

Учет процессов электризации при обзёрнении в задаче прогноза грозовой активности для территории Подмосковья



Инна Губенко (img0504@yandex.ru)

Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской Академии Наук (ИБРАЭ РАН)

Постановка задачи В данной работе обсуждается проблема повышения качества прогноза грозовой активности для территории Московской области за конвективный сезон 2019 г. с помощью модели электризации, входными данными которой являются профили, метеорологических величин, рассчитанные WRF-ARW.

Цель и задачи работы:

Сравнение оценок качества прогноза гроз, полученных с помощью разных версий модели электризации: учитывающая только безындукционный механизм заряжения, безындукционный и индукционный, а также версия с добавлением электризации при обзёрнении Халлетта-Моссоба для чего выполнены следующие задачи:

- Анализ ошибок прогнозов гроз до внедрения описания процесса электризации при обзёрнении.
- Валидация результатов расчета молниевых разрядов на данных синоптики, а также сетей Worldwide Lightning Location Network (WWLLN), Total Lightning Network (TLN), Главной геофизической обсерватории им. А.И.Воейкова (ГГО) и Высокогорного геофизического института (ВГИ).

Совершенствование модели электризации Сб. Добавление схемы электризации при обзёрнении

Обобщенная модели электризации Сб

Входные данные:

- Вертикальные профили стандартных метеорологических величин, водности облака и ледности гидрометеоров

Блок расчета генерации зарядов:

- Расчет скорости гравитационного оседания частиц
- Расчет скорости турбулентной коагуляции
- Расчет величины заряда, получаемого за одно соударение
- Расчет уравнений генерации зарядов взаимодействующих частиц

Блок расчета разделения зарядов:

- Расчет плотности объемных зарядов частиц
- Расчет напряженности электрического поля атмосферы

Известно, что намерзание переохлажденных облачных капель на градинах может сопровождаться выбросом вторичных ледяных кристаллов (механизм Халлета-Моссоба), являющихся носителем заряда. Тогда заряд можно описать как [Довгалюк и др., 2013]:

$$P_{обз} = \frac{\pi}{4} \times Q_c \times N_i \times E_{i,c} (1 - S_{i,c}) (D_i + D_c)^2 |V_i - V_c|,$$

Где S – Заряд при обзёрнении, $P_{обз}$ – интенсивность обзёрнения, рассчитанная по формуле ниже, Q_c – влагосодержание облачных капель, p_{slp} – давление на уровне моря; N_c – концентрация облачных капель, ψ – эмпирический коэффициент, равный $0.9 \times 10^{-5} \text{ Кл} \cdot \text{м}^{-2.4}$ [Mossor, 1985], D – диаметр облачных капель.

$$S = \frac{P_{обз}}{Q_c} \times p_{slp} \times N_c \times \psi \times D^{2.4},$$

Где N_i – концентрация ледяных частиц, $E_{i,c}$; $S_{i,c}$ коэффициенты слияния и отскока частиц соответственно при взаимодействии облачных частиц и ледяных кристаллов [Довгалюк и др., 2013], V -скорости гравитационного оседания ледяных частиц и облачных капель соответственно.

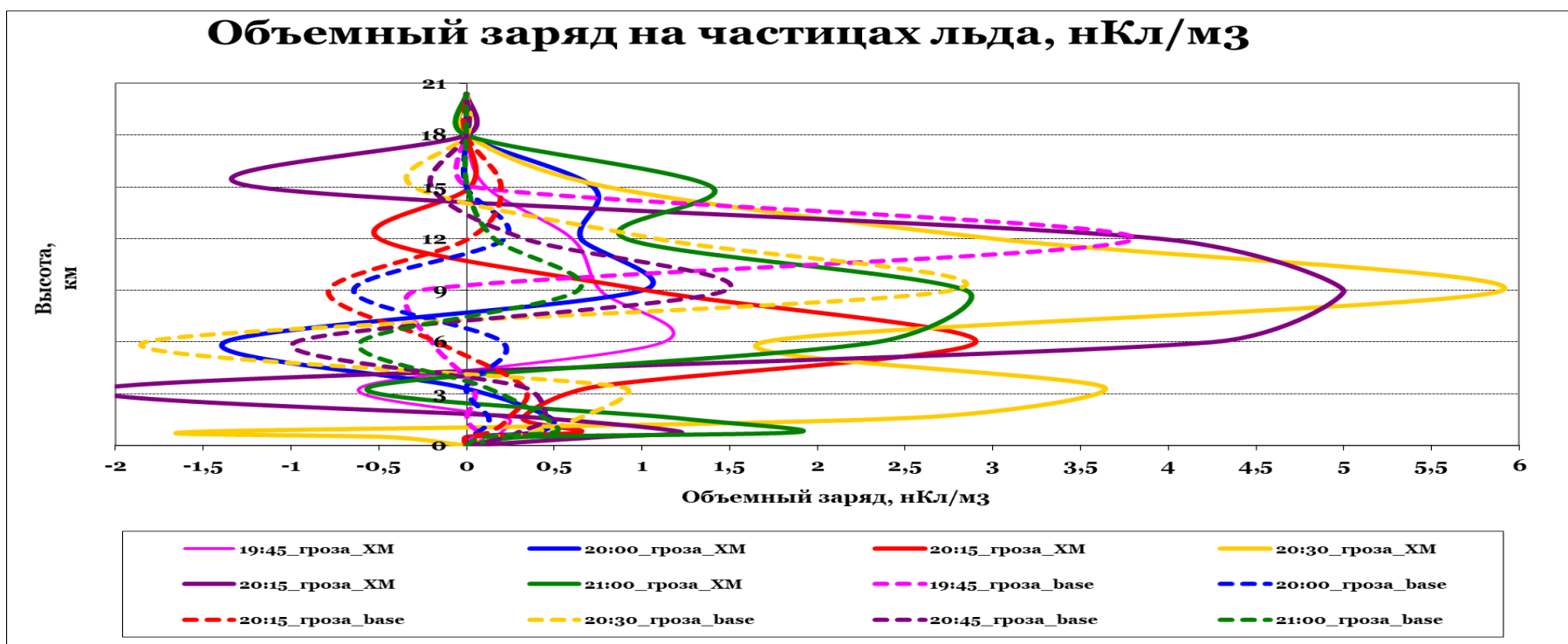
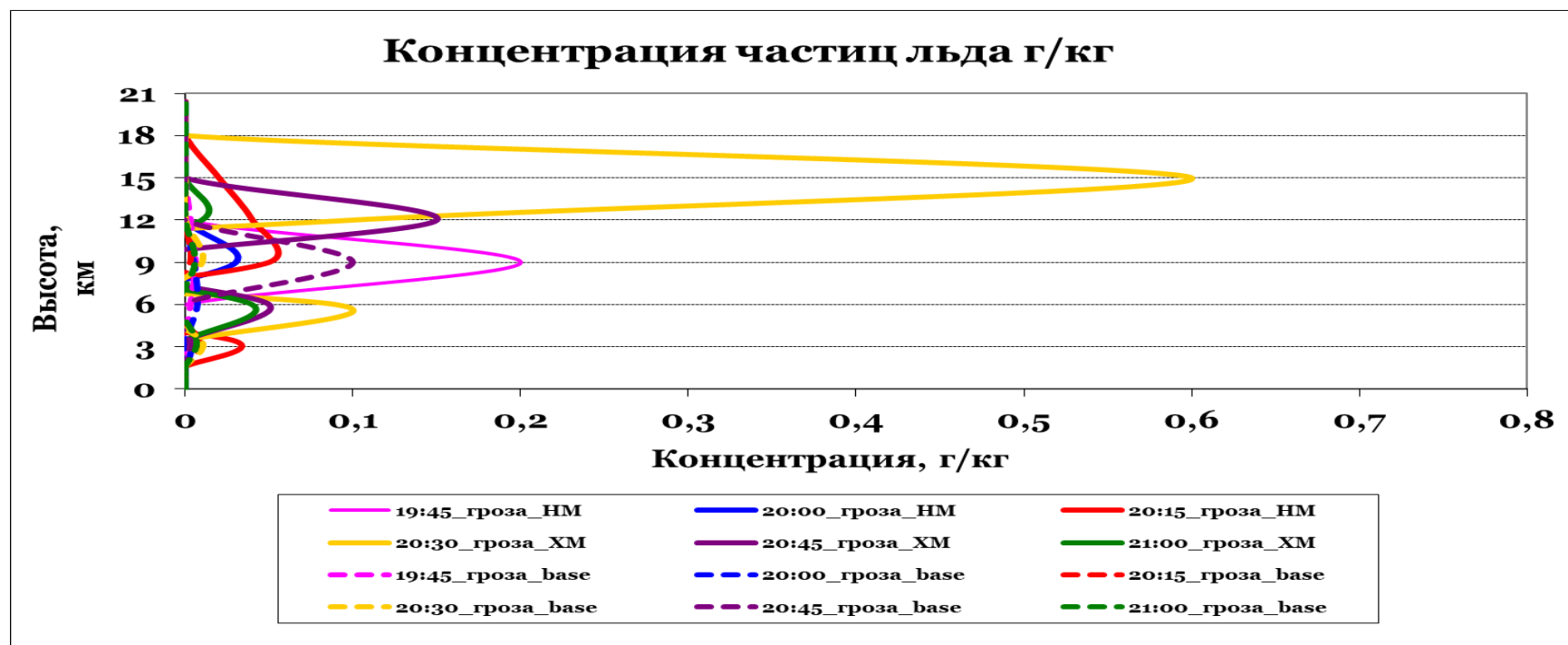
Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-77-00005, <https://rscf.ru/project/24-77-00005/>.

Источники ошибок моделирования гроз Одним из источников ошибок прогнозов гроз является занижение моделью WRF-ARW концентрации гидрометеоров – носителей заряда. Например, для случаев моделирования гроз над Подмосковьем в конвективный сезон 2019 г. отмечаются следующие столь низкие значения концентрации облачных частиц и их электрические характеристики:

Таблица 1. Минимальные значения рассчитанных электрических показателей, и концентрации гидрометеоров в точках, где наблюдались молниевые разряды, но модель электризации их не показала).

Напряженность, кВ/м	Объемный заряд на частицах льда и граупелей, нКл/м3	Частицы льда, г/кг
30,868	1,1131832	0,5843991

Изменения концентрации частиц и их электрических характеристик с учетом электризации при обзёрнении:



Оценки качества прогноза гроз

Характеристика качества прогноза гроз	Версии модели электризации			
	Безындукц.	Индукц.	Безынду кц.+инду кц.	Безындукц.+ индукц. + ХМ
общая оправдываемость U	98%	97%	98%	99%
оправдываемость наличия UI	58%	48%	68%	73%
предупрежденность наличия PI	56%	53%	75%	79%
пропуск явления M	44%	47%	25%	21%
ПИРСИ-ОБУХОВ T	0,57	0,47	0,68	0,72
Критерий Гилберта ETS	39%	33%	55%	60%
Критерий Багрова Хайдке	0,28	0,25	0,35	0,38

Заключение

- Учет электризации при обзёрнении позволил увеличить концентрацию носителей заряда, а именно ледяных частиц.
- Уменьшилось количество пропусков явления при оценках прогнозов гроз, а также улучшились показатели оправдываемости и предупрежденности наличия грозы на примере случаев за 2019 г. для Московской области.