

## ГРОЗЫ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ: УСЛОВИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ПРОГНОЗ

**Соколовская Я.А.**

Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды», г. Минск, Республика Беларусь, [met2@hmc.by](mailto:met2@hmc.by)

*This article is about the thunderstorms on the territory of Belarus, their distribution and forecast. Thunderstorms have an important part in the global electrical circuit, which combines the atmosphere and the earth's surface. They have a significant influence on human lives, health and activities. Understanding of the thunderstorm formation process is essential for their subsequent prediction.*

### **Введение**

Изучение механизмов формирования гроз является важной задачей, как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. Грозы являются важной составляющей глобальной электрической цепи, объединяющей атмосферу и Землю. Электростатические силы существенно влияют на эволюцию динамических и микрофизических характеристик облаков и осадков, и на перенос тепла и влаги в атмосфере [1].

Вместе с этим грозы, как и всякое атмосферное явление, характеризуются неоднородным пространственно-временным распределением, которое зависит от целого ряда факторов. Одним из таких факторов является деятельность человека, в результате которой может изменяться количество гроз и их распределение.

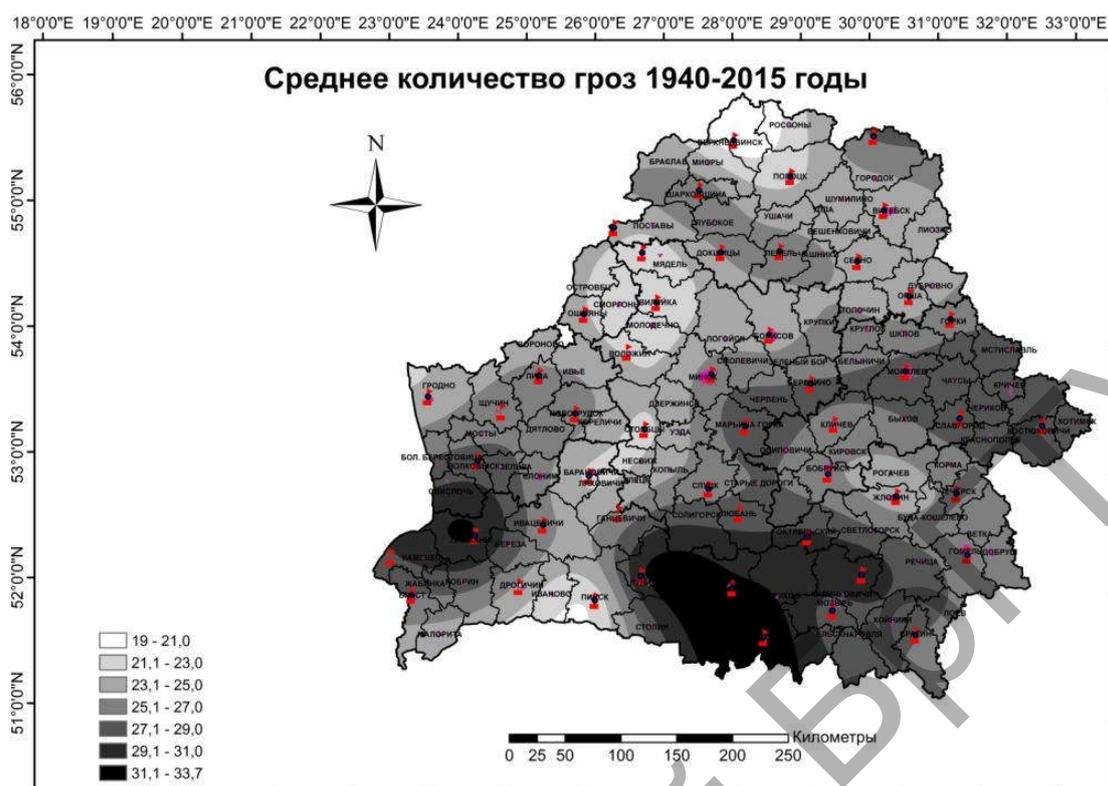
### **Основная часть**

Гроза – атмосферное явление, при котором наблюдаются многократные электрические разряды (молнии) между облаками или между облаками и землей, сопровождаемые звуковым явлением – громом. Вместе с тем не все грозы по механизму их формирования одинаковые, поэтому выделяют 2 вида гроз: фронтальные и внутримассовые. Первые образуются на атмосферных фронтах в результате вынужденной конвекции, а вторые – в процессе локального нагрева воздуха от подстилающей поверхности, т.е. свободной конвекции [1].

Образование гроз на территории Беларуси в большинстве случаев (~85%) связано с прохождением фронтов, чаще всего холодных (55%). Значительно реже грозы формируются при прохождении теплых фронтов и фронтов окклюзии (примерно по 15% гроз на каждый из этих видов). Около 15% составляют термические внутримассовые грозы [2].

Как и для всякого другого природного явления для гроз характерно неравномерное распределение во времени и пространстве.

Пространственная структура среднегодового количества гроз представлена следующим образом: на территории Белорусского Полесья среднее число дней с грозами наибольшее (рисунок 1). Уменьшение числа гроз с юга на север связано с уменьшением влажности облаков к северу республики, которая убывает с ростом широты вследствие понижения температуры.

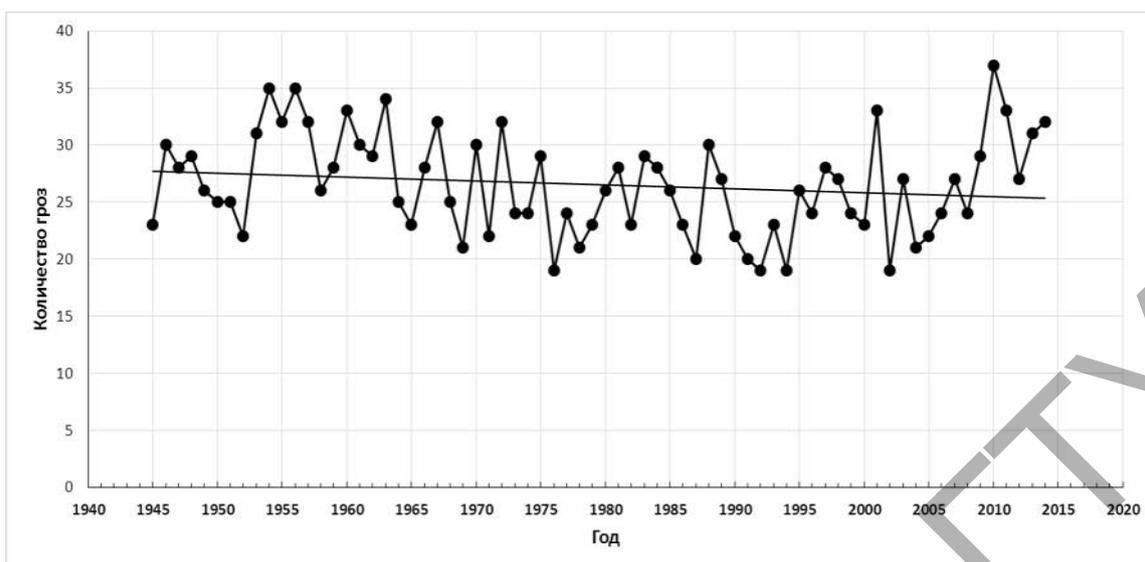


**Рисунок 1 – Распределение гроз по территории Беларуси**

Наряду с указанной широтной генеральной особенностью заметны и долготные особенности в распределении гроз: полюса малого количества дней с грозой отмечаются между 28 и 31° в. д. на севере Беларуси. Второй минимум грозовой активности отмечается в северо-западной части Беларуси (Вилейский, Докшицкий и Ошмянский районы).

Изучая временную изменчивость: с декабря по февраль грозы – достаточно редкое явление, их повторяемость в январе-феврале не превышает 1-2 дней за пятилетие, а в декабре грозы наблюдались крайне редко – 1 день за 10 лет. Следует отметить, что повторяемость зимних гроз, начиная с середины 80-х годов XX до начала XXI в., существенно возросла. Активная грозовая деятельность зимой совпала с потеплением климата. В марте-апреле повторяемость гроз возрастает до 3-5 дней за пятилетний период, исключение составляют 1996-2000 гг., когда наблюдалось более 10 гроз (в 1998 г. – 8 гроз). С мая по август число гроз существенно увеличивается и в отдельные годы достигает 22 дней (июль, 2001 г.: 22 дня в Пружанах, 21 – в Лельчицах, Житковичах, 20 – в Гродно, Лиде и Ивацевичах). В сентябре-октябре до 2005 г. количество гроз уменьшалось и составляло в среднем 7-10 дней за пятилетний период, с 2006 г. отмечается незначительное увеличение количества гроз. В ноябре отмечается в среднем 1-2 дня с грозой, генеральные особенности изменения гроз в этом месяце напоминают особенности изменения гроз в январе и феврале [2,4].

При анализе временной изменчивости среднегодового суммарного числа дней с грозами по всем метеостанциям Беларуси заметны 3 максимума повторяемости гроз (рисунок 2): в 50-х, конце 90-х годов прошлого века – начале XXI в., 2010-2011 гг. (самый большой из максимумов). Причем эти максимумы связаны в первую очередь с благоприятными термическими условиями (эти годы одни из самых теплых на земле).



**Рисунок 2** – Изменение среднего количества гроз с течением времени по всем станциям Беларуси

Минимум в повторяемости гроз приходится на начало 90-х годов XX в. В последние годы (2001-2015) отмечается уменьшение повторяемости гроз и на востоке, и на западе страны. На северо-западе и юго-западе страны количество гроз было максимальным в середине 80-х и второй половине 90-х годов прошлого века. В нынешнем столетии количество гроз в этих районах уменьшилось. Подобная закономерность, хотя и менее отчетливо, выражена на северо-востоке и юго-востоке Беларуси [3].

В северной части Беларуси количество осадков за последние годы возростали, некоторый рост указанных характеристик отмечался и за последнее десятилетие в других районах Беларуси. Температура, начиная с 1989 г., увеличивалась особенно сильно зимой и в первую половину весны. Изменения температуры летом менее определенные, хотя тенденция к росту температуры в последние годы стала очевидной, особенно в июле и в августе.

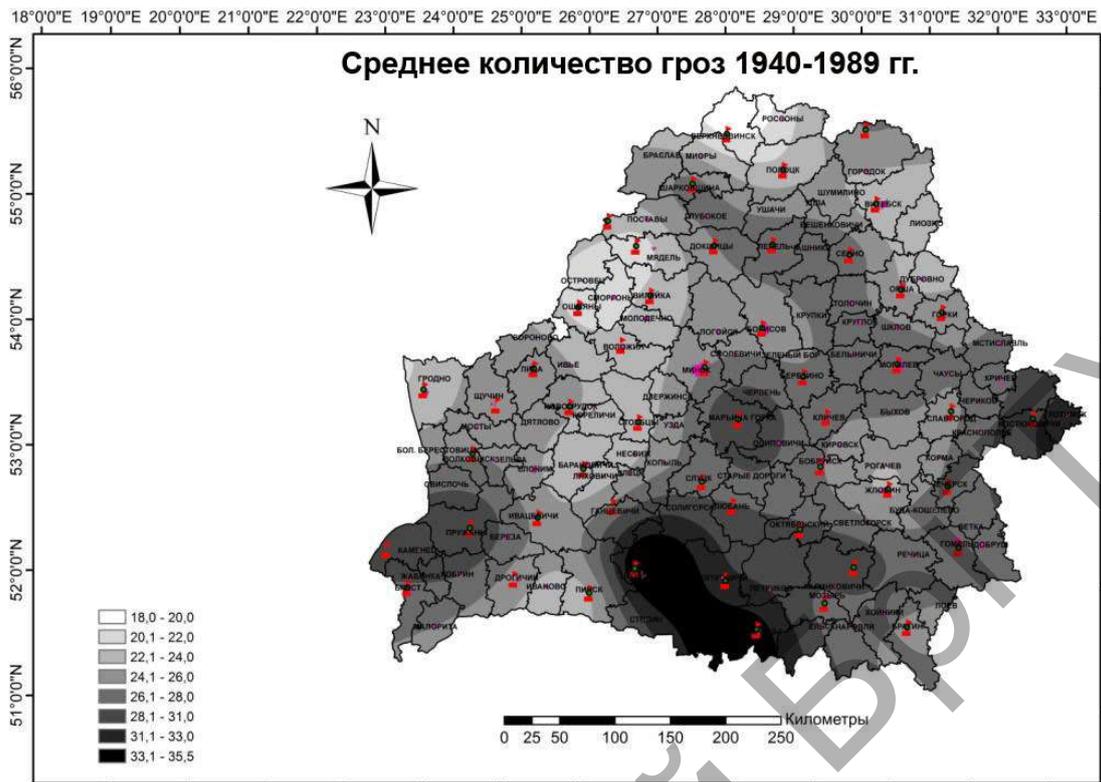
Таким образом, изменение температуры и влажности, сопровождаемое развитием кучево-дождевых облаков, за последние годы способствовало формированию большей повторяемости гроз. Это было особенно выражено на рубеже веков [3].

Повторяемость гроз определяется не только синоптическими условиями, но и свойствами подстилающей поверхности.

Одним из таких факторов, влияющих на повторяемость гроз, является лесистость территории. В среднем количество осадков теплого периода увеличивается на 1-3% на каждые 10% площади леса (в радиусе 30 км вокруг станции). В районах, где лесистость превышает 45%, число дней с грозой около 30 или более. Где лесистость меньше, число дней с грозами менее 25.

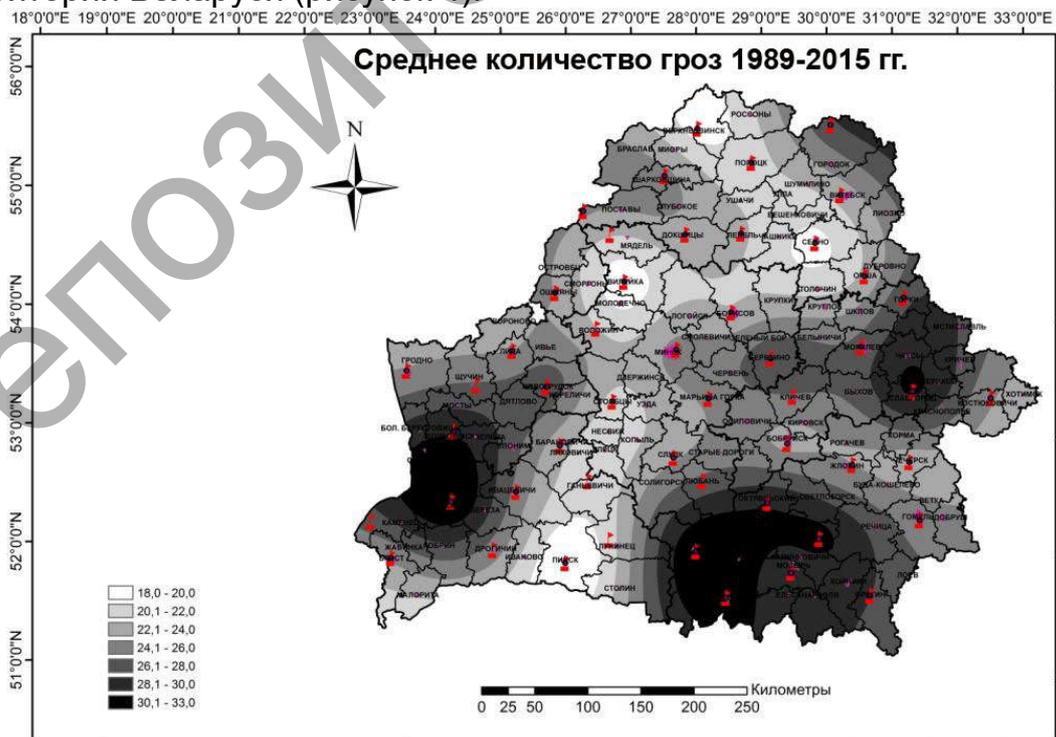
Для территории Полесья подтверждаются предположения ряда ученых о влиянии лесных массивов на осадки, значит и грозы. Количество гроз возрастает на 10-15% при увеличении лесистости от 25% до 60% [3].

Еще одним фактором, влияющим на распределение гроз, в данном исследовании рассматривается антропогенный фактор - глобальное потепление климата, которое, как известно в основном является результатом деятельности человека (рисунки 3, 4).



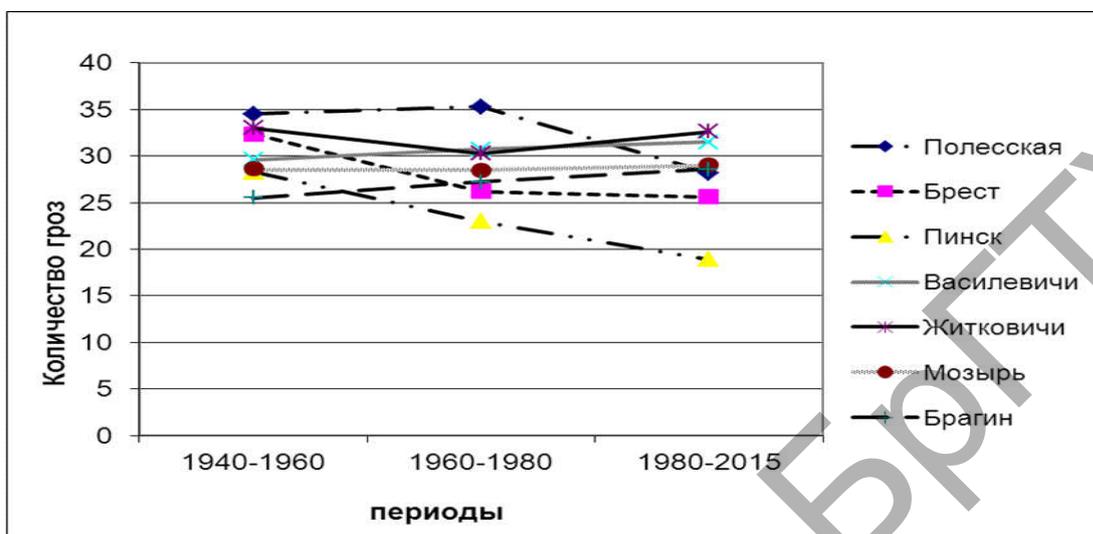
**Рисунок 3 – Распределение гроз до потепления климата**

Так влияние потепления климата проявляется в том, что область большого количества гроз на юге страны смещается немного на юго-восток, а также появляется новая область большого количества гроз на востоке страны, также на юго-западе увеличивается количество гроз. Таким образом, после потепления вместо 1 области большого количества гроз стало 3 таких области на территории Беларуси (рисунок 4).



**Рисунок 4 – Распределение гроз после потепления климата**

Еще одним антропогенным фактором, оказывающим влияние на распределение гроз, является мелиорация, проведенная на Полесье в 1960-80 гг. В результате такой антропогенной деятельности количество гроз на ряде станций Полесья после мелиорации уменьшилось, к числу таких станций относятся Полесская, Брест, Пинск, Житковичи (рисунок 5).



**Рисунок 5 – Изменение количества гроз на Полесье**

Это связано с перераспределением водных ресурсов данной территории, а, следовательно, и меньшей водностью образующейся облачности и меньшей ее мощностью, т.е. менее благоприятными условиями для образования гроз. Но такая тенденция прослеживается не на всех станциях Полесья, например на станциях Василевичи и Брагин фиксируется увеличение количества гроз в течение мелиорации и после нее. В Мозыре же количество гроз почти не изменилось. Так что очевидно, что влияние мелиорации на количество гроз над определенной территорией зависит еще и от местных условий.

Также большее количество гроз приурочено к более крупным городам, которые являются своеобразными островками-тепла, вызывающими дополнительную неустойчивость в атмосфере.

Поскольку грозы являются достаточно частым явлением в теплое время года для Беларуси и оказывают существенное влияние на деятельность человека возникает объективная необходимость совершенствовать методы прогноза грозových явлений.

В настоящее время наиболее оптимальным вариантом для этого является использование современных численных прогностических моделей, одной из самых доступных и хорошо разработанных моделей является WRF (Weather research and forecasting). В данном исследовании использовалась именно она. Модель основана на численном решении системы уравнений гидротермодинамики атмосферы с учетом процессов в верхнем слое суши или воды [1, 6].

Непосредственно данная система прогноза погоды не может рассчитывать атмосферное электричество, поэтому для определения наличия или отсутствия гроз используются косвенные признаки, которые характеризуют метеорологические условия необходимые для их возникновения. Для выявления условий благоприятных для развития гроз в данной работе использовались несколько индексов неустойчивости таких как: CAPE, K-index, SWEAT, Lifted index, Thompson index, CIN [5].

В рамках исследования было выполнено моделирование случаев развития сильных гроз на территории Беларуси, с помощью системы атмосферного моделирования WRF-ARW. Для анализа такого мезомасштабного процесса как грозы был выбран шаг сетки 3 км, для параметризации микрофизики была выбрана схема WSM6, а также отключена параметризация конвекции.

Продолжительность моделирования составляла 48 часов, грозы в данном случае наблюдались на 32-41 часы моделирования, что эквивалентно следующему дню прогноза гроз в оперативном использовании. Такой метод расчета был выбран для большей заблаговременности прогноза грозы, а так же из-за особенностей формирования осадков в модели WRF.

Был проведен расчет индексов неустойчивости для нескольких случаев гроз 2014 года, результаты представлены в таблице 1. Фронтальные и внутримассовые грозы отличаются по механизму образования и как следствие по значениям индексов неустойчивости.

Все использованные параметры показывают благоприятные условия для образования гроз. Причем значения большинства рассматриваемых индексов в среднем больше у внутримассовых гроз, следовательно, при свободной конвекции создаются более благоприятные условия для формирования гроз. Но если сравнивать не осредненные значения, а конкретные для каждого из случаев гроз, то получается, что максимальные и минимальные значения всех индексов характерны для фронтальных гроз т.е. вынужденной конвекции [6].

**Таблица 1 – Индексы неустойчивости для фронтальных и внутримассовых гроз**

Вид гроз	Дата	Параметры						
		CAPE	Thompson index	K-index	SWEAT	CIN	Lifted index	Total index
Внутримассовые	24.05	852	38	35	227	-5	-3	50
	26.05	1440	35	32	240	-15	-3	52
	09.07	1080	37	34	232	-15	-3	52
	16.07	1280	35	32	227	-12	-3	50
	06.08	700	32	29	208	-13	-2,5	50
	08.08	900	34	32	270	-10	-1,5	51
	среднее	1042	35	32	234	-11,6	-2,6	50,8
Фронтальные	19.05	1800	36	30	388	-10	-6	54
	01.06	888	34	31	272	19	-3	51
	22.06	300	27	27	248	-5	0,5	52
	01.07	810	20	23	90	-5	3,5	42
	12.08	1120	39	37	259	-5	-2	47
	14.08	700	31	29	311	-15	-2	45
	20.08	170	22	23	140	-5	1,5	44
	среднее	827	30	29	244	-3,7	-1	48
Среднее для 2 видов		926	32	30	239	-7,4	-1,7	49

Максимальные значения индексов неустойчивости в случаях фронтальных гроз связаны с тем, что наблюдаются сразу 2 вида конвекции свободная (из-за подходящих термических условий) и вынужденная (из-за прохождения холодного фронта).

Значение CAPE больше в среднем для внутримассовых гроз 1042 (умеренная неустойчивость, сильные грозы и ливни), чем у фронтальных 827

(слабая неустойчивость, возможны грозы). Для фронтальных гроз среднее значения индекса Thompson index равняется 30 (возможны грозы), что меньше, чем для внутримассовых 35 (грозы, местами сильные). Среднее значение K-index также ниже у фронтальных гроз 29, а у внутримассовых – 32, в обоих случаях это свидетельствует об условиях благоприятных для формирования гроз. А вот наибольшее значение SWEAT-index характерны для фронтальных гроз 244, у внутримассовых – 234, в обоих случаях можно было бы предположить, что не созданы условия для сильных гроз т.к. значения этого индекса должны быть более 250 для развития сильных гроз, но так как наличие гроз подтверждается наземными наблюдениями, то для прогноза возможности возникновения грозовых явлений на территории Беларуси рекомендуется использовать более низкие значения SWEAT индекса [6].

Lift index больше у внутримассовых гроз. Значения Total индекса также больше у внутримассовых гроз 51 (грозы наиболее вероятны, возможны сильные), а у фронтальных 49 (грозы возможны). CIN больше у внутримассовых гроз (-11,6) – конвекция возможна, чем у фронтальных (-7,4) – конвекция возможна.

Таким образом, индексы неустойчивости разных по способу образования видов гроз могут существенно отличаться.

### **Заключение**

Таким образом, можно сделать вывод о том, что на пространственно-временное распределение гроз влияет много различных факторов, среди которых температура, рельеф, лесистость территории, деятельность человека. Это стоит учитывать в будущем, ведь неизвестно какие еще последствия может вызвать деятельность человека. И какие антропогенные могут воздействовать на грозы и другие опасные и неблагоприятные метеорологические явления.

Для прогноза гроз на территории Беларуси может быть использована система численного моделирования WRF. Для распознавания условий благоприятных для грозообразования подходят индексы неустойчивости такие как: CAPE, K-index, Lifted index, Total index, CIN. Чтобы использовать SWEAT индекс на нашей территории требуется его адаптация под местные условия.

### **Список литературы**

1. Гледко Ю.А. Особенности прогнозирования грозовых явлений на территории Беларуси / Ю.А. Гледко, Я.А. Соколовская // Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Междунар. научн. конф., Минск, 5-8 мая 2015 г. / редкол.: П.С. Лопух (отв. ред.) [и др.]; Белорус. гос. ун-т. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2015. – С. 243-245.
2. Логинов, В.Ф. Изменчивость числа дней с грозами на территории Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, И.Н. Шпока // Природопользование. Сб. науч.тр. – 2006. – Вып. 12. – С. 33-40.
3. Логинов, В.Ф. Опасные метеорологические явления на территории Беларуси / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, И.Н. Шпока. – Минск, – 2010. – 128 с.
4. Логинов, В.Ф. Сравнение пространственно-временных особенностей изменений опасных метеорологических явлений в характерное и не характерное для них время года / В.Ф. Логинов, А.А. Волчек, И.Н. Шпока // Природопользование. Сб. науч.тр. – 2011. – Вып. 19. – С. 5-22.
5. Губенко, И.М. Пример сравнения индексов неустойчивости средней тропосферы и прогностической модели с информацией о грозовой активности / И.М. Губенко, К.Г. Рубинштейн // Метеорология и гидрология. – 2014. – №5. – С. 40-53.
6. Lapo P, Sokolovskaya Y., Summertime thunderstorm prediction in Belarus: European Geosciences Union, Vienna, 12-17 April 2015.