

Тема АТМОСФЕРА Развитие теоретических моделей, анализ физических механизмов, разработка и применение методов измерений и алгоритмов обработки натуральных данных в целях исследования, мониторинга и прогноза состояний атмосферы

Гос. регистрация № 0120.0 602986

Научные руководители: д.ф.-м.н. Ерохин Н.С., д.ф.-м.н. Шарков Е.А.

1. На основе анализа результатов дистанционных и гидрологических наблюдений за 1983-2008 г.г. исследование взаимосвязи региональных особенностей глобального тропического циклогенеза в поле поверхностной температуры Мирового океана, рассматриваемой как среднемесячной многолетней, так и средней трехмесячной (дистанционные измерения температуры скин-слоя океана) каждого конкретного анализируемого года.

На основе пространственно-временного сопоставления пространственно-временных полей генерации зрелых форм ТЦ в поле поверхностной температуры океана (ТПО), определяемой как при помощи стандартных океанологических измерений (измерения *in situ* – на глубине 1м), так и средней трехмесячной (дистанционные спутниковые ИК измерения температуры скин-слоя океана) каждого анализируемого года по циклогенерирующим акваториям Мирового океана, представлены экспериментальные результаты, указывающие на то, что региональные циклогенезы обладают очень своеобразными диапазонами поверхностных температур, при которых происходят процессы генерации первичных форм ТЦ ("размытые" диапазоны, "экстремумы с хвостами", "дельта-образные" формы). Показано наличие достаточно широкого диапазона поверхностных температур, при которых происходят процессы генерации зрелых форм ТЦ и отсутствие "критической" (пороговой) температуры и, соответственно, отсутствие жесткой границы при их генерации в поле поверхностной температуры океана, рассматриваемой как среднемесячной многолетней, так средней трех-месячной дистанционной. Показан устойчивый характер статистических гистограмм распределений температур поверхности океана в момент перехода в зрелые (ТШ) формы тропических возмущений (ТПО - как среднемесячные многолетние значения) как при выборке за 21 год (1983 - 2003г.г.), так и для выборки за 5 лет (2002 – 2006 г.г.) при региональных циклогенезах в акваториях Мирового океана. Таким образом, использование единого критерия на температуру отсечки, определяемую дистанционными ИК измерениями по циклогенерирующим акваториям Мирового океана, непродуктивно и более того представление о критической температуре или температуре "отсечки" при глубоком верхнем квазиоднородном слое океана (глубоком термоклизе) как об одном из главных пунктов набора геофизических параметров (и его часто называют "первым необходимым условием для возникновения тайфунов") теряет свой смысл. Работа поддержана РФФИ в рамках проекта N 09-05-01019-а.

Шарков Е.А., Покровская И.В. Региональные тропические циклогенезы в поле поверхностной температуры Мирового океана. // Исследование Земли из космоса. 2010. № 2. С. 54-62.

Шарков Евгений Александрович, д.ф.м.н., тел.333-13-66, e.sharkov@mail.ru

2. Исследование зависимости вертикальной зависимости термодинамических параметров атмосферы с учетом выделения скрытой теплоты конденсации пара. Определение климатического основного состояния термодинамических параметров атмосферы, обуславливающих потепление климата Земли.

В 2010 году методом разложения по функциям Бесселя исследована задача о стационарных решениях нелинейной конвекции в вертикальном канале заданного радиуса с учётом сжимаемости. Обычно считается, что теоретическое описание таких природных явлений, как смерч и тайфун, должно требовать учёта нелинейности. Однако многочисленные попытки учесть нелинейные слагаемые из системы гидродинамики, не приводят к построению теории этих природных явлений. Обычно учитывают инерционные слагаемые $(\nabla\nabla)V$ в уравнениях Навье - Стокса. Однако эти слагаемые, как хорошо известно, не приносят в систему энергию. В настоящей работе нелинейность считается обусловленной зависимостью стратификации от вертикальной скорости течения воздуха. Такая ситуация характерна для смерчей и тропических циклонов, в которых стратификация обусловлена выделением скрытой теплоты фазовых переходов атмосферной влаги, в восходящих потоках воздуха. В результате получено, что сжимаемость воздуха и нелинейность, обусловленная зависимостью стратификации от вертикальной скорости, оказываются основными факторами, обуславливающими решения типа смерча. Методом разложения потенциала полоидального поля по функциям Бесселя получены маломодовые стационарные распределения компонент скорости для задачи о нелинейной конвекции, в которой нелинейность считается обусловленной только зависимостью стратификации от вертикальной скорости течения воздуха. В работе получена также оценка для верхней границы скорости ветра в смерче и показано, что она определяется только массовой долей пара в приземном слое воздуха.

Руткевич П.Б., Руткевич П.П. Нелинейное вихревое течение в вертикальном канале, обусловленное асимметрией вертикального переноса влажности. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Сборник научных статей. - М: ООО "ДоМира", 2010. Т.7. № 1. С.149-156.

Руткевич Петр Борисовч, д.ф.м.н., тел. 8-495-333-25-01, peter_home@tarusa.ru

3. Развитие теоретической основы и разработка методик комплексного использования данных спутникового дистанционного зондирования поверхности океана, различных по своей физической природе (активное и пассивное микроволновое зондирование, оптические и ИК данные), пространственному разрешению и размерности для исследования процессов и явлений в атмосфере над океаном (внутренние гравитационные волны, конвективные движения, вихри и вихревые структуры). Разработка методик и алгоритмов совместного использования данных, получаемых различными сенсорами, базирующими на различных спутниках дистанционного зондирования Земли, для получения количественных оценок процессов и явлений, проистекающих в приводном слое атмосферы.

Продолжены работы, направленные на разработку критериев совместного анализа данных спутникового дистанционного зондирования поверхности океана и прилежащего к ней слоя атмосферы в различных диапазонах электромагнитного спектра при помощи различных сенсоров, установленных на различных специализированных спутниках дистанционного зондирования Земли, и создание методик извлечения взаимодополняющей геофизической информации. В ходе работ по космическому мониторингу внутренних морей России (Балтийское, Черное и Каспийское) отдельное внимание уделялось изучению влияния атмосферных воздействий на возбуждение волновых и вихревых движений в толще стратифицированных вод. В частности, на РЛИ-изображениях западной шельфовой зоны Черного моря были выявлены поверхностные проявления внутренних волн, источником возбуждения которых могут являться импульсные возмущения ветра.

Митягина М.И., Лаврова О.Ю. Пространственно-временная изменчивость поверхностных проявлений внутренних волн неприливной природы в различных морях// Тезисы докладов Восьмой всероссийской конференции "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса", Москва, ИКИ РАН, 15-19 ноября 2010 г., стр. 216.

Митягина Марина Ивановна, к.ф.м.н., тел.8-495-333-50-78, mityag@mx.iki.rssi.ru

4. Расширение и пополнение базы данных долговременных атмосферных, ионосферных и океанографических наблюдений, разработка программного обеспечения для описания, стандартизации форматов хранения, поиска и доступа к данным и их визуализации в целях исследования вариаций термодинамических характеристик системы океан-атмосфера под влиянием солнечной и магнитосферной активности. Разработка подходов к созданию статистической модели возникновения и развития катастрофических проявлений атмосферной активности, на основе гипотезы о модуляции частоты и интенсивности последних, через долговременные глобальные вариации климатических параметров на вековой шкале. Поиск физических механизмов, обеспечивающих такую связь на основе данных метеорологических наблюдений в географических областях максимальной корреляции процессов в указанных временных масштабах. Общая связь рассматриваемых явлений с солнечной деятельностью и антропогенными факторами.

Продолжено создание многолетних Баз Данных (БД) траекторий тропических циклонов (ТЦ). Теперь для некоторых регионов (в основном для Тихого океана) БД доведены до 2008 г.

Продолжено совершенствование программы визуализации трасс ТЦ TRAVIEW, позволяющей на координатной сетке отображать трассы ТЦ с выделением различным цветом степень его силы. Программа также позволяет выделять моменты аномальных изменений траектории ТЦ и, по желанию оператора, записывать их в отдельный файл для дальнейшего детального анализа совместно с картами температуры поверхности океана (ТПО). Подключены блоки, вычисляющие изменение направления движения ТЦ не только за 12 часов, но и за сутки (24 часа). Также включена возможность определения расстояния пройденного ТЦ как за предыдущие, так и за последующие 6 часов. При выполнении работы выявились следующие недостатки используемой на компьютере программы: а) неоднородная координатная сетка, растяжение картинки на весь экран визуально искажает углы аномальных изменений траекторий объекта; б) отсутствует возможность просмотра трасс ТЦ в режиме слайд-шоу с остановкой по желанию оператора текущего кадра для более детального анализа; в) не введен блок автоматического (по заданному критерию) определения аномального изменения направления или скорости движения ТЦ; г) не подключен блок отображения координат земли; д) невозможно одновременное наложение трасс и карт температуры поверхности океана. Первые три опции могут и будут дополнены, однако 4 и 5 блоки – невозможно подключить без перехода на новое оборудование. Файлы координат земли и карты ТПО занимают весьма значительный объем дисковой памяти. Таким образом последующее продолжение работы требует обновления компьютера и соответствующих программ до современного уровня.

Актуальность проблемы долговременных, т.е. с периодом более нескольких лет, климатических вариаций хорошо известна и не требует дополнительного обсуждения (см. последний отчет IPCC). Несмотря на то, что сам факт долговременных изменений твердо установлен, их характер остаётся неясным: шумовые флуктуации, квазипериодические осцилляции (циклы) или стабильный тренд. Если наблюдаемые изменения не являются шумом, то является ли их причиной собственная внутренняя динамика климатической системы (собственные осцилляции) или внешние факторы? К последним относятся

приливный эффект, вызванный притяжением Луны и/или солнечная активность, связь с которой и рассмотрена в настоящей работе. Качество и объём имеющейся в настоящее время и доступной в ближайшем будущем наблюдательной метеорологической информации (набор измеряемых параметров, продолжительность и непрерывность данных, географическое распределение точек наблюдения) не позволяют однозначно ответить на поставленные вопросы. В работе на основе данных прямых метеорологических наблюдений предпринята попытка найти свидетельства воздействия солнечной активности на климат в предположении существования собственных колебаний климатической системы.

На основе анализа данных показано, что наблюдаемые в Форталезе (Бразилия) между 1849 и 2009 г.г. десятилетние и междесятилетние вариации количества осадков могут быть воспроизведены уравнением вынужденных колебаний с собственными частотами 0.66 /год (период 12.9 лет) и 0,182 / год (период 34,4 года) соответственно, если внешняя сила описывается вариацией солнечных пятен. Результат является указанием как на возможное влияние солнечной активности на климат, так и на существование собственных климатических осцилляций климатической системы. В дальнейшем этот анализ будет проведен и для других регионов. Используемый в работе метод может быть полезен в последующем при поиске свидетельств солнечно-климатических связей.

А. А. Гусев. Свидетельства резонансного взаимодействия солнечной активности с климатической системой, статья подготовлена к печати.

Лазарев Андрей Алексеевич, к.ф.м.н., тел.8-495-333-41-67, feliscatus@mail.ru

Гусев Анатолий Александрович, к.ф.м.н., тел.8-495-333-30-45, vpan-iki@yandex.ru

5. Разработка метода определения микрофизических свойств рассеивающих объектов двух-позиционными схемами зондирования. Проблемы использования уравнения переноса излучения в задаче определения углового размера ореола, образующегося вокруг пучка, прошедшего через статистически неоднородный экран.

Развитие существующих методов восстановления микроструктуры рассеивающей среды и данных многоволнового зондирования связано с совершенствованием методов оптимизации решения некорректной обратной задачи. Однако, на отдельных этапах решения сохраняется необходимость использования субъективных факторов при выборе настроечных параметров, например, при выборе множителя Лагранжа, методов усреднения решений, ограничения пределов интегрирования для определения параметров размера и концентрации частиц, и т. д. В результате до сих пор актуальными являются проблемы достоверности параметров микроструктуры восстановленного объекта. Отсутствует наглядный индикатор размеров частиц. В такой ситуации перспектива разработки инструментального метода дистанционного измерения микроструктуры рассеивающего объекта выглядит маловероятной.

В предложенном сценарии с использованием граничных дифракционных волн и двухпозиционных систем совокупность измеренных величин однозначно задает модельный объект с монодисперсными неоднородностями. Показано, что при этом нет необходимости в промежуточных расчетах по теории Ми. Метод может быть использован для определения эффективного размера как полидисперсных, так и несферических частиц. Для определения эффективного размера частиц требуются контактные измерения. Актуальной задачей является контроль постоянства микроструктуры рассеивающего объекта во время и между отдельными измерениями. Эта задача может быть решена на базе существующих методов многоволнового зондирования. Однако, задача контроля постоянства рассеивающих свойств среды не является обратной и поэтому открывается

возможность разработки инструментальных способов мониторинга микроструктуры рассеивающего объекта дистанционными методами.

Г.П. Арумов, А.В. Бухарин. Анализ зависимости между угловым размером ореола, найденного с использованием граничных дифракционных волн, и функцией распределения неоднородностей по размерам. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов. Сборник научных статей, т.7, № 4, с.27–33. ИКИ РАН. Москва (2010).

A.V. Bukharin. Boundary Diffraction Waves and the Effective Size of the Inhomogeneous of the Scattering Object. // Physics of Wave Phenomena, v.18, № 1, pp.23–26 (2010).

Арумов Гергий Петрович, к.ф.м.н., тел.8-495-333-31-33, arumov@iki.rssi.ru

Бухарин Алексей Владимирович, к.ф.м.н., тел.8-495-333-32-01, tumbul@iki.rssi.ru

6. Устойчивость зональных потоков; эволюция вихревых структур и спектров волн России в зональном ветре атмосферы Земли; интерпретация наблюдаемых структур зонального ветра и планетарных волн на основе спутникового мониторинга атмосферы.

Механизмы формирования циклонических вихрей в тропической атмосфере Земли в области внутритропической зоны конвергенции (ВЗК) исследуются на основе 3-мерной модели циркуляции атмосферы. Используется полная система уравнений газовой динамики с учетом переноса инфракрасного излучения, фазовых переходов водяного пара в микрокапли воды и частицы льда и с учетом оседания этих капель и частиц льда в поле силы тяжести. Область численного моделирования представляет собой часть шарового слоя над ограниченным участком земной поверхности с размерами: до высоты 15 км, 32 градуса по долготе и 25 градусов по широте; с разрешением 200 м по высоте и 0.04 градуса по горизонту. В начальных и граничных условиях модели используются наблюдательные данные (данные спутникового мониторинга Земли) о структуре доминирующих воздушных потоков, формирующихся в ВЗК над северной Атлантикой в периоды ее наибольшей термодинамической интенсивности и неустойчивости. Проведено сравнение численно полученных результатов с данными микро-волнового спутникового мониторинга — глобальными радиотепловыми полями Земли из электронной коллекции GLOBAL-Field (<http://www.iki.rssi.ru>). Показано, что главной физической причиной формирования начального крупномасштабного циклонического вихря является возникновение изгиба ВЗК в период активного тропического циклогенеза и связанной с этим перестройки некоторых элементов общей циркуляции атмосферы. Циклонические возмущения возникают при достаточно сильных изгибах ВЗК и только при учете вертикального и меридионального переноса воздушных масс в начальных и граничных условиях. Дальнейший разгон сформировавшегося циклонического течения происходит за счет энергии, выделяющейся при конденсации водяного пара в восходящих потоках воздуха. Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН “Окружающая среда в условиях изменяющегося климата: экстремальные природные явления и катастрофы”.

Проведена аналогия между интенсивными природными атмосферными вихрями (тропическими циклонами, ТЦ) и диссипативными солитонами (вихревыми лазерными солитонами) при их столкновении друг с другом или с неоднородностями поля. Сопоставление свойств диссипативных, в особенности вихревых солитонов и ТЦ показывает много общего между ними. Это вихревые структуры полей, сохраняющие локализацию при своем распространении; их поддержание связано с балансом приходящих в область локализации и уходящих из нее энергии и вещества; их движение зависит от неоднородностей системы, в которой они эволюционируют; их возбуждение носит жесткий характер (если на фоне «невозмущенного» состояния поля, возникает

некоторое возмущение, то оно рассасывается, если его энергия ниже порогового значения, а перерастание возмущения в солитон или ТЦ возможно лишь при превышении некоторого порога). Численно изучено взаимодействие неоднородности с вихревым лазерным солитоном, в аналогии с ТЦ неоднородности могут быть сопоставлены с неоднородностями поля температуры поверхности океана, полей температуры и влажности окружающего воздуха, барического поля и др., а также с кориолисовой силой и восточным зональным потоком. Неоднородности могут нарушать близкую к зональной крупномасштабную структуру геофизических полей, например, в поле давления или влажности формируется протянутая в направлении север–юг неоднородность, в этом случае от знака перепада давления или влажности тайфун либо втягивается в область неоднородности, либо отталкивается, двигаясь по ее периферии. Сценарии столкновения движущегося вихревого солитона с неподвижным фундаментальным можно сопоставить со входом тропического циклона в область влияния другого циклона или такой барической структуры, как квазистационарный центр действия атмосферы (антициклон или депрессия). Важно, что существенное изменение траектории вихревого лазерного солитона может достигаться малым изменением параметров системы или столкновением с локальным препятствием, мощность которого на порядок меньше вихревого солитона. Представленные в настоящей работе предварительные результаты поиска аналогии между движением тропических циклонов и вихревых лазерных солитонов при их столкновениях с неоднородностями поля, по которому они передвигаются, показали, что некоторое качественное сходство между рассмотренными физическими объектами существует. Основной вывод состоит в том, что неоднородности поля, даже не очень значительные, могут заметно изменить траекторию вихря-тропического циклона, и вихревого лазерного солитона. Работа частично поддержана грантом РНП 2.1.1/4694.

Мингалев И.В., Астафьева Н.М., Орлов К.Г., Мингалев В.С., Мингалев О.В. Механизм возникновения циклонических возмущений в области ВЗК и их раннее обнаружение // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, т.7, № 1, Москва. ООО "ДоМира", 2010, с.112-125.

Астафьева Н.М., Раев М.Д. Влияние крупномасштабного удаленного атмосферного окружения на траектории тропических циклонов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, т.7, № 1, Москва, ООО "ДоМира", 2010, с.61-74.

Розанов Н.Н., Астафьева Н.М., Федоров С.В., Шацев А.Н. Аналогии траекторий тропических циклонов и вихревых лазерных солитонов при взаимодействии с неоднородностями. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, т.7, № 1, Москва. ООО "ДоМира", 2010, с.136-148.

Астафьева Наталья Михайловна, д.ф.-м.н., в.н.с., тел.333-21-45, ast@iki.rssi.ru

7. Разработка аналитических аппроксимаций для характеристик плазменных подсистем крупномасштабного вихря. Исследование влияния заряженных плазмopodobных систем атмосферы на генерацию спиральности и крупномасштабные движения. Анализ структурных характеристик электрических флуктуаций в грозовой облачности на основе структурных функций. Создание комплекса программ для обработки поля скорости, полученного при расчетах по региональной модели атмосферы RAMS с высоким пространственным разрешением (2-3 км) на стадии зарождения тропического циклона, с целью вычисления и графического представления характеристик для диагностики спирально-вихревой неустойчивости в тропической атмосфере.

Первоначально с целью тестирования были рассчитаны спиральные характеристики поля скорости в тропических циклонах, позволяющие провести сравнение с имеющимися оценками спиральности для «супер-ячейковых» штормов и торнадо в атмосфере средних широт. К этим характеристикам относится спиральность, осредненная по нижнему, например 0-6 км слою, атмосферы. Выполнено сравнение рассчитанных значений спиральности в тропических циклонах с характерными значениями этой величины в наиболее интенсивных вихрях средних широт, а также со значениями спиральности в зоне конвективной активности тропического циклона на стадии урагана, вычисленными по данным атмосферного зондирования. Величины спиральности в численных расчетах ТЦ и полученные по данным зондирования имеют близкие значения.

Был проведен сравнительный анализ спиральных характеристик для трех сценариев тропического циклогенеза, назовем их условно – “успешный”, “пограничный” и “неуспешный”. Результатом «успешного» сценария явилось формирование вихря тропической депрессии через 20-25 часов после начала численного эксперимента и вихря ураганной силы через 72 часа. В “пограничном” случае также происходило формирование тропической депрессии к концу первых суток, но дальнейшее усиление вихря не наблюдалось, и ураган не возникал. В “неуспешном” сценарии имело место некоторое усиление атмосферной конвекции в первые сутки эксперимента, однако не наблюдалось каких-либо признаков ее самоорганизации, и вихрь тропической депрессии не формировался. Основным результатом проведенных исследований является то, что из всех анализировавшихся интегральных и скоростных характеристик (полная энергия системы, энтропия, спиральность, вертикальная компонента завихренности, компоненты скорости) лишь полная спиральность системы обнаруживает качественно различное поведение в изученных сценариях циклогенеза и имеет существенно отличающиеся значения. Это указывает на возможность использования полной спиральности системы в качестве индикатора тропического циклогенеза. Результаты работы описаны в статье Г.В. Левина, М.Т. Монтгомери «О первом исследовании спиральной природы тропического циклогенеза» (A first examination of the helical nature of tropical cyclogenesis), «Доклады Академии наук, Геофизика», 2010г.

С целью определения, как анализ спиральности может быть применен для прогнозирования тропического циклогенеза, Г.В. Левина участвовала в натурном эксперименте американских ученых NSF-PREDICT (PRE-Depression Investigation of Cloud-systems in the Tropics) (2010). Эксперимент проводился в бассейне Карибского моря в августе-сентябре 2010 года:

<http://met.nps.edu/~mtmontgo/storms2010.html> <http://catalog.eol.ucar.edu/predict/index.html>

Основной целью эксперимента NSF-PREDICT являлось изучение зарождения тропических циклонов и способствующих ему процессов в тропической атмосфере. Были собраны серии атмосферных данных для нескольких тропических циклонов на разных стадиях их эволюции: от области низкого давления в восточной волне до урагана 3-4 категории. Эти данные после их обработки будут использованы в нашей работе для анализа роли спиральности в образовании тропических циклонов. В полете RF19 (research flight), в научную группу которого входила Г.В. Левина, к побережью Гондураса 14 сентября 2010 г. удалось зарегистрировать сам процесс образования замкнутой приповерхностной циркуляции (“рождение” тропического шторма Карл), а также собрать данные непосредственно до и после этого события. Такие данные являются уникальными, в том числе и для изучения роли спиральности в тропическом циклогенезе. Обработка данных и расчеты спиральных характеристик с их использованием будут проводиться совместно с американскими учеными в ближайшие месяцы. Работа поддержана РФФИ, проект № 10-05-00100 (ИКИ РАН, ИМСС УрО РАН).

С целью развития теории самоорганизации ТЦ (через так называемый обратный каскад спиральности) было продолжено изучение на моделях процесса генерации гидродинамической спиральности, как одного из индикаторов данного явления, с учётом

наличия в ТЦ крупномасштабных плазмopodobных подсистем, включая заряженные области. Также исследовалась модуляция величины спиральности электромагнитными силами. Для отдельных компонент спиральности численно рассчитывалось их изменение от заданного начального чисто гидродинамического распределения при "включении" заряженных областей по некоторому нарастающему закону до реально наблюдаемых в ТЦ величин плотности зарядов. В качестве начальных значений выбирались как сглаженные характеристики реальных многослойных структур, так и усреднённые характеристики движений в ТЦ и сглаженные распределения зарядов, соответствующие трипольной структуре ураганов при разных значениях параметров. Для выбранных моделей плотность спиральности оказывается существенно неоднородной для различных слоёв ТЦ, в каждой области "выживают" вихри определенного направления вращения, причём для заряженных подсистем ТЦ электромагнитные силы вносят заметный вклад. Вблизи стены глаза в первом приближении наблюдается экспоненциальный рост отдельных компонент спиральности (неустойчивость), что приводит в стене глаза, на границах слоёв и заряженных областей к дополнительной турбулизации. Для подтверждения данного вывода подготовлена программа для проведения прямого численного расчета системы с учётом наличия заряженных плазмopodobных подсистем (с целью учесть все потоки спиральности, а не только бездивергентные члены).

В процессе распространения волн, рассматривая основную область ТЦ как частично ионизованную плазму, содержащую ненейтральные плазменные подсистемы, изучено изменение кинетических и электродинамических свойств среды с учётом вращения этих плазмopodobных подсистем и образования различных локальных структур в атмосфере. Учет локальных структур, движений и характеристик частично ионизованной плазмы внутри ТЦ способствует более точному количественному описанию эффективных свойств системы в целом. Используя ранее предложенный метод локально-вращательного описания свойств плазмы, было получено выражение для эффективной диэлектрической проницаемости лоренцевой плазмы в пространственно-однородном переменном электрическом поле и вычислены его значения в пределах больших и малых частот. Наличие локальных вращений приводит при малых частотах к меньшей величине диссипации энергии продольного поля по сравнению с обычным случаем, а с ростом частоты – к большей диссипации энергии при совпадении в обоих пределах. Для сходящегося интеграла столкновений локальные вращения количественно изменяют его величину (в зависимости от частотного диапазона) в пределах от 1/4 до 2-х раз. С учётом локальных вращений для плазмopodobных сред численно получено изменение выражения для спектрального коррелятора потенциала и для коррелятора напряженности продольного электрического поля. Для описания турбулентных процессов в среде численно рассмотрено изменение коэффициентов уравнения Фоккера-Планка, вызываемое локальными вращениями.

Проведен численный анализ структурных функций $S_m(L)$ электрической турбулентности в грозовой облачности на основе имеющихся в литературе экспериментальных данных по измерению высотного профиля вертикальной компоненты электрического поля $E(z)$ в области высот до 12-16 км. Проведена оцифровка экспериментальных профилей, с использованием системы локализованных по высоте функций. Для рассматриваемой конкретной выборки $E(z)$ разработана аналитическая аппроксимация $E_a(z)$. Для различных значений порядка структурной функции m в диапазоне $0.1 < m < 7$ вычислены $S_m(L)$ с достаточно малым шагом $\delta z = 3$ м, позволяющим существенно увеличить длину выборки. Построены графики структурных функций (СФ), указывающие на наличие двух интервалов (малые и средние масштабы) L , в которых имеются степенные скейлинги электрической турбулентности. Для степенных интервалов вычислены скейлинговые экспоненты $g(m)$, существенно отличающиеся от колмогоровского $g_k(m) = m / 3$ и спирального $g_h(m) = 2 m / 3$ скейлингов для однородной, изотропной, гидродинамической турбулентности. Как уже отмечалось ранее, в интервале

средних масштабов возможно присутствие когерентных структур, влияющих на скейлинг СФ. Результаты данного анализа представляют интерес для последующих исследований вклада заряженных подсистем мощных атмосферных вихрей в генерацию спиральности $H = \mathbf{V} \cdot \text{rot} \mathbf{V}$ и формирование существенно неоднородной, самосогласованной, долгоживущей структуры ветровых потоков в вихре (на основе схем параметризации). Кроме того это весьма важно для развития методик обработки данных дистанционного зондирования атмосферных вихрей, более полной и корректной физической интерпретации результатов этой обработки и разработки новых, современных методов прогнозирования кризисных природных явлений.

На основе ранее предложенной системы связанных нелинейных уравнений для средней скорости ветра и температуры поверхности океана в области тропического циклона, описывающих временную динамику мощного атмосферного вихря, продолжен анализ самосогласованной малопараметрической модели регионального крупномасштабного циклогенеза (РКЦ), позволяющей исследовать роль солнечно-земных связей, космической погоды и других факторов в сезонном ходе РКЦ, а также исследовать различные сценарии временной динамики РКЦ в зависимости от выбора величин характерных параметров. Численными расчетами подтверждено, что соответствующим выбором исходных параметров задачи возможно получить генерацию в активном сезоне конкретного региона заданного числа ураганов причем с различающимися характеристиками вихрей. Выявлена чувствительность динамики системы к выбору исходных параметров. Следовательно, с помощью предложенной нелинейной модели можно изучать особенности сезонного хода временной динамики региональных крупно-масштабных циклогенезов в период активного сезона, а также анализировать зависимость их интенсивности от различных внешних факторов, в частности, космической погоды, явления Эль-Ниньо и др., которые ранее рассматривались на основе стандартного корреляционного анализа. Кроме того, развитый в данной работе подход с учетом экспериментальных данных по крупномасштабному тропическому циклогенезу позволяет разработать аналитическую модель сезонного хода интенсивности РКЦ. Это представляет большой научный и практический интерес в том числе для разработки современных методов прогноза крупномасштабных кризисных атмосферных явлений. Вполне очевидно, что в данной модели можно также получить объяснение наблюдаемых трендов интенсивности крупномасштабного циклогенеза. Развиваемый подход будет полезен и при оценках влияния тропических ураганов на крупномасштабную циркуляцию атмосферы, в исследованиях весьма сложных корреляционных связей тайфуногенеза с различными внешними факторами поскольку обычно применяемые стандартные методы корреляционного анализа зачастую дают неоднозначные ответы.

Левина Г.В., М.Т. Монтгомери М.Т. О первом исследовании спиральной природы тропического циклогенеза. // Доклады Академии наук, 2010, т. 434, № 3, с.401-406.

G. Levina, E. Glebova, A. Naumov and I. Trosnikov. Application of helical characteristics of the velocity field to evaluate the intensity of tropical cyclones. Progress in Turbulence III. Proceedings of the iTi Conference in Turbulence 2008. Series: [Springer Proceedings in Physics](#), 2010. Vol. 131. P. 259-262.

Артеха С.Н. Определение параметров плазмы с учётом локальных вращений, принята в ЖТФ, т.81, № 1, 2011.

Erokhin N. S., Mikhailovskaya L.A., Zolnikova N.N., Krasnova I.A. Electric Fluctuations in Thunderstorm Clouds. Coherent Structures Influence. AIS-2010. Atmosphere, Ionosphere, Safety. I.Kant State University, Kaliningrad, 2010, p.132-134.

Erokhin N.S., Zolnikova N.N., Mikhailovskaya L.A., Shkevov R. Studying of Tropical

Левина Галина Владимировна, к.ф.м.н., тел.8-495-333-41-00, galchonok2002@yahoo.co.uk
Артеха Сергей Николаевич, к.ф.м.н., тел.8-495-333-53-56, sergey.arteha@gmail.com
Ерохин Николай Сергеевич, д.ф.м.н., тел.8-495-333-41-00, nerokhin@mx.iki.rssi.ru

8. Применение методов мультифрактального анализа и вейвлет-преобразования для аппроксимации измеряемых атмосферных данных с помощью набора динамических систем, принадлежащих различным масштабам, в целях классификации этих данных на предмет принадлежности к различным процессам структурообразования. Применение вейвлет-преобразования для моделирования динамических систем гидродинамического типа, испытывающих стохастическое поведение.

Экспериментальные исследования статистических характеристик турбулентных пульсаций давления на поверхности тел и турбулентных шумов обтекания.

Рассмотрены методы идентификации нелинейных динамических систем, основанные на вейвлет-преобразовании. Выходной сигнал исследуемой динамической системы раскладывается по масштабным компонентам с помощью непрерывного вейвлет-преобразования, после чего реконструируется не одна динамическая система, испытывающая стохастическое поведение, а избыточный набор динамических систем, каждая из которых имеет свой масштаб. Коэффициенты каждой из динамических систем определяются путем авторегрессии, а характерные масштабы и времена корреляции определяются с помощью методов мультифрактального анализа. Классификация динамических систем (в обобщенном многомасштабном смысле) осуществляется путем применения к многомасштабной структуре нейронной сети типа перцептрон. Выбор конкретных методов мультифрактального анализа и структура нейронной сети в созданном программном обеспечении выбирается пользователем. Созданное программное обеспечение применялось для классификации сейсмоакустических сигналов.

Построена вейвлет-галеркинская схема для решения стохастических дифференциальных уравнений. Отличительной чертой данной работы является то, что вейвлет-преобразование с произвольным ортогональным вейвлетом из семейства Добеши было применено для разложения вероятностной меры, а не для разложения временной зависимости сигнала. Метод работает как для обычных систем гидродинамического типа, таких как система Крейчнана-Орсзага, для которых разложение (полиномиального хаоса) по полиномам Эрмита не обеспечивает сходимости, так и для задач химической кинетики со случайными коэффициентами, для которых метод Монте-Карло не приводит к сходящемуся результату. Развита метод прямого интегрирования стохастических систем, сходные с использованием вейвлет-преобразования.

Кроме того проводились исследования связанные с квантово-механическим и квантово-полевым описанием многомасштабных систем. По материалам данных исследований опубликованы две работы

В ходе работ по Соглашению с ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова о совместных научно-исследовательских работах проведено экспериментальное исследование проблемы генерации шума турбулентными потоками. Выполнен цикл экспериментальных работ в малошумной аэродинамической трубе, в глубоководном и гидроакустическом бассейнах ЦНИИ им. А.Н. Крылова с помощью разработанных в ИКИ РАН миниатюрных датчиков турбулентных пульсаций давления и протяженных приемников с различными пространственно-временными свойствами, не оказывающими обратного влияния на изучаемый поток жидкости.

Происхождение гидродинамических шумов обтекания связано с турбулентным пограничным слоем. При больших скоростях движения транспортных средств возникает

турбулентный шум, интенсивность которого растет с увеличением скорости. На этом этапе наши исследования концентрируются на решении конкретной задачи, связанной с отысканием осредненных одноточечных и статистических характеристик гидродинамических и акустических полей, которые образуются при турбулентном обтекании тел. Выполнен обзор состояния современных знаний о турбулентных источниках шума. Разработаны методы детального количественного изучения пространственной статистической структуры пристеночных турбулентных пульсаций давления. Особое внимание уделено преодолению трудностей изучения мелкомасштабной турбулентности, которые обусловлены невозможностью обеспечить идеальную пространственную фильтрацию волновых компонент случайных турбулентных полей. Развита физическая основа метода прямых измерений пространственного частотно-волнового спектра турбулентных пульсаций давления. Применение и обобщение полученных результатов позволит повысить эффективность прогнозирования и управления турбулентным шумом обтекания скоростных транспортных средств. Результаты представляют интерес для движения тел как в океане, так и в атмосфере. Работа поддержана РФФИ, грант 08-07-00002-а.

Altaisky M.V. and V.A.Krylov. Signal Identification Based on Multiscale Decompositions. IT For Real World Problems, Изд:Universities Press (India), ed.:Sreehari Rao, pp.168-211, 2010.

Kudashev E.B. Vibration suppression in conditions of turbulence. // NOVEM 2009 Conferences. Noise and Vibration: Emergins Methods. Conferences Proceedings, University of Southampton, UK, 2009, 2009, pp.039-1-039.8.

Алтайский Михаил Викторович, д.ф.м.н., тел.8-495-333-53-56, altaisky@mail.ru
Кудашев Ефим Борисович, д.т.н., тел.8-495-333-12-34, kudashev@iki.rssi.ru

9. Численное исследование нелинейной устойчивости, взаимодействия организованных структур различного масштаба, их вклада в общий энергобаланс и перенос тепла и импульса в температурно-стратифицированном турбулентном пограничном слое с учетом турбулентной спиральности, взаимодействия среднего течения с турбулентностью, переноса пыли и аэрозолей. Обработка и анализ данных измерений в атмосферном пограничном слое, полученных в ходе экспедиций 2003, 2005, 2007 годов.

Обобщение и систематизация экспериментальных данных предыдущих исследований показали устойчивую связь скорости и интенсивности выноса мелкодисперсного аэрозоля в условиях слабых ветров с конвективными условиями в приповерхностном слое воздуха и, соответственно, с температурой поверхности почвы в аридной местности. Получены асимптотики для массовой концентрации мелкодисперсного аэрозоля. Внешними параметрами в рассматриваемой задаче являются динамическая скорость и величина падения температуры в термическом погранслое.

Основной вывод теории состоит в том, что массовая концентрация аэрозоля ΔC некоторой высоте вблизи поверхности почвы над термическим погранслоем пропорциональна амплитуде u_T скорости на уровне δ_T термического погранслоя, $\Delta C \sim u_T$. В свою очередь, амплитуда скорости является степенной функцией градиента температуры в приповерхностном слое (до 0.3 м) – $C \sim \alpha \delta T$, где α заключен в пределах между значениями 1/2 и 2/3. При больших значениях u_* массовая концентрация аэрозоля ΔC уменьшается как $(1/\delta T)^{1/2}$ при увеличении δT . Все указанные зависимости неплохо демонстрируются для данных по изменениям мелкодисперсного аэрозоля в 2007, 2009 гг в условиях слабых и умеренных ветров.

Полученные в 2007-2010 г.г. экспериментальные данные будут использованы для дальнейшего анализа эмиссии аридного аэрозоля и разработки блока источников субмикронного аэрозоля для включения в атмосферные модели транспорта примесей.

Исследован транспорт тяжелых примесей в экмановском пограничном слое. Теоретическая модель в предположении постоянной завихренности горизонтально ориентированной вытянутой вихревой структуры позволяет получить простую связь способности захвата и удержания тяжелых примесей с интенсивностью циркуляции. В зависимости от размера (и плотности) частицы длительное время могут длительное время удерживаться в ядрах вихрей. Непосредственное моделирование ансамбля частиц разной плотности, "выпущенного" в приземный слой в поле скорости, полученное в рамках расчета нелинейной модели мезомасштабной циркуляции атмосферного пограничного слоя, развитого ранее авторами демонстрирует указанный эффект. Приводятся оценки степени проникновения тяжелых примесей сквозь экмановский слой в свободную атмосферу в зависимости от его основных параметров.

Е.Б.Гледзер, И.Г.Гранберг, О.Г.Чхетиани. Динамика воздуха вблизи поверхности почвы и конвективный вынос аэрозоля. Известия РАН, ФАО, т.46(1), с.47-54, 2010.

O.G.Chkhetiani, M.S.Artamonova, E.B.Gledzer, M.I.Iordanskii, V.F.Kramar, R.D.Kuznetsov, L.O.Maximenkov, F.A.Pogarski, I.A.Repina. Boundary layer structure and fine dispersed aerosol emission in arid lands: field measurements, modeling and theoretical estimations, 5th international conference "Atmospheric Physics, Climate and Environment", Abstracts, p.15, Moscow, 2010.

Чхетиани Отто Гурамович, д.ф.-м.н., тел.8-495-333-22-23, ochkheti@mx.iki.rssi.ru

10. Развитие спектроскопических методов дистанционных измерений для определения метеорологических атмосферных параметров на основе угловых и спектральных распределений интенсивности излучения в ИК-диапазоне. Определение параметров окружающей среды по материалам аэрокосмических наблюдений для моделирования экологической обстановки.

Разработан метод идентификации облаков подинверсионного типа. Метод включает измерение углового распределения интенсивности уходящего ИК-излучения в окнах прозрачности атмосферы и в полосах поглощения водяного пара и углекислого газа. Проведен анализ результатов измерений, осуществленных со спутников серии «Космос» в этих диапазонах спектра, и синхронных спектрометрических данных в видимом и ближнем ИК-диапазоне 0,5-0,8 мкм. Определяющим параметром метода для оптически плотных облаков слоистых форм является угловое распределение радиационной температуры, отражающее соотношение собственного излучения облаков, излучательной способности и излучения надоблачного слоя атмосферы.

Исследована возможность усовершенствования метода определения высоты верхней границы облаков и их мощности на основе сочетания измерений собственного излучения облаков и отраженной солнечной радиации. Дополнительная информация о этих параметрах содержится в пространственной матрице изображения облака и тени, формируемого оптической системой и структурированным приемником излучения.

Князев Н.А., Антохин А.М., Втюрин С.А., Палатов Ю.А. Задача определения из космоса облаков физиологически активных веществ (ФАВ) в приземном слое атмосферы. "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов". Сборник научных статей. Т.7, № 4.- М.: ООО "ДоМира", 2010, с.225-231.

Городецкий А.К. Радиационные характеристики облаков водного и неводного аэрозоля. Тезисы докладов Восьмой открытой Всероссийской конференции. Институт космических исследований РАН, М., 15-19 ноября 2010 г. с.165-166.

Сячинов В.И., Кузнецова М.А. Определение содержания водяного пара в атмосфере по спектрометрическим измерениям со спутников. В сб. "Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов". Сборник научных статей. Т.7, № 3, –М.,: ООО "ДоМира", 2010, с.41-44.

Козлов Е.М. Характеристики дифференцированных вариаций спектральной яркости восходящего излучения системы поверхность-атмосфера в международном многоуровневом эксперименте "Карибэ-88" (Наблюдаемые реакции). Тезисы докладов Восьмой открытой Всероссийской конференции. Институт космических исследований, М., 15-19 ноября 2010 г. с. 54

Городецкий Александр Константинович, к.ф.м.н., тел.8-495-333-32-12, gora@mx.iki.rssi.ru