

## **ПРОГНОЗ КОНВЕКТИВНЫХ ЯВЛЕНИЙ ХОЛОДНОГО ПЕРИОДА НА ТЕРРИТОРИИ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Лушка М.В.*

*Белорусский государственный университет,  
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: maril2020@mail.ru*

Исследована проблема прогноза гроз и явлений их сопровождающих: интенсивных ливневых осадков, шквалистого ветра в холодный период года. Выявлены основные закономерности развития гроз с ноября по март на примере Минской области за период 1989-2022 гг. с целью определения пространственно-временного распределения гроз и разработки рекомендаций к прогнозу опасных конвективных явлений в нехарактерный для них период года. Проведен анализ повторяемости конвективных явлений по территории Минской области, а также во времени за последние 34 года в условиях изменяющегося в сторону потепления климата. Определены приземные синоптические и высотные аэрологические факторы формирования конвективных явлений с ноября по март, которые могут использоваться в оперативной практике в качестве рекомендаций к прогнозу зимних гроз.

*Ключевые слова:* прогноз конвективных явлений; холодный период года; зимние грозы; приземные синоптические условия; высотные аэрологические условия; Минская область.

## **FORECAST OF CONVECTIVE PHENOMENA OF THE COLD SEASON ON THE TERRITORY OF THE MINSK REGION**

*Luksha M.V.*

*Belarusian State University,  
Minsk, Republic of Belarus, e-mail: maril2020@mail.ru*

The problem of forecasting thunderstorms and their accompanying phenomena: intense heavy shower rain or snow, squally wind in the cold season is investigated. The main patterns of thunderstorms development from November to March were revealed on the example of the Minsk region for the period 1989-2022 in order to determine the spatial and temporal distribution of thunderstorms and develop recommendations for the forecast of dangerous convective phenomena in an uncharacteristic period of the year. The analysis of the recurrence of convective phenomena on the territory of the Minsk region, as well as in time over the past 34 years under conditions of a climate changing in the direction of warming, was carried out. The surface synoptic and high-altitude aerological factors of the formation of convective phenomena from November to March have been determined, which can be used in operational practice as recommendations for the forecast of winter thunderstorms.

*Keywords:* forecast of convective phenomena; cold season; winter thunderstorms; surface synoptic conditions; high-altitude aerological conditions; Minsk region.

Прогноз таких конвективных явлений, как грозы, интенсивные ливневые осадки и шквалистый ветер, в холодный период года является важной проблемой, с которой все чаще сталкиваются синоптики в процессе своей оперативной деятельности. Она становится особенно актуальной в условиях современного периода глобального потепления климата, выражающегося в первую очередь в росте зимних температур.

Чаще рассматриваемые опасные и неблагоприятные метеорологические явления отмечаются в результате процессов фронтальной или внутримассовой конвекции в теплый период года, т.е. с апреля по октябрь. В холодный период года (с ноября по март) конвективные явления, особенно зимние грозы, встречаются значительно реже, поэтому изучены недостаточно как с точки зрения их формирования, так и географического проявления на территории нашей страны и за рубежом.

Согласно литературе, к зимним, или снеговым грозам относят грозы, при которых вместо ливневого дождя выпадает ливневый снег, ледяной дождь или ледяная/снежная крупа. В последнее время отмечается тенденция к увеличению количества зимних гроз, которые чаще сопровождаются ливневыми осадками в жидком виде условиях изменяющегося климата в сторону потепления отмечается тенденция [1]. Поэтому по мнению автора есть необходимость пересмотра понятия «зимние грозы», путем включения в него ливневого дождя.

Повторяемость конвективных явлений холодного периода года определяется не только синоптической ситуацией, а также свойствами подстилающей поверхности. Поэтому целью данного исследования стал анализ повторяемости гроз в холодный период (ноябрь-март) по территории Минской области Республики Беларусь (РБ) за последние 34 года (1989-2022 гг.), а также сопровождающих их явлений и определение их связей с приземными метеорологическими и высотными аэрологическими условиями, которые в дальнейшем могут рассматриваться в качестве основных рекомендаций по прогнозированию опасных и неблагоприятных конвективных явлений в холодный период года на территории РБ.

Отбор исходных данных производился с 1989 года, т.е. с года, когда на территории Беларуси начался самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений на протяжении последних 130 лет (среднегодовая температура в стране выросла на 1,2°C за последние 30 лет) [2,3]. Также стоит отметить, что отмечается особенно резкое повышение зимних температур, так, например, согласно данным Белгидромета температура в период декабрь 2021 г. – февраль 2022 г. составила -1,8°C, что на 1,6°C выше климатической нормы.

На основании анализа архивных данных метеорологических станций (МС) и авиационных метеорологических станций гражданских (АМСГ)

Минской области РБ было обнаружено, что за период с 1989 по 2022 гг. на территории области был отмечен 61 случай с зимними грозами: 17 на МС Минск, 9 на АМСГ Минск-2, 7 на МС Березино, 6 на МС Воложин, 6 на МС М.Горка, 4 на МС Столбцы, 4 на МС Вилейка, 3 на МС Нарочь, 3 на МС Слуцк и 2 на МС Борисов (рис.1).

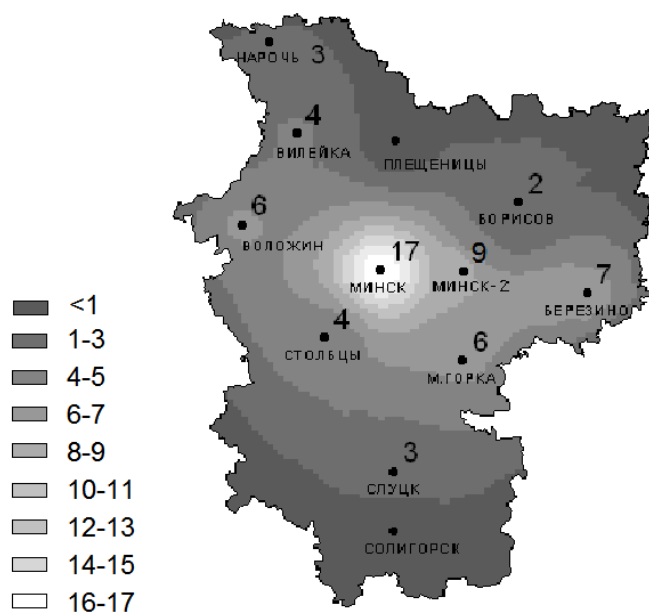


Рис. 1. Распределение зимних гроз на территории Минской области за холодный период 1989-2022 гг. (сост. по [4])

Из территориального распределения зимних гроз видно, что большинство из них наблюдалось в столичном регионе Минской области, в частности вблизи города Минска. Это связано с тем, что крупные города являются дополнительными источниками тепла, которые способствуют обострению атмосферных фронтов и более интенсивному развитию конвективных процессов.

Также большее количество гроз отмечено на МС Воложин, что связано с возвышенным рельефом, так как МС располагается на высоте 228 м (максимальная высота над уровнем моря среди МС Минской области). Это объясняется тем, что грозовая деятельность на наветренных склонах сильно возрастает.

Достаточно высокое количество гроз в районе МС М.Горка объясняется рельефом (177 м над уровнем моря) и близостью водных объектов (р.Титовка), поскольку при приближении холодного фронта к реке происходит затухание грозовой деятельности, которая, как правило, возникает снова после того, как фронт продвинулся за реку на расстояние до 30 км.

Влияние водных объектов на развитие конвективных процессов также отмечается в районе МС Березино, которая расположена вблизи р.Березина.

Также наблюдается неравномерное распределение гроз в течение холодного периода года: 3 в январе, 15 в феврале, 38 в марте, 3 в ноябре, 2 в декабре. Наибольшее количество гроз в марте обусловлено более теплыми и насыщенными влагой воздушными массами в начале весны.

В результате анализа исходных данных было выявлено отсутствие тенденции увеличения данного ОЯ в последние десятилетия. Так, например, в холодный период года с 1989 по 2000 гг. было отмечено 35 случаев гроз на территории Минской области, а в период с 2001 по 2022 гг. – 26 случаев.

При этом грозы имели продолжительность от нескольких минут до 1,5ч. В большинстве случаев продолжительность данного метеорологического явления составляла до 30 минут, поскольку конвективная деятельность носит локальный, непродолжительный и резко меняющийся интенсивность характер.

Все случаи зимних гроз, зафиксированные метеостанциями Минской области РБ, носили фронтальный характер и были связаны с прохождением активных атмосферных фронтов.

При этом 16 зимних гроз отмечалось на холодном фронте с волнами, 16 – на основном холодном фронте, 5 – на вторичном холодном фронте, 13 – на фронте окклюзии по типу теплого, 11 – на фронте окклюзии по типу холодного. На рис. 2 в качестве примера приземной синоптической ситуации, когда отмечались грозы в холодный период года приведен случай 12 марта 2020 г., где в результате прохождения активного холодного фронта через территорию Беларуси зимние грозы были отмечены на МС Воложин, МС Минск, на АМСГ Минск-2 и МС Березино.

Атмосферные фронты были связаны с ложбинами циклонов различных траекторий: западных (22 случая), северных (17 случаев), ныряющих (18 случаев) и южных (4 случая). Западные, северные и ныряющие циклоны имели глубокие ложбины, вытянутые с севера на юг, и проходили через территорию Минской области, как правило, в стадии молодого циклона или максимального развития (давление в центре от 945гПа до 998 гПа). Южные циклоны с ложбинами, ориентированными с юго-запада на север или северо-восток, проходили через описываемые районы в основном в стадии максимального развития или заполнения (давление в центре циклонов – 998-1006 гПа).

В результате прохождения атмосферных фронтов, с которыми были связаны грозы в Минской области, были выявлены следующие изменения метеорологических параметров у земли и на высоте.

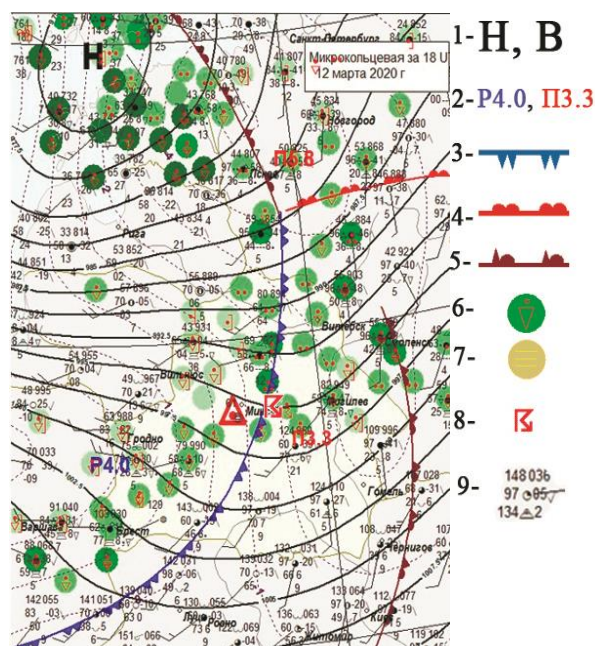


Рис. 2. Приземная синоптическая ситуация, при которой наблюдались зимние грозы 12 марта 2020 г. (сост. по [4])

Условные обозначения: 1 – центры низкого и высокого давления, 2 – барическая тенденция роста и падения давления, 3 – холодный фронт, 4 – теплый фронт, 5 – фронт окклюзии, 6 – ливневые осадки, 7 – туманы, 8-грозы, 9 – приземная наноска в коде КН-01.

Ветер, как правило, в случае фронта окклюзии менял свое направление с южного, юго-восточного, а в случае холодного фронта – с юго-западного на западное, северо-западное. При этом наблюдалось усиление скорости ветра после прохождения атмосферных фронтов. Максимальные порывы в основном не превышали 15-20 м/с. Кроме следующих случаев: 5 февраля 1999 г. на МС М.Горка, где был зарегистрирован порыв 21 м/с, 12 марта 2020 г. на АМСГ Минск-2 отмечен порыв ветра до 24 м/с, а 18 ноября 2004 г. на МС Слуцк максимальный порыв ветра составил 30 м/с, что соответствует критерию опасного гидрометеорологического явления.

Практически во всех случаях перед прохождением атмосферных фронтов отмечалась тенденция падения давления, которая сменялась тенденцией роста.

Температуры воздуха, при которых развивались грозы в холодный период года на территории Минской области, были, как правило, слабopоложительными и колебались в диапазоне от -1,4 до +5,9°С (исключение случай 18.02.1996 г. МС Минск -14,3°С).

Все случаи зимних гроз сопровождались осадками в виде ливневого дождя в случае положительных температур, ливневого дождя со снегом в случае температур близких к 0°С или ливневого снега в случае близких к

0°C или отрицательных температур. При этом более значительное ухудшение видимости наблюдалось в осадках твердого характера (до 100 м), что связано с размерами снежинок, их отражательной и рассеивающей способностью. Количество выпавших атмосферных осадков в основном не превышало 5-6 мм.

Поскольку на территорию Минской области в период с ноября по март поступали теплые воздушные массы атлантического или средиземноморского происхождения, то это способствовало созданию вертикальных температурных градиентов больше влажноадиабатических и развитию неустойчивой стратификации атмосферы, которая является причиной образования конвективной облачности и, как следствие, развития конвективных явлений.

По результатам анализа аэрологических диаграмм, полученных по данным реанализа [5], кучево-дождевые облака, с которыми были связаны зимние грозы, как правило, имели нижнюю границу (уровень конденсации) порядка 300-600 м, а верхнюю границу (уровень конвекции) около 2000-4000 м в зависимости от температурного фона.

На уровне изобарической поверхности АТ-850 практически во всех случаях отмечался гребень теплого и влажного воздуха, который затем сменяла ложбина холода. Диапазон температур на данном изобарическом уровне составил от -7,0 до +6,5°C в зависимости от господствующей воздушной массы, а диапазон дефицитов точки росы – от 0 до 6 °С.

На уровне изобарической поверхности АТ-700 наблюдалось усиление южного и юго-западного ветра до критериев струйного течения (100 км/ч и более), на уровне изобарической поверхности АТ-500 – усиление ветра западной составляющей до 160-200 км/ч, а на уровне изобарической поверхности АТ-300 – до 200-260 км/ч.

В результате анализа приземных метеорологических и высотных аэрологических условий формирования зимних гроз на территории Минской области с ноября по март 1989-2022 гг. были сформированы следующие синоптические рекомендации к прогнозу конвективных явлений в холодный период года:

- поступление теплой (с температурой воздуха у земли выше 0°C) и влажной воздушной массы с юга или юго-запада, связанное с выходом глубоких западных, северных, ныряющих или южных циклонов в стадии молодого циклона, максимального развития или заполнения;

- прохождение основных и вторичных активных холодных фронтов, холодных фронтов с волнами и фронтов окклюзии, обеспечивающих подъем теплого и влажного воздуха в нижней тропосфере;

- существование слоя конвективной неустойчивости в атмосфере, характеризующейся вертикальными градиентами температуры значительно больше влажноадиабатических;
- наличие гребня теплого и влажного воздуха на уровне АТ-850;
- наличие низкоструйных течений АТ-700 и АТ-500 и мощного струйного течения западной четверти на уровне АТ-300, усиливающего конвективные процессы.

### **Библиографические ссылки**

1. Лукша М.В. Научное обоснование прогноза конвективных явлений холодного периода на примере аэродрома Минск-2. – Минск: БГУ, 2022. – 60 с.
2. Подгорная, Е.В. Особенности изменения климата Республики Беларусь за последние десятилетия / Е.В. Подгорная, В.И. Мельник, Е.В. Комаровская. – Минск: Белгидромет, 2015. – 120 с.
3. Логинов, В.Ф. Бровка Ю.А., Микуцкий В.С. Изменение климата, экстремальных погодных и климатических явлений и их связь с типами циркуляции атмосферы Северного полушария по Б.Л. Дзерdzeевскому / В.Ф. Логинов, Ю.А. Бровка, В.С. Микуцкий // Природопользование. – 2013. – № 24. – С. 5-11.
4. Архив карт и ТМС Белгидромета за 1989-2022 гг. – Ф.1 Оп.1 Д. Подлинник.
5. ThundeR - ERA5 sigma levels browser [Electronic resource] – Mode of access: [http://www.rawinsonde.com/ERA5\\_Europe](http://www.rawinsonde.com/ERA5_Europe). – Date of access: 29.08.2023.