

**Отчет по этапам НИР, заверенным в 2010 году  
в соответствии с планом НИР института**

**Проект НИР 1.4.1.2** «Решение задач физики атмосферы, гидросферы и окружающей среды методами математического моделирования»

(№ госрегистрации 01201002447)

(Научные руководители — д.ф.-м.н. В.В. Пененко, д.ф.-м.н. В.И. Кузин)

Раздел 1. «Разработка математических моделей динамики атмосферы, океана и водных объектов суши»

(Руководитель — д.ф.-м.н. В.И. Кузин)

Разработана крупномасштабная численная модель динамики Мирового океана с включением Северного Ледовитого океана в расчетную область. На основе численного моделирования с использованием модели циркуляции Мирового океана восстановлена структура глобальной циркуляции вод на 1000-летнем периоде. Под действием климатического распределения вынуждающих сил на поверхности океана численная модель воспроизводит основные черты ветровой и термохалинной глобальной крупномасштабной циркуляции вод. Проведено исследование чувствительности глобальной циркуляции к присутствию температурно-соленостных аномалий на поверхности океана на временных интервалах 100-летнего периода.

Численные эксперименты показали, что изменчивость глобальной меридиональной циркуляции океана может определяться термохалинными условиями на поверхности

океана в полярных районах Северной Атлантики, однако общая картина «глобального конвейера» остается устойчивой. Распределение вод субполярного круговорота приводит к сокращению интенсивности образования Северо-Атлантической глубинной воды, что сопровождается замедлением межконтинентального обмена вод. Аномалии температуры и солености, способствующие повышению конвективной активности Северной Атлантики, усиливают глобальный обмен вод Мирового океана. Сделан вывод, что интенсивность меридиональной циркуляции вод бассейна сопровождается интенсификацией горизонтального обращения вод в субтропических циркуляционных системах. Установлено, что основной процесс бароклинного приспособления глобального океана к изменению мощности формирования глубинных вод в полярных широтах Северной Атлантики происходит в модели в течение первых 50 лет.

Рассмотрена способность численных моделей перемещать аномально плотные придонные воды из районов их формирования на шельфе в глубинные районы. Для правильного учета процессов пополнения запасов глубинных вод океана необходимы либо подробное разрешение в численной модели, либо эффективная параметризация. Предложены две подобные параметризации. Первая основана на усилении бокового диффузионного обмена в случае наличия склоновой неустойчивости. Вторая связана с процедурой, обеспечивающей подтекание плотных вод под менее плотные вдоль шельфового склона. Показано, что численная модель при использовании процедуры метода вытеснения имеет менее выраженный тренд к уменьшению общего объема глубинных вод.

На основе модели Северного Ледовитого океана и Северной Атлантики рассмотрена модельная задача о выносе растворенного метана в Арктический океан со стоком сибирских рек. Для параметризации переноса метана, поступающего в океан благодаря речному стоку на боковой границе Арктического бассейна, задавались высокие значения концентрации растворенного метана в дельтах рек (Лена, Яна, Индигирка, Колыма, Енисей, Обь). В результате численного моделирования воспроизведены процессы накопления и устойчивости по времени высоких концентраций растворенного метана в проливе Дмитрия Лаптева, известные на основе данных наблюдения. Показано, что сток реки Лены может вносить весомый вклад в формирование аномально высоких концентраций метана в воде в этом регионе.

Для проведения совместного численного анализа данных наблюдений и процессов распространения полидисперсных аэрозолей в атмосфере разработаны и усовершенствованы модели оценивания параметров источников, характеристик дисперсного состава и реконструкции полей выпадений аэрозольных примесей. С учетом дополнительных ограничений на области проведения измерений предложены алгоритмы численной оптимизации сети наблюдений в зонах длительного действия точечных, линейных и площадных источников. Построенные модели, в отличие от монодисперсного случая, позволяют существенно расширить пространственные масштабы реконструкции полей загрязнения.

На основе этих моделей проведена численная интерпретация полученных в 2010 г. данных натуральных наблюдений загрязнения снегового покрова в окрестностях ряда городов юга Западной Сибири, промышленных площадок, ТЭЦ, коксохимических и металлургических заводов, автомагистралей. На данных маршрутных наблюдений выполнено оценивание полей выпадений полидисперсных примесей в окрестностях Новосибирского электродного завода (НЭЗ), ТЭЦ-5 (Новосибирск), ТЭЦ-3 (Барнаул), ООО «Коксохим» (Заринск Алтайского края).

Апробация предложенных моделей реконструкции для рассматриваемых источников показала вполне удовлетворительное согласие с данными экспериментальных исследований загрязнения снегового покрова полиароматическими углеводородами (ПАУ), пылью, ионным составом. В результате на сравнительно небольших расстояниях от труб образовались зоны очень высокого аэрозольного загрязнения различными компонентами примеси, что указывает на опасность проживания и ведения какой-либо деятельности в

этих областях. Существенную роль здесь играет процесс вымывания золы ТЭЦ ледяной крупой. Следует отметить, что до сих пор эти процессы не учитываются в стандартных расчетных методиках.

Разработана комплексная гидродинамико-статистическая модель, используемая как инструмент гидродинамической интерпретации параметров качества атмосферы. Модель предназначена для диагноза и прогноза распространения загрязняющих примесей в городах, промышленных районах, а также при аварийных выбросах дымовых аэрозолей, связанных с лесными и городскими пожарами. Проведены расчеты концентраций формальдегида в Томске.

Получила дальнейшее развитие климатическая модель для Сибирского региона с высоким пространственным разрешением. Модель создана на базе климатических моделей ИВМиМГ СО РАН и ИВМ РАН, позволяет не только более детально описывать процессы в свободной атмосфере, но и на более высоком качественном уровне учитывать процессы взаимодействия атмосферы с подстилающей поверхностью. С помощью методики сценарного моделирования на основе данных реанализа восстановлена пространственно-временная структура климатических характеристик Сибири.