



БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Параметризация нелинейных физических процессов в системах мезомасштабного атмосферного моделирования

магистерская диссертация

Бородко Сергея Константиновича

магистранта кафедры атомной физики и физической информатики

научный руководитель

Красовский Александр Николаевич

доцент, канд. физ.-мат. наук



Актуальность

- **Решение задач численного прогноза погоды**
 - Прогнозирование локальных погодных условий с высокой разрешающей способностью
 - Предсказание опасных явлений погоды (ураганы, наводнения, грозы, град и т. п.)
 - Повышение качества прогнозирования в целом
- **Моделирование климата**
 - Повышение надёжности моделей долгосрочного прогноза климатических изменений
 - Исследование роли антропогенных воздействий
- **Методы активного воздействия на атмосферу**
 - Разработка методов управления погодными явлениями (в перспективе)





Цели исследования

- Выяснение роли нелинейных физических процессов в атмосферном моделировании
- Представление ключевых нелинейных процессов в атмосферной модели
- Разработка новой физической параметризации для современной системы мезомасштабного атмосферного моделирования



Объект и предмет исследования

- Система атмосферного моделирования
 - Weather Research and Forecasting (WRF)



- Классы параметризаций в модели:
 - Микрофизические процессы
 - Конвекция
 - Планетарный пограничный слой
 - Модель земной поверхности
 - Процессы переноса излучения
 - Подсеточная турбулентность



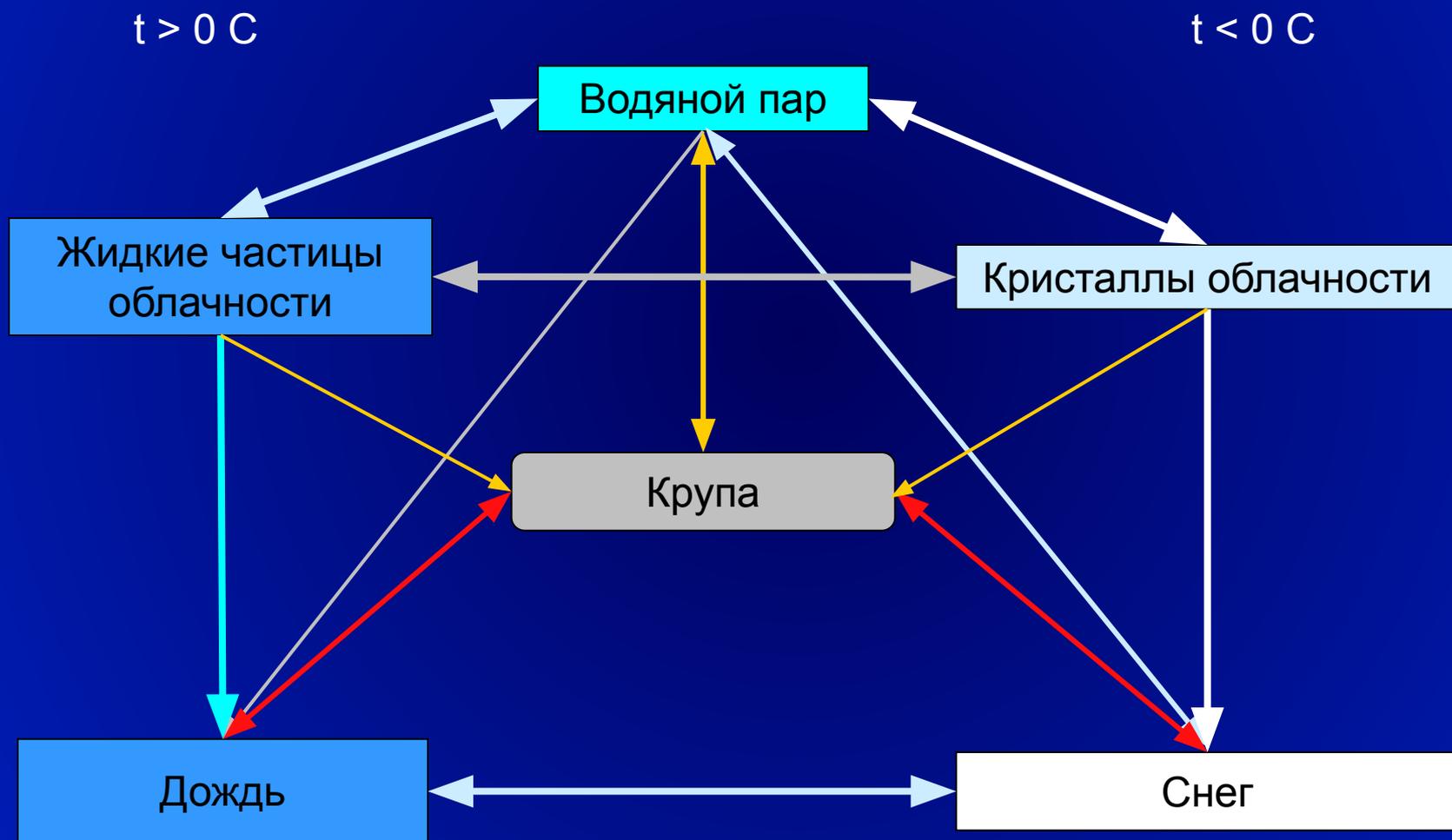
Объект и предмет исследования

- Параметризуемые физические процессы
 - Микрофизика
 - Частицы облачности, формирование и выпадение осадков
- Конвекция
 - Формирование конвективной кучевой облачности
- Планетарный пограничный слой
 - Перемешивание, диффузия и вязкость
- Модель земной поверхности
 - Обмен теплотой и влажностью с поверхностью
- Процессы переноса излучения
 - Поглощение и излучения атмосферой и поверхностью
- Подсеточная турбулентность
 - Турбулентная вязкость, перемешивание, диффузия



Объект и предмет исследования

- Микрофизические процессы





Научная гипотеза

- Реализация нелинейных процессов, связанных с фазовыми переходами воды, в микрофизических параметризациях позволит существенно повысить качество моделирования сложных атмосферных явлений, таких как циклоны, ураганы, грозы и т.п.



Основные результаты моделирования

Параметризация микрофизики

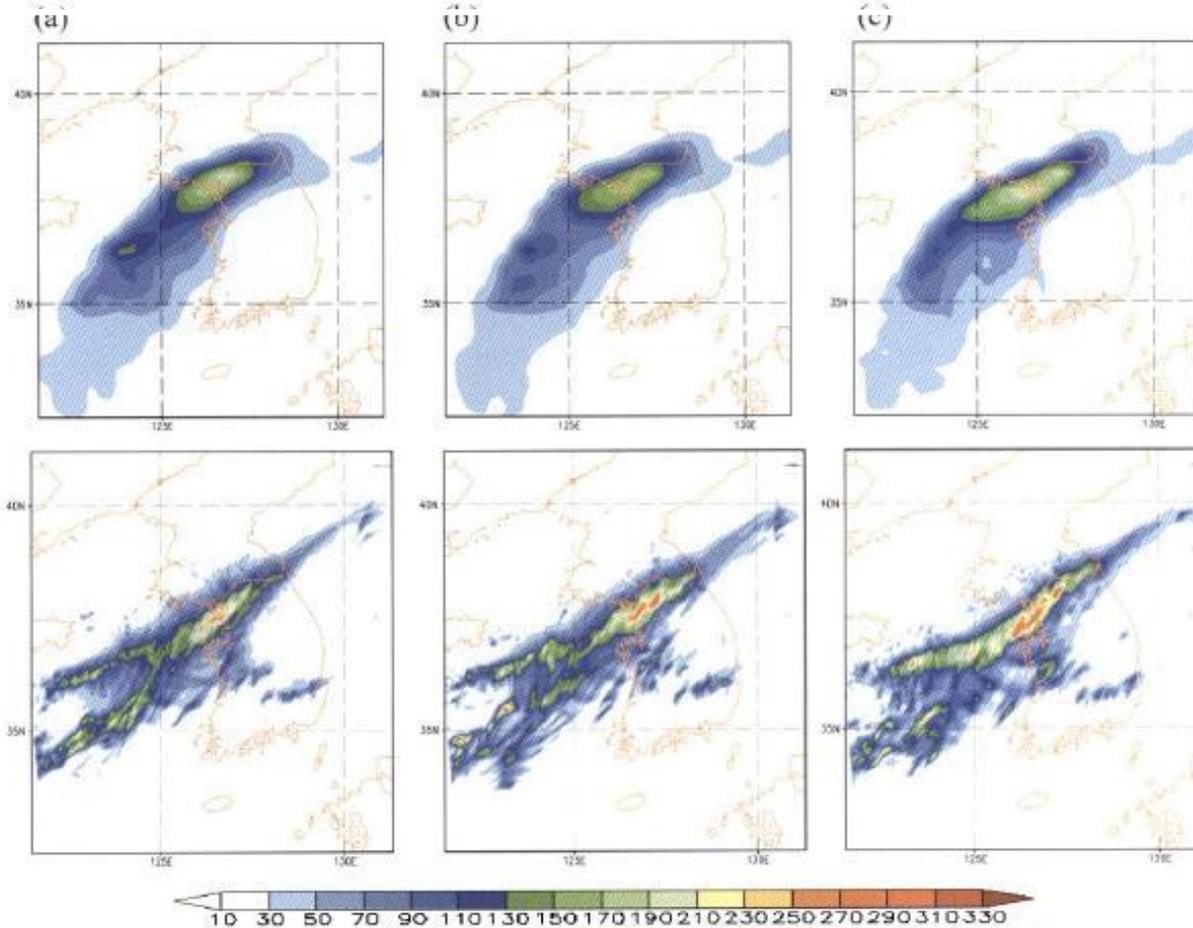
WSM3

WSM5

WSM6

шаг

Осадки (мм), выпавшие за 24 часа



45 км

5 км

[Hong, Lim (2006), J. Kor. Met. Soc.]





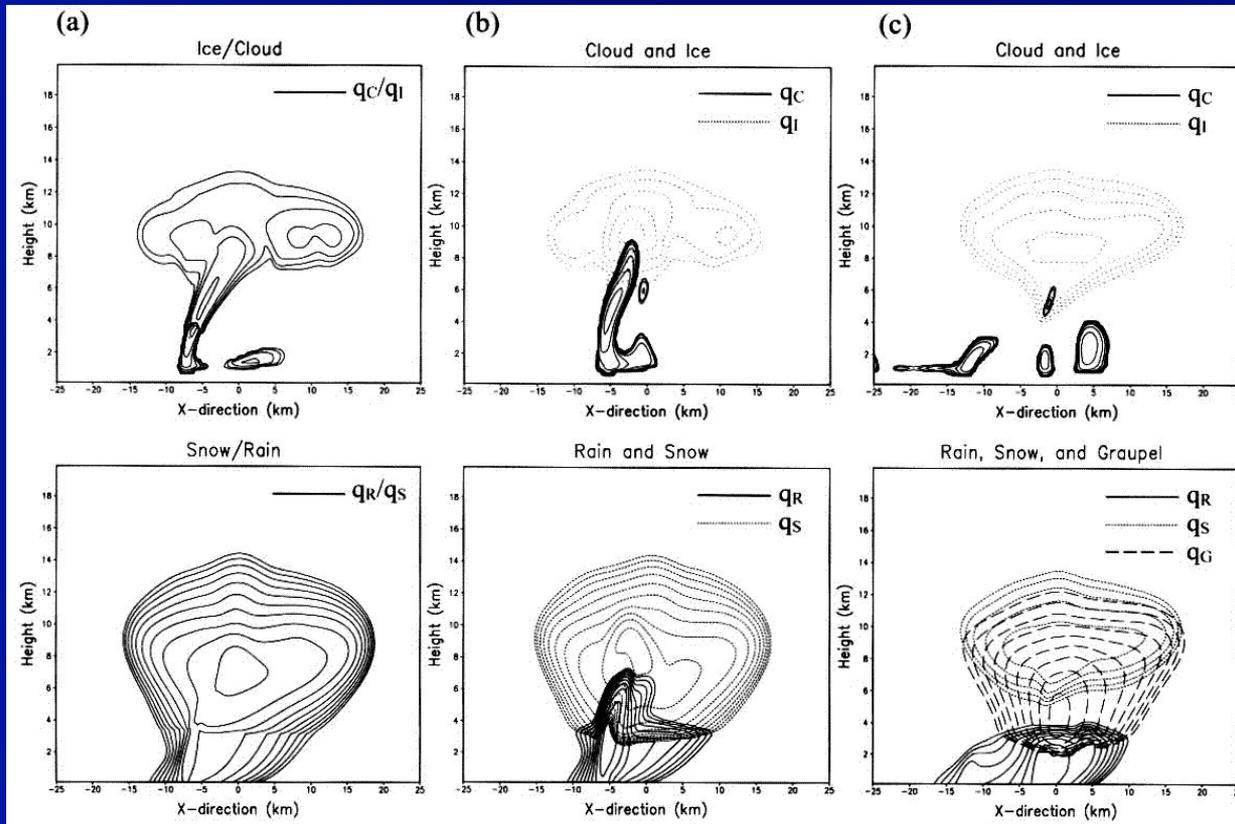
Основные результаты моделирования

Параметризация микрофизики

WSM3

WSM5

WSM6



частицы
облачности

осадки

[Hong, Lim (2006), J. Kor. Met. Soc.]

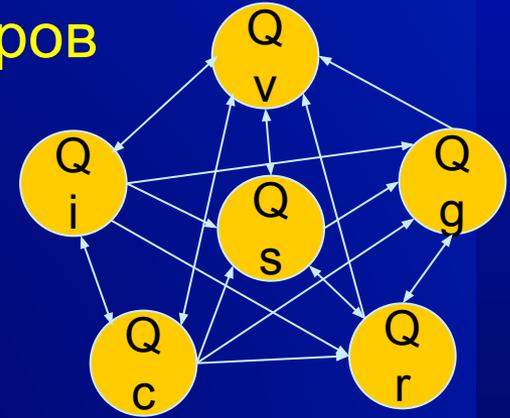
ИЗОЛИНИИ ПЛОТНОСТИ ЧАСТИЦ КОНДЕНСАТА





Основные результаты моделирования

- WSM6 – схема с 6 классами гидрометеоров

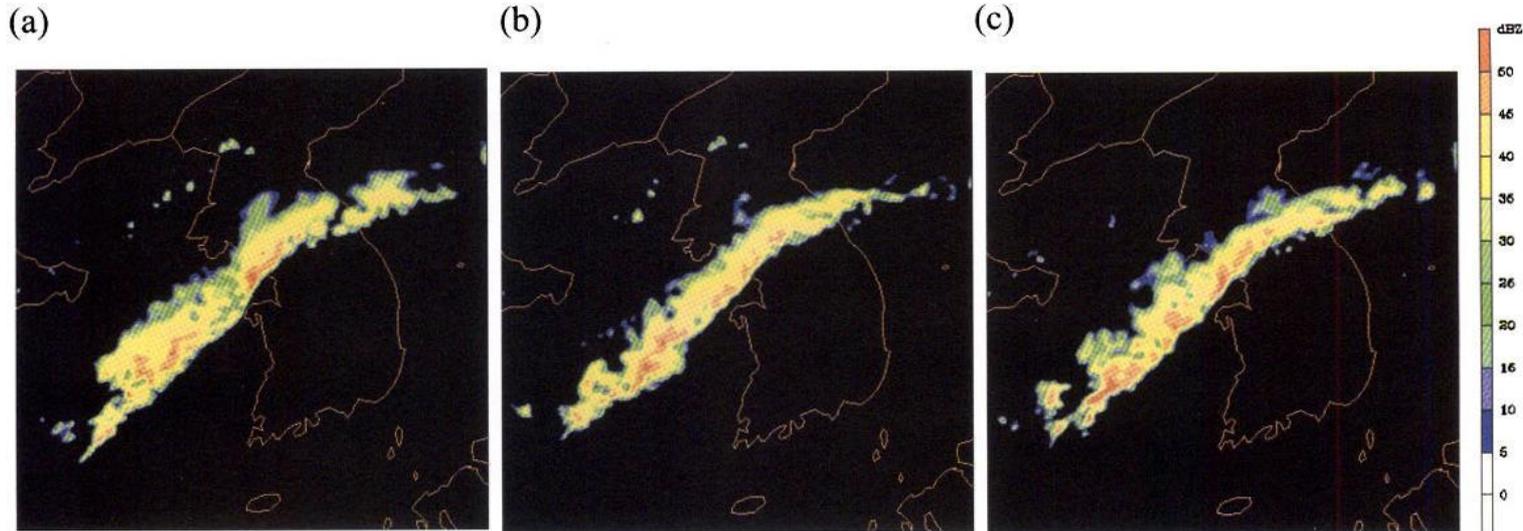


Параметризация микрофизики

WSM3

WSM5

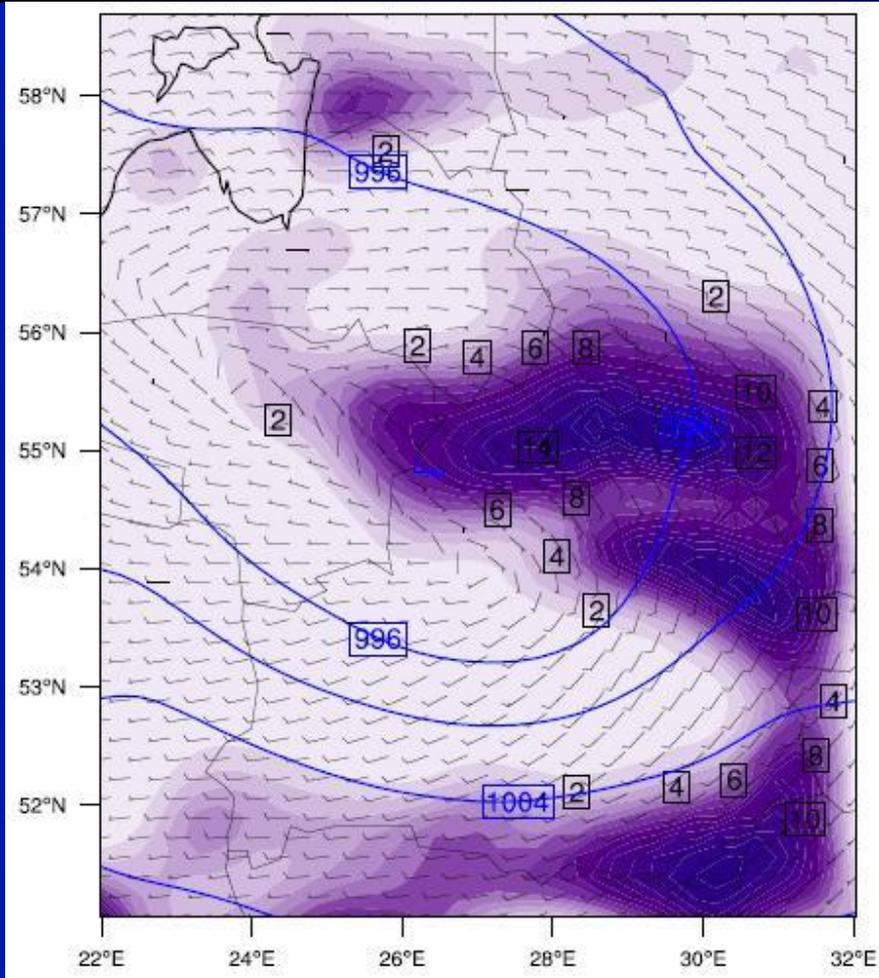
WSM6



[Hong, Lim (2006), J. Kor. Met. Soc.]

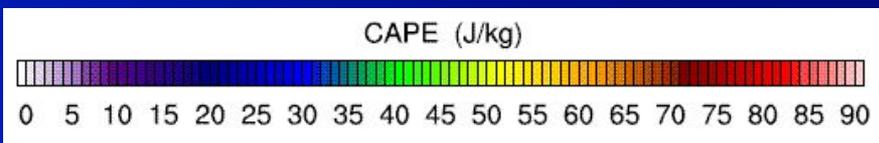


Основные результаты моделирования



- Расчёт энергии неустойчивости
 - CAPE (Дж / кг)
- Энергия неустойчивости напрямую связана с моделированием интенсивных явлений (грозы, ураганы)

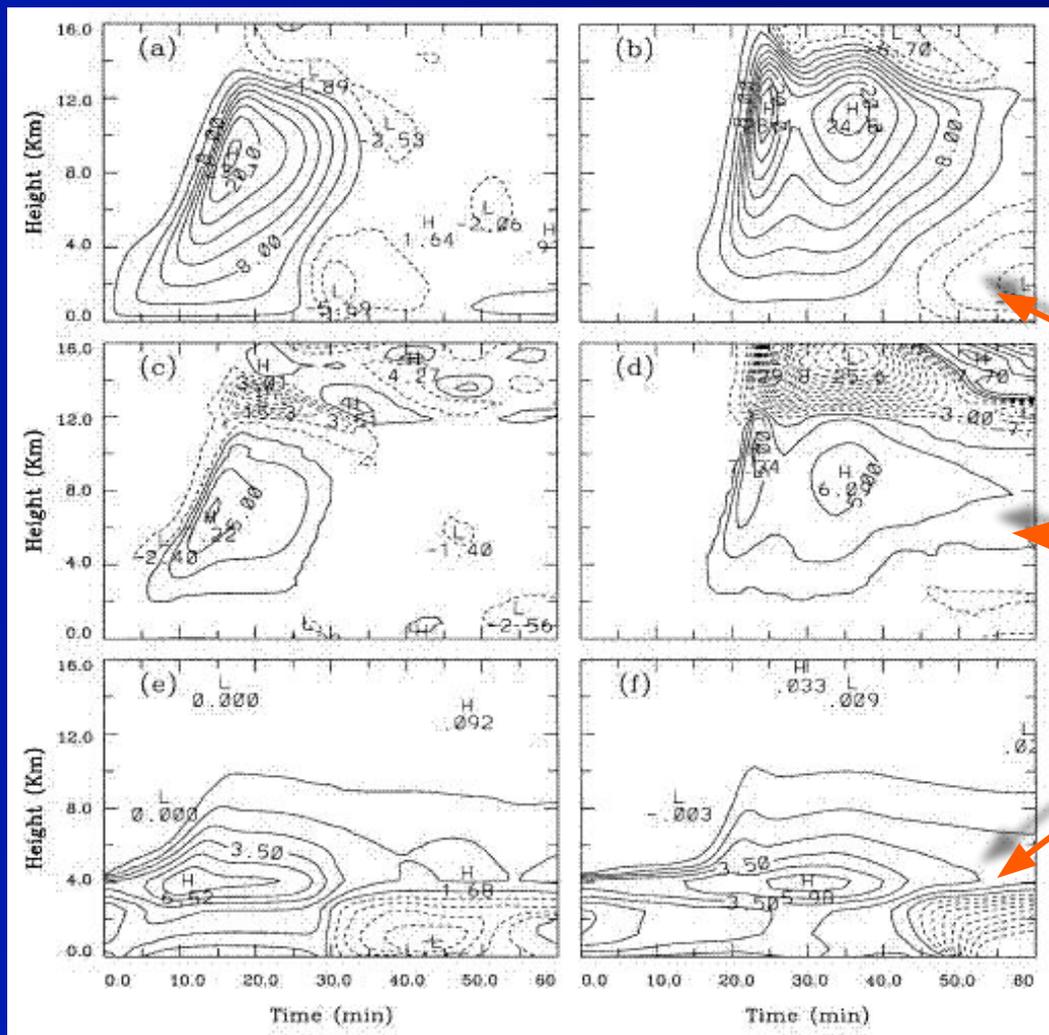
$$CAPE = \int_{z_f}^{z_n} g \left(\frac{Tv_{parcel} - Tv_{env}}{Tv_{env}} \right) dz$$





Основные результаты моделирования

Схема микрофизики Purdue / Lin



- Расчёт для облака радиусом 5000 м

- Усреднённые значения

- Вертикальной скорости

- Потенциальной температуры

- Влажности

Для сравнения:
результаты вычислений
одномерной модели
облака



Научная новизна

- Показана возможность реализации нелинейных физических процессов в микрофизических параметризациях реальной современной системы атмосферного моделирования
- Разработана новая схема параметризации микрофизических процессов для системы WRF
- Новая схема позволяет повысить качество моделирования атмосферных процессов



Положения, выносимые на защиту

- Представление нелинейных процессов в физических параметризациях атмосферных моделей позволит улучшить качество моделирования
- Ключевым для нелинейных эффектов компонентом представления физики в моделях атмосферы является параметризация микрофизических процессов



Спасибо за внимание

Спасибо за внимание





Содержание

- A. Титульный слайд [1]
- B. Актуальность [2]
- C. Цели и задачи [3]
- D. Объект и предмет исследования Объект и предмет исследования [4
4 Объект и предмет исследования [4 5 Объект и предмет исследования [4 5 6]
- E. Научная гипотеза [7]
- F. Основные результаты моделирования Основные результаты моделирования [8 Основные результаты моделирования [8 9 Основные результаты моделирования [8 9 10 Основные результаты моделирования [8 9 10 11 Основные результаты моделирования [8 9 10 11 12]
- G. Научная новизна [13]
- H. Положения, выносимые на защиту [14]

