ис-

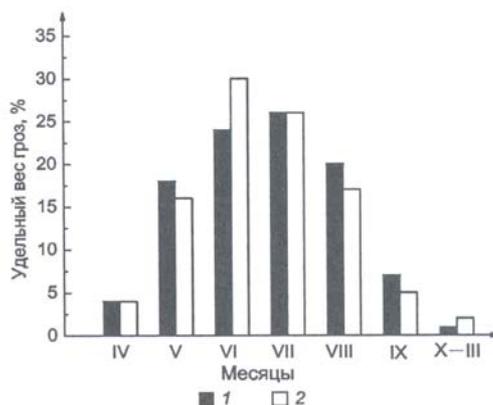


Рис. 1. Удельный вес гроз по месяцам: 1 – по многолетним данным [3]; 2 – по данным метеорологических радиолокационных наблюдений за 1991–2001 гг.

следуемые годы вырос с 1 до 2 % (рис. 1), что является примером снижения дифференциации погодных условий по сезонам года. Холодный период считается наиболее неблагоприятным для полетов авиации из-за высокой повторяемости явлений, снижающих видимость, а повышенная грозоопасность еще более усугубляет ситуацию. Кроме того, наблюдается смещение максимума опасных явлений с июля на июнь [4].

Таблица 1

**Динамика дней с опасными атмосферными явлениями в г. Минске**

Число дней	Годы										
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
С грозой	35	23	49	33	34	24	33	31	18	17	39
С градом	0	2	1	3	9	1	2	11	4	4	11
Со шквалом	4	4	2	3	1	0	2	5	6	2	9

Динамика опасных явлений для г. Минска и всей исследуемой территории отражена в табл. 1. Приведенные данные свидетельствуют о том, что относительно гроз не прослеживается определенная тенденция, тогда как число дней с градом увеличивается, а количество шквалов возрастает с середины 1990-х гг. Причем, если, по многолетним данным, шквалы обычно отмечаются один раз в пять лет [5], то, по нашим радиолокационным данным, для территории исследований - один раз в год.

В г. Минске максимальное число дней с грозами - 39 отмечено в 1955 г. [6]. По радиолокационным данным, в 1993 г. зафиксировано 49 дней с грозами. Это число может быть несколько завышенным по причине вероятностного характера такой информации и отличаться от многолетних наблюдений вследствие того, что составляемые ранее климатические характеристики объектов базировались на данных метеостанций, радиус обзора которых ограничен, что не позволяло учесть все опасные явления [7]. Поэтому радиолокационные наблюдения существенно уточняют количество опасных метеорологических явлений и показывают увеличение среднегодового числа дней с грозами в столице с 27 до 31 (табл. 2).

Таблица 2

**Число дней с грозой и градом для г. Минска**

Число дней		По месяцам												За год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
С грозой	среднее	0,04	0,0	0,1	1,0	4,0	7,0	7,0	6,0	2,0	0,2	0,0	0,04	27
		0,30	0,0	0,7	1,0	6,0	8,0	7,0	5,0	2,0	1,0	0,0	0,00	31
	максимальное	1,00		2,0	6,0	11,0	16,0	15,0	13,0	7,0	2,0		1,00	39
		2,00	То же	3,0	3,0	11,0	14,0	16,0	12,0	3,0	2,0	То же	0,00	49
С градом	минимальное	0,00		0,0	0,0	0,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0		0,00	16
			«-»									«-»		17
	среднее	0,00		То же	0,3	0,6	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2		«-»	2
		0,00		То же	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0		То же	4
С градом	максимальное	0,00		«-»	6,0	6,0	2,0	1,0	2,0	2,0	2,0	1,0	«-»	7
		0,00		«-»	0,0	9,0	6,0	7,0	3,0	0,0	0,0	0,0	«-»	11

Примечание. В числителе указано среднее число дней по многолетним наблюдениям [6], в знаменателе - за исследуемый период.

Среднее число дней с градом в г. Минске выросло в два раза - с 2 до 4. Изменилось соотношение количества дней с грозой и с градом. Ранее оно было 15:1, а в исследуемый период 8:1. Это свидетельствует о более интенсивном росте градоопасности, что неблагоприятно как для полетов авиации, так и для всего народного хозяйства.

Для выявления причин динамики опасных явлений был проведен анализ повторяемости направлений перемещений радиоэха облачности как для года в целом, так и для дней с опасными явлениями (табл. 3). В последнем случае заметно преобладание направлений перемещения облачности из юго-западной четверти горизонта. Это обусловлено тем, что возникновение опасных явлений связано с теплыми неустойчивыми воздушными массами с большим влагосодержанием. Для гроз наиболее важна юго-западная четверть (зимой - западная), а для града и шквалов - южная.

Таблица 3

Повторяемость направлений	Направления перемещения радиоэха облачности							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Среднегодовая	5	2	3	6	12	18	39	18
В дни:								
с грозами	2	2	2	6	19	18	39	12
с градом	2	4	4	9	18	26	34	4
со шквалами	2	2	6	11	19	28	29	3

Повышение градо- и шквалоопасности связано с увеличением преобладания южной составляющей над северной (рис. 2). А рост грозоопасности в холодный период - результат усиления западного переноса, в том числе и в зимнее время.

Установленные изменения в динамике опасных метеорологических явлений обусловлены активизацией Исландского минимума зимой и Азорского максимума - летом, что является следствием глобальных климатических изменений.

Таким образом, радиолокационное зондирование атмосферы находит широкое применение в авиационной метеорологии, а также в исследовании атмосферных процессов с целью прогнозирования погоды. Чтобы расширить возможности использования радиолокации в метеорологии, необходимо создать более густую радиолокационную сеть, состоящую из радиолокаторов, радиусы обзора которых пересекаются, что позволит получать более точные данные.

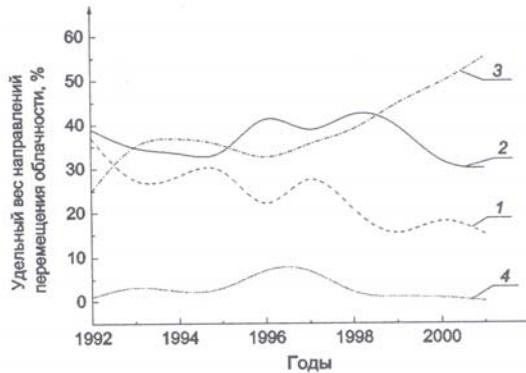


Рис. 2. Динамика удельного веса направлений перемещений облачности: 1 - с севера; 2 - с юга; 3 - с запада; 4 - с востока

1. Баранов А.М. и др. *Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов*. М., 1993.
2. Брылев Г.Б., Низдойминова Г.Л. *Использование радиолокационных данных в синоптической практике*. Л., 1977.
3. Гольберг М.А., Волобуева Г.В., Фалей К.Л. *Опасные явления погоды и урожай*. Мн., 1988.
4. *Климатическая характеристика Национального аэропорта «Минск»*. Мн., 1998.
5. *Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР* / Под ред. М.А. Гольберга и В.М. Мельника. Мн., 1985.
6. *Климат Минска* / Под ред. М. А. Гольберга. Мн., 1976.
7. Мошников В.А. // *Вопросы совершенствования метеообеспечения безопасности полетов*. Л., 1980. С. 16.
8. *Изменения климата и использование климатических ресурсов* / Под общ. ред. П.А. Коврига. Мн., 2001.

Поступила в 27.06.06.

**Ольга Васильсона Довыденко** - аспирант. Научный руководитель - доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой П.С. Лопух.

**Павел Антонович Ковриго** - кандидат географических наук, доцент.