

Математическое моделирование климата
В.Н. Лыкосов,
Институт вычислительной математики РАН, г. Москва
e-mail: lykossov@inm.ras.ru

В курсе лекций, рассчитанном на 8 академических часов (4 "пары" по 1.5 часа), предполагается рассмотреть следующий круг вопросов.

1. **Физические основы.** Составляющие климатической системы, основные физические процессы, прямые и обратные связи. Климат как ансамбль состояний климатической системы. Внутренняя и вынужденная климатическая изменчивость, глобальные и региональные изменения климата. Антропогенные воздействия на климатическую систему. Модель как "лабораторный стенд" для исследования климата и его изменений. Ретроспективный обзор развития моделирования как инструментария разработки схем гидродинамического прогноза погоды и решения задач теории климата. Принципы построения и верификации климатических моделей. Типичные базы данных, используемые для верификации моделей. Международные программы сравнения моделей между собой и с данными наблюдений.
2. **Математическое описание.** Основные уравнения гидротермодинамики атмосферы и океана для описания эволюции состояния климатической системы. Проблема параметризации процессов подсеточных масштабов. Методы параметризации отдельных физических процессов: 1) конвекция, турбулентный перенос в пограничных слоях атмосферы и океана, двумерная турбулентность, волновое сопротивление; 2) радиационный перенос, облачность, осадки; 3) тепловлагоперенос в деятельном слое суши и криосферы, растительном и снежном покрове. Методы сопряжения моделей атмосферы и океана. Принципы построения конечномерных аппроксимаций для численной реализации климатических моделей. Численный эксперимент. Роль суперкомпьютеров и параллельных вычислений в планировании и проведении численных экспериментов с климатическими моделями.
3. **Воспроизведение современного климата.** Моделирование общей циркуляции атмосферы. Систематические ошибки в воспроизведении параметров состояния атмосферы. Основные результаты реализации программы сравнения атмосферных моделей (AMIP). Роль пространственного разрешения и степени детализации описания физических процессов подсеточных масштабов. Особенности моделирования регионального климата. Моделирование общей циркуляции океана. Моделирование совместной циркуляции глобальной атмосферы и тропической части Тихого океана. Воспроизведение совместной циркуляции атмосферы и океана. Предварительные итоги реализации программы сравнения совместных моделей (CMIP).
4. **Чувствительность климата.** Основные понятия теории чувствительности климата к малым внешним возмущениям. Линейный оператор отклика модели на малые внешние воздействия. Отклик атмосферы на аномалию температуры поверхности океана в тропиках. Локализованный и глобальный отклики атмосферной циркуляции на аномалию температуры поверхности

океана в средних широтах. Отклик мезосферы и стратосферы на реально наблюдаемые изменения концентрации углекислого газа и озона в верхней атмосфере. Оценка возможных будущих изменений климата за счет систематического роста атмосферной концентрации углекислого газа (результаты численных экспериментов с совместными моделями в рамках программы CMIP).

В заключение курса лекций будут изложены основные направления, в рамках которых возможно развитие в ближайшие годы исследований с помощью методов математического моделирования климата.