

Отчет по этапам НИР, завершённым в 2013 г. в соответствии с планом НИР института

Проект НИР 1.3.1.2. "Решение задач физики атмосферы, гидросферы и окружающей среды методами математического моделирования".

Номер государственной регистрации НИР 0120137022.

"Разработка математических моделей динамики атмосферы, океана и водных объектов суши".

Руководитель – д.ф.-м.н. Кузин В. И.

Раздел 1 "Разработка математических моделей процессов в атмосфере и гидросфере".

Исследованы характеристики общей циркуляции атмосферы, а именно: высота тропосферы и вихревая активность. На основе моделирования при сценарии потепления климата была получена оценка сдвига границ ячейки Гадлея и изменения высоты тропопаузы. Увеличение высоты тропосферы является одним из возможных механизмов расширения ячейки Гадлея в последние десятилетия. Поскольку внетропическую циркуляцию формируют бароклинные нестационарные вихри, на численной модели атмосферы исследована качественная картина изменения интенсивности и положения штормтреков в Северном полушарии.

На основе региональной модели ИВМиМГ СО РАН Северный Ледовитый океан – Северная Атлантика воспроизведены возможные будущие изменения состояния океана и льда СЛО. Расчеты выполнены с атмосферным форсингом, взятым из расчетов совместной климатической модели CNRM-CM5, Centre National de Recherches Meteorologiques / Centre Europeen de Recherche et Formation Avancees en Calcul Scientifique (CNRM/CERFACS), experiment=RCP8.5 (<http://pcmdi9.llnl.gov/esgf-web-fe/>) для временного периода с 2006 по 2050 годы. Используемый форсинг соответствует сценарию потепления, особенно ярко выраженному в полярных широтах. Анализ результатов численного эксперимента показал, что состояние ледового покрова и водных масс СЛО характеризуется значительной изменчивостью. Несмотря на значительное повышение температуры атмосферы и потепление слоя атлантических вод, к 2050 г. СЛО в летний период остается частично покрытым льдом, причем толщина льда, оставаясь менее 2 м, может существенно меняться в различные годы, что в значительной степени определяется состоянием атмосферы.

В результате численных экспериментов также выявлено, что использование различных параметризаций диффузии в численной модели влияет на интенсивность притока воды в Арктику. Это, в свою очередь, приводит к различиям в распределении температуры и солености в Северном Ледовитом океане, следовательно, к различиям в траектории потока.

На основе разработанной ранее параметризации конвективного перемешивания в условиях неполного ледового покрова в модели Северного Ледовитого океана проведен ряд тестовых численных экспериментов. Идея параметризации основана на предположении о том, что интенсивность конвекции зависит от наличия или отсутствия льда на поверхности океана. Суть параметризации в том, чтобы в численной модели вместо воздействия на поверхность осредненного потока находить средневзвешенный результат такого воздействия как через открытую поверхность, так и через поверхность, покрытую льдом. В результате численных экспериментов выяснилось, что такое разделение приводит к более глубокому проникновению холодных и осолоненных вод, возникающих вблизи открытых участков поверхности и являющихся значительным источником формирования промежуточных и глубинных вод Северного Ледовитого океана. Однако одновременно выяснилось, что необхо-

димо применение более детальной параметризации глубокой конвекции, так как лежащий в основе предложенного разделения диффузионный подход оказался неприемлемым в плане описания подобных когерентных турбулентных структур. В этой связи была опробована параметризация глубокой конвекции OPPS (ocean penetrative plume scheme), предложенная в работах Палушкевича и Ромеа (Paluszkiwicz и др., 1994, 1997), построенная по аналогии с известными параметризациями кучевой облачности в атмосфере (Kuo, 1974; Fritsch, Chappell, 1980), давшая существенный положительный эффект при моделировании промежуточных и глубинных вод Арктики. Дальнейшее развитие данного направления видится в применении LES-подобных параметризаций (large-eddy simulation).

Проведены сценарные расчеты в предположении наличия диффузионных выделений газа из донных отложений с учетом динамики субмаринной мерзлоты на шельфе для оценки масштабов эмиссии метана в атмосферу на шельфе морей восточной Арктики. В численном сценарии предполагалось увеличение газовой проницаемости многолетних мерзлых донных осадков и возможность разрушения мелководных шельфовых газогидратов метана в областях, где по результатам моделирования субаквальной криолитозоны получены талики. Районами скопления растворенного метана по результатам численного эксперимента являются места впадения рек, пролив Дмитрия Лаптева, Новосибирские острова, что соответствует данным измерений.

Проведен анализ данных об изменении климатических и гидрологических характеристик Сибири для бассейнов рек Обь, Енисей, Лена на основе данных реанализа MERRA для периода 1980–2011 гг. Установлены корреляции между гидрологическими характеристиками и климатическими особенностями атмосферных процессов. Проведены численные расчеты по моделированию стока рек за указанный период.

Предложен новый подход к обоснованию нормативов качества атмосферного воздуха на основе представлений о параметре потребления воздуха в процессе разбавления выбросов промышленных предприятий в атмосфере над городом. В качестве лимитирующих показателей приняты критерии приемлемого канцерогенного и токсикологического рисков. Для некоторых специфических загрязняющих веществ рассчитаны объемы выбросов, допустимые для воздушного бассейна г. Красноярск. Полученные оценки характеризуют фактический ресурсный потенциал атмосферы города.

Разработаны методы интерполяции полей длительного загрязнения территории города по данным точечных наблюдений. Предполагается, что поле загрязнения формируется в основном совокупностью выбросов от большого числа относительно мелких и невысоких источников примеси. При построении интерполяционных формул использованы асимптотические методы теории потенциала, общие закономерности атмосферной диффузии примеси в приземном слое атмосферы. Проведена апробация предложенных алгоритмов применительно к данным мониторинга загрязнения снегового покрова в Новосибирске, Кемерово, Барнауле бенз(а)пиреном, макрокомпонентами в зимних сезонах 2009–2011 гг. Последующая оценка полей атмосферного загрязнения территорий городов выполнена по результатам межсредовых исследований атмосфера – снеговой покров на стационарных постах Росгидромета. Методами численного моделирования изучена информативность размещения постов на территориях рассматриваемых городов. Для анализа процессов длительного загрязнения предлагаемый подход может дать значительный эффект, поскольку позволяет обеспечить непрерывность измерений, оптимизировать и создать необходимую плотность сети наблюдений.