

**Вычислительно-информационные технологии  
для математического моделирования  
естественных и антропогенных изменений  
климата и природной среды**

Лаборатория суперкомпьютерного моделирования  
природно-климатических процессов,  
Научно-исследовательский вычислительный центр,  
МГУ им. М.В.Ломоносова  
Отчет за 2013г.



## Коллектив лаборатории

- Лыкосов В.Н. – д.ф.-м.н., зав. лаб. (гл.н.с. ИВМ РАН)
- Глазунов А.В. – к.ф.-м.н., в.н.с. (с.н.с. ИВМ РАН)
- Степаненко В.М. – к.ф.-м.н., в.н.с.
- Юрова А.Ю. – к.г.н., с.н.с. (н.с. Гидрометцентра России)
- Кулямин Д.В. – к.ф.-м.н., н.с.
- Мортиков Е.В. – н.с.
- Чечин Д.Г. – к.ф.-м.н., м.н.с. (м.н.с. ИФА РАН)
- Тыртышникова Т.К. – вед. программист

# Гранты

- **РФФИ 12-05-01068 «Многомасштабное моделирование турбулентных атмосферных течений над поверхностью океана с неоднородным ледовым покровом», НИВЦ МГУ, рук.: В.М. Степаненко**
  - **МК-6767.2012.5 «Разработка перспективных параметризаций гидрологических и гидролого-биохимических процессов в высоких широтах для моделей системы Земля», НИВЦ, рук.: В.М. Степаненко**
  - **СП-6651.2013.5 «Разработка трехмерной глобальной модели общей циркуляции термосферы Земли с высоким разрешением», НИВЦ, рук.: Д.В. Кулямин**
  - **IRSES-612642 «Towards a comprehensive understanding of transport of energy and greenhouse gases in lacustrine ecosystems» - GHG-LAKE, МГУ, рук. - V.M. Stepanenko**
- +
- **РФФИ 14-05-91752 «Углеродный цикл в системе "озеро-атмосфера": наблюдения и моделирование / Суперкомпьютерное моделирование многомасштабного взаимодействия турбулентного пограничного слоя атмосферы с гидрологически неоднородной поверхностью Земли», НИВЦ, рук.: В.Н. Лыкосов (заявка - в стадии рассмотрения)**

# Основные показатели

	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.
Статьи в российских реферируемых журналах	3	4	6	3	6	2
Статьи в зарубежных журналах (и др. изданиях)	(5)	2	5	1(1)	2(2)	4
Статьи в сборниках (и монографии)	1(0)	5(0)	1(0)	1(0)	0(2)	3(1)
Доклады на международных конференциях (в России + за рубежом)	14 (9+5)	11 (6+5)	12 (3+9)	15 (7+8)	17 (6+11)	14 (9+5)
Доклады на национальных конференциях	3	7	5	5	7	3

# Монография

Гордов Е.П., **Лыкосов В.Н.**, Крупчатников В.Н., Окладников И.Г., Титов А.Г., Шульгина Т.М. Вычислительно-информационные технологии мониторинга и моделирования климатических изменений и их последствий. – Новосибирск: Наука, 2013, ISBN 978-5-02-019146-4, 199 с.

<http://istina.msu.ru/publications/book/4855063/>

Е.П. ГОРДОВ ◊ В.Н. ЛЫКОСОВ ◊ В.Н. КРУПЧАТНИКОВ  
И.Г. ОКЛАДНИКОВ ◊ А.Г. ТИТОВ ◊ Т.М. ШУЛЬГИНА

**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНО-  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ МОНИТОРИНГА  
И МОДЕЛИРОВАНИЯ  
КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ  
И ИХ ПОСЛЕДСТВИЙ**



НОВОСИБИРСК  
«НАУКА»

# «ИСТИНА»

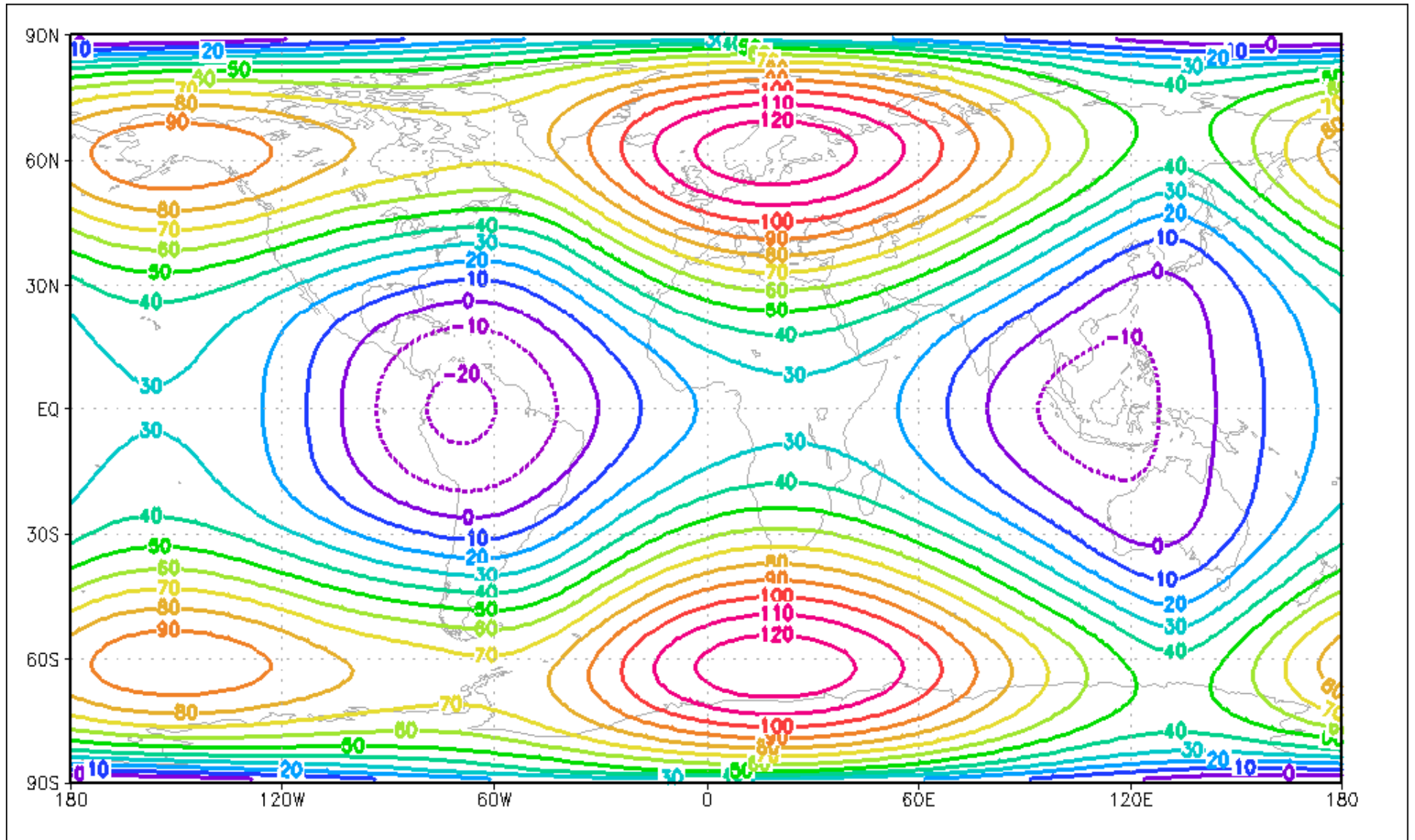
	Статьи	Книги и главы	Доклады	Диссертации	Диплом. работы (руковод.)	Scopus / WoS РИНЦ
Лыкосов В.Н., зав.лаб	124	10	116	7 (руководство)	3	240/223 519
Глазунов А.В., в.н.с.	19	2	7	защита докт. диссертации	1	13/16 97
Степаненко В.М., в.н.с.	22	2	18	1	3	30/39 45
Юрова А.Ю., с.н.с.	12		8	1 (Швеция)		31/80 103
Кулямин Д.В., н.с.	8	1	7	1		10/17 29
Мортиков Е.В., н.с.	5	2	5	защита канд. диссертации		0/0 6
Чечин Д.Г., м.н.с.	4		6	защита канд. диссертации		0/- 3

# Наиболее значимые научные результаты

1. Разработана глобальная трехмерная модель термосферы Земли (для высот от 90 км до 500 км) в  $p$  - системе координат, где  $p$  – давление, высокого пространственного разрешения и параметризацией процессов переноса солнечной радиации и ион-нейтрального взаимодействия. Реализована вычислительная схема динамического ядра модели общей циркуляции нижней атмосферы (от поверхности до 90 км) в гибридной « $\sigma$ - $p$ » вертикальной координате, где  $\sigma$  – отношение  $p$  к его значению на поверхности Земли. Проведено тестирование схемы на основе сравнения результатов работы динамического ядра (без внешних источников и стоков энергии) моделей в гибридной вертикальной координате и  $\sigma$ -координате. Осуществлен также переход от  $\sigma$ -вертикальной координаты к гибридной для всех блоков и параметризаций физических источников для модели общей циркуляции нижней атмосферы. **Созданы предпосылки для сопряжения моделей нижней и верхней атмосферы с целью исследования процессов, определяющих «космическую погоду»** (н.с., к.ф.-м.н. Кулямин Д.В.).



# Широтно-долготное распределение значений зональной скорости на высоте 120 км

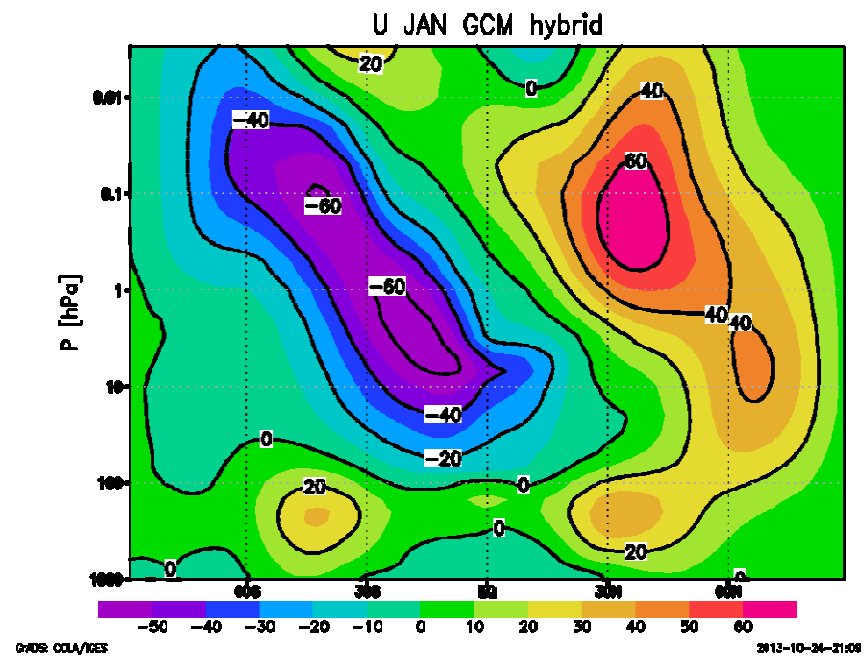
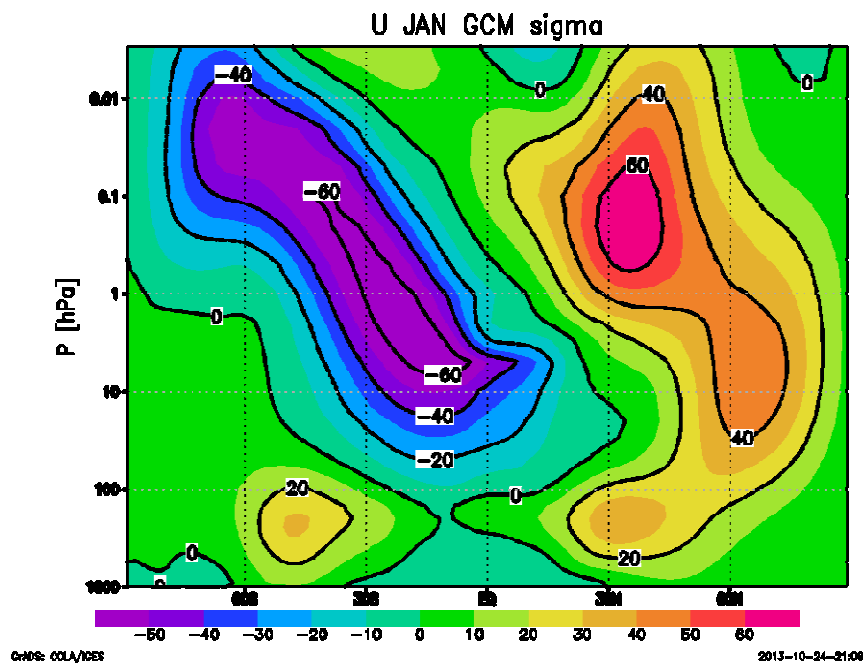
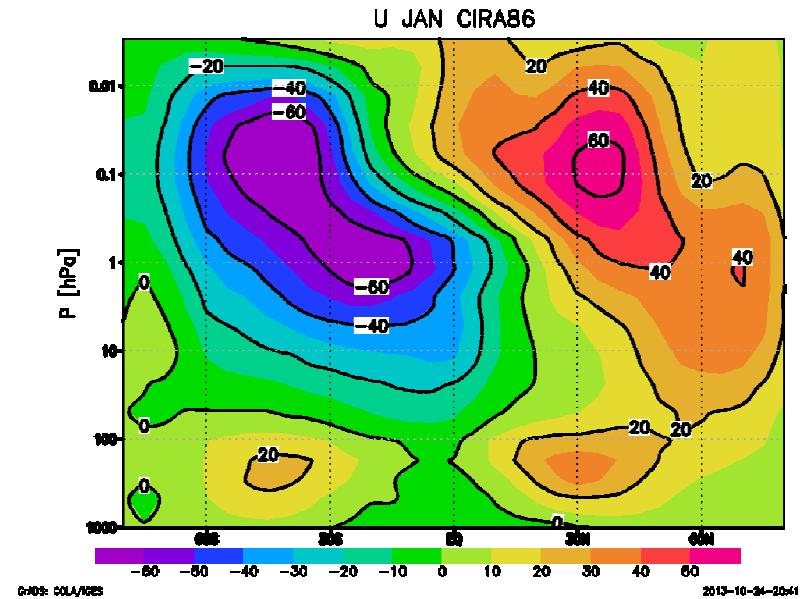


# Результаты численных экспериментов по моделированию климата

## по моделированию климата

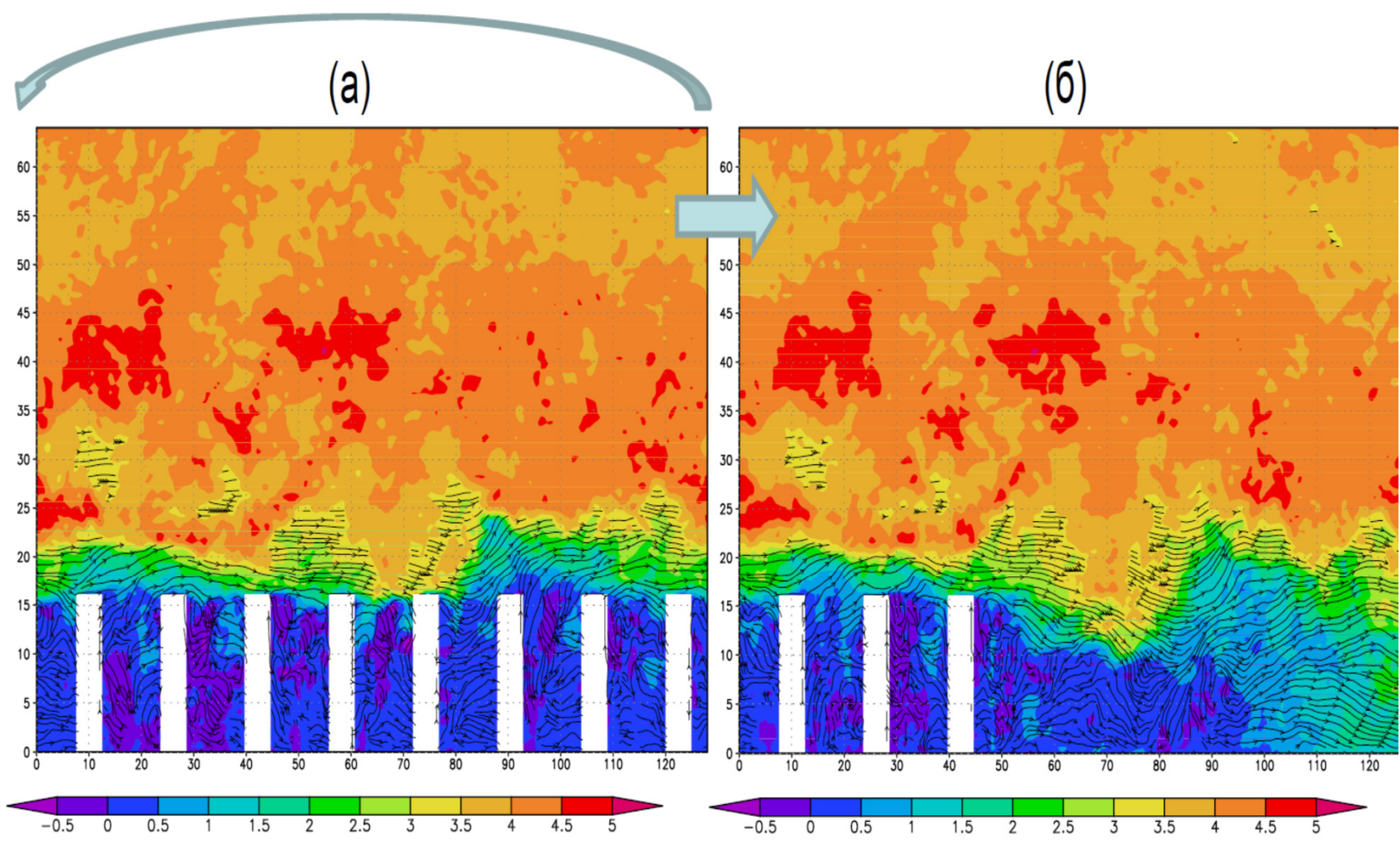
Средняя скорость зонального ветра в январе: данные наблюдений CIRA86

модели общей циркуляции атмосферы в сигма-координате и гибридной координате



- **II. На суперкомпьютере «Ломоносов» проведена серия расчетов стратифицированных турбулентных течений над мелкомасштабными водными объектами, расположенными на поверхности, характеризующейся, в целом, высокой аэродинамической шероховатостью.** Имитировались турбулентные течения над расположенными в лесу озерами с размерами в несколько сотен метров. Расчеты проводились с высоким пространственным разрешением (шаг сетки составлял 0.5 м). Это позволило воспроизвести основную энергонесущую часть спектра турбулентного течения и задать явным образом идеализированную поверхность, обладающую аэродинамическими свойствами, приближенными к свойствам поверхности, покрытой лесной растительностью. Получены статистические характеристики турбулентности, необходимые для уточнения параметризаций обмена теплом, влагой и импульсом между атмосферой и гидрологически неоднородной поверхностью для численных моделей прогноза погоды и климата (в.н.с., к.ф.-м.н. Глазунов А.В.).

Схема расчета турбулентного течения при натекании с поверхности большой шероховатости, заданной явным образом, на поверхность с малой шероховатостью, заданной параметрически



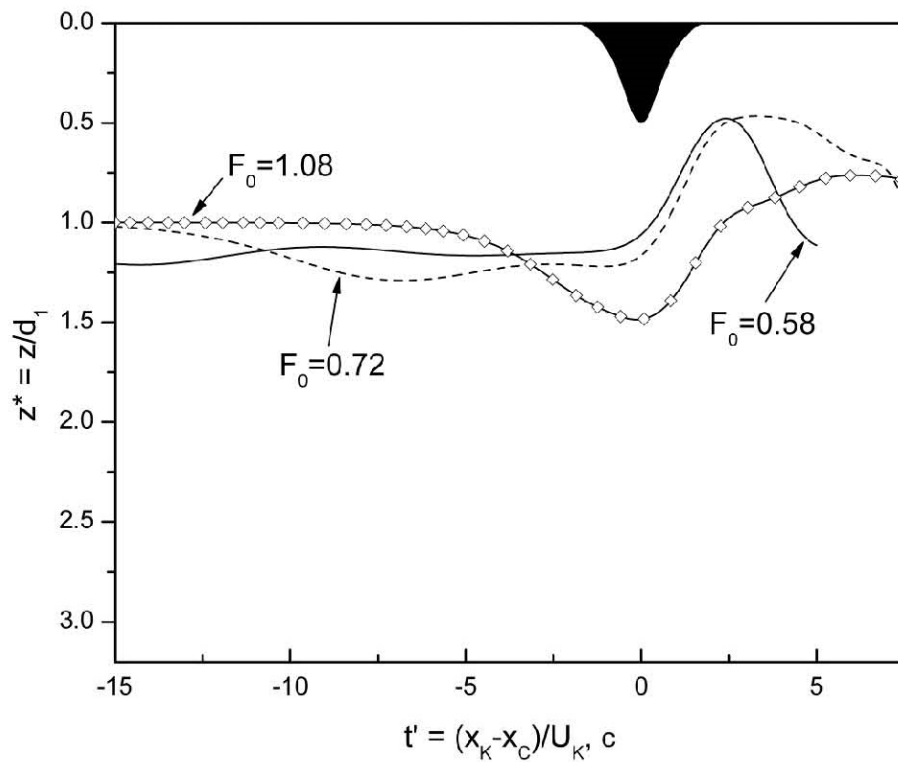


- **III. Разработан комплекс программ для численного моделирования течений стратифицированной жидкости в областях сложной конфигурации.** Вычислительная технология дает возможность описывать структуру течения, волновые возмущения и рассчитывать силу сопротивления для тел различной формы. Результаты проведенных расчетов показывают, что метод погруженной границы позволяет достоверно воспроизводить течения в такого рода областях. Программная реализация численной модели на вычислительных системах параллельных архитектур позволяет проводить расчеты с высоким пространственным разрешением, в частности, за счет выбора метода погруженной границы для описания криволинейных границ, не согласованных с расчетной сеткой. Результаты численного моделирования движения ледовых образований свидетельствуют о зависимости силы сопротивления от параметров стратификации, определяемых числом Фруда. Увеличение силы сопротивления в двухслойной жидкости по сравнению с однородным случаем также зависит от геометрии нижней поверхности льда (н.с. Мортиков Е.В.).

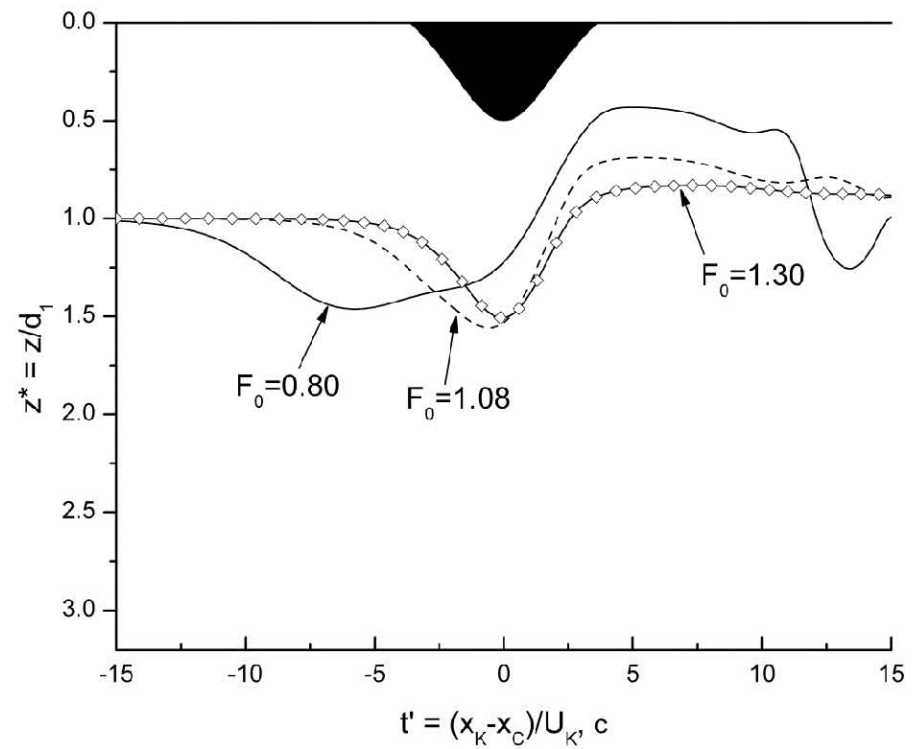
# Численное моделирование движения ледяного килля

## Волновое возмущение

- Киль №1



- Киль №3



# План работ на 2014 г.

- **Разработка прототипа модели общей циркуляции атмосферы (0-500 км), включающей D-слой ионосферы и согласованное описание радиационных и химических процессов.**
- **Численные эксперименты с мезомасштабной моделью атмосферы при заданном на подстилающей поверхности форсинге, расчет спектральных распределений кинетической энергии и дисперсии скалярных характеристик на разных высотах. Исследование влияния сложной конфигурации кромки морского льда на характеристики мезомасштабных циркуляций, возникающих в его прикромочной зоне.**
- **Численное моделирование совместной динамики плавающих льдин и турбулентности в верхнем слое стратифицированного океана для зимних и летних условий, сравнительный анализ различных параметризаций силы сопротивления дрейфу льда. Вихреразрешающее моделирование устойчиво-стратифицированных течений в пограничном слое атмосферы над поверхностью льда с реалистично заданными торосами и течений над гидрологически неоднородной сушей.**

# БЛАГОДАРЮ

**За ВНИМАНИЕ!**

