



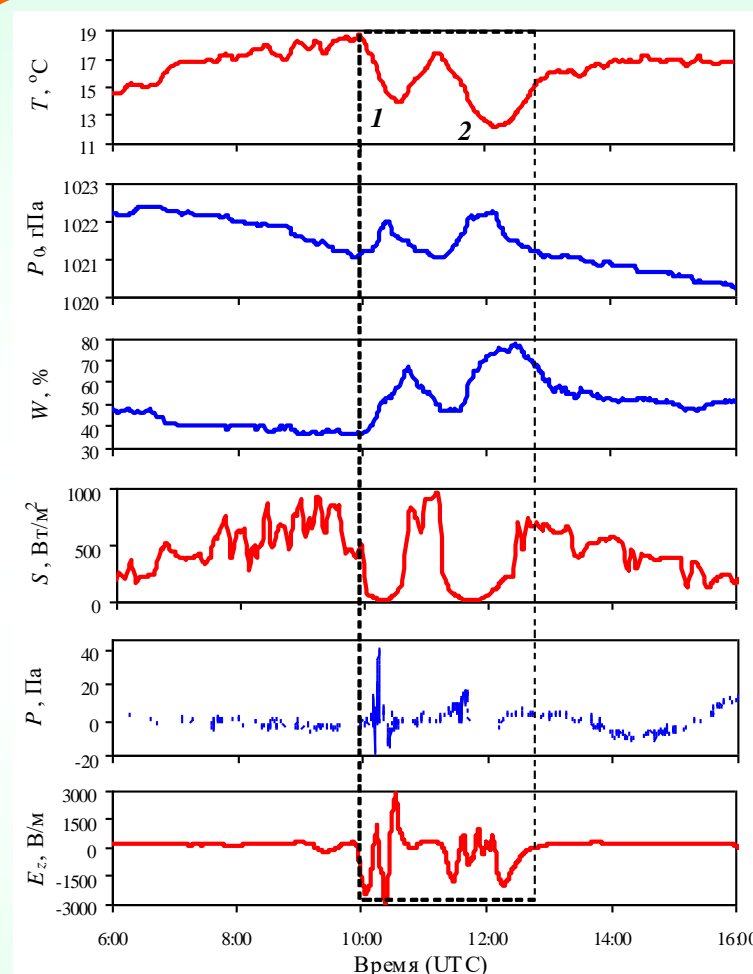
ВЛИЯНИЕ КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫХ ОБЛАКОВ НА ГЕОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

А.А. Спивак¹, А.В. Крашенинников¹, С.Ю. Рыбнов¹, Ю.С. Рыбнов¹, С.А. Рябова¹, С.П. Соловьев¹, А.В. Тихонова¹

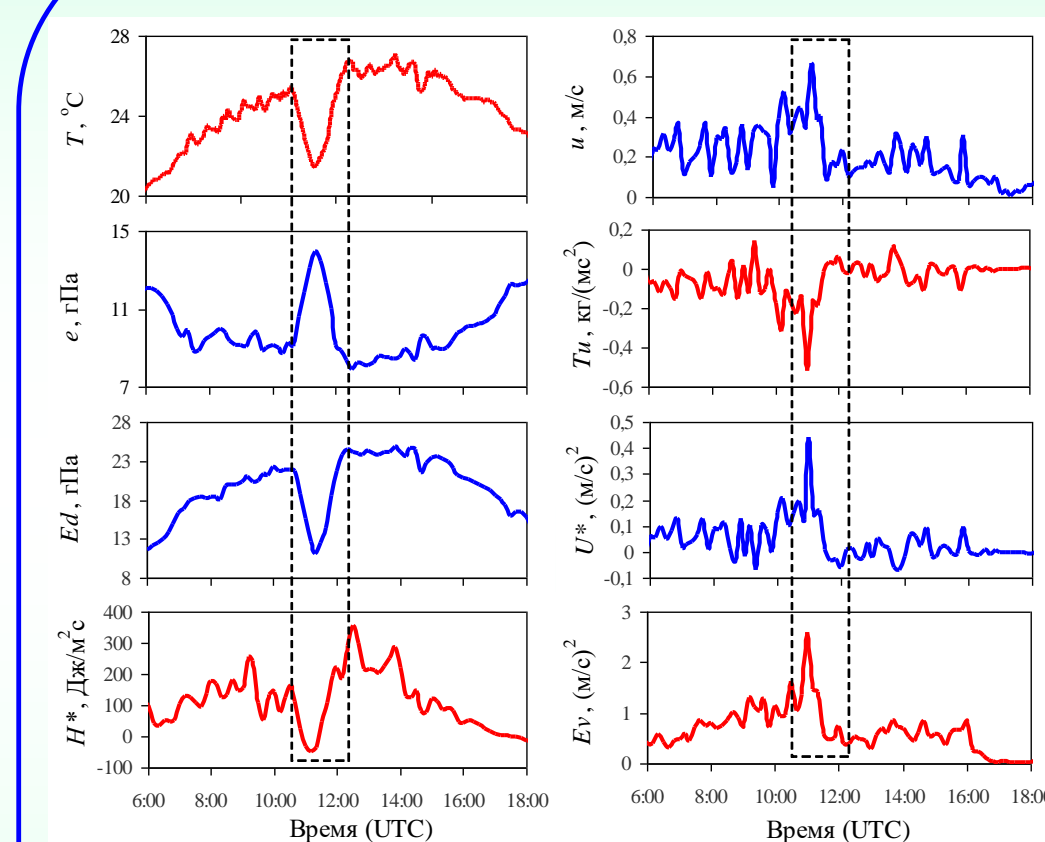
¹Институт динамики геосфер имени академика М.А. Садовского РАН, Ленинский пр. 38, к.1, 119334, г. Москва, Россия

В последнее время значительно повысился интерес к изучению эффектов, сопровождающих сильные атмосферные явления природного и техногенного происхождения особенно катастрофического характера. Это связано с необходимостью детального описания их последствий, а также разработкой их прогностических признаков. Формирование конвективных форм облачности и эффекты, связанные с их прохождением, служат хорошим индикатором масштаба негативных атмосферных явлений, таких как ураганы, шквалы, сильные ливни и грозы. Кучево-дождевые облака вида *Cb* (cumulonimbus) являются наиболее привлекательными для исследований с точки зрения прогнозирования и предупреждения опасных атмосферных явлений. Имеющиеся средства изучения таких облаков в виде радиолокаторов, лидаров и менее информативных визуальных средств не обеспечивают полноты информации о процессах, связанных с формированием *Cb* облаков и их ожидаемых последствий. В настоящей работе для этих целей предлагается привлекать данные о вариациях геофизических полей – электрического и магнитного, а также особенностей микробарических вариаций в приземном слое атмосферы. Одновременно с этим изучение влияния сильно развитой облачности на геофизические поля позволяет определить источники локальных возмущений, разделить влияние локальных и глобальных эффектов. Выполненный анализ зарегистрированных эффектов, сопутствующих прохождению крупных кучево-дождевых облаков, позволяет сделать вывод о возможности разработки нового подхода к определению влияния *Cb* облаков на геофизическое состояние приземной атмосферы, который при накоплении данных инструментальных наблюдений может составить количественную основу метода прогнозирования масштабов опасных атмосферных явлений и их негативных последствий.

Период прохождения облака через точку наблюдений определялся по результатам совместных изменений температуры T , влажности W воздуха, и вариаций солнечной радиации S в диапазоне длин волн от 300 до 1100 нм, во время прохождения облака значительно изменяются параметры турбулентности атмосферы,



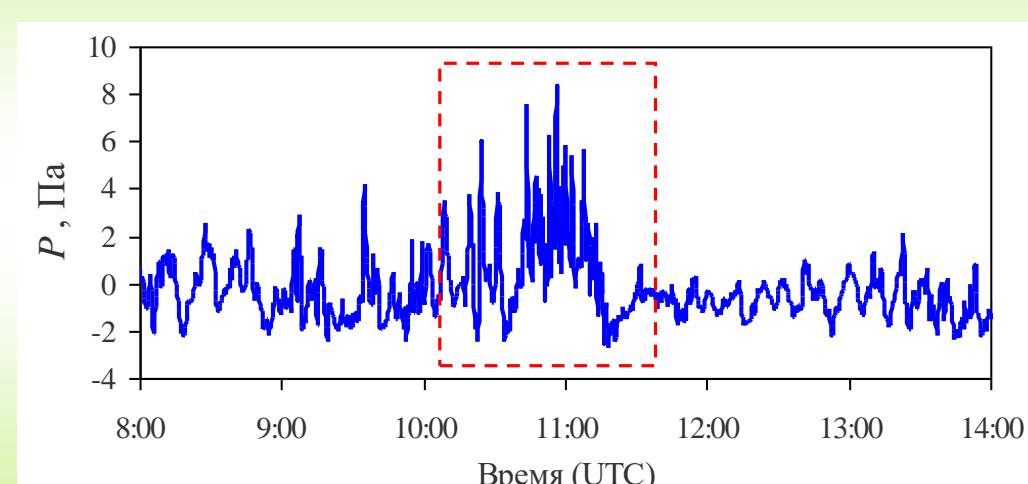
Изменение температуры, давления и влажности воздуха, мощности солнечной радиации, амплитуды микробарических вариаций и вертикальной компоненты напряженности электрического поля в период последовательного прохождения двух одиночных изолированных кучево-дождевых облаков над пунктом регистрации ЦМ 11.05.2023 г. (пунктиром обозначен период влияния облачности)



Изменение параметров турбулентности приземной атмосферы в период прохождения одиночного изолированного облака *Cb* типа над пунктом регистрации ЦМ 26.05.2023 г. (пунктиром обозначен период влияния облака)

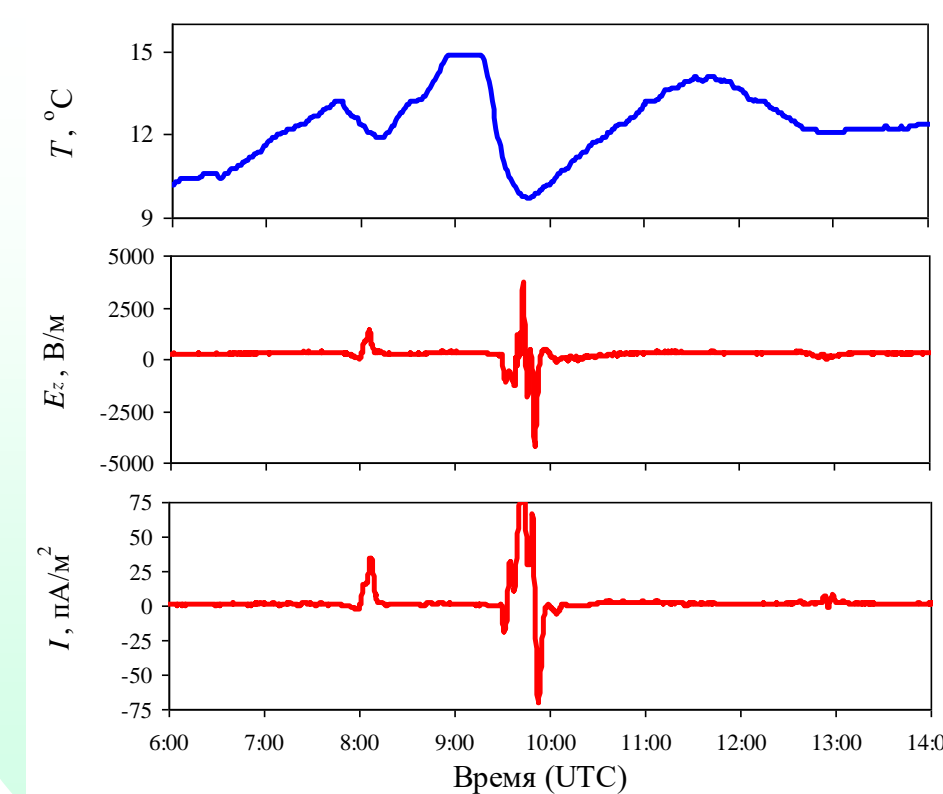
Возмущение воздушных потоков в результате прохождения облака приводит к генерации акустико-гравитационных волн.

Инфразвуковые возмущения в атмосфере, вызванные прохождением кучево-дождевого облака 26.05.2023 г. (пунктир – период прохождения облака)



Движение облаков в нижних слоях атмосферы сопровождается в подавляющем большинстве случаев значительными вариациями напряженности атмосферного электрического поля и атмосферного тока, наблюдаемого на земной поверхности. Это связано, во-первых, с наличием электрических зарядов в самом облаке, и, во-вторых, с изменением динамики воздушных масс, вызванных структурами турбулентного характера.

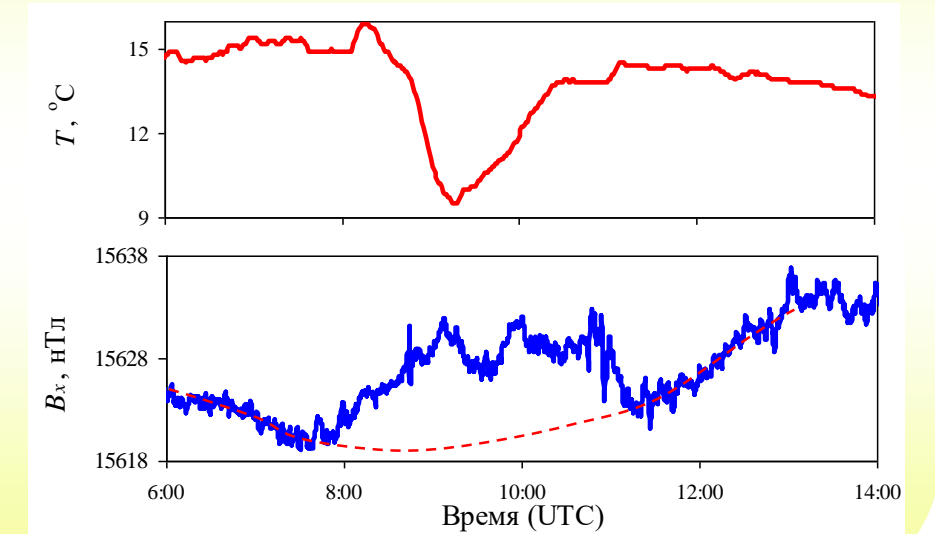
Действительно, возникающие в результате турбуликации вертикальные движения воздушных масс изменяют характер проводимости воздуха: к току проводимости добавляется ток, вызванный механическим переносом электрических зарядов



Фрагмент синхронной записи температуры воздуха T , вертикальной компоненты напряженности электрического поля E_z , вертикального атмосферного тока I в период прохождения облака 05.08.2019 г. (данные МНУ)

Возмущение электрических характеристик, в частности, атмосферного тока в приземном слое атмосферы в результате прохождения облака вызывает магнитный эффект

Фрагменты синхронной записи температуры воздуха T и горизонтальной компоненты индукции магнитного поля B_x в период прохождения облака 17.05.2020 г. и синхронной записи температуры воздуха T и вариаций горизонтальной компоненты индукции магнитного поля относительно фона B^* в период прохождения облака 23.04.2021 г. (данные МНУ)



Прохождение кучево-дождевых облаков в отсутствие грозных проявлений и осадков оказывает существенное влияние не только на метеорологические параметры приземного слоя атмосферы и характеристики возмущенных движений воздушных масс, но также на характеристики геофизических полей.

Результаты инструментальных наблюдений свидетельствуют о наличии хорошо выраженного микробарического и электрического эффекта, который ярко проявляется не только в виде сильных вариаций вертикальных компонент напряженности атмосферного электрического поля и атмосферного тока, но также в виде сильного влияния облаков на спектральные характеристики электрического поля. Отдельный интерес представляет магнитный эффект.

Сложные процессы в атмосфере, протекающие под влиянием кучево-дождевых облаков, включая формирование аэрозолей и аэроэлектрических структур, требуют внимательного изучения с установлением источников и механизмов возмущений, причем в условиях влияния погодных и других условий, что повышает значимость и обуславливает необходимость накопления наблюдательного материала.

Полученные данные, по мнению авторов, могут быть полезными при разработке феноменологических и численных моделей геофизической активности, вызванной прохождением кучево-дождевых облаков, а также при разработке подходов к оценке корреляционных соотношений между характеристиками воздушных масс в приземной атмосфере и вариациями геофизических полей.

Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования (тема № 122032900185-5).