



**19-я Международная школа-конференция
молодых ученых**

САТЭП–2015. Тезисы докладов

**Состав атмосферы
Атмосферное электричество
Климатические процессы
САТЭП–2015**

Тезисы докладов

Туапсе — 2015

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АТМОСФЕРЫ ИМ. А.М. ОБУХОВА РАН
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ РАН
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ «БОРОК»
(ФИЛИАЛ ИНСТИТУТА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ ИМ. О.Ю.ШМИДТА)

**19-я Международная школа-конференция
молодых учёных**

**СОСТАВ АТМОСФЕРЫ
АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ**
25–29 мая 2015 года, Туапсе, Россия

19th International Conference of Young Scientists

**ATMOSPHERIC COMPOSITION
ATMOSPHERIC ELECTRICITY
CLIMATIC PROCESSES**
25–29 May, Tuapse, Russia

**Сборник тезисов докладов
Abstracts**

МОСКВА-ТУАПСЕ
ГЕОС
2015

УДК 551.5
ББК 26.323

**19-я Международная школа-конференция молодых учёных «Состав атмосферы. Атмосферное электричество. Климатические процессы». 25–29 мая 2015 года. Туапсе. Сборник тезисов докладов. М.: ГЕОС, 2015. 127 с.
ISBN 978-5-89118-680-4**

19th International Conference of Young Scientists «Atmospheric composition. Atmospheric electricity. Climatic processes». 25–29 May, Tuapse, Russia. Abstracts. Moscow. GEOS, 127 p.

Редколлегия:

И.И. Мохов, Н.Ф. Еланский, А.В. Чернокульский, Н.В. Панкратова,
В.А. Фалалеева, Ю.А. Штабкин

Финансовая поддержка конференции:

Российский фонд фундаментальных исследований (грант № 15–35–10134);
Российский научный фонд (грант № 14-47-00049).

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель

Мохов И.И., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Заместители председателя

Анисимов С.В., д.ф.-м.н., Геофизическая обсерватория «Борок» (филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН), Борок, Ярославская область

Еланский Н.Ф., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Фейгин А.М., д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Члены программного комитета

Володин Е.М., д.ф.-м.н., Институт вычислительной математики РАН, Москва

Гинзбург А.С., д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Голицын Г.С., академик РАН, д.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Гулёв С.К., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Жмур В.В., д.ф.-м.н., Московский физико-технический институт, Москва

Кислов А.В., д.г.н., Географический факультет МГУ, Москва

Куницын В.Е., д.ф.-м.н., Физический факультет МГУ, Москва

Лапшин В.Б., д.ф.-м.н., Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, Москва

Ларин И.К., д.ф.-м.н., Институт энергетических проблем химической физики РАН, Москва

Мареев Е.А., член-корр. РАН, д.ф.-м.н., Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Матвиенко Г.Г., д.ф.-м.н., Институт оптики атмосферы СО РАН, Томск

Полонский А.Б., член-корр. РАН, д.г.н., Морской гидрофизический институт, Севастополь

Соломина О.Н., член-корр. РАН, д.г.н., Институт географии РАН, Москва

Тимофеев Ю.М., д.ф.-м.н., Физический факультет СПбГУ, Санкт-Петербург

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Чернокульский А.В. (председатель)

*к.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,
Москва*

Панкратова Н.В. (заместитель председателя)

*к.ф.-м.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН,
Москва*

Артамонов А.Ю.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Скороход А.И.

к.г.н., Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Фалалеева В.А.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Федорова Е.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

Церенова М.П.

Туапсинское отделение Российского государственного гидрометеорологического университета, Туапсинский гидрометеорологический техникум, Туапсе

Штабкин Ю.А.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва

ЛЕКЦИИ

ПАРНИКОВЫЕ И АНТИПАРНИКОВЫЕ ЭФФЕКТЫ В ПЛАНЕТНЫХ АТМОСФЕРАХ

Гинзбург А.С.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
gin@ifaran.ru

Ключевые слова: планеты земной группы, состав атмосферы, спектр поглощения газов и аэрозолей, потоки солнечного и теплового излучения

В лекции будут обсуждены парниковые и антипарниковые эффекты в атмосферах планет земной группы.

Будут описаны особенности и различия формирования равновесного температурного режима поверхностей и атмосфер Земли, Марса и Венеры.

Будут продемонстрированы реальные и гипотетические температурные эффекты мощных газовых и аэрозольных выбросов, а также различная роль облачности в атмосферах планет.

ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ

Груздев А.Н.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

a.n.gruzdev@mail.ru

Ключевые слова: примеси, озон, двуокись азота, фотохимия, циркуляция, изменчивость, долгосрочные тренды, солнечная активность, квазидвухлетняя цикличность, годовой ход

На примере озона и двуокиси азота будут рассмотрены различные факторы и механизмы изменения содержания атмосферных примесей. Изменения их содержания могут происходить в результате фотохимических превращений, под влиянием динамических процессов, оказывающих влияние на перенос примесей, и при совокупном воздействии фотохимических и динамических процессов. Характер и интенсивность этих процессов модулируются внешними факторами, такими, например, как смена дня и ночи, уровень солнечной активности и др. Будут рассмотрены суточные, годовые и квазидвухлетние колебания содержания озона и NO_2 , изменения их содержания в течение 11-летнего цикла солнечной активности, линейные тренды O_3 и NO_2 , эффекты, вызванные вулканическими извержениями.

МАЛЫЕ ГАЗОВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ И ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ВЫСОТАХ МЕЗОСФЕРЫ

Куликов М.Ю.^{1,2}, Нечаев А.А.^{1,2}

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

mikhail_kulikov@mail.ru

Ключевые слова: средняя атмосфера, малые газовые составляющие, фотохимическая модель, микроволновое пассивное зондирование

В данной лекции представлен статистический (основанный на теореме Байеса) подход к восстановлению наиболее важных малых газовых составляющих мезосферы на высотах 50–75 км с помощью фотохимической модели по временным рядам концентрации озона, измеряемым в течение одного светового дня посредством микроволновых пассивных приборов наземного базирования. На модельных зашумленных временных рядах данной компоненты с учетом реалистичной неопределенности ее измерений в мезосфере, отвечающей известным озонметрическим спектро-радиометрам (на примере приборов OZORAM и GROMOS), исследована точность восстановления концентраций атомарных кислорода и водорода, гидроксила, гидропероксида и паров воды в зависимости от высоты, локального времени и длины исходного временного ряда, а так же с учетом априорной информации о возможных пространственно-временных распределениях концентрации паров воды по данным спутникового зондирования мезосферы.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проекты 13-05-00656-а и 15-45-02617-р_поволжье_а), гранта (соглашение от 27 августа 2013 г. № 02.В.49.21.0003 между МОН РФ и ННГУ) и гранта Правительства Российской Федерации (соглашение № 14.607.21.0107 от 28 ноября 2014).

ОЗОНОВЫЙ СЛОЙ В XXI ВЕКЕ

Ларин И.К.

Институт энергетических проблем химической физики РАН им. В.Л. Тальрозе, Москва,
Россия
iklarin@narod.ru

Ключевые слова: озоновый слой, прогностические сценарии, антропогенные факторы

В сообщении приводится краткий обзор литературных данных о восстановлении озонового слоя в XXI веке, а также результаты расчетов автора с использованием двумерной модели средней атмосферы Socrates и прогностических сценариев IPCC (Межправительственного комитета по изменению климата) концентраций парниковых газов RCP 4.5 и RCP 6.0. Показано, в частности, что после восстановления озоновый слой будет продолжать расти и к концу XXI века достигнет уровня, превосходящего “невозмущенный” дофреоновый уровень, что представляет не меньшую экологическую угрозу, чем истощение озонового слоя в конце XX века.

ЛАБОРАТОРНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ

Морозов И.И.

Институт химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Москва, Россия
morozov@chph.ras.ru

Ключевые слова: тропосферная деградация, галогенсодержащие кислоты, масс-спектры, аэрозоли, лабораторные методы, атомарный хлор

Монреальский и Киотский протоколы обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в атмосферу. В соответствии с этим подлежат выводу из круговорота атмосферы хлорфторуглероды, гидрофторуглероды и перфторуглероды, при трансформации которых в атмосфере образуются токсичные галогенсодержащие кислоты. Эти кислоты представляют серьезную опасность для растительности и животного мира. С помощью передвижной обсерватории «ТРОЙКА-6» в условиях Калмыкии и Северо-запада России обнаружена трихлоруксусная кислота ТХК. В атмосфере галогенсодержащие кислоты поглощаются влагой и гидролизуются. Лазерный флеш-фотолиз был применен для исследования процессов реакции радикалов ОН с галогенсодержащими кислотами в воде.

Методы масс-спектраметрии и ИК являются незаменимыми при исследовании механизмов реакций хлорэтиленов с атомарным хлором в воздухе. Они были применены для изучения реакций атомарного хлора в воздухе. Кинетические измерения были выполнены при давлении 1013 ± 15 гПа и температуре 298 ± 2 К в синтетическом воздухе в смоговой камере объемом 250 литров, изготовленной из нержавеющей стали. Для фотолиза молекулярного хлора применялись ртутные люминесцентные лампы. При фотодиссоциации атомы хлора образовывались в основном электронном состоянии. Анализ реакционной смеси *in situ* проводился с помощью газового хромато-масс-спектрометра Agilent 6890/5973 МС с использованием ХИ.

Аэрозольные процессы с участием атмосферных частиц были изучены с помощью метода электрораспыления растворов электролитов в вакуумную камеру.

Изученные процессы дают представление о механизмах деградации опасных веществ в тропосфере.

Литература:

1. *Karpov G.V., Morozov I.I.* Hydration of negative ions of trichloroacetic acid in aqueous solutions // *Chem. Phys. Lett.* 2013. V. 586. P. 40–43.
2. *Morozov I.I., Vasiliev E.S.* Kinetics and mechanism of the reaction of fluorine atoms with trifluoroacetic acid // *Chem. Phys. Lett.* 2011. V. 512. P. 172–177.
3. *Morozov I.I., Vasiliev E.S.* Kinetics and mechanisms of the reaction of fluorine atoms with pentafluoropropionic acid // *J. Phys. Chem. A*, 2014.

ХИМИЯ АТМОСФЕРЫ И КАЧЕСТВО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ: СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Скороход А.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
skorokhod@ifaran.ru

Ключевые слова: химия атмосферы, качество воздуха, малые газовые примеси, взвешенные вещества, индекс загрязнения атмосферы

В настоящее время уже более половины населения Земли проживает в городах. Исследованию химических процессов в атмосфере мегаполисов посвящены крупные международные программы (GURME, MEGAPOLI, CITIZEN). Урбанизированная среда все чаще становится неблагоприятной и даже опасной для здоровья человека. По современным оценкам, около 66 млн. человек в России постоянно проживают в условиях повышенного загрязнения атмосферы.

Традиционно к основным загрязняющим примесям, определяющим качество воздуха, относят взвешенные вещества (аэрозоли), диоксиды азота и серы, озон, угарный газ, тяжелые металлы. В последнее время значительно вырос удельный вес летучих органических соединений, которые не только опасны сами по себе, но и при высоком содержании заменяют NO_2 в цикле генерации озона.

В целом атмосферная химия в городе определяется несколькими факторами, среди которых местные источники (транспорт, промышленность, теплоэнергетика), дальний перенос, метеорологические условия, а также рельеф, плотность застройки и т.д.

В России и за рубежом существуют многочисленные методики расчетов показателей качества воздуха (наднациональные, национальные, муниципальные). Наиболее часто используются комплексные индексы загрязнения атмосферы (ИЗА), которые учитывают несколько ключевых компонентов состава атмосферы. В последнее время методики в области оценки качества воздуха направлены не только на фиксацию загрязнения, но и на прогноз. Для этого необходимы достаточно развернутая сеть наблюдений и численные модели с высоким разрешением, адаптированные для конкретного города и даже района. Набирает популярность интерактивный подход, когда информация о загрязнении среды поступает в единый центр от волонтеров, снабженных датчиками загрязняющих веществ. Информация оперативно усваивается и учитывается при прогностическом моделировании. Хотя пока еще такого рода проекты носят пилотный характер, несомненно, они будут входить в нашу повседневную жизнь уже в недалеком будущем.

АТМОСФЕРНЫЙ АЭРОЗОЛЬ И ЕГО КЛИМАТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Чубарова Н.Е.¹, Полюхов А.А.¹, Свириденков М.А.², Малинина Е.П.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

natalia.chubarova@gmail.com

Ключевые слова: аэрозоль, климат, АЭРОНЕТ, радиационные процессы

Атмосферный аэрозоль оказывает существенное воздействие на климат Земли. В зависимости от оптических и микрофизических свойств аэрозоля может наблюдаться его положительный или отрицательный радиационный форсинг и, как следствие, разный по знаку температурный эффект. В докладе рассматриваются механизмы образования аэрозолей, его состав и микрофизические и оптические особенности. Обсуждаются радиационные и климатические эффекты антропогенного аэрозоля. На основании долговременных измерений аэрозольных свойств атмосферы в рамках программы АЭРОНЕТ оценивается временная изменчивость грубодисперсной и мелкодисперсной фракции аэрозоля в Московском регионе с 2001 г. Получены характеристики аэрозольного городского загрязнения по данным параллельных измерений в Москве в МО МГУ и на Звенигородской научной станции ИФА РАН с 2006 г. На основании спутниковых данных MODIS оценено аэрозольное загрязнение в крупных городах России; обсуждаются его радиационные эффекты.

SOME SPECIFIC FEATURES OF PARTICLES AIR POLLUTION IN BEIJING AND SURROUNDING AREAS

Wang G.¹, Emilenko A.S.²

¹Institute of Atmospheric Physics, CAS, Beijing, China

²Institute of Atmospheric Physics, RAS, Moscow, Russia

wgc@mail.iap.ac.cn

Keywords: particles, air pollution, PM2.5, PM2.5/PM10 ratio

There is a serious situation for PM2.5 pollution in China at present. About 90% cities making PM2.5 monitoring, the PM2.5 concentration exceeds the state standard limit value. The most polluted areas in China are Beijing-Tianjin-Hebei region, Yangtze River Delta region and the Pearl River Delta region. Some specific features of particles air pollution in Beijing and surrounding areas are analyzed in this paper. Some research results indicate that PM2.5 is a dominate air pollution species during almost the whole year and at average, the ratio of PM2.5/PM10 maintains a relative high value in Beijing city, while in surrounding areas the PM2.5/PM10 ratio possesses a rather low value. Moreover, the compound pollution features are especially stressed, namely, the coal combustion, automobile exhaust, industrial waste gas are overlying each other in Beijing and its surrounding areas. Third, the specific geographical and meteorological conditions make particles accumulation and regional transfer rather complicated and different from that in other regions in China. The research results may service scientific basis for particles air pollution treatment in Beijing and surrounding areas.

ГИДРОДИНАМИКА И СТАТИСТИКА ПЫЛЬНЫХ ВИХРЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Курганский М.В.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
kurgansk@ifaran.ru

Ключевые слова: пыльные вихри, гидродинамические модели, атмосфера Земли и Марса

Дается обзор существующих гидродинамических моделей атмосферных пыльных вихрей и принципов их моделирования. Обсуждаются вопросы статистического описания популяции пыльных вихрей на Земле и Марсе, включая их распределение по интенсивности и размерам. Рассматриваются методы оценки плотности числа вихрей (их числа в расчете на единицу площади поверхности) как по данным оптических наблюдений, так и по результатам регистрации вихрей наземными метеорологическими датчиками. На концептуальном уровне рассматриваются возможные механизмы выноса пыли в атмосферу пыльными вихрями и обратное влияние поднятой пыли на их динамику.

ДИНАМИКА АРКТИЧЕСКОГО ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННЫХ И ЭКСПЕДИЦИОННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Репина И.А.^{1,2}, Иванов В.В.³

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³Гидрометцентр России, Москва, Россия

Repina@ifaran.ru

Ключевые слова: Арктический ледяной покров, сезонность площади морского льда, дистанционные методы исследования ледяного покрова, судовые наблюдения

Одной из глобальных проблем, стоящих сегодня перед человечеством, является меняющийся планетарный климат. Несмотря на то, что взгляды ученых на перво-причины наблюдаемых изменений климата весьма различны, факт наличия самих изменений сомнений не вызывает. Представляют большой научный и практический интерес количественная оценка современного состояния параметров климатической системы Земли, а также обоснованный прогноз этих параметров на последующие десятилетия. В этой связи северная полярная область занимает особое место как индикатор происходящих изменений вследствие эффекта полярного усиления. Знаковым проявлением этих изменений является резкое увеличение свободной ото льда площади в Северном Ледовитом океане в летний сезон, произошедшее в начале 2000-х годов. После 2007 г. ледяной покров на большей части СЛО стал сезонным, т.е. площадь, ежегодно очищающаяся ото льда, устойчиво превысила 50%. В лекции представляется обзор и сравнительный анализ методов исследования ледяного покрова: спутниковые методы, судовые и подледные наблюдения. Обсуждаются возможные последствия произошедших изменений для других компонент климатической системы, а также качественно оценивается вероятность достижения полностью сезонно безледного Северного ледовитого океана в ближайшем будущем.

BLOCKING ANTICYCLONES AND THEIR CHARACTERISTICS

Lupo A.R.

Department of Soil, Environmental, and Atmospheric Science, University of Missouri
LupoA@missouri.edu

Keywords: blockings, anticyclones

Blocking anticyclones are quasi-stationary, large-scale, mid-latitude and mid-tropospheric phenomenon which may persist from five to 35 days. They are a unique and comparatively rare atmospheric phenomenon that can have an impact on the prevailing conditions of a region for an entire season. They generally bring positive temperature and negative precipitation anomalies to those regions they affect, while bringing the opposite conditions upstream and downstream of their position. They tend to occur most often at the end of the Northern Hemisphere storm tracks, over the Pacific and Atlantic Oceans and over Eastern Europe. In the Southern Hemisphere they only occur along the South Pacific Convergence Zone and the mid-latitude Pacific Ocean storm track. Blocking events also interact with synoptic-scale cyclones which support them. They occur most frequently during the winter season in both hemispheres, but occur very rarely over the South Atlantic and Indian Oceans. Over the last 40 years, the number of blocking events has increased in both hemispheres, however, in the Southern Hemisphere, their numbers are steady or beginning to decline again. This may be due to better data coverage or to climate change. Blocking events have been shown to be more numerous and stronger over the Northern Hemisphere as a whole during La Nina years. In the Southern Hemisphere, this is the opposite since the South Pacific Convergence Zone is stronger during El Nino years. Other studies have suggested there is strong interdecadal variability in the occurrence of blocking events.

ПРОЦЕССЫ В СТОХАСТИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ И ИХ АНАЛОГИ В ТЕОРИИ КЛИМАТА

Демченко П.Ф.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
pasha@ifaran.ru

Ключевые слова: климатическая изменчивость, ансамблевый прогноз, нестационарный климатический отклик, термодинамика траекторий, флуктуационные теоремы, большие отклонения

Приводится обзор современных теоретических и экспериментальных работ по стохастической термодинамике – термодинамике траекторий – с точки зрения их близости к задачам прогноза изменений климата. Стохастическая термодинамика получила интенсивное развитие в последние десятилетия в связи с исследованием малых физических и биофизических систем в ситуациях, когда при определении их реакции на изменения внешних условий нельзя пренебрегать флуктуациями. В теории климата это соответствует, например, ансамблевым экспериментам по определению реакции Земной системы на относительно быстрые антропогенные изменения. Расчеты с моделями Земной системы при гипотетических сценариях инверсного хода внешнего воздействия начиная с какого-либо момента времени также типичны для проводимых в стохастической термодинамике экспериментов. Ядром стохастической термодинамики являются флуктуационные теоремы и вытекающие из них тождества (Бочкова – Кузовлева, Яржинского, Хатано – Сака). Асимптотическое соотношение Каллавогги – Коэна, которое также относится к классу флуктуационных теорем, играет важную роль при описании больших отклонений динамических систем и статистики редких событий. Тем самым флуктуационные теоремы могут быть востребованы при развитии теории климатических и погодных экстремумов.

АНСАМБЛЕВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Елисеев А.В.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
eliseev@ifaran.ru

Ключевые слова: моделирование климата, ансамблевый подход, байесовые статистические методы, CMIP, climateprediction.net, КМ ИФА РАН

В настоящее время всё более широко используется ансамблевый подход к моделированию климата. Этот подход потенциально позволяет учесть неопределённость результатов моделирования, связанную с неопределённостью начальных данных интегрирования модели, значений управляющих параметров этой модели, а также структурной неопределённости (связанной с недостаточным знанием структуры определяющих уравнений и расчётных алгоритмов задачи). Постановка численных экспериментов в ансамблевой форме позволяет проводить оценки изменений характеристик климатической системы не только в терминах "средней" (часто интерпретируемой как "наиболее вероятной") траектории, но и интервала неопределённости (например, доверительного интервала или стандартного отклонения) таких оценок. Часто используют ансамбль современных климатических моделей например, ансамбля климатических моделей CMIP5 (Coupled Models Intercomparison Project, phase 5). Целесообразна также постановка специальных ансамблевых численных экспериментов с климатическими моделями, в которых те или иные параметры моделей варьируются систематическим образом. Однако, наряду с большими вычислительными затратами при таких экспериментах, дополнительным затруднением является выделение членов ансамбля, реалистично воспроизводящих наблюдаемые особенности изменения климата.

В предлагаемой лекции проводится обзор ансамблевых методов моделирования климатической системы. При этом затрагиваются вопросы, связанные с интерпретацией результатов ансамблевых численных экспериментов. Особое внимание уделяется как математически корректным методам выбора управляющих параметров для проведения таких вычислений, так и методы обработки ансамблевых численных экспериментов. Обсуждается влияние различных источников неопределённости на полную неопределённость результатов моделирования. Рассматриваются примеры использования ансамблевого подхода к моделированию климата, в том числе для ансамблей CMIP разных поколений.

СУБАКВАЛЬНЫЕ ГАЗОВЫЕ ГИДРАТЫ КАК ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК МЕТАНА В АРКТИКЕ

Малахова В.В.

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск,
Россия
malax@sscc.ru

Ключевые слова: газовый гидрат, метангидраты, зона стабильности гидратов газов, субаквальная мерзлота, донные отложения, арктический шельф

Природные газовые гидраты, обнаруженные в большом количестве в донных осадках морей и океанов – потенциально опасный источник метана, который может включиться при повышении температуры или уменьшении уровня океана. Поддонные метангидраты Арктического бассейна, зона стабильности которых начинается с морских глубин 250–300 м, более подвержены тепловому воздействию. Однако особый интерес с позиций гидратоносности представляет шельф арктических морей. На мелководном арктическом шельфе с глубинами менее 150 м зона стабильности газовых гидратов связана с наличием подводной мерзлоты. Комплекс мерзлых пород обеспечил создание условий для формирования в арктических регионах зоны стабильности газогидратов при меньшей глубине воды. Огромное количество органического углерода может содержаться в зоне стабильности газогидратов, залегающей в пределах и ниже яруса мерзлых пород. Разрушение подводной мерзлоты и последующая дестабилизация газовых гидратов арктического шельфа может привести к быстрому вовлечению огромных количеств метана в современный цикл углерода.

В настоящей лекции представлены результаты математического моделирования зоны возможного распространения субаквальных метангидратов в Северном Ледовитом океане, как в глубоководных областях океана, так и в недрах мелководных шельфов. Оценка зоны стабильности гидратов проведена в зависимости от рассчитанных термобарических условий дна и донных осадков с учетом комплекса моделей, описывающего перераспределение тепла в системе атмосфера – лед – океан – донные отложения. Оценивается изменение состояния зоны стабильности гидратов в результате увеличения температуры придонной воды за период с 1948 по 2012 год и возможные выбросы метана в водную толщу и далее в атмосферу.

МИРОВОЙ ОКЕАН, ПАУЗА В ГЛОБАЛЬНОМ ПОТЕПЛЕНИИ И РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Полонский А.Б.

Морской гидрофизический институт, Севастополь, Россия
apolonsky5@mail.ru

Ключевые слова: циркуляция Мирового океана, Атлантическая мультидекадная осцилляция, глобальное потепление, изменения морской среды и климата Черноморского региона

The presentation generalizes the results concerning large-scale ocean-atmosphere interaction in the North Atlantic and Pacific Oceans and its impact on global and regional climate variability carried out by the author and his colleagues. It is shown, that Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) is crucial natural climatic signal for the Eastern European/ Black Sea region. It is characterized by amplitude which is the same order as human-induced centennial climate change and exceeds anthropogenic change at the decadal scale. The fast increasing of global and Northern Hemisphere air temperature in the last 30 yrs of XX century (especially pronounced in the North Atlantic region and surrounded areas) is due to coincidence of human-induced positive trend and transition from negative to positive phase of AMO. Recent global warming hiatus is the result of switch off of the AMO phase. Typical AMO temporal scale is dictated by meridional overturning variability in the Atlantic Ocean and associated magnitude of meridional heat flux and rate of thermohaline convection in the Northern Atlantic. Pacific Decadal Oscillation is the other natural signal which significantly impacts the regional climate variability. The multi-decadal oscillations manifest themselves in the Black Sea region by numerous manners. Wind-waves anomalies (including wave extremes), marine circulation and hydrochemical characteristics undergo the significant high-magnitude quasi-periodical decadal scale variations. In spite of relatively fast ice melting in the North Atlantic region, the realization of thermohaline catastrophe (the extremely heavy climatic conditions when meridional thermohaline circulation is shut down) for the recent climatic epoch is unlikely. It is concluded that mitigation and adaptation is very important issue not only for the anthropogenic global warming, but also for the natural climate variability especially in the certain regions.

МОДЕЛЬ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ АТМОСФЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ДИАГНОСТИКИ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Семенов В.А.^{1,2}

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Институт географии РАН, Москва, Россия

vasemenov@mail.ru

Ключевые слова: модель общей циркуляции атмосферы
диагностика климата
моделирование климата

Представлены характерные примеры использования моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) в задачах диагностики климатических изменений. Проводится обзор методов постановки численных экспериментов с МОЦА, рассматриваются некоторые проблемы, связанные с анализом и интерпретацией результатов.

ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ПОСЛЕДНИЕ ДВА ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ

Соломина О.Н.^{1, 2}

¹Институт географии РАН, Москва, Россия

²Томский Государственный Университет, Томск, Россия

olgasolomina@yandex.ru

Ключевые слова: косвенные данные о климате, причины изменений климата, реконструкции климата высокого разрешения

В докладе будут рассмотрены основные достижения современной палеоклиматологии, в том числе реконструкции температуры, гидроклимата и форсингов на основе палеоклиматических источников информации, возможности и ограничения палеореконовструкций и их значение для моделирования климата будущего.

CONTEMPORARY CHANGES OF THE GLOBAL CLIMATE AND THE HYDROLOGICAL CYCLE OVER NORTHERN EURASIA

Groisman P. Ya.¹, Bulygina O.N.², Shiklomanov A.I.³

¹UCAR at NOAA NCEI, Asheville, USA and IORAS, Moscow, Russia

²All-Russian Institute for Hydrometeorological Information, Obninsk and IORAS, Moscow, Russia

³University of New Hampshire, Durham, USA and IORAS, Moscow, Russia
pasha.groisman@noaa.gov

Ключевые слова: Global temperature, precipitation distribution, weather extremes, shifts in the seasonal cycle, snow cover characteristics, streamflow

В лекции будут представлены данные об изменениях глобальной и региональной температуры воздуха за период массовых инструментальных изменений в Северной Евразии и сопутствующих им изменениях гидрологического цикла. Все характеристики гидрологического цикла, которые регулярно измерялись в течении последних 50 лет на метеорологических и гидрологических сетях в регионе, будут рассмотрены на предмет их систематических изменений (трендов) и изменчивости.

Особое внимание будет уделено изменениям тех переменных, которые непосредственно влияют на хозяйственную деятельность человека в регионе, вызывая засухи, наводнения, эрозию почвы, и нарушения ожидаемого хода сезонного цикла (i.e., зимние оттепели и несвоевременный сход снежного покрова, раннее половодье и изменение распределения режима осадков). Для Российской Федерации и Арктики все результаты будут представлены до 2014 года включительно. Отдельно будут представлены данные об изменении подстилающего покрова Северной Евразии за последние десятилетия, полученные по спутникам NASA.

Доказательства того, что наблюдаемые региональные изменения (или их часть) "вызваны" глобальными процессами находятся за пределом тематики данной лекции. Объяснение причин – вопрос для климатических моделей. Однако, только тогда, когда эти модели могут (смогут) непротиворечиво описать ту реализацию регионального климатического процесса, который мы наблюдаем и задокументировали для периода инструментальных наблюдений, есть надежда, что их прогнозы могут быть использованы и для будущего.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ: НАБЛЮДЕНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ

Дмитриев Э.М., Анисимов С.В.

Геофизическая обсерватория "Борок" ИФЗ РАН, Борок, Россия
eldar@borok.yar.ru

Ключевые слова: атмосферное электричество, приземный слой, электродный эффект, моделирование

Приземный слой атмосферы составляет существенную часть нагрузки глобальной электрической цепи, сосредоточенной преимущественно в атмосферном пограничном слое в областях "хорошей погоды". Объемный заряд, образующийся в приземном слое атмосферы благодаря так называемому электродному эффекту, турбулентными и конвективными потоками разносится по всему атмосферному пограничному слою [1]. При этом, на электрические параметры приземного слоя атмосферы влияют как локальные, так и глобальные и региональные атмосферные и аэроэлектрические явления и процессы [2].

В докладе дан обзор результатов наземных натуральных измерений электрических параметров атмосферы. Продемонстрирована зависимость электрических параметров приземного слоя атмосферы от его состояния, стратификации, объемной активности радиоактивных газов, поступающих в приземный слой атмосферы с земной поверхности.

Представлены результаты аналитических и численных расчетов электрических параметров квазистационарного приземного слоя, основанные на данных наземных аэроэлектрических и аэрофизических наблюдений [3]. Показано, что характерные времена установления стационарного электрического состояния приземного слоя, как правило, не превышают характерных времен атмосферных процессов. Особое внимание уделено моделированию воздействия радиоактивных эманаций радона и торона с земной поверхности на скорость ионизации в приземном слое.

Рассчитываемые на основе данных наблюдений электрические параметры приземного слоя служат граничными условиями при моделировании электрических процессов в атмосферном пограничном слое. При этом результаты моделирования электрического состояния приземного слоя атмосферы могут использоваться в моделях как атмосферного пограничного слоя, так и глобальной электрической цепи.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты №№ 13-05-12060, 15-05-04960) и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН №7.

Литература:

1. *Anisimov S.V., Galichenko S.V., Shikhova N.M.* Space charge and aereoelectric flows in the exchange layer: An experimental and numerical study // *Atmospheric Res.* V. 135–136, January 2014. P. 244–254.
2. *Анисимов С.В., Шихова Н.М.* Исследование электрической составляющей климата среднеширотного региона // *Российский журнал наук о Земле.* 2009. Т. 11.
3. *Анисимов С.В., Дмитриев Э.М.* Численное моделирование электричества приземной атмосферы // *Геофизические исследования.* 2008. Т. 9, № 3. С. 7–15.

ВЫСОТНЫЕ РАЗРЯДЫ В АТМОСФЕРЕ: ФИЗИКА, ЭФФЕКТЫ, НАБЛЮДЕНИЯ

Евтушенко А.А.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
a_evtushenko@inbox.ru

Ключевые слова: высотные разряды, мезосфера, моделирование, наблюдения

Летом 1989 года профессор Джон Рандольф Уинклер направил на грозовые облака высокочувствительную видеокамеру и обнаружил две яркие вспышки, которые в отличие от молний шли не вниз, к земле, а вверх, к ионосфере. Так были открыты спрайты — самые крупные из высотных разрядов в атмосфере Земли. В англоязычной литературе высотные разряды получили общее название TLE (Transient Luminous Events), которое в настоящее время объединяет атмосферные явления с различной морфологией и разными физическими механизмами их инициации и развития.

Согласно сложившейся классификации выделяют следующие виды высотных разрядов. Спрайты – наиболее яркий и объемный тип высотных разрядов, занимают диапазон высот от 50 до 90 км, горизонтальные размеры до 30 км, время свечения спрайта достигает нескольких десятков миллисекунд. Гало – сравнительно слабое диффузное свечение длительностью около 1 мс с поперечным масштабом 40×80 км на высотах 75–85 км над областью молниевых разрядов. Физическая природа спрайта и гало связана с квазистатической компонентой электрического поля молниевых разрядов, при этом гало может возникать само по себе, одновременно со спрайтом или предшествовать ему. Джеты стартуют с верхней кромки облака и достигают высот 45–50 км, гигантские джеты до 70 км, а стартеры распространяются только до 20–25 км. Эльфы представляют собой расширяющуюся кольцеобразную область свечения на высотах около 95 км с центром, расположенным над молниевым разрядом. Инициация эльфа происходит при взаимодействии электромагнитного импульса достаточно мощных разрядов облако-земля с плазмой нижней границы D-области ионосферы.

В последнее время активно ведутся натурные наблюдения высотных разрядов с земли и с использованием спутников, развивается лабораторное и численное моделирование. В докладе планируется дать обзор последних экспериментальных данных и теоретических исследований высотных разрядов.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства Российской Федерации (договор № 14.В25.31.0023).

**Доклады
молодых учёных**

КВАЗИДВУХЛЕТНИЕ ВАРИАЦИИ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ NO₂, ОЗОНА И СТРАТОСФЕРНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Агеева В.Ю., Груздев А.Н.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
ageyevavy@tut.by

Ключевые слова: диоксид азота (NO₂), озон (O₃), квазидвухлетняя цикличность (КДЦ) экваториального стратосферного ветра

Исследуется влияние квазидвухлетней цикличности (КДЦ) в экваториальной стратосфере на общее содержание (ОС) NO₂, озона (ОСО) и стратосферную температуру на станциях северного (СП) и южного полушарий (ЮП). Для анализа были привлечены данные наземных спектрометрических измерений ОС NO₂, данные спутниковых измерений ОСО с помощью приборов TOMS (1979–2005 гг.) и OMI (2004–2014 гг.) и данные о температуре в стратосфере по результатам реанализа ERA-INTERIM (1979–2014 гг.). Влияние КДЦ на ОС NO₂, ОСО и стратосферную температуру в обоих полушариях наиболее выражено в зимне-весенние периоды.

Весной на высокоширотных станциях ЮП ОС NO₂, ОСО и стратосферная температура при восточной фазе КДЦ выше, чем при западной. На среднеширотных и тропических станциях ЮП в зимне-весенний период ОСО и стратосферная температура при восточной фазе КДЦ также имеют значения выше, чем при западной, тогда как ОС NO₂, наоборот, при восточной фазе КДЦ превышает аналогичные значения при западной фазе. Эффект КДЦ в ОС NO₂, ОСО и стратосферной температуре проявляется более разнообразно для станций СП, чем для станций ЮП. Можно отметить, что в целом для станций СП зимой ОС NO₂ при западной фазе КДЦ меньше, чем при восточной, тогда как весной, наоборот, значения при восточной фазе КДЦ превышают значения при западной.

Основное влияние КДЦ на ОС NO₂, ОСО и стратосферную температуру на вне-тропических станциях ЮП в зимне-весенний период связано с физико-химическими процессами, обуславливающими озонный дефицит в стратосфере в условиях динамической изоляции полярной стратосферы при сильном циркумполярном вихре. Более сложные зависимости для СП, чем для ЮП, предположительно, связаны с влиянием на зимнюю арктическую стратосферу внезапных стратосферных потеплений.

ДИСТАНЦИОННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПОСРЕДСТВОМ ПАССИВНОГО МИКРОВОЛНОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Беликович М.В., Мухин Д.Н., Швецов А.А., Рыскин В.Г., Фейгин А.М.
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
belikovich@appl.sci-nnov.ru

Ключевые слова: некорректные обратные задачи, снег, микроволны, снежный покров, дистанционное зондирование

Данные о характеристиках снежного покрова востребованы как в научных (например, климатических) исследованиях, так и сугубо прикладных задачах (достаточно указать на низкую степень надежности современного прогноза параметров весеннего паводка). В настоящее время для измерения параметров снега в основном используют контактные методы. Выбор дистанционных методов ограничен. По собственному излучению в инфракрасном диапазоне можно узнать температуру верхней кромки. Микроволновые методики более перспективны, так как они могут дать информацию о состоянии снега во всей толще. Получило распространение микроволновое спутниковое зондирование, позволяющее, в частности, измерить водный эквивалент снежного покрова [1]. Однако эти измерения очень грубы и их погрешность может превышать 100%. Наземные микроволновые методы носят экспериментальный характер и требуют привлечения большого объема априорной информации.

В докладе рассматривается метод восстановления характеристик снежных покровов по радиометрическим измерениям в микроволновом диапазоне. Описан метод измерений с помощью созданного в ИПФ РАН в 2015 г. мультиканального трехдиапазонного спектрорадиометра. Идея метода состоит в использовании собственного излучения неба в качестве диагностирующей подсветки [2]. В результате цикл измерений включает сканирование как снежного покрова, так и неба.

Описан алгоритм восстановления характеристик снежного покрова, впервые использующий модель излучения микроволнового излучения снежным покровом MEMLS, разработанную в институте прикладной физики Берна (Швейцария), для решения некорректной обратной задачи: восстановления характеристик снежного покрова по измеряемому спектру его собственного излучения. Предложенный алгоритм базируется на обращении модели с помощью аппарата нейронных сетей и учете априорной статистики совместных измерений контактными и микроволновыми методами.

Литература:

1. Kelly R.E.J., Chang A.T.C. Development of a passive microwave global snow depth retrieval algorithm for Special Sensor Microwave Imager (SSM/I) and Advanced Microwave Scanning Radiometer-EOS (AMSR-E) data // *Radio Sci.* V. 38(4), 8076, doi:10.1029/2002RS002648.
2. Shvetsov A.A. Use the feature of atmospheric millimeter wave emission for remote sounding of Earth cover // *Proceedings of 6th European Conference on Antennas and Propagation 2012.* P. 595–597, doi: 10.1109/EuCAP.2012.6206663

ФОТОХИМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ПРОЦЕССАХ ОБРАЗОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО АЭРОЗОЛЯ В ДЫМОВЫХ ШЛЕЙФАХ ОТ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЖАРОВ

Березин Е.В., Коновалов И.Б.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

e.berezin@appl.sci-nnov.ru

Ключевые слова: углеродсодержащий аэрозоль, полупелетучие органические соединения, вторичный органический аэрозоль, растительные и торфяные пожары

Углеродсодержащий аэрозоль (УСА), образующийся в результате растительных и торфяных пожаров, играет важную роль в климатических процессах, а также во многом определяет негативное влияние сильного загрязнения атмосферы, вызываемого пожарами, на здоровье людей [1]. Результаты лабораторных исследований УСА, полученные в последние годы [2], свидетельствуют о том, что ключевую роль в его атмосферной эволюции играют процессы с участием полупелетучих органических соединений (ПЛОС), определяющие межфазный динамический баланс в системе первичных газов и частиц, а также образование вторичного органического аэрозоля (ВОА). Вместе с тем, в большинстве современных модельных исследований эти процессы по существу игнорируются, в частности по причине отсутствия достаточно универсальных и апробированных параметризаций. Эти обстоятельства определяют большую значимость диагностики возможных проявлений процессов с участием ПЛОС в реальной атмосфере, что, в свою очередь, требует определения роли тех механизмов, которые не могут быть адекватно воспроизведены в лабораторных условиях.

В данном исследовании, основанном на результатах недавней работы [3], рассмотрен механизм фотохимического самовоздействия УСА. Путем численного моделирования ситуации, имевшей место в европейской части России в 2010 году в период интенсивных пожаров, показано, что интенсивность образования ВОА в дымовых шлейфах от растительных и торфяных пожаров при реальных условиях может существенно зависеть от величины аэрозольной оптической толщи (АОТ). АОТ определяет скорость процессов фотодиссоциации и концентрацию гидроксила, от которой, в свою очередь, зависит скорость генерации ВОА в результате окисления ПЛОС. Полученные результаты свидетельствуют о важности учета указанного механизма в работах по анализу и прогнозу загрязнения атмосферы вследствие пожаров, а также в климатических и метеорологических исследованиях, результаты которых могут зависеть от предположений относительно содержания и свойств УСА.

Литература:

1. *Andreae M.O. et al.* Climate's Dark Forcings // *Science*. 2013. V. 340. P. 280–281.
2. *Jathar S.H. et al.* Unspeciated organic emissions from combustion sources and their influence on the secondary organic aerosol budget in the United States // *PNAS*. 2014. V. 111. P. 10473–10478.
3. *Kononov I.B. et al.* The role of semi-volatile organic compounds in the mesoscale evolution of biomass burning aerosol: a modelling case study of the 2010 mega-fire event in Russia // *ACPD*. 2015. V. 15. P. 9107-9172.

МЕТОД ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННЫХ ЭМИССИЙ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА, ОСНОВАННЫЙ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТРОПОСФЕРНОГО СОДЕРЖАНИЯ ДИОКСИДА АЗОТА И МОНООКСИДА УГЛЕРОДА

Березин Е.В., Коновалов И.Б.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

e.berezin@appl.sci-nnov.ru

Ключевые слова: антропогенные эмиссии, обратное моделирование, моделирование состава атмосферы

Увеличение атмосферной концентрации диоксида углерода (CO_2), одного из основных парниковых газов, в настоящее время в большей степени определяется деятельностью человека. Главным источником информации об эмиссиях парниковых газов являются международные и региональные инвентаризации эмиссий, которые составляются на основе доступной информации о потреблении ископаемого топлива. Информация такого рода может быть связана с рядом неопределенностей [1], что приводит к неточностям на оценках эмиссий. Уточнение имеющихся оценок возможно путем привлечения дополнительной информации, полученной с использованием спутниковых измерений в рамках обратного моделирования. Однако прямое использование спутниковых измерений CO_2 с этой целью в настоящее время имеет ряд ограничений, связанных с физико-химическими свойствами данного газа в атмосфере и влиянием биосферы на его содержание.

Целью данного исследования является развитие нового подхода к оценке эмиссий CO_2 [2, 3], основанного на использовании спутниковых измерений сопутствующих примесей в рамках обратного моделирования и предполагающего комбинацию информации, полученной с использованием спутниковых измерений, с данными глобальных инвентаризаций эмиссий. В рамках данного исследования разработан метод, позволяющий получить оценку региональных антропогенных эмиссий CO_2 на основе спутниковых измерений NO_2 и CO .

С целью проверки метода и определения его возможностей и ограничений предлагаемый метод был применен для оценки суммарных антропогенных эмиссий CO_2 от стран ЕС15 для 2008 года. Полученная оценка суммарных эмиссий CO_2 за рассматриваемый период в пределах неопределенности (~15%) совпадает с аналогичными оценками, приведенными в международных кадастрах эмиссий EDGAR и CDIAC.

Литература:

1. Guan D. et al. The gigatonne gap in China's carbon dioxide inventories // Nat. Clim. Change. 2012. V. 2. P. 672–675.
2. Berezin E.V. et al. Multiannual changes of CO_2 emissions in China: indirect estimates derived from satellite measurements of tropospheric NO_2 columns // ACP. 2013. V. 13.
3. Kononov I.B. et al. Constraining CO_2 emissions from open biomass burning by satellite observations of co-emitted species: a method and its application to wildfires in Siberia // ACP. 2014. V. 14.

РАДОН-222 В ПРИЗЕМНОМ ВОЗДУХЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ К ЗАДАЧАМ АТМОСФЕРНОЙ ХИМИИ

Березина Е.В., Еланский Н.Ф., Скороход А.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

e_berezina_83@mail.ru

Ключевые слова: радон-222, вертикальное атмосферное перемешивание, инверсии температуры, потоки газов из почвы в атмосферу, парниковые газы, эмиссии и стоки, летучие органические соединения.

Из-за значительного влияния радиоактивного газа радона (^{222}Rn) и его дочерних продуктов распада на здоровье человека, необходим постоянный мониторинг их содержания в приземном воздухе. Кроме того, ^{222}Rn известен как удобный трассер для исследования различных атмосферных процессов [1], в том числе для оценки эмиссий климатически активных газов [2].

Надёжных данных о вариациях приземной концентрации ^{222}Rn и его потока из почвы в атмосферу на территории России очень мало и они крайне разрознены. В связи с этим, выполнен детальный анализ распределения приземной концентрации ^{222}Rn на территории России по данным измерений с передвижной лаборатории вдоль Транссибирской магистрали (Москва – Владивосток – Москва) в 1999–2008 гг. Наибольшие концентрации ^{222}Rn (до 75–80 Бк/м³) получены в горных регионах России и регионах с крупными тектоническими разломами (Центральная и Восточная Сибирь, Дальний Восток). Осенью приземная концентрация ^{222}Rn максимальна, а весной – минимальна, что обусловлено сезонной изменчивостью характеристик атмосферного перемешивания и состояния почвы.

Предложен метод расчёта потока ^{222}Rn из почвы в атмосферу, основанный на накоплении ^{222}Rn в толще пограничного слоя в условиях приземной инверсии температуры по данным измерений с передвижной лаборатории. Впервые получены потоки ^{222}Rn из почвы в атмосферу для обширной территории России с различными геологическими и климатическими особенностями. По данным о концентрациях и потоках ^{222}Rn впервые выполнены количественные оценки CH_4 и CO_2 из наземных экосистем, а также сухого осаждения O_3 для различных регионов России в различные сезоны. Полученные оценки согласуются с данными, представленными в ведущих научных журналах.

В дальнейшем планируется исследование приземных концентраций основных ЛОС (бензол, толуол, ксилол, изопрен, монотерпены, метанол и др.) на территории России по данным измерений с передвижной лаборатории и определение их эмиссий, в том числе с использованием радонового метода.

Литература:

1. *Wilkenning M.* Radon in Atmospheric Studies: A Review. Special symposium on natural radiation environment, Bombay (India), 19–23 Jan 1981. 10 p.
2. *Schmidt M., Graul R., Sartorius H., Levin I.* Carbon dioxide and methane in continental Europe: a climatology, and 222 radon-based emission estimates // *Tellus*. 1996. V. 48. P. 457–473.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ КОНЦЕНТРАЦИИ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В СПЕКТРАЛЬНОМ ДИАПАЗОНЕ 290–450 НМ

Божкова В.В.¹, Бручковский И.И.², Дёмин В.С.², Светашев А.Г.^{1,2},
Турышев Л.Н.²

¹Факультет радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь

²Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь
schwarzekatze93@mail.ru

Ключевые слова: общее содержание озона, вертикальное распределение озона, озон, двуокись азота, наземные наблюдения, восстановление вертикального профиля, перенос излучения в атмосфере, libRadtran

Теоретически и экспериментально исследовано влияние общего содержания и вертикальных профилей концентрации O_3 и NO_2 на спектры приземного солнечного УФ и видимого излучения при измерениях спектральной освещенности земной поверхности и яркости различных участков небесной сферы.

Показано, что спектры освещенности достаточно чувствительны к высоте расположения слоев O_3 и NO_2 и их форме, что открывает путь к созданию достаточно эффективной методики определения параметров профиля концентрации.

Разработан вариант алгоритма методики восстановления вертикальных профилей, основанный на оптимизационной процедуре. Для этого проведены предварительные исследования информативности спектров, выбраны наиболее чувствительные спектральные диапазоны измерения для каждого из газов.

Предложены варианты параметризаций для аналитического задания формы вертикальных профилей, позволяющие сократить число варьируемых параметров до шести.

Опробованы различные варианты целевой функции, а также виды процесса оптимизации, включая генетические алгоритмы.

В качестве «расчетного ядра» процессов переноса излучения в атмосфере в рабочий алгоритм включались модули Open Source пакета libRadtran-2.0-beta.

Проведены расчеты восстановления вертикальных профилей распределения концентрации O_3 и NO_2 по спектрам плотности энергетической освещенности, измеренным спектро радиометром ПИОН-УФ, разработки ННИЦ МО БГУ и спектрам яркости, измеренным установками на базе спектрометров Oriel MS-257 и Oriel MS-260 с ПЗС-матрицами Andor Technology DV-420A-OE. Рабочие диапазоны спектро радиометра и спектрометров составляли, соответственно, 290x450 и 420x450 нм, а спектральное разрешение 0.8 и 0.6 нм.

Измерения проводились в 2013–2015 г. на Минской озонометрической станции ННИЦ МО БГУ и в районах базирования БАЭ (Российские антарктические станции Молодежная и Прогресс). Полученные результаты сопоставлены с данными орбитальных наблюдений и реанализа.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ NO₂ И HCHO В ТРОПОСФЕРЕ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ НА ЗВЕНИГОРОДСКОЙ НАУЧНОЙ СТАНЦИИ

Боровский А.Н.¹, Постыляков О.В.¹, Иванов В.А.², Канава Y.³, Красовский А.Н.², Бручковский И.И.², Елохов А.С.¹

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь

³Department of Environmental Geochemical Cycle Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Yokohama, Japan
alexander.n/borovski@gmail.com

Ключевые слова: формальдегид, двуокись азота, дистанционное зондирование, методика DOAS, загрязнения атмосферы

Формальдегид (HCHO) является короткоживущим продуктом окисления летучих органических соединений и тесно связан с их природными и антропогенными источниками. Поскольку формальдегид имеет сильные полосы поглощения в ультрафиолетовой области спектра, его содержание может быть измерено оптическими методами дистанционного зондирования, в том числе методами дифференциальной спектроскопии (DOAS).

В 2008 году на Звенигородской научной станции (ЗНС) Институтом физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН начаты спектральные измерения рассеянной солнечной радиации, приходящей из нескольких направлений по методу MAX-DOAS с использованием аппаратуры Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. Мы разработали новый алгоритм восстановления содержания HCHO по измеряемому MAX-DOAS прибором спектрам [1]. Метод применим для наблюдений в ясных условиях. Обновленная версия алгоритма учитывает информацию об альбедо подстилающей поверхности и высоты пограничного слоя атмосферы в момент измерений.

В наших данных заметна связь содержания HCHO и температуры воздуха. Для количественной оценки этой связи мы разделили данные на группы по направлениям ветра с шагом 90° и построили линейную аппроксимацию этой зависимости для каждой из групп. Температурная зависимость для различных направлений ветров имеет похожие значения наклона линий ($7.5-9.3 \times 10^{14}$ мол•см⁻²•°C⁻¹). Повышение содержания формальдегида с ростом температуры воздуха, вероятно, является следствием увеличения эмиссий главного источника формальдегида – неметановых летучих органических соединений.

Сильное влияние на качество воздуха оказывает Московский мегаполис: повышенные содержания формальдегида при всех температурах соответствуют переносу воздушных масс из Москвы в ЗНС. Средний сдвиг содержания формальдегида в период преобладания ветров восточных направлений относительно содержания в период преобладания ветров западных направлений составляет порядка 0.85×10^{16} мол•см⁻².

Литература:

1. Borovski A.N., Dzhola A.V., Elokhov A.S., Grechko E.I., Postylyakov O.V., Kanaya Y. First measurements of formaldehyde integral content at Zvenigorod Scientific Station // Int. J. of Remote Sensing. 2014. V. 35. № 15. P. 5609-5627. doi:10.1080/01431161.2014.945011.

О НАХОЖДЕНИИ ИСТОЧНИКОВ ДВУОКСИ АЗОТА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ЕЁ ИНТЕГРАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ В ТРОПОСФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЗОМАСШТАБНОГО ХИМИКО-ТРАНСПОРТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бородко С.К.¹, Матешева А.В.², Боровский А.Н.^{1,2}, Иванов В.А.³,
Постыляков О.В.²

¹Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

³Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко БГУ, Минск, Беларусь
barodka@bsu.by

Ключевые слова: двуокись азота, тропосфера, наземные наблюдения, обратная задача, источники микропримесей, химико-транспортное моделирование, WRF-Chem

В рамках данного исследования проанализирована возможность применения химико-транспортного моделирования для локализации пространственных и точечных источников атмосферной микропримеси в заданном регионе на основе некоторой серии измерений её интегрального содержания в тропосфере.

В качестве экспериментальных данных для анализа в рамках данной работы используются результаты измерений интегрального содержания двуокси азота в тропосфере, осуществлённых как на территории мегаполиса, так и на станциях наблюдения на некотором удалении от него. При этом использовались данные как стационарных, так и мобильных пунктов наблюдения.

Для моделирования переноса микропримеси в атмосфере использовалась модель WRF-Chem, позволяющая воспроизводить атмосферный перенос с учётом циркуляции и турбулентного перемешивания. С целью детального воспроизведения в модели реалистичной структуры атмосферных течений расчёты химического переноса проводились в «окне высокого разрешения» – вложенной области, охватывающей интересующий регион (мегаполис и его окрестности), с использованием одного или двух уровней вложенности. Такая конфигурация позволяет моделировать мезомасштабные атмосферные процессы, что необходимо для решения рассматриваемой задачи, а также рассмотреть принципиальную возможность воспроизведения в модели микромасштабной циркуляции; особое внимание при этом уделяется реалистичному представлению характеристик подстилающей поверхности и выбору источника начальных и граничных условий атмосферной модели. Кроме того, для решения поставленной задачи используется возможность задания в модели WRF-Chem протяжённых и точечных источников микропримеси, связанных с транспортной инфраструктурой и промышленными объектами.

На основе полученных результатов делается вывод о возможности реализации решения обратной задачи о пространственной локализации источников двуокси азота на основе серии измерений её общего содержания и результатов химико-транспортного моделирования.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОСТИ ПО ДАННЫМ ОРБИТАЛЬНЫХ И НАЗЕМНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ, А ТАКЖЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ WRF

Бутурля Е.Л.¹, Яковцева Я.А.¹, Светашев А.Г.^{1,2}, Турышев Л.Н.², Бородко С.К.², Бручковский И.И.²

¹Факультет радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь

²Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь
ume_1421@mail.ru

Ключевые слова: облачность, определение параметров облачности, спутниковые наблюдения, наземные наблюдения, перенос излучения в атмосфере, мезомасштабное моделирование, libRadtran, WRF, перламутровые облака

Проведены систематические исследования различных параметров систем облаков с применением методов орбитальных и наземных наблюдений, а также метода мезомасштабного моделирования в системе WRF.

Представлены данные 2013–2015 гг. для Европейского региона (в частности для территории Республики Беларусь) и для района базирования БАЭ (Российские ст. Молодежная и Прогресс, Антарктида).

Для наземных наблюдений разработана система определения отдельных параметров облачности по спектрам плотности энергетической освещенности (СПЭО).

Измерительный модуль системы – спектрорадиометр ПИОН-УФ, оснащен дифракционным монохроматором с вычитанием дисперсий, рабочим диапазоном $\lambda = 290 \times 450$ нм и спектральным разрешением $\Delta\lambda = 0.8$ нм.

Кроме того, предусмотрен опорный канал, регистрирующий излучение в красной области видимого спектра.

«Коллективные» свойства облаков: оптическая толщина слоя облачности, высота слоя, балл облачности, спектр излучения, рассеянного облаками определялись по данным СПЭО специально разработанной процедурой с использованием модельных спектров, рассчитанных с помощью модулей пакета libRadtran. Для этого разработано соответствующее программное приложение.

Данные о высоте и температуре верхнего слоя облаков, природе облачных частиц, оптической толщине слоя облачности, пространственных характеристиках, скорости развития, перемещения и др. определялись по данным различных метеоспутников.

Аналогичные параметры (их список был специально подобран для сопоставления с данными экспериментальных измерений) рассчитывались в системе мезомасштабного прогноза WRF.

Для сопоставления данных различных типов была разработана специальная процедура и набор программных средств. Кроме прочего, в рамках данной работы решалась задача валидации и оценки возможностей модельных расчетов в системе WRF. В частности, была предпринята попытка моделирования наблюдавшегося в январе 2013 г случая образования в атмосфере над Альпами редких перламутровых облаков.

ВЫНОС АРИДНОГО АЭРОЗОЛЯ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ ВЕТРОВ

Вазаева Н.В.¹, Гледзер Е.Б.¹, Курганский М.В.¹, Лебедев В.А.³, Обвинцев Ю.И.³, Чхетиани О.Г.^{1,2}

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³НИФХИ им. Л.Я. Карпова, Москва, Россия

ifanataly@gmail.com

Ключевые слова: субмикронный аэрозоль, полевые измерения, конвективный подъем, вертикальный поток аэрозоля, параметры статистической устойчивости АПС, актинометрические измерения

Представлены систематизированные результаты полевых измерений аэрозоля в полупустынных районах Прикаспийской низменности (Черные земли, Республика Калмыкия) в летний период 2007–2013 гг.

В дневные часы в жаркую сухую погоду наблюдается интенсивный конвективный подъем субмикронного аэрозоля с песчаных массивов и сухих суглинистых почв.

При слабых ветрах поток субмикронного аэрозоля увеличивается по степенному закону в зависимости от градиента температуры в приповерхностном слое воздуха. В то же время, с возрастанием скорости ветра, когда начинается вынос более крупных фракций аэрозоля, поток субмикронного аэрозоля падает.

Приведены расчеты вертикального потока аэрозоля в атмосферу в дневные часы при слабых ветрах (и при отсутствии сальтации) для данных 2009–2011 и 2013 годов.

Рассмотрена связь эмиссии аэрозоля с параметрами статистической устойчивости атмосферного пограничного слоя и данными актинометрических измерений.

Результаты исследований предполагается использовать при учете несальтационного подъема субмикронного аэрозоля в мезомасштабных атмосферных моделях.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ИНТЕРНЕТ-ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ДОЗ ЭРИТЕМНОЙ УФ-РАДИАЦИИ И УФ-РЕСУРСОВ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Жданова Е.Ю., Чубарова Н.Е.

Географический факультет МГУ имени М.В.Ломоносова, Москва, Россия
ekaterinazhdanova214@gmail.com

Ключевые слова: интерактивная программа, эритемная ультрафиолетовая радиация, витамин D, УФ-ресурсы, Северная Евразия

УФ-радиация может существенно влиять на здоровье человека через кожный покров путем образования эритемы (основной отрицательный эффект) и синтеза витамина D (основной положительный эффект). Для оценки ресурсов УФ-радиации на территории Северной Евразии разработана интерактивная программа (<http://momsu.ru/uv/>). Она позволяет оценить уровень УФ-радиации и его воздействие на здоровье людей с разными типами кожи в заданной географической точке и в заданное время, имея информацию об основных параметрах, которые определяют поступление УФ-радиации к поверхности Земли (общее содержание озона, облачное пропускание, альbedo поверхности, аэрозольная оптическая толщина). Основные параметры, влияющие на УФ-радиацию, могут задаваться климатическими значениями, используя специально подготовленные базы данных, или определяться пользователем. В программе учитывается открытость тела человека, что важно при оценках уровня УФ-радиации, необходимого для синтеза витамина D. Для расчета доз эритемной УФ-радиации были созданы электронные таблицы, которые обеспечивают значения плотности потока эритемной УФ-радиации у поверхности Земли в безоблачных условиях в зависимости от высоты Солнца, общего содержания озона, аэрозольной оптической толщины на длине волны 380 нм. Таблицы рассчитаны с помощью одномерной радиационной модели TUV (Madronich, Flocke, 1998, Чубарова, 2006) методом дискретных ординат DISORT в восьмипотоковом приближении. Показано согласие рассчитываемых программой доз эритемной УФ-радиации с экспериментальными данными для равнинных территорий в теплый период года.

Литература:

1. Чубарова Н.Е. О роли тропосферных газов в поглощении УФ радиации // Докл. РАН. 2006. № 2. С. 294–297.
2. Madronich S., Flocke S. The role of solar radiation in atmospheric chemistry // Handbook of Environ. Chem. / Ed. by P. Boule. Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. P. 1–26.

О ВОССТАНОВЛЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ТРОПОСФЕРНОЙ ОБЛАЧНОСТИ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ МЕТОДА ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Иванов В.А.¹, Постыляков О.В.²

¹Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени
А. Н. Севченко» БГУ, Минск, Беларусь

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
victor.ivanov@list.ru

Ключевые слова: облачность, оптическая толщина, метод DOAS, зенитный метод, мониторинг.

Существующие методы восстановления содержания малых газовых примесей атмосферы по измерениям метода дифференциальной спектроскопии могут использоваться для ясных условий наблюдений. Точность разрабатываемых методов для облачных условий существенно зависит от дополнительной информации о характеристиках облачности. Нами разрабатывается методика восстановления оптических характеристик облачности тропосферы по имеющимся дифференциальным спектрам рассеянной радиации. В численных экспериментах и по натурным данным изучено влияние характеристик облачности (оптическая толщина, нижняя и верхняя граница облачности) на такие измеряемые параметры, как фактор воздушной массы димера кислорода, эффективная толщина Ринг-эффекта, индекс цветности и абсолютная интенсивность радиации. Получены оценки точности абсолютной калибровки 0.33 мВт/(м² нм), содержанию димера кислорода 4.5×10⁴² мол/см². Вариации эффективной толщины Ринг-эффекта находятся на уровне шумов при имеющейся измерительной аппаратуре. Анализируются возможные точности определения параметров облачности возможные при таких точностях калибровки.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ грант X14P-135 и РФФИ грант 14-05-90012.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ОЗЁР СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ

Казанцев В.С.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
kazantsev@ifaran.ru

Ключевые слова: метан, озёра, парниковый газ

ВВЕДЕНИЕ

Метан, относящийся к малым газовым составляющим современной атмосферы Земли, является одним из основных парниковых газов (Climate Change, 2007). Глобальная годовая эмиссия метана из озёр оценивается в 8–50 мегатонн (Anderson et al., 2010).

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проходили в конце сентября - начале октября 2014 года на озере Паанаярви и небольшом озере (мы его условно обозначили как Тихое) вблизи восточной оконечности озера Паанаярви. Оба объекта находятся на территории республики Карелия.

МЕТОДЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Измерения проводились методом плавающих тёмных камер. Время экспозиции составляло 30 минут, за которые отбиралось 4 пробы камерного воздуха. В каждой точке измерений так же определялись физико-химические свойства водного профиля, глубина озера и температурный профиль. Концентрации метана в каждой пробе определялись в 3–4-кратной повторности на газовом хроматографе с ПИД. Значения поверхностной плотности потока метана (ПППМ) рассчитывались методом линейной регрессии с весами для положительных значений и нелинейной регрессии для отрицательных значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Статистические характеристики полученных выборок значений поверхностной плотности потока метана ($\text{мгСН}_4 \text{ м}^{-2} \text{ час}^{-1}$) для озёр Паанаярви (29 значений ПППМ) и Тихое (15 значений ПППМ), соответственно, следующие: -0,01/0,01/0,03 и 0,11/0,22/0,55, где первое число соответствует первому квартилю, второе – медиане, третье – третьему квартилю выборки. Более высокие значения ПППМ на оз. Тихом можно объяснить илистым характером его дна, в котором содержится большее количество органического субстрата для метанпродуцирующих бактерий, нежели в каменистом дне озера Паанаярви.

Исследование проведено при поддержке гранта РФФИ 14-05-91764 АФ_а Углеродный цикл в системе "озеро-атмосфера": наблюдения и моделирование/Исследование взаимодействия водной поверхности и атмосферы и потоков парниковых газов в северных озерных системах.

Литература:

1. Climate Change 2007: The Physical Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al. (eds.). Cambridge; New York: Cambridge University Press, 2007. P. 433–497.
2. Anderson B., Bartlett K., Frolking S. et al. (2010). Methane and Nitrous Oxide Emissions from Natural Sources (EPA, Washington, DC).

ОПТИЧЕСКИЕ И МИКРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛОТНЫХ ДЫМОК НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ И КИТАЯ

Карпов А.В., Горчаков Г.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
karpov@ifaran.ru

Ключевые слова: дымовой аэрозоль, оптика и микрофизика аэрозоля, поглощательная способность аэрозоля

Плотные дымки сравнительно часто наблюдается как на территории России, так и в Китае. Они радикально меняют радиационный режим атмосферы и негативно влияют на экологическую обстановку.

На территории России плотные дымки образуются при крупномасштабных лесных и лесо-торфяных пожарах. Широко известны задымления европейской территории России в 2010 г. и задымление Сибири в 2012 г. [1]. На Северной Китайской равнине часто наблюдаются антропогенно обусловленные плотные дымки.

Оптические и микрофизические свойства дымок оценивались по данным AERONET. Анализ показал, что во время интенсивных задымлений территории России при пожарах в бореальных лесах оптические свойства дымового аэрозоля определяются его тонкодисперсной фракцией. Существенной особенностью дымового аэрозоля России является сравнительно слабая поглощательная способность. Вероятность выживания кванта часто достигает 0.96–0.98, а иногда 0.99 («белый дым»). В ряде случаев спектры поглощения дымового аэрозоля аппроксимируются экспоненциальными функциями. При интенсивных задымлениях в бореальных лесах России неоднократно наблюдалась отрицательная поляризация рассеянного дымовым аэрозодем света.

В плотных дымках на территории Китая относительный вклад грубодисперсной фракции аэрозоля заметно больше, чем в дымовом аэрозоле на территории России. Второй особенностью плотных дымок Китая является большая поглощательная способность. Вероятность выживания кванта в дымках Китая может снижаться до 0.8–0.85, а иногда и меньше, что обусловлено высокими концентрациями сажевого аэрозоля.

Рассмотрена изменчивость массовой концентрации дымового аэрозоля при задымлении московского региона осенью 2014 г., которое было обусловлено совместным влиянием дальнего переноса дымового аэрозоля и близкими локальными пожарами в Московской области.

Работа выполнена при поддержке РНФ (грант № 14-47-00049).

Литература:

1. Gorchakov G.I., Sitnov S.A., Sviridenkov M.A., Semoutnikova E.G., Emilenko A.S., Isakov A.A., Kopeikin V.M., Karpov A.V., Gorchakova I.A., Verichev K.S., Kurbatov G.A., Ponomareva T.Ya. Satellite and ground – based monitoring of smoke in the atmosphere during the Summer wildfires in European Russia in 2010 and Sibiria in 2012 // Int. J. Of Remote Sensing. 2014. V. 35, N 15. P. 5698–5721.

ИНТЕРКАЛИБРОВКА ИК КАНАЛОВ СКАНЕРА МСУ-МР ПО ДАННЫМ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРА SEVIRI

Киселева Ю.В., Рублев А.Н., Кухарский А.В.

ФГБУ "НИЦ "Планета"

volhonoko@mail.ru

Ключевые слова: *интеркалибровка, радиометр, SEVIRI, AIRS, МСУ-МР*

Использование результатов мониторинга Земли со спутников ДЗЗ в климатических исследованиях и в численных моделях прогноза погоды предъявляет повышенные требования к точности измерений и стабильности работы спутниковых приборов. Во время спутникового мониторинга в характеристиках измерительных каналов приборов могут происходить изменения, которые часто невозможно выявить на Земле до запуска спутника, а также компенсировать или учесть средствами бортовой калибровки. В связи с этим появляется необходимость интеркалибровки спутниковых приборов, когда измерения одного прибора поверяются по измерениям более точного и стабильного (в смысле измерительных погрешностей) прибора, установленного на другом спутнике.

В презентации дается методика и представлены результаты интеркалибровки сканера МСУМР, установленного на российском полярно-орбитальном спутнике «МетеорМ» №2, по SEVIRI – сканеру европейского геостационарного спутника Meteosat10. Радиометр SEVIRI успешно функционирует в составе спутников серии Meteosat. Интеркалибровочные кампании, проводимые рядом исследовательских групп, показали высокую стабильность его радиометрических характеристик. В методике реализован оригинальный способ сравнения радиационных температур, определенных непосредственно по данным МСУ-МР и SEVIRI над океанской поверхностью в районе подспутниковой точки Meteosat-10 в условиях безоблачной или малооблачной погоды. Способ позволяет значительно уменьшить погрешности интеркалибровки, возникающие из-за попадания отдельных участков суши или облаков в поле зрения спутниковых приборов вследствие неточности географической привязки подспутниковых пикселей или ошибок алгоритмов детектирования облачности.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЯДОВ НАБЛЮДЕНИЙ ОСО И УФР НА СРЕДНШИРОТНЫХ СТАНЦИЯХ ВОСТОЧНОГО (ТОМСК, ОБНИНСК, РОССИЯ) И ЗАПАДНОГО (ЭДМОНТОН, ГУС БЕЙ, КАНАДА) ПОЛУШАРИЙ

Короткова Е.М., Зуев В.В., Зуева Н.Е.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
katia_sova@mail.ru

Ключевые слова: *общее содержание озона (ОСО), ультрафиолетовая радиация (УФР), биологически активное излучение, корреляционный анализ*

Наиболее сильное влияние на биосферу, в том числе на лесные экосистемы, оказывает ультрафиолетовая радиация (УФР) Солнца на длинах волн короче 310 нм, поскольку она является биологически активной и может провоцировать негативные изменения внутри растительных клеток. В средних широтах преобладающим модулятором коротковолновой ультрафиолетовой радиации является общее содержание озона (ОСО). Как правило, вклад ОСО в изменчивость УФР значительно превышает вклад облачности и аэрозоля. При возникновении отрицательной озоновой аномалии значительно повышается уровень коротковолновой части УФР. При всей важности задач, связанных с влиянием, приходящей ультрафиолетовой радиации на биосферу, наземная сеть наблюдений за УФР недостаточно развита, а данные спутниковых измерений не позволяют провести корректную оценку коротковолновой части УФР. В то же время сформирована широкая озонметрическая сеть наземных наблюдений, и данные спутникового зондирования ОСО можно получить практически для любой точки Земли. В связи с этим, для задач прогнозирования и оценки негативных воздействий УФР на живые организмы на основе рядов ОСО важным является исследование значимости связи ОСО и УФР в регионах.

Для сравнительного анализа связи между ОСО и УФР в зоне произрастания бореальных лесов в Восточном и Западном полушариях были отобраны ряды среднемесячных значений спутниковых наблюдений ОСО по данным реанализа системы TEMIS и наземных наблюдений УФР на длинах волн 300, 305, 310, 315 и 320 нм, полученных с помощью спектрофотометра Brewer (World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre) для среднширотных станций на территории России (Обнинск и Томск) и Канады (Эдмонтон и Гус Бей). Показано, что для теплого (вегетационного) периода года связь отклонений от многолетних норм среднемесячных значений ОСО и УФР на длинах волн короче 310 нм является значимой даже с доверительной вероятностью 0,99.

УСТАНОВКА ОЦЕНКИ ПОЛНОГО БАЛЛА ОБЛАЧНОСТИ: НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, НОВЫЕ АЛГОРИТМЫ, НОВАЯ ТОЧНОСТЬ И НОВЫЕ ЗАДАЧИ

Криницкий М.А., Синицын А.В., Гулев С.К.

*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
krinitsky@sail.msk.ru*

Ключевые слова: *клауд-камера, облачное покрытие, измерения, оборудование, установка, алгоритмы, обработка изображений*

Приходящая коротковолновая радиация является основным источником энергии для подавляющего большинства динамических процессов в атмосфере и океане. Основным фактором, регулирующим поступление ее на поверхность океана, является облачное покрытие.

Установки и алгоритмы оценки полного балла облачности не новы: первые серийные образцы клауд-камер начали широко использоваться еще в конце 1990-х. Но до сих пор все серийные решения обладали существенными недостатками. Среди наиболее критичных – сложность конструкции, необходимость использования трекера солнца и существенные изъяны в используемых алгоритмах оценки, порой приводящие к ошибкам до 2–4 баллов.

Мы представим новое поколение клауд-камер, в котором нам удалось справиться с большинством упомянутых проблем. Мы продемонстрируем новое поколение алгоритма оценки полного балла облачности по широкоугольным снимкам видимой полусферы неба. Прежде всего, мы опишем новый синтетический контрольный индекс, лежащий в базе нашего алгоритма – «индекс степени серости». Применение этого индекса позволило нам значительно повысить надежность определения тонкой облачности. Мы покажем, что особенности нашего алгоритма позволяют нам повысить точность оценки и прийти к отклонениям, в среднем не превышающим 5% от показаний наблюдателя.

Мы также продемонстрируем программную часть, разработанную в нашей лаборатории. Программное обеспечение установки позволяет значительно увеличить разрешение производимых наблюдений во времени. Нижний предел периода не превышает 1с. При этом аппаратная часть предоставляет гораздо большие возможности, чем применяемые аналоги, за счет использования камер высокой четкости.

Наша клауд-камера уже была испытана в полевых условиях на НИС «Академик Иоффе» в октябре 2014 г. и показала полную пригодность к полевым измерениям. Мы продемонстрируем наиболее наглядные результаты работы и сформулируем задачи, стоящие перед нами в рамках развития комплекса.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ИЗМЕНЕНИЯ ВЫСОТЫ ТРОПОПАУЗЫ С РАЗВИТИЕМ ГРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ РАДИОЛОКАЦИОННОГО И АЭРОЛОГИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Лебедева В.А., Церенова М.П.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Туапсе, Россия
Cerenova_marina@mail.ru

Ключевые слова: взаимосвязь, изменения высоты тропопаузы, грозовая деятельность

Прогнозирование конвективных явлений, связанных с образованием кучево-дождевой облачности и грозовой деятельности представляет собой трудную задачу. При составлении прогнозов, на его заблаговременность оказывают влияние орографические условия района.

К району со сложными орографическими условиями относится побережье Краснодарского Причерноморья, протянувшегося вдоль Черного моря от Тамани до Адлера.

Целью данной работы является выявление взаимосвязи изменения высоты тропопаузы с возникновением грозовой деятельности.

В данной работе рассмотрены случаи фронтальной грозовой деятельности за 2 года. Между высотой тропопаузы и изменением характеристик атмосферы в течение суток наблюдается тесная зависимость.

Рассмотрение результатов аэрологического зондирования станции Туапсе позволяет проанализировать динамику изменения тропопаузы по высоте, сопоставив полученные данные с возникновением фронтальных гроз по данным МРЛ.

В данной работе рассмотрен случай, когда в течение суток происходило значительное изменение параметров тропопаузы (с 12 по 14 августа 2011 года).

С 11 на 12 августа высота тропопаузы колеблется в пределах 14 км, что является следствием хорошей погоды. Вторая половина дня характеризуется резким падением высоты тропопаузы до 11,32 км.

Амплитуда изменений высоты тропопаузы для второй половины дня (13 августа) отличается почти на 1,5 км. Следует отметить, что случай с резким межсуточным колебанием высоты тропопаузы, чаще всего связан с ухудшением погодных условий.

В нашем случае, с 13 по 14 августа суточный ход метеохарактеристик нарушен, атмосферное давление понизилось. При этом наблюдается повышенная влажность воздуха, следовательно, возможно выпадение ливневых осадков и развития грозовой деятельности на высоте 6–10 км.

В результате сопоставления данных высоты тропопаузы и высоты грозовой деятельности, наблюдается ее превышение над тропопаузой, а также пробивание тропопаузы грозовой облачностью.

Литература:

1. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология. Л.: Гидрометеониздат, 1981. 331 с.
2. Данные аэрологической станции Туапсе за период 2011–2012 года.
3. Материалы штормового оповещения автоматизированного метеорологического радиолокатора (МРЛ) за период 2011–2012 года.

САЖЕВЫЙ АЭРОЗОЛЬ В ВОЗДУШНОМ БАССЕЙНЕ г. МОСКВЫ

Лоскутова О.В.¹, Копейкин В.М.²

¹Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

Olga13vl@mail.ru

Ключевые слова: состав атмосферы, сажевый аэрозоль, перенос примесей, загрязнение атмосферы городов.

Представлены результаты наблюдений содержания сажевого аэрозоля в воздушном бассейне г. Москвы в 2013–2014 гг. Измерения проводились в центре города на территории института физики атмосферы РАН в дневное время суток (9–15 ч.).

Вариации единичных измерений концентрации сажи в г. Москве находятся в пределах 0,1–50 мкг/м³. Среднегодовая концентрация сажи в 2013 г. 1,6 мкг/м³, а в 2014 г. – 2,1 мкг/м³. В период с 1997 г. [1] по 2014 г. произошел уменьшение содержания сажи в воздушном бассейне города в 2,7 раза. Уменьшение среднегодовых концентраций сажи, начиная с девяностых годов, возможно вызвано спадом производства в г. Москве и выводом части предприятий за черту города. К снижению уровня загрязнения воздуха сажей после 2006 г. привели меры, принятые Московским правительством: организация дорожного движения, поэтапная замена автобусного парка, сокращение количества используемого в городе грузового транспорта, въезд его в центр города и установлены требования к моторному топливу на уровне Евро–3.

По результатам круглосуточных измерений получен суточный ход изменчивости концентрации сажи в 2013–2014 гг. с максимумом в 0–11 часов. В 1990–1993 гг. максимум наблюдался в 11–17 часов [2].

Получена осредненная за 2 года сезонная изменчивость концентрации сажи для 2 периодов наблюдения (2002–2003 гг. и 2013–2014 гг.). Наблюдаются высокие концентрации сажи зимой и осенью и низкие весной и летом. Доля вклада в сезонный ход средней концентрации сажи составляет приблизительно 29% зимой, осенью и 21% летом, весной.

Анализ результатов измерений содержания сажи в воздушных бассейнах г. Москвы показал:

1. Вариации концентрации сажи в 1989–2014 гг. в г. Москве составляют 0,1–50 мкг/м³.

2. С 1997 г. по 2014 г. произошло уменьшение содержания сажи в воздушном бассейне г. Москвы в 2,7 раза.

3. Сезонная изменчивость концентрации сажи практически одинакова для 2 периодов наблюдений: высокие концентрации сажи зимой и осенью и низкие весной и летом.

Литература:

1. Копейкин В.М. Сажевый аэрозоль в атмосфере города Москвы // Изв. РАН, ФАО. 1998. Т. 34, № 1. С. 104–110.

2. Копейкин В.М., Капустин В.Н., Пекур М.С. Контроль сажевого аэрозоля в атмосфере города Москвы // Изв. АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1993. Т. 29, № 2. С. 213–217.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИОНООБРАЗОВАНИЯ В НИЖНЕЙ ТРОПОСФЕРЕ

Макрушин А.П., Галиченко С.В., Анисимов С.В.

ГО "Борок" ИФЗ РАН, п. Борок, Россия

makrusan@gmail.com

Ключевые слова: ионизация воздуха, радон, конвективный пограничный слой, моделирование, лагранжева стохастическая модель

Ионизация воздуха космическими лучами и радиоактивными эманациями Земли входит в число основных процессов, определяющих электрическую проводимость атмосферы [1]. Так как вблизи поверхности суши вклад поступающих из земной коры в атмосферу радиоактивных газообразных изотопов радона особенно высок, то наибольшая пространственно-временная изменчивость скорости ионообразования наблюдается в нижней тропосфере. Температурная стратификация атмосферного пограничного слоя (АПС) и высота АПС влияют на интенсивность вертикального транспорта радиоактивных газов. Это является основной причиной суточной изменчивости высотного распределения скорости ионообразования [2].

В работе рассматривается адаптация лагранжевой стохастической модели конвективного АПС к задаче расчета скорости ионообразования в утреннем и дневном АПС над сушей при заданном потоке радиоактивных газов с поверхности Земли. В рамках разработанной модели учтены ионизирующее воздействие изотопов ^{222}Rn , ^{220}Rn , вторичных космических лучей и излучения грунта на формирование вертикального профиля скорости ионообразования. Исследовано распространение изотопов радона в эволюционирующем конвективном АПС и над АПС при отсутствии облачности. Определен вертикальный турбулентный поток объемной активности радона.

Для параметризации модели используются результаты натурных наблюдений турбулентных и термодинамических величин, полученные на ГО "Борок" ИФЗ РАН в 2014–2015 гг. Проведено сравнение расчетных значений объемной активности ^{222}Rn и ^{220}Rn у земной поверхности с результатами натурных наблюдений, полученных при помощи радиометра объемной активности радона AlphaGUARD и сейсмической радоновой станции СРС-5.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №13-05-12060, №15-05-04960).

Литература:

1. Makino M., Ogawa T. Quantitative Estimation of Global Circuit // J. of Geophys. Res. 1985. V. 90. P. 5961-5966.
2. Vinuesa J.-F., Basu S., Galmarini S. The diurnal evolution of Rn-222 and its progeny in the atmospheric boundary layer during the WANGARA experiment // Atmos. Chem. Phys. 2007. V. 7. P. 5003–5019.

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩЕГО АЭРОЗОЛЯ БОРЕАЛЬНОЙ ЗОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

Миронова С.Ю., Михайлов Е.Ф., Власенко С. С., Рышкевич Т.И.,
Миронов Г.Н.

*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
s.mironova@spbu.ru*

Ключевые слова: *состав атмосферы, бореальные леса, углеродсодержащий аэрозоль, термо-оптический метод*

В работе представлены результаты исследования временных вариаций углеродсодержащих аэрозольных частиц приземного слоя атмосферы в регионе, удаленном от источников антропогенных загрязнений (центральная Сибирь). Для анализа были использованы фильтровые аэрозольные пробы, отобранные на станции высотной мачты ZOTTO (60°N, 89°E) в период с апреля 2010 по июнь 2014 года. Органический (OC), элементарный (EC) и общий (TC=EC+OC) углерод были определены с помощью коммерческого термооптического газового анализатора (Sunset Laboratory Inc., Oregon). Сделан вывод о низком уровне содержания аэрозолей в атмосфере центрально-сибирского региона. Средняя массовая концентрация аэрозолей за исследованный период составила ~ 7 мкг/м³. При этом средние значения массовой концентрации углерода за теплые периоды (май - октябрь) примерно на 30% ниже, чем за холодные. Следует отметить, что на фоне длительных периодов с низкой концентрацией аэрозольного углерода (~ 1,3 мкг/м³) можно выделить краткосрочные (до 10 суток) периоды с аномально высоким (~ 26 мкг/м³) уровнем аэрозольных загрязнений. При этом максимальная концентрация органического углерода (~ 106,5 мкг/м³) наблюдалась в июне 2012 года во время мощных лесных пожаров. С помощью построения обратных траекторий воздушных масс модели HYSPLIT продемонстрировано, что события с повышенной аэрозольной концентрацией связаны с переносом углеродсодержащих аэрозолей от мощных локальных источников, таких как степные пожары в северном Казахстане, или с промышленными выбросами предприятий Кузбасса. Периодам с высокой концентрацией углерода соответствуют ветра южного и юго-западного направлений, в то время как перенос воздушных масс с севера совпадает с низким уровнем концентраций аэрозоля.

Работа выполнена в Санкт-Петербургском Государственном Университете, в Ресурсном Центре «Геомодель»

ГАЗОВЫЙ СОСТАВ ВОЗДУХА В МОСКОВСКОМ МЕГАПОЛИСЕ: ПЕРИОДИЧЕСКИЕ И НЕПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Панкратова Н.В., Еланский Н.Ф., Скороход А.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

pankratova@ifaran.ru

Ключевые слова: газовый состав, оксиды азота, озон, качество воздуха, загрязнение атмосферы

Работа посвящена анализу состава приземного воздуха в городе Москве. Станция наблюдений ИФА расположена в наиболее чистом юго-западном секторе г. Москвы на Воробьевых горах (52°42' с.ш. 37°31' в.д. 191 м н. у. м.) на территории метеобсерватории МГУ.

Проанализированы ряды наблюдений на экологической станции. Максимальная концентрация озона, достигающая 134.2 ppb, отмечалась летом 2010 года, в период аномальной жары. При этом среднее значение соответствует 14.7 ppb, медиана – 11.1 ppb. Такие значения соответствуют концентрациям озона в крупных городах вдоль Транссиба, которые были получены в ходе экспериментов TROICA [1] и существенно ниже тех, которые отмечаются в крупных городах, расположенных в более низких широтах. Пониженная концентрация озона связана с насыщением городского воздуха оксидами азота и их взаимодействием с озоном

Повышение уровня озона до опасных значений происходило несколько раз, например, кратковременный всплеск O₃ отмечался в августе 2010 года. Содержание оксидов азота тесно связано с содержанием озона. Средняя концентрация NO составляет 15.7 ppb, а максимальная достигает 593.5 ppb. Среднее значение NO₂ соответствует 21.5 ppb, а максимум 214.7 ppb. Такие значения концентраций оксидов азота существенно превышают уровень в других крупных городах, расположенных вдоль Транссиба, однако существенно меньше, чем средние концентрации в самых грязных городах мира – Пекине и Мехико [2].

Была рассмотрена периодическая (суточная и сезонная) динамика газовых составляющих. Также в работе анализируются непериодические изменения, которые определяются как естественными, так и антропогенными факторами. Описана экстремальная экологическая ситуация на примере лета 2010 года, когда отмечалось увеличение концентрации всех измеряемых газовых примесей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 15-35-21061, 14-05-31078, 15-55-04097).

Литература:

1. Панкратова Н.В., Еланский Н.Ф., Беликов И.Б., Лаврова О.В., Скороход А.И., Шумский Р.А. Озон и окислы азота в приземном воздухе Северной Евразии по наблюдениям в экспериментах TROICA // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2011. Т. 47, № 3. С. 343-358.

2. Gurjar B.R., Butler T.M., Lawrence M.G., Lelieveld J. // Atmos. Environ. 2008. V. 42. P. 1593–1606.

ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ НА МАРШРУТЕ СЛЕДОВАНИЯ НЭС «АКАДЕМИК ТРЕШНИКОВ» В 59 РАЭ

Савкин Д.Е.¹, Антохин П.Н.¹, Антохина О.Ю.¹, Белан Б.Д., Сакерин С.М.¹,
Радионон В.Ф.²

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

²Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
densavkin88@rambler.ru

Ключевые слова: малые газовые составляющие, особенности распределения, пространственно-временной ход

В последнее время возросло внимание к исследованиям малых газовых составляющих (МГС) атмосферы, таких как озон (O_3), оксиды азота ($NO_x = NO + NO_2$), монооксид углерода (CO) и диоксид серы (SO_2). Указанные соединения играют важную роль в химии атмосферы, оказывают влияние на формирование климата и относятся к числу основных загрязнителей [1, 2]. В отличие от континентальных районов, содержание МГС в приземном слое морской атмосферы изучено гораздо в меньшей степени и представлено результатами эпизодических измерений (см. например, [3]). Ниже рассмотрены результаты измерений концентраций МГС, выполненных нами в 59 РАЭ на маршруте НЭС «Академик Трешников»

Одной из целей экспедиции на НЭС «Академик Трешников» в 59 РАЭ было изучение пространственных и временных особенностей распределения малых газовых составляющих (МГС) (O_3 , CO, NO_x и SO_2) над поверхностью Атлантического океана, а также изучение их особенностей поведения в приземном слое южной полярной области.

Для оценки особенностей пространственно-временного распределения МГС был рассмотрен пространственно-временной ход по всему маршруту следования судна, а весь массив данных (с учетом возможных антропогенных и других воздействий) был разбит на четыре широтные зоны (района), в рамках которых проведено осреднение концентраций.

Для оценки широтно-сезонной изменчивости приземной концентрации озона (ПКО) были рассмотрены его средние значения в пределах 5-градусных широтных зон на прямом (зима) и обратном (весна) маршрутах судна.

Для оценки стратосферно-тропосферного обмена, по данным архива ECMWF ERA-Interim, был построен вертикальный разрез поля потенциального вихря Эртеля, который позволяет проследить глубину интрузии стратосферного воздуха над районами, где отмечались высокие концентрации озона.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 23.1 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, биология, геология, экология».

Литература:

1. Звягинцев А.М., Какаджанова Г., Тарасова О.А. Изменчивость приземного озона и других малых газовых составляющих атмосферы в мегаполисе и сельской местности // Оптика атмосферы и океана. 2010. Т. 23, № 1. С. 32-37.
2. Ровинский Ф.Я., Егоров В.И. Озон, окислы азота и серы в нижней атмосфере. JL: Гидрометеониздат, 1986. 183 с.
3. Еланский Н.Ф., Маркова Т.А. Концентрация озона в приземном слое атмосферы над Атлантическим океаном и морем Уэдделла // Изв. АН, ФАО. 1995. Т. 31, № 1. С. 92-103.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ МИКРО- ФИЗИЧЕСКИХ И ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АЭРОЗОЛЯ ПО МАРШРУТУ НЭС «АКАДЕМИК ТРЁШНИКОВ» В 59 РАЭ

Савкин Д.Е.¹, Кабанов Д.М.¹, Польшин В.В.¹, Прахов А.Н.², Радионов В.Ф.²,
Сакерин С.М.¹

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

²Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург,
Россия

densavkin88@rambler.ru

Ключевые слова: аэрозоль, АОТ, массовая концентрация, счетная концентрация, микрокристаллический углерод

В соответствии с программой наблюдений в 59-ой Российской Антарктической Экспедиции (59 РАЭ) в период с 1 февраля по 9 июня 2014 г. проводились исследования аэрозольной оптической толщи атмосферы (АОТ), пространственно-временной изменчивости приводного аэрозоля (массовой и счетной концентрации аэрозоля и микрокристаллического углерода, ионного химического состава аэрозоля с борта НЭС «Академик Трёшников» по маршруту следования судна. Целью исследований была оценка аэрозольной оптической толщи (АОТ), пространственно-временной изменчивости микрофизических параметров аэрозольных частиц в приводном слое атмосферы в различных районах по маршруту следования судна, анализ факторов определяющих эту изменчивость.

Автоматизированный судовой мобильный комплекс, в состав которого входили фотоэлектрический счетчик частиц АЗ-10, аэлометр МДА-02, позволял проводить измерения счетной концентрации, дисперсного состава в диапазоне размеров $d = 0,3$ ч 10 мкм, массовую концентрацию субмикронного аэрозоля и его поглощающего вещества. В измерениях пространственно-временной изменчивости АОТ атмосферы используется метод “прозрачности” (солнечной фотометрии). Измерения проводились с помощью портативного солнечного фотометра SPM, разработанного в ИОА СО РАН.

Полученные данные, характеризующиеся широким разнообразием аэрозольных ситуаций и большим диапазоном вариаций параметров до четырех порядков величины, позволили выявить некоторые пространственные и сезонные особенности их поведения в восточной части Атлантики и Антарктики. Рассматриваются статистические характеристики спектральных составляющих АОТ, приводится сопоставление с ранее полученными результатами в тех же районах.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта № 23.1 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, биология, геология, экология».

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ПОТОКОВ КОРОТКОВОЛНОВОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ПОВЕРХНОСТИ АТЛАНТИЧЕСКОГО ОКЕАНА

Синицын А.В., Гулев С.К.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

sinityn@sail.msk.ru

Ключевые слова: коротковолновая радиация, длинноволновая радиация, облачность, натурные измерения, спутниковые измерения, взаимодействие океан-атмосфера, методы обработки данных

Нами созданы системы новых параметризаций для массовых расчетов радиационных потоков коротковолновой солнечной (КВ) энергии между атмосферой и океаном на основе многолетних данных попутных измерений. Параметризации построены на основе высокоточных измерений радиационных потоков in-situ и измерений метеорологических параметров, что позволяет теоретически обосновать их, и детально протестировать их точность.

Выполнены долговременные измерения КВ потоков во всех широтных зонах и при различных облачных условиях единым приборным комплексом и сформирован архив радиационных и метеорологических измерений, включающий более 4000 среднечасовых значений и метеонаблюдений с 2004 года до н.в. Архив предоставляет возможности разработки и проверки параметризаций КВ радиации на поверхности океана.

В ходе работы создан судовой измерительный комплекс для высокоточных измерений. Получены оценки различных видов инструментальных и наблюдательных погрешностей, на основании которых была разработана методика ведения натуральных измерений потоков и метеорологических наблюдений.

На основе использования созданного массива прямых радиационных и метеорологических измерений проведено детальное тестирование существующих параметризаций, основанных на использовании балла общей облачности и предложена оригинальная параметризация (SAIL), также основанная на использовании балла общей облачности, но включающая логарифмическую зависимость приходящей радиации от высоты Солнца. Для условий чистого неба отдельная зависимость предложена для моря Мрака.

Для условий сплошной облачности разработана система параметризаций, основанная на учете форм облачности и состояния диска Солнца. Она разделяет сплошную облачность на 5 категорий, характеризующихся различными условиями пропускания атмосферы. Использование этого подхода позволяет на 15% уменьшить СКО в сравнении с существующими параметризациями и на 6% улучшает КК промоделированных значений КВ радиации с реально измеренными потоками в условиях сплошной облачности.

Литература:

1. Синицын А. В., Александрова М. П., Гулев С. К. Уточнение параметризации коротковолновой радиации на поверхности океана на основе прямых измерений в Атлантическом океане // Метеорология и гидрология. 2007. № 4. С. 45-54.
2. Синицын А.В., Александрова М.П. Оценка погрешностей прямых измерений приходящих радиационных потоков, связанных с колебаниями корабля // Океанология. 2009. Т. 49, № 4. С. 494-500.

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МЕЗОСФЕРЫ СРЕДНИХ И ПОЛЯРНЫХ ШИРОТ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ФОНА СУМЕРЕЧНОГО НЕБА

Угольников О.С.¹, Маслов И.А.¹, Козелов Б.В.²

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия

ougolnikov@gmail.com

Ключевые слова: мезосфера, рассеяние света, поляризация, температура, фон сумеречного неба

Мезосфера остается наименее изученным слоем атмосферы Земли, малодоступным для контактных измерений. При этом, именно в мезосфере происходят наиболее резкие сезонные колебания температуры и ее вековые изменения. Летняя полярная мезосфера является самым холодным местом всей Земли, ее дальнейшее похолодание может быть связано с примесями парниковых газов, играющих там противоположную роль по сравнению с нижней атмосферой.

Сумеречный мониторинг позволяет определять характеристики рассеивающих свойств мезосферы на разных высотах и восстанавливать профиль температуры. Измерения поляризации фона неба повышает точность выделения однократного рассеяния в мезосфере и исследовать содержание в ней пылевых частиц.

Сумеречные поляризационные наблюдения начались вблизи Москвы в 2011 году, а с 2015 года похожие измерения проводятся и в Полярном геофизическом институте (г. Апатиты). В докладе обсуждаются основные результаты измерений температуры и запыленности мезосферы, а также перспективы развития метода сумеречного мониторинга в будущем.

ИЗМЕРЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АТМОСФЕРНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ МЕТОДАМИ СПЭО И DOAS СПЕКТРОСКОПИИ

Чакур Г.И.¹, Бручковский И.И.², Красовский А.Н.^{2,3}, Светашев А.Г.^{1,2},
Турышев Л.Н.²

¹Факультет радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь

²Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск,
Беларусь

³Географический факультет БГУ, Минск, Беларусь
cgjumper91@mail.ru

Ключевые слова: атмосферные аэрозоли, аэрозольная оптическая толщина, восстановление вертикальных профилей, наземные наблюдения, перенос излучения в атмосфере, методы DOAS, libRadtran, озон, двуокись азота

Методами измерения спектров энергетической освещенности (СПЭО) земной поверхности солнечным излучением и спектроскопии DOAS в УФ и видимой областях спектра исследованы характеристики атмосферных аэрозолей на Минской озонометрической станции НИИЦ МО БГУ, в Нарочанском экологическом заповеднике и в районе базирования БАЭ (Российские ст. Молодежная и Прогресс, Антарктида).

Представлены данные измерений, проведенных в 2012–2014 гг. с помощью спектрорадиометра ПИОН-УФ разработки НИИЦ МО БГУ ($\lambda_{\text{пер}} = 290 \times 450$ нм, Дл = 0.8 нм) и установок на базе спектрометров Oriel MS-257 и Oriel MS-260 с ПЗС-матрицами Andor Technology DV-420A-OE ($\lambda_{\text{пер}} = 420 \times 450$ нм, Дл = 0.6 нм).

Спектры АОТ и вертикальные профили аэрозолей восстанавливались из спектров яркости и освещенности, измеренных всеми указанными приборами в различных «геометриях», как с помощью разработанного в НИИЦ МО БГУ «оптимизационного» варианта метода Стамнеса, так и традиционными методами спектроскопии DOAS.

Проведены исследования информативности измеренных спектров по отношению к задачам определения параметров Ангстрема спектра АОТ и высоты расположения аэрозольного слоя.

Проведено численное моделирование всех типов (геометрий) проведенных измерений с помощью специально разработанного программного обеспечения на базе пакетов libRadtran и WinDOAS. При расчетах максимально учитывались конструктивные особенности использованных приборов.

Исследовалось также влияние различных атмосферных факторов на точность определения параметров аэрозолей.

Основное внимание уделялось сравнению возможностей обеих методик при параллельных (симультантных) измерениях, а также исследованию влияния аэрозольной составляющей на результаты и точность восстановления общего содержания и вертикальных профилей O_3 и NO_2 .

Полученные результаты по измерению параметров аэрозолей, O_3 и NO_2 сопоставлены с данными орбитальных наблюдений.

Обсуждаются вопросы методики и валидности такого сопоставления.

АЛГОРИТМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВОЙСТВ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ ПО ДАННЫМ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Чебыкин А.Г., Николаева О.В.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, Москва, Россия
agchebykin@gmail.com

Ключевые слова: дистанционное зондирование, многоспектральные измерения, свойства аэрозоля

Рассматриваются многоспектральные спутниковые измерения коэффициента яркости отраженного безоблачной атмосферой солнечного света в диапазоне длин волн, в которых не наблюдается сильного газового поглощения (400-420нм). Принимается малопараметрическая модель атмосферы, включающая модель рэлеевского рассеяния и многомодальную функцию распределения частиц аэрозоля по размерам. Находится модельный коэффициент яркости R_{model} , включающий следующие параметры: φ_{aer} (аэрозольная оптическая толщина), φ_{ray} (рэлеевская оптическая толщина), w_0 (альbedo однократного рассеяния аэрозоля), зенитный угол солнца, A (альbedo отражения земной поверхности). Модельный коэффициент R_{model} является дробно-полиномиальной функцией выбранных параметров.

Разработан алгоритм восстановления параметров аэрозоля по измеренным значениям коэффициента отраженной яркости R . Находятся параметры: w_0 и $\varphi(\lambda) = \varphi_0 * (\lambda/\lambda_0)^b$, где λ , $\lambda_0 = 400\text{нм}$ – длины волн, b – показатель Ангстрема. Выбираются значения параметров, для которых достигается наименьшее среднеквадратичное отклонение измеренного $R(\lambda)$ и модельного $R_{model}(\lambda)$ коэффициентов яркости при условии, что альbedo поверхности $A(\lambda)$ лежит в заданном интервале значений.

Алгоритм восстановления состоит из двух этапов.

А) Выделение в заданной области значений параметров w_0 , φ_0 , b подобластей, для которых выполнено условие на альbedo поверхности.

Б) Поиск в заданной подобласти минимума среднеквадратичного отклонения модельного $R_{model}(\lambda)$ и измеренного $R(\lambda)$ коэффициентов яркости.

Алгоритм позволяет сократить время счета на 1-2 порядка по сравнению с методом прямого перебора.

Алгоритм проверен на тестовых задачах для саванного и морского аэрозоля. Лучше других параметров восстановлению поддается оптическая толщина φ_0 . Точность восстановления альbedo однократного рассеяния w_0 увеличивается с ростом исходной оптической толщины аэрозоля.

Выполнено восстановление параметров аэрозоля по результатам реальных измерений (представлены ЦНИИМАШ).

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ БАЛАНС ПРИЗЕМНОГО ОЗОНА В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Штабкин Ю.А., Моисеенко К.Б.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
yuryshtabkin@gmail.com

Ключевые слова: тропосферный озон, высотная мачта ZOTTO, модель GEOS-Chem, региональный перенос, антропогенное загрязнение

В последнее время изменения состава приземного воздуха отмечаются не только вблизи промышленных центров, но и в удаленных от крупных городов районах земного шара. Мониторинг приземной атмосферы осуществляется мировыми сетями наблюдательных станций, к сожалению, не охватывающими территорию России. Частично решает эту проблему фоновая наблюдательная станция ZOTTO (ZOtino Tall Tower Observatory, 60.8°с.ш., 89.4°в.д., Красноярский край).

Составной частью наблюдений в ZOTTO являются измерения приземной концентрации озона, ведущиеся с января 2007. Ценность подобных наблюдений определяется исключительно важной ролью данного соединения в атмосферной химии: вариации содержания озона являются одним из основных факторов, влияющих на окислительные свойства атмосферы и определяющих, таким образом, само понятие “загрязненности” данной территории.

В настоящей работе приведены результаты анализа данных наблюдений приземной концентрации озона на станции ZOTTO в период 2007 – 2012 гг. На основе численного моделирования с помощью химико-транспортной модели GEOS-Chem проведена оценка влияния антропогенных выбросов и биогенных эмиссий в западной Европе и отдельных регионах России на фоновый состав приземного воздуха в центральной Сибири.

В соответствии с полученными результатами, можно утверждать, что наибольшая чувствительность наблюдается к антропогенным выбросам CO, NO_x и ЛОС на ЕТР, в западной Европе и на юге Сибири в весенний и летний период. В зимний период влияние удаленных и региональных источников эмиссий пренебрежимо мало.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, гранты №14-05-31071 и №15-35-21061.

AEROSOL AND CLOUD IMPACT ON POLARIZATION OF THE OUTGOING SOLAR RADIATION

Falaleeva V.A.¹, Fomin B.A.²

¹*A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia*

²*Central Aerological Observatory, Dolgoprudny, Russia*

victory@phystech.edu

Keywords: solar radiation, polarization, Line-by-Line, Monte Carlo, aerosols, clouds, retrieval, remote sensing

Aerosols and clouds are the main uncertainties in contribution to the radiative forcing [1]. Therefore the retrieval of its vertical profiles and microphysics is one of the most important problems in the remote sensing. Due to aerosols and clouds are the main polarizing factors in the atmosphere, the information about polarization in the spectra measurements will be quite useful. Such polarization measurements are already carried out and successfully used for investigation of clouds and aerosols, for example, by Japanese Fourier Spectrometer FTS-TANSO, mounted on the satellite GOSAT (Japan). It has the spectral channels with width of $\sim 0.3 \text{ cm}^{-1}$. The higher the spectral resolution the more lines can be resolved, and thus the more information will be retrieved. The maximum is defined by the half width of the spectral lines, which is proportional to the atmospheric pressure (for the troposphere $\sim 0.1 \text{ cm}^{-1}$, for the stratosphere $\sim 0.01 \text{ cm}^{-1}$).

For the inverse problem of parameters retrieval the fast and accurate direct radiative transfer model is required. The Fast Line-by-Line Model (FLBLM) will be presented in the report. The model is based on the Line-by-Line (LbL) and Monte Carlo (MC) methods and rigorously treats particulate and molecular scattering alongside absorption. FLBLM takes into account the polarization state of light and can simulate high resolution spectra of the Stokes parameters [2]. In the report we will provide the numerical experiments with various aerosols and clouds being placed in different layers in the atmosphere, and answer how it changes the linear polarization of the outgoing solar radiation. It will be shown that high resolution spectra with consideration of polarization are quite informative for the investigation of atmosphere scattering layers.

This work is supported by RFBR grants (15-01-00783 and 14-01-00197).

Literature:

1. IPCC. Summary for Policymakers.

Available online: <http://www.ipcc.ch/pdf/assessmentreport/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>

2. Fomin B., Falaleeva V. A Polarized Atmospheric Radiative Transfer Model For Calculations Of Spectra Of The Stokes Parameters Of Shortwave Radiation Based On The Line-By-Line And Monte Carlo Methods // Atmosphere. 2012. V. 3(4). P. 451–467, Available online: <http://www.mdpi.com/2073-4433/3/4/451>

CHANGE IN DIURNAL VARIATIONS OF METEOROLOGICAL VARIABLES INDUCED BY ANTHROPOGENIC AEROSOLS OVER THE NORTH CHINA PLAIN IN SUMMER 2008

Zhang M., Gao Y., Liu X., Wang L.

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
mgzhang@mail.iap.ac.cn

Keywords: anthropogenic pollution, aerosols, black carbon, meteorology, WRF-Chem

This study investigates the impacts of all anthropogenic aerosols and anthropogenic black carbon (BC) on the diurnal variations of meteorological variables in the atmospheric boundary layer over the North China Plain (NCP) during June to August 2008, using a coupled meteorology and chemistry model (WRF-Chem). The results of the ensemble numerical experiments show that surface air temperature decreases by about 0.6 to 1.2 K with the maximum decrease over the Beijing urban area and the southern part of Hebei province, and the surface relative humidity (RH) increases by 2–4 % owing to all anthropogenic aerosols. On the contrary, anthropogenic BC induces a small change of temperature and RH at surface. Averaged for Beijing, Tianjin, and Hebei province (BTH region) and High Particle Concentration (HPC) periods when $PM_{2.5}$ surface concentration is more than 60 mg m^{-3} and daily AOD is more than 0.9, all anthropogenic aerosols decrease air temperature under 850 hPa and increase it between 500 and 850 hPa, while anthropogenic BC increases it for whole atmosphere. The maximum changes occur at 08:00–20:00 (local time). Aerosol-induced surface energy and adiabatic heating change leads to a cooling at the surface and in the lower atmosphere and a warming in the middle troposphere at 08:00–17:00, with reversed effects at 20:00–05:00. BC cools the atmosphere at the surface and warms the atmosphere above for the whole day. As a result, the equivalent potential temperature profile change shows that the lower atmosphere is more stable at 08:00 and 14:00. All anthropogenic aerosols decrease the surface wind speed by 20–60 %, while anthropogenic BC decreases the wind speed by 10–40 % over the NCP with the maximum decrease at 08:00. The aerosol-induced stabilization of the lower atmosphere favors the accumulation of air pollutants and thus contributes to deterioration of visibility and fog-haze events.

MODELING THE FEEDBACK BETWEEN AEROSOL AND METEOROLOGICAL VARIABLES IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER DURING A SEVERE FOG-HAZE EVENT OVER THE NORTH CHINA PLAIN

Zhang M., Gao Y., Liu Z., Wang L., Wang P., Xia X., Tao M.
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
mgzhang@mail.iap.ac.cn

Keywords: air pollution, aerosol, $PM_{2.5}$, haze, meteorology, WRF-Chem

The feedback between aerosol and meteorological variables in the atmospheric boundary layer over the North China Plain (NCP) is analyzed by conducting numerical experiments with and without the aerosol direct and indirect effects via a coupled meteorology and aerosol/chemistry model WRF-Chem. The numerical experiments are performed for the period 2–26 January 2013, during which a severe fog-haze event (15 January 2013) occurred with the simulated maximum hourly surface $PM_{2.5}$ concentration of $\sim 600 \text{ ug m}^{-3}$ and minimum atmospheric visibility of $\sim 0.3 \text{ km}$. Comparison of model results against observations indicates that the model can reproduce the spatial and temporal characteristics of temperature, surface $PM_{2.5}$ concentration, atmospheric visibility and aerosol optical depth reasonably well. Analysis of model results with and without aerosol feedback shows that during the fog-haze event aerosols lead to a significant negative radiative forcing of -20 – -140 Wm^{-2} at the surface and a large positive radiative forcing of 20 – 120 Wm^{-2} in the atmosphere and significant changes in meteorological variables with maximum during 09:00–18:00: the temperature decreases by 0.8 – 2.8°C at the surface and increases by 0.1 – 0.5°C at around 925 hPa. As a result, the aerosol-induced equivalent potential temperature profile change shows the atmosphere is much more stable and the atmosphere boundary layer height decreases by 40 – 200 m during the daytime of this severe fog-haze event. Owing to this more stable atmosphere, 09:00–18:00 10–15 January, the maximum increase of hourly surface $PM_{2.5}$ concentration is around 50 mg m^{-3} , 90 mg m^{-3} and 80 mg m^{-3} , averaged over Beijing, Tianjin and south Hebei Province, respectively. The results suggest that aerosol induces a more stable atmosphere, which is favorable for the accumulation of air pollutants, and thus contributes to the formation of fog-haze events.

RETRIEVAL ALGORITHM DEVELOPMENT OF CARBON DIOXIDE CONCENTRATION FROM SATELLITE NEAR INFRARED HIGH-RESOLUTION SPECTRAL MEASUREMENT

Wang P.¹, Zhou M.¹, Zhang X.²

¹LAGEO, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

²National Satellite Meteorological Center, CMA, Beijing, China

pcwang@mail.iap.ac.cn

Keywords: CO₂ retrieval, optimal estimation method, GOSAT, TanSat, TCCON, high-resolution spectral remote sensing

A new retrieval algorithm of CO₂ concentration from satellite near infrared high-resolution spectral measurement based on optimal estimation method has been developed. This algorithm is applied to GOSAT spectral measurement data, and the retrieval data is validated by GOSAT products and TCCON measurements. The retrieval result for an exposure point shows that the spectrum fitting residual error is within 2% and the profile of CO₂ is almost same with GOSAT official products, with higher concentration at lower atmosphere and lower value at upper atmosphere. One-year comparison between our XCO₂ results and GOSAT L2B products and TCCON shows that the accuracy of our algorithm could reach 1% under the condition of the aerosol optical thickness less than 0.3.

OBSERVATION OF TROPOSPHERIC NO₂ AND SO₂ OVER NORTHERN CHINA BY GROUND-BASED MAX-DOAS

Wang T.^{1,2}, Wang P.¹, Hendrick F.², Yu H.¹, Van Roozendael M.²

¹*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China*

²*Belgian Institute for Space Aeronomy, Brussels, Belgium*

wangting@mail.iap.ac.cn

Keywords: Air Pollutant, MAX-DOAS, NO₂, SO₂, AMF, Satellite

The tropospheric NO₂, SO₂ and aerosol were retrieved from the measurement of a ground-based Multi-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) in Xianghe Observatory of Northern China Plain. In this work, an algorithm for retrieving SO₂ profile has been developed by combining the LIDORT radiative transfer model and Optimal Estimation Method. The retrieval SO₂ data were verified against ground in-situ measurement from gas analyzer, and strong consistency was found. Subsequently we present a validation of satellite SO₂ and NO₂ column products from three different satellite sensors including SCIAMACHY, OMI and GOME-2, and identify quite significant discrepancies among them. Hence an improved scheme for retrieving the SO₂ and NO₂ from satellite measurement was proposed, based on the fact that the accurate representation of air mass factor is vital for correctly retrieving SO₂ from satellite measurements. Finally, the bias-corrected satellite data are employed to investigate the spatio-temporal signatures of SO₂ along with NO₂ in North China and its relationship to emission sources and meteorological conditions.

MODELING ANALYSIS OF THE SEASONAL CHARACTERISTICS OF HAZE FORMATION IN BEIJING

Han X., Zhang M.

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
hanxiao@mail.iap.ac.cn

Keywords: *air pollution, PM_{2.5}, haze, RAMS-CMAQ*

The air quality modeling system RAMS-CMAQ, coupled with an aerosol optical property scheme, was applied to simulate the meteorological field, major aerosol components and surface visibility over the North China Plain (NCP) in 2011. The modeled results in February and July 2011 were selected and analyzed to obtain an in-depth understanding of the haze formation mechanism in Beijing for different seasons. The simulation results showed that the visibility was below 10 km for most regions of the NCP, and dropped to less than 5 km over the megacities of Beijing and Tianjin, the whole of Hebei province, and the northwest part of Shandong province during pollution episodes in February and July. The heavy mass concentration of PM_{2.5} ranged from 120 to 300 mg m⁻³, and was concentrated in the areas with low visibility. The haze formation mechanism in Beijing in winter was different from that in summer. The mass concentration of PM_{2.5} was higher, and the components more complicated in winter. The mass concentrations of hygroscopic inorganic salts in summer were comparable with those in winter, and the relative humidity was, as expected, higher. Therefore, the water uptake of hygroscopic aerosols played a key role in summer. Moreover, the analysis showed that the influence of the PM_{2.5} mass burden on visibility was very weak when its value was larger than 100 mg m⁻³. Only when the mass burden of PM_{2.5} decreased to a certain threshold interval did the visibility increase rapidly. This indicates that when emission reduction measures are taken to control haze occurrence, the mass burden of PM_{2.5} must be cut to below this threshold interval. The relationship between the threshold of haze occurrence and the relative humidity in Beijing was fitted by an exponential function, and the resulting fitting curves could provide a new theoretical basis to understand and control haze formation in Beijing.

A NEW PARAMETERIZATION OF CLEAR-SKY SURFACE IRRADIANCE AND ITS IMPLICATIONS FOR THE DERIVATION OF AEROSOL DIRECT RADIATIVE EFFECT AND AEROSOL OPTICAL DEPTH

Xia X.

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China
mgzhang@mail.iap.ac.cn

Keywords: *clear-sky surface irradiance, aerosol optical depth, aerosol direct radiative effect*

Aerosol impacts clear-sky surface irradiance (E_g) via its scattering and absorbing effects. Linear or nonlinear relations between aerosol optical depth (t_a) and E_g have been established to study aerosol direct radiative effect on E_g (ADRE). However, considerable uncertainties are still associated with ADRE due to incorrect estimation of E_g^0 , E_g without aerosols. Based on the Aerosol Robotic Network data, effects of t_a , water vapor content (w) and the cosine of the solar zenith angle (u) on E_g are thoroughly considered that leads to an effective parameterization of E_g as a nonlinear function to these three quantities. The parameterization is approved to be able to estimates E_g^0 with the mean bias error of 0.32 W m^{-2} , which is one order of magnitude smaller than that derived by previous linear or nonlinear functions. Applications of this new parameterization to estimate t_a from E_g or vice versa show that the mean bias errors were close to zero and the root mean square errors were 0.08 and 10.0 Wm^{-2} , respectively. Therefore, a straightforward way to derive E_g from satellite t_a products or estimate t_a from E_g measurements has been established. Further application of this parameterization to retrieve t_a and E_g would be expected.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЧИВОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГООБМЕНА МЕЖДУ АТМОСФЕРОЙ И ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ В АНТАРКТИКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОНОВЫХ УСЛОВИЙ И ХАРАКТЕРИСТИК ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Артамонов А.Ю.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
sailer@ifaran.ru

Ключевые слова: Антарктика, поток явного тепла, энергообмен

В работе даны оценки изменчивости характеристик энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью в Антарктике в зависимости от фоновых условий и характеристик подстилающей поверхности.

Исследование изменчивости характеристик энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью с различными процессами в системе океан-атмосфера на различных пространственно-временных масштабах важно для понимания механизмов формирования регионального климата.

В процессе работы проведены исследования энергообмена атмосферы и подстилающей поверхности с помощью инструментальных измерений потоков тепла и импульса в приповерхностном слое атмосферы при различных типовых фоновых условиях в прибрежных районах Антарктики. Часть исследований состоит в изучении влияния структурных и температурных неоднородностей подстилающей поверхности на энергообмен в приземном слое атмосферы и определении связи потоков явного тепла и импульса со свойствами тающей и нарастающей поверхности снега. Измерения показали значительную зависимость всех характеристик энергообмена и скорости таяния ледника от крупномасштабных атмосферных процессов. Максимальная скорость таяния составила 20 мм в год и наблюдалась во время северо-западной адвекции с меридиональным переносом воздушных масс. Во время этой адвекции вклад турбулентных потоков тепла в тепло, идущее на таяние, превосходил радиационный баланс. Во время восточных и южных ветров континентального характера холодные, сухие воздушные массы подавляют приземный энергетический баланс и препятствуют таянию.

Выявлены основные причины изменчивости – синоптическая ситуация, температура воздуха и подстилающей поверхности. Исследована зависимость потока тепла от направления ветра.

Литература:

1. Артамонов А.Ю., Бучнев И.А., Ретина И.А. Взаимодействие атмосферы с подстилающей поверхностью в летний период в зоне Антарктической конвергенции // Проблемы Арктики и Антарктики. 2007. Вып. 76. С. 14-23.
2. Романов В.Ф., Арискина Н.В., Васильев В.Ф., Лагун В.Е. Энергетика атмосферы в полярных областях. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 296 с.

АНАЛИЗ БАРИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НИЖНЕЙ АТМОСФЕРЫ НА КОРОТКОПЕРИОДНЫЕ ВАРИАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ МЕТОДАМИ MULTIFIELD COMPARISON

Артамонова И.В.¹, Волобуев Д.М.², Макаренко Н.Г.²

¹Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, Россия

²Главная астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
artirin@yandex.ru

Ключевые слова: динамические процессы в нижней атмосфере, космические лучи, multifield comparison method

Проведено исследование вариаций атмосферного давления в нижней тропосфере, наблюдаемых в связи с солнечными протонными событиями и форбуш-понижениями галактических космических лучей (ГКЛ), отобранными за период 1980–2006 гг. Построены группы карт (multifields) для 48 солнечных протонных событий с энергиями высыпающихся частиц $E_p > 90$ МэВ и для 48 форбуш-понижений ГКЛ с амплитудой $dN/N > 2.5\%$. Полученные multifields обнаруживают рост матричной нормы над североатлантическим регионом и севером европейской части России в дни, последующие за всплесками солнечных протонов и форбуш-понижениями ГКЛ, соответственно. Данные результаты согласуются с гипотезой о взаимной связи процессов регионального циклогенеза с короткопериодными вариациями космических лучей.

АЗИМУТАЛЬНЫЙ ДРЕЙФ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПОСЛЕ НАЧАЛА ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ

Желябовская И.М., Высочина Е.С., Церенова М.П., Величко В.А.

*Российский государственный гидрометеорологический университет, Туапсе, Россия
velichko.46@bk.ru*

Ключевые слова: *температуры воздуха, данные среднеширотных метеорологических станций, распространения градиента температуры в меридиональном направлении*

Начало геомагнитной бури сопровождается ростом интенсивности солнечной радиации, приводящего к увеличению температуры как в ионосфере, так и нижней атмосферы на дневной стороне Земли. По данным среднеширотных метеорологических станций обнаружено, что вариации значений температуры воздуха в утреннем и вечернем секторах, вызваны распространением температурного градиента с полуденного меридиана (одна из разновидностей зональной циркуляции атмосферы или струйных течений умеренных широт). Станции наблюдений, разнесённые по долготе, позволили оценить скорость распространения градиента температур и момент времени начала процесса воздействия интенсивной солнечной радиации на нижний приземный слой тропосферы, приводящего к росту температуры воздуха вначале на полуденном меридиане, а позже на полуночной стороне.

СТРУКТУРНЫЕ ФУНКЦИИ ФЛУКТУАЦИЙ СКОРОСТИ ЗВУКА В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Зайцева Д.В.¹, Юшков В.П.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
zaycevad@gmail.com

Ключевые слова: турбулентность, структурные функции, скорость диссипации, доступная потенциальная энергия

Турбулентные движения в атмосферном пограничном слое (АПС) существенно влияют на динамику всей атмосферы через перенос импульса и тепла, а также кинетической энергии турбулентности. Для решения таких задач, как прогноз погоды и моделирование климата, необходимо точно рассчитывать эти потоки. Для описания турбулентного перемешивания в АПС широко используются эмпирические функции, которые пригодны лишь в условиях однородной и ровной поверхности и стационарной погоды. Реальная картина турбулентного перемешивания значительно богаче и труднее для исследования.

Измерения проводились в Москве, (на Воробьевых горах), на Звенигородской научной станции ИФА РАН), и в аридной зоне (экспедиция «Харабали-2007»). По данным высокочастотных (в диапазоне 10–50 Гц) измерений флуктуаций акустической температуры (скорости звука) и скорости ветра с помощью акустических анемометров вычислялись: показатели степени структурных функций скорости звука и скорости диссипации флуктуаций скорости звука и скорости ветра, рассчитывалась корреляционная связь между этими характеристиками.

Исследованы отклонения структурных функций турбулентных флуктуаций потенциальной температуры или скорости звука от "закона 2/3" Колмогорова-Обухова. Показано, что на поведение структурной функции влияет близость энергетического масштаба, а показатель степенного поведения зависит от соотношения между скоростями диссипации кинетической и доступной потенциальной энергии.

ВЛИЯНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ НА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Клютко Е.С., Светашев А.Г., Шлендер Т.В.

*Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск,
Беларусь
eugenia.klyutko@mail.ru*

***Ключевые слова:** Метеорологические явления, тектонические разломы, Беларусь, гемодинамические процессы, атмосферно-ионосферные взаимодействия*

Исследование эффектов влияния солнечной активности на динамические процессы атмосферы и микросейсмические колебания поверхности Земли в настоящее время является актуальной темой и представляет большой интерес для ученых-геофизиков, климатологов и метеорологов. Наиболее оживленную дискуссию вызывают проявления солнечно-земных связей, которые определяют воздействие возмущений на Солнце и в межпланетной среде на состояние нижней атмосферы и микросейсмические процессы в земной коре.

Не менее актуальными представляются вопросы влияния и самих тектонических процессов и структур на процессы климатообразования в целом и в частности тектонических разломов на динамику и интенсивность метеорологических явлений. Методика для исследования геофизических процессов активно развиваются, поэтому исследования в этом направлении являются актуальными на сегодняшний день.

Целью работы является изучение влияния тектонических разломов на динамику атмосферных процессов и стихийные метеорологические явления с описанием параметров, при которых происходит данное воздействие.

Исследование проведено с помощью картографического материала, диаграмм, статистического материала. Для детального изучения данного воздействия следует продолжить работу для выяснения механизма воздействия тектонических разломов на метеорологические явления, а также проследить какие из метеорологических параметров наиболее подвержены описанному влиянию.

Литература:

1. Исследование в области геодинамики и палеогеографии в Институте Природопользования НАН Беларуси / Р.Е. Аизберг, Р.Г. Гарецкий, А.К. Карабанов, Г.И. Каратаев, А.В. Матвеев, Л.А. Нечипоренко, Т.Б. Рылова, И.Е. Савченко // Природопользование. 2012. Вып. 22. С. 195–203.

2. Пулинец С.А. Комплексная модель связи литосфера – атмосфера – ионосфера / Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН). С. 344–349.

ВАРИАЦИИ СКОРОСТИ ВЕТРА В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

Козьмина А.С., Шихова Н.М.
ГО "Борок" ИФЗ РАН, п.Борок, Россия
alina@borok.yar.ru

Ключевые слова: пограничный слой атмосферы, скорость ветра, спектральная плотность, ультразвуковое зондирование

На основе непрерывных многолетних наблюдений в обсерватории Борок 3-х компонент скоростей ветра исследованы статистические характеристики и спектральные особенности скорости ветра в различных слоях пограничного слоя. Для анализа использовались временные ряды значений горизонтальной скорости ветра U на высотах 60–80 м; 85–105 и 110–130 м, полученные в результате непрерывных измерений в 2011–2014 гг. с помощью акустического доплеровского локатора содар Волна-3 [1]. Высота установки содара составляла 5 м над уровнем земли, частота зондирования – 15–17 с. максимальная высота проникновения эхо – импульса – 800 м, разрешение по высоте – 5 м.

Анализ суточной вариации U по данным показал, что в мае и июне внутрисуточная динамика выражена сильнее с максимумом в 15–21 UT и минимумом в мае в 6–12 UT, а в июне в 23–03 UT. В зимние месяцы среднечасовые значения скорости ветра на всех высотах в течение суток изменяются в пределах стандартной ошибки среднего.

Выявлена годовая вариация U с максимумом в апреле – мае и минимумом в июле – августе, что обусловлено увеличением градиентов давления от лета к зиме [2]. Исследование внутригодовой изменчивости значений скорости ветра показало, что наибольшая дисперсия значений U наблюдается в марте – апреле, наименьшая – в июле.

С помощью спектрального анализа обнаружено наличие преобладающих периодичностей в рядах U с периодами 5–7 суток, 27–30 суток, 45 и 120–125 суток, близких к периодам циклонической активности, планетарных волн и сезонных вариаций.

Таким образом, получены статистические и спектральные оценки горизонтальной скорости ветра в слое 60–130 м по данным среднелинейной обсерватории на различных временных масштабах. Выявлена динамика высоты планетарного пограничного слоя, доступной для зондирования ультразвуковым доплеровским локатором содар в пределах суток и года. Определены особенности трендов суточной, сезонной, годовой и многолетней вариаций скорости ветра в нижней части атмосферного пограничного слоя.

Литература:

1. Гладких В.А., Макиенко А.Э., Федоров В.А. Акустический доплеровский содар "Волна 3" // Оптика атмосферы и океана. 1999. Т. 12, № 5. С. 437-444.
2. Переводенцев Ю.П., Аухадеев Т.Р. Особенности ветрового режима в приволжском федеральном округе в последние десятилетия // Вестник Удмуртского университета. 2014. Вып. 2. С. 112–121.

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА АТМОСФЕРНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ И ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ПОГОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Кочерга В.А.¹, Гвардиян А.В.¹, Шлендер Т.В.², Светашев А.Г.^{1,2},
Красовский А.Н.^{2,3}, Бородко С.К.²

¹Факультет радиофизики и компьютерных технологий БГУ, Минск, Беларусь

²Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск, Беларусь

³Географический факультет БГУ, Минск, Беларусь

kochergaraf@gmail.com

Ключевые слова: автоматизация метеопрогноза, объективный анализ метеоявлений, барические образования, атмосферные фронты, опасные погодные явления, мезомасштабное моделирование, WRF

В качестве пробной разработки реализована система автоматизации процесса метеорологического прогноза с целью повышения его оперативности при анализе опасных погодных явлений. Разработан вариант методики и специальное программное обеспечение по «интеллектуальной» обработке и анализу результатов модельных расчетов в системе WRF.

Система включает автоматическую загрузку данных (с сайтов и т.п.), предварительный расчет в системе WRF, обработку результатов и введение оптимизирующих поправок в параметризации микрофизических процессов и схему расчета, рабочий расчет WRF по оптимизированной схеме, анализ результатов расчета специальным «интеллектуальным» модулем, выдачу прогноза-решения, визуализацию результатов и прогнозных расчетов.

В качестве «экспериментальной базы» использован перечень опасных погодных явлений на территории Республики Беларусь за 2012-2013 гг., составленный по данным наблюдений Белгидрометом.

В основу разрабатываемой системы положены: методика трехмерной локализации атмосферных фронтов и осадков, эмпирические и полуэмпирические признаки опасных явлений, накопленные метеослужбами разных стран, в частности, признаки грозообразования и т.п.

Кроме того, показано, что прогнозные расчеты в системе WRF позволяют с заблаговременностью до 3 суток предсказать ночное радиационное выхолаживание на значительных территориях. Предлагаемая система анализа результатов делает это «автоматически», значительно уменьшая субъективный фактор.

Достаточно хорошо система позволяет «автоматически» регистрировать циклоны, давать их физические параметры, рассчитывать скорость движения, запас влаги, а также экстраполировать траекторию перемещения.

С целью валидации результаты сопоставлялись с данными орбитальных наблюдений с метео и других спутниковых систем.

Разработанная система включала также анализ развития и перемещения озоновых аномалий в Северном полушарии, а также их «сопровождения» специфически стратосферно-тропосферными барическими образованиями («диполями»).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ГРАВИТАЦИОННО-СДВИГОВЫХ ВОЛН В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПО ДАННЫМ МЕЗОМАСШТАБНОЙ СЕТИ СОДАРНОГО МОНИТОРИНГА В МОСКОВСКОМ РЕГИОНЕ

Люлюкин В.С.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
lyulyukin@gmail.com

Ключевые слова: атмосферный пограничный слой, гравитационно-сдвиговые волны, волны Кельвина-Гельмгольца, дистанционный методы зондирования, содары

Основной задачей работы было экспериментальное исследование характеристик и условий возникновения внутренних гравитационно-сдвиговых волн, типа волн Кельвина-Гельмгольца (ВКГ), в устойчивом атмосферном пограничном слое (АПС).

Был проведен визуальный анализ эхограмм, полученных синхронно в трех пунктах: в центре Москвы, на крыше здания ИФА РАН, на юго-западе города, на крыше физфака МГУ, в относительно слабо урбанизированной зоне, и в сельской местности на Звенигородской научной станции ИФА (ЗНС), расположенной в 50 км к западу от центра Москвы. Было обнаружено, что горизонтальные размеры области, охваченной одновременными волновыми процессами в АПС, могут достигать нескольких десятков километров. Продолжительность существования цугов эпизодов ВКГ составляла от одного до нескольких часов. В летнее время волновая активность иногда наблюдалась непрерывно в течение всего темного времени суток. Зимой время жизни цугов ВКГ доходило до 10-15 часов.

Проведены сопоставления эпизодов ВКГ с картами барической топографии. Рассмотрены ситуации высокого давления (антициклональные условия), низкого давления (циклональные условия), и атмосферных фронтов в регионе измерений. Чаще всего присутствие ВКГ связано с большими градиентами приземного барического поля вблизи ложбин давления и атмосферных фронтов. Возможны два различных фактора, способствующих возникновению волновой активности в АПС при таких синоптических условиях:

(1) вследствие умеренной облачности и слабой статической устойчивости АПС, числа Ричардсона часто принимают значения меньше критического, и возникает неустойчивость Кельвина-Гельмгольца, приводящая к ВКГ;

(2) вследствие бароклинности тропосферы, в ней генерируются бегущие гравитационные волны, которые частично захватываются существующим в струйном течении приземным волноводом. Такие захваченные волны проявляются как стоячие колебания плотности воздуха в волноводе, похожие на сдвиговые волны Кельвина-Гельмгольца.

БРИЗОВАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ГЕЛЕНДЖИКСКОГО РАЙОНА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Мухаметов С.С.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
puffin@bk.ru

Ключевые слова: Черное море, мезомасштабные процессы, бризовая циркуляция, Геленджик

Мезометеорологические процессы по временным и пространственным масштабам занимают промежуточное положение между мелкомасштабными и синоптическими. Их подробное изучение возможно на основе ограниченных во времени натурных измерений, проводящихся с большей временной частотой и пространственным разрешением, чем позволяют наблюдения на метеорологических станциях регулярной сети гидрометеослужбы. Между тем энергетические спектры температуры воздуха, скорости ветра и атмосферного давления свидетельствуют о наличии заметного максимума в диапазоне периодов 104–105 с (~3–27 ч).

Значительный вклад в формирование общей дисперсии метеорологических элементов в рамках мезомасштабного и синоптического диапазона изменчивости могут вносить местные циркуляции (бриз, горно-долинные ветры). Мезометеорологические процессы в прибрежной зоне в значительной степени определяют изменчивость взаимодействия атмосферы и моря.

Представленный анализ основывается на данных наблюдений, которые проводились в бухте Рыбацкая (44°34'36" с.ш., 37°58'41" в.д.), находящейся между бухтами Цемесская и Геленджикская (Краснодарский край). Метеорологические наблюдения проводились на протяжении 14 лет (2001–2014 гг.) в летние месяцы, океанографические – с 2004 г., временное разрешение всех измерений – 5 мин.

На северо-восточном побережье Черного моря из местных циркуляций наиболее развиты в летнее время бризы, ветры склонов и горно-долинная циркуляция. Особенно заметно влияние местных циркуляций на погоду проявляется при ослаблении барического ветра и крупномасштабных атмосферных течений, когда на протяжении времени, превышающего характерный период мезометеорологических процессов, не происходит смены воздушной массы. В таком случае характер погоды и суточного хода метеорологических характеристик определяется свойствами находящейся в данном районе воздушной массы, в особенности, ее влажностью, от которого зависит радиационный и, следовательно, температурный режим.

Литература:

1. Бурман Э.А. Местные ветры. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 344 с.
2. Бышев В.И., Иванов Ю.А. Временные спектры некоторых характеристик атмосферы над океанами // Известия АН СССР. Физика атмосферы и океана. 1969. Т. 5, № 1. С. 17–28.
3. Вельтищев Н.Ф. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование // Женева. ВМО. 1988. № 701. 140 с.
4. Суркова Г.В., Архиткин В.С., Мухаметов С.С. Мезометеорологические процессы в прибрежной зоне Черного моря в летнее время // Метеорология и гидрология. 2006. № 3. С. 31.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТИ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА ПО ДАННЫМ МТР-5НЕ И РАДИОЗОНДА

Нахтигалова Д.П.¹, Зуев В.В.^{1,2}, Шелехов А.П.¹, Шелехова Е.А.¹,
Баранов Н.А.³, Кижнер Л.И.²

¹Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия

²Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

³Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия

Amila@sibmail.com

Ключевые слова: обледенение, относительная влажность, температура точки росы, температура, профилимер.

Одним из наиболее сложных метеорологических явлений является обледенение, от которого в значительной мере зависит безопасность и регулярность полетов самолетов и вертолетов, которое представляет собой отложение льда в полете в облаках, тумане, дожде или мокром снеге на различных частях летательного судна [1].

В настоящей работе предложен теоретический подход дистанционного мониторинга пространственных зон вероятного обледенения воздушных судов, основанного на измерениях профиля температуры метеорологическим температурным профилимером (МТР-5НЕ) [2] и на данных аэродромной метеорологической информационной – измерительной системы АМИС-РФ. Представлены результаты сравнения разработанного теоретического подхода с информацией об обледенении, поступающей с бортов самолетов и с данными радиозондирования, получаемых в аэропорту Толмачево (г. Новосибирск) в январе 2015 г.

Расчет пространственных зон вероятного обледенения осуществлялся по методу Годске [1] и методу, предложенного в НСЕР [3]. В работе приведены формулы для восстановления профилей относительной влажности воздуха и температуры точки росы. Профиль относительной влажности линейным образом восстанавливается по измерениям высоты нижней кромки облачности и относительной влажности на поверхности земли, получаемых с помощью АМИС-РФ. Профиль температуры точки росы рассчитывается по известным формулам, измеренным значениям профиля температуры МТР-5НЕ и по восстановленному профилю относительной влажности.

Сравнение фактических данных, которые поступали с бортов самолетов в январе 2015 г. в аэропорту Толмачево, с результатами расчета пространственных зон вероятного обледенения по методу Годске и методу, предложенного в НСЕР, показывают их совпадение. Установлено, что расчет вероятности обледенения по данным МТР-5НЕ хорошо согласуется с вычислениями, которые основываются на методе радиозондирования, широко используемого в оперативной практике.

Литература:

1. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 383 с.
2. НПО «АТТЕХ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://atex.net/RU/mtp5NE.php>.
3. Thompson G., Bruintjes R.T., Brown B.G., Hage F. Intercomparison of in-flight icing algorithms. Part 1: WISP94 real-time icing prediction and evaluation program // Weather and Forecasting. 1997. V. 12. P. 848–889.

СЕЗОННАЯ АТМОСФЕРНАЯ ЦИРКУЛЯЦИИ НАД СИБИРЬЮ

Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И.

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
podnebesnykhnv@inbox.ru*

Ключевые слова: *динамика атмосферной циркуляции, циклоны, антициклоны*

В работе рассмотрена многолетняя динамика сезонного числа циклонов и антициклонов, величина среднего сезонного атмосферного давления в центрах барических образований над Сибирью, а также их сезонная средняя продолжительность. Территория исследования была ограничена координатами 50-70^{с.ш.}, 60-110^{ев.д.} Анализ данных проводился за период 1976-2011 гг. по данным приземных синоптических карт.

Из анализа приземных синоптических карт было получено, что в сезонном распределении числа барических образований максимум наблюдается в весенний период, как для циклонов (478 циклона), так и для антициклонов (398 антициклона). Минимум в распределении наблюдается в летний период для циклонов (393 циклона) и в зимний для антициклонов (300 антициклонов).

В сезонном распределении давления в центрах барических образований наиболее глубокие циклоны наблюдаются в зимний период с давлением в центрах 997,9 гПа, а наименее глубокие в весенний период с давлением в центрах 1001,3 гПа. В сезонном распределении давления в центрах барических образований наиболее интенсивные антициклоны наблюдаются в зимний период с давлением в центрах 1043,0 гПа, а наименее интенсивные антициклоны наблюдаются в летний период с давлением в центрах 1018,4 гПа.

В сезонном распределении средней продолжительности циклонов максимум наблюдается в осенне-зимний период, со значениями 8,4 и 8,2 суток соответственно. Минимум в распределении наблюдается в весенний период (5,8 суток). В сезонном распределении средней продолжительности антициклонов максимум наблюдается в зимний период (14,0 суток), а минимум в распределении наблюдается в весенне-летний период, со значениями 9,8 и 9,6 суток соответственно.

Литература:

- 1. Бордовская Л.И., Цибульский А.Е. Повторяемость и скорость движения циклонов и антициклонов над Западной Сибирью // Вопросы географии Сибири. Томск: Изд. ТГУ, 1976. Вып. 9. С. 22–29.*
- 2. Gulev S., Zolina O., Grigoriev S. Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data // Climate Dynamics. 2001. V. 17. P. 795–809.*

НОВОРОССИЙСКАЯ БОРА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ И РЕЗУЛЬТАТАМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Шестакова А.А.¹, Моисеенко К.Б.², Торопов П.А.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
shestakova.aa.92@gmail.com

Ключевые слова: бора, Черное море, численное оледенение, WRF-ARW, ветры подветренных склонов, волновое сопротивление, блокирование

Новороссийская бора является разновидностью ветров подветренных склонов (downslope windstorms), интерес к которым обусловлен высокой практической значимостью своевременного прогноза данного явления. В исследованиях физических механизмов возникновения боры большую ценность приобретают полевые наблюдения, которые необходимы как для проверки теоретических моделей, так и для верификации моделей численного прогноза явлений.

Такие наблюдения проводились в рамках многочисленных экспедиций кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ на Черное море. Анализ приземных наблюдений, а также аэрологических данных о структуре натекающего потока позволил сделать некоторые выводы о физических механизмах усиления ветра при боре. Так, установленная высокая корреляция скорости на подветренном склоне с разностью давлений между подветренным и наветренным склонами, наряду с уменьшением толщины слоя блокирования в начальной и кульминационной фазах позволяет сделать предположение о существенно волновом механизме формирования боры. Наблюдаемые различия в скоростях ветра в эпизодах сильной и слабой боры обусловлены разными фоновыми условиями в атмосфере. При высоких скоростях ветра в натекающем потоке и значительной толщине слоя северо-восточных ветров формируется сильная бора. Различия в скорости ветра между Новороссийском и Геленджиком связаны с особенностями рельефа, контролирующими, наряду с синоптическим фактором, величину блокирования. Наличие мощного слоя приподнятой инверсии в ходе эпизодов сильной боры позволяет также предположить значительную роль квази-резонансных эффектов.

Проводилось и численное моделирование новороссийской боры с помощью мезомасштабных моделей WRF и RAMS. Сравнение результатов моделирования с натурными данными показывает, что модели адекватно воспроизводят явление и могут использоваться не только в качестве дополнительного исследовательского инструмента, но и для прогнозирования боры.

ROLE OF SEA SURFACE WARMING IN TRIGGERING AMPLIFICATION OF COASTAL RAINFALL EXTREMES: THE 2012 KRYMSK EVENT

Meredith E.P.¹, Semenov V.A.^{1,2,3}, Maraun D.¹, Park W.¹, Chernokulsky A.V.²

¹GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, Germany

²A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

emeredith@geomar.de

Keywords: precipitation, rainfall extreme, sea surface warming, Krymsk 2012

The role of climatic changes in recent extreme events remains a challenging question. One region where the potential for extreme summertime convective precipitation has grown recently, alongside substantial sea surface temperature (SST) increase, is the Black Sea and Mediterranean (BSM) region.

To study mechanisms through which SST increase may impact BSM convective extremes, we take the July 2012 precipitation extreme near the Black Sea town of Krymsk as a recent showcase example. The Krymsk event produced precipitation totals which dwarfed all previous events in the instrumental record, dating back to the 1930s, and over 170 deaths. The synoptic environment accompanying the event is typical of that found with intense summertime precipitation in the BSM region.

To test the sensitivity of the Krymsk event to recent SST trends, we carry out convection permitting ensemble sensitivity experiments with the WRF regional model. The model's ability to reproduce the Krymsk event with observed SST forcing is first verified, before a series of additional ensembles with altered SSTs are created. These ensembles consist of subtracting (adding) the 1982–2012 trend in Black Sea SSTs from (to) the observed 2012 SST field in 20% increments, giving a total of 11 ensembles whose SSTs differ from the observed field by between -100% and +100% of the warming trend.

We demonstrate the crucial role of recent Black Sea warming in the extremeness of the 2012 Krymsk event. The increased SST enhances low-level instability, allowing deep convection to be triggered and causing a more than 300% increase in precipitation. Additionally, a highly nonlinear precipitation response to incremental SST increase suggests that Black Sea SSTs have exceeded a regional tipping point. The identified physical mechanism suggests that BSM coastal regions (as well as other comparable regions) may face abrupt intensifications of convective precipitation under continued sea surface warming.

EXTREME PRECIPITATION IN AN ATMOSPHERE GENERAL CIRCULATION MODEL: IMPACT OF HORIZONTAL AND VERTICAL MODEL RESOLUTION

Volosciuk C.¹, Maraun D.¹, Semenov V.A.^{1,2,3}, Park W.¹

¹GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, Germany

²A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

cvolosciuk@geomar.de

Keywords: extreme precipitation, AGCM, model resolution

To investigate the influence of atmospheric model resolution on the representation of daily precipitation extremes, ensemble simulations with the atmospheric general circulation model ECHAM5 at different horizontal (T213 to T31) and vertical (L31 to L19) resolutions forced with observed sea surface temperatures and sea ice concentrations have been carried out for 01/1982 - 09/2010. All results have been compared to the highest resolution, which has been validated against observations.

Resolution affects both the representation of physical processes and the averaging of precipitation across grid boxes. The latter in particular smoothes out localized extreme events. These effects have been disentangled by averaging precipitation simulated at the highest resolution to the corresponding coarser grid. Extremes are represented by seasonal maxima, modeled by the generalized extreme value distribution.

Effects of averaging and representation of physical processes vary with region and season. In the tropical summer hemisphere, extreme precipitation is reduced by up to 30% due to the averaging effect, and further 65% owing to a coarser representation of physical processes. Towards mid- to high latitudes, the latter effect reduces to 20%, in the winter hemisphere it vanishes towards the poles. A strong drop is found between T106 and T63 in the convection dominated tropics. At the lowest resolution, northern hemisphere winter precipitation extremes, mainly caused by large scale weather systems, are in general represented reasonably well. Coarser vertical resolution causes an equatorward shift of maximum extreme precipitation in the tropics. The impact of vertical resolution on mean precipitation is less pronounced, for horizontal resolution negligible.

Literature:

Volosciuk *et al.* Extreme Precipitation in an Atmosphere General Circulation Model: Impact of Horizontal and Vertical Model Resolution // J. Climate. 2015. V. 28 (3). DOI 10.1175/JCLI-D-14-00337.1

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ И ЕГО СВЯЗЬ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ И АНТИЦИКЛОНОВ НАД СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ С АТМОСФЕРНОЙ МОДЕЛЮ ОБЩЕЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Акперов М.Г.^{1,3}, Семенов В.А.¹, Мохов И.И.¹, Лупо А.Р.²

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Университет Миссури, Колумбия, США

³Белгородский государственный университет, Белгород, Россия

aseid@ifaran.ru

Ключевые слова: климат, циклоны/антициклоны, Арктика, Евразия, лед, АМОЦ, реанализ

Проведен анализ изменчивости вихревой активности (характеристик циклонов и антициклонов) над территорией Северной Евразии с использованием расчетов с моделью общей циркуляции атмосферы ECHAM5 с заданными различными режимами концентрации морских льдов в Арктике за холодный период в последние 50 лет. Модельные расчеты выполнены для периодов, соответствующих высокой (1966–1969 гг.), низкой (1990–1995 гг.) и очень низкой (2005–2012 гг.) концентрацией льда, а также для среднеклиматического режима 1971–2000 гг. Длительность каждого эксперимента составляла 50 лет.

Для режимов с высокой и очень низкой концентрации льда в зимний период (с наиболее сильными аномалиями в регионе Баренцева и Карского морей) отмечено статистически значимое увеличение количества долгоживущих антициклонов (время жизни более 5 дней) над Северной Евразией. Для долгоживущих циклонов отмечено уменьшение их количества. При этом на основе модельных расчетов происходит статистически значимое увеличение интенсивных долгоживущих антициклонов. Для долгоживущих циклонов проявляются различные тенденции изменения их количества в зависимости от интенсивности.

Также сделан анализ пространственной изменчивости вихревой активности над Северной Евразией. Отмечено увеличение повторяемости циклонов над центральной частью Европейской территории России (ЕТР) и антициклонов над Северной частью ЕТР для режима с высокой концентрацией морских льдов в Арктике. Для режима с очень низкой концентрацией морских льдов отмечен сдвиг повторяемости циклонов и антициклонов в сторону центральной части России.

Работа была частично поддержана РФФИ (грант 14-05-31078, 14-05-00518 и 15-35-21061) и грантом Президента Российской Федерации для молодых ученых – № МК 2693.2014.5.

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БАЛЛА ОБЛАЧНОСТИ НАД ОКЕАНАМИ ПО ДАННЫМ ВИЗУАЛЬНЫХ СУДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Александрова М.П., Гулев С.К., Беляев К.П.
Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
marina@sail.msk.ru

Ключевые слова: распределение облачности, изменчивость облачности

Оценки облачности над океанами играют важную роль в решении многих климатических задач. От облачности напрямую зависят потоки коротковолновой и длинноволновой радиации. Анализ изменчивости поля облачности над океанами может помочь в изучении таких глобальных явлений, как Эль-Ниньо, муссоны, шторм-треки циклонов, изменчивость осадков в тропиках. В то же время, анализ среднего балла облачности не дает полной картины, так как один и тот же средний балл облачности, может формироваться разными распределениями облачности по октам. Для более детального изучения поля облачности в лаборатории взаимодействия океана и атмосферы и мониторинга климатических изменений была разработана трехпараметрическая формула, описывающая распределение балла облачности. Показано, что предложенная формула описывает все возможные варианты распределения облачности. Эта формула была применена к архиву данных ICOADS, в котором содержатся данные судовых наблюдений, для расчетов среднесезонных и среднегодовых значений коэффициентов распределения за период с 1950 по 2011 годы. Так как данные, содержащиеся в архиве ICOADS, распределены в пространстве не равномерно, на акватории мирового океана, севернее 40° ю.ш. расчеты производились на сетке 545 градусов, а южнее 40° ю.ш. на сетке 10420 градусов. Кроме коэффициентов распределения, были рассчитаны вероятности появления различных окт облачности. Затем был проведен анализ временной изменчивости облачных характеристик за период с 1950 по 2011 годы. Для этого рассчитаны линейные тренды среднего балла облачности, коэффициентов распределения и вероятностей появления различных окт облачности.

ГОЛОЛЕДНО-ИЗМОРОЗЕВЫЕ ЯВЛЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.

ВНИИГМИ-МЦД, Обнинск, Россия

arzhanova.n@inbox.ru

Ключевые слова: гололедно-изморозевые явления, коэффициент линейного тренда.

Происходящие в последние десятилетия изменения климата отражаются на характеристиках различных параметров климатической системы, в частности и на гололедно-изморозевых отложениях. Поскольку гололедно-изморозевые образования важны для многих отраслей экономики и могут нанести ощутимый ущерб, изучение этих явлений является актуальной задачей.

Работа посвящена анализу пространственно-временных особенностей распределения видов гололедно-изморозевых образований, их характеристик и тенденций изменения.

Гололедно-изморозевые отложения, в зависимости от структуры, подразделяют на пять видов: гололед, зернистую и кристаллическую изморозь, отложение мокрого снега и замерзшее отложение мокрого снега.

Использованы данные визуальных и инструментальных наблюдений за гололедно-изморозевыми явлениями на 958 метеорологических станций государственной наблюдательной сети Росгидромета по территории России, с 1977 по 2014 год. Специализированный массив создан по данным Госфонда, который хранится во ВНИИГМИ-МЦД.

Практически на всей территории России наблюдаются гололедно-изморозевые явления. Азиатская часть менее подвержена этим явлениям, чем Европейская территория России. Это результат влияния на азиатскую территорию зимнего сибирского антициклона и связанных с ним низких зимних температур и невысокой влажности воздуха. Определены регионы, где и какие виды гололедно-изморозевых образований необходимо учитывать. Если выделить из общего числа гололедно-изморозевых образований только случаи гололеда, то это явление практически не наблюдается в Восточной Сибири и на значительной части территории Дальнего Востока, где отмечаются изморозевые отложения. Рассмотрены пространственно-временные изменения характеристик каждого вида гололедно-изморозевых явлений. Проанализированы тенденции изменений основных характеристик (веса, толщины и диаметра) различных видов этих отложений.

ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Аухадеев Т.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
TRAUhadееv@kpfu.ru

Ключевые слова: *Ветровой режим, тенденции, удельная мощность ветрового потока.*

Вопросам оценки климатических ветроэнергоресурсов в различных странах мира уделяется достаточно большое внимание – особенно в странах Западной Европы, США, Японии. В России разработана энергетическая стратегия развития страны до 2030г., где также уделено внимание развитию ветроэнергетики.

В исследовании рассматриваются ветроэнергетические ресурсы Приволжского федерального округа (ПФО) с использованием временных рядов срочных наблюдений за ветром на 183 равномерно покрывающих территорию округа станциях в период 1966–2011 гг., а также данных реанализа NCEP/NCAR в период 1948–2013 гг.

Для территории ПФО были произведены расчеты ветроэнергетических ресурсов на уровне флюгера (10 м) и на высотах 50, 100 и 150 м, для которых скорости ветра предварительно рассчитывались по степенному закону. Выявлено, что наиболее благоприятные условия для развития ветроэнергетики формируются в центральной части ПФО и на юго-востоке региона. С ростом высоты происходит заметное усиление скорости ветра (скорость ветра на высоте 100 м в 1,5–1,7 раз превышает ее значение на высоте 10 м) и, следовательно, энергетической мощности ветрового потока, поскольку в расчетах используется куб скорости.

Рассматривается также целесообразность использования ВЭУ малой и очень малой мощности (от 0 до 99 кВт). Такие ВЭУ применяются для обеспечения энергоснабжения небольших домов и хозяйств.

В перспективных для применения маломощных ВЭУ в регионах среднегодовая скорость ветра должна быть 4–6 м/с и более. При рассмотрении поля среднегодовых скоростей ветра на станциях ПФО выявлено, что на 87 % территории округа среднегодовые скорости ветра не превышают значения в 4 м/с.

Использование данных срочных наблюдений позволяет рассчитать долю от общего времени, когда ротор ВЭУ будет вращаться, и установка будет вырабатывать полезную электроэнергию, значения данного показателя приведены. Выявлены районы, где целесообразно использование маломощных ВЭУ.

ВЛИЯНИЕ МАКРОЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ НА ТЕРМОБАРИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Аухадеев Т.Р.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
TRAUhadееv@kpfu.ru

Ключевые слова: макроциркуляционные системы, индексы циркуляции, коэффициент корреляции, температура воздуха, атмосферное давление.

Цель исследования - дать анализ изменений барико-циркуляционного и термического режимов в тропосфере Северного полушария в условиях глобального потепления климата, начиная с середины 20 столетия по 2013г.

Дано описание пространственно-временной изменчивости полей атмосферного давления, температуры воздуха и скорости ветра в тропосфере Северного полушария в период 1948–2013 гг. Выявлены отклик в барических полях внетропических широт на явление Эль-Ниньо-Южное колебание, происходящее в приэкваториальной зоне Тихого океана, а также запаздывание низкочастотной компоненты температуры воздуха относительно изменений зональной циркуляции атмосферы в широтной зоне 30–70° с.ш. в зимний период. Вклад составляющих скорости ветра в изменения температуры достигает 60 %. В качестве примера рассмотрена реакция температуры воздуха на территории Поволжья на воздействие ряда циркуляционных систем.

В результате проведенного исследования сформулированы следующие выводы:

1. Дана оценка КНЛГ атмосферного давления осредненного по территории СП, широтной зоне 30–70° с.ш. и ПФО. Выявлена тенденция понижения АД особенно в ПФО в зимний период (-1,46 гПа/10 лет) и слабый рост в летний (0,32 гПа/10 лет);
2. В меридиональном разрезе сезонные значения КНЛГ положительны в низких широтах (до 45° с.ш.) и отрицательны в высоких;
3. Наиболее тесная связь между температурой и давлением атмосферного воздуха на территории ПФО устанавливается в холодный период с циркуляционным индексом SCAND;
4. В периоды с активной фазой ЭНЮК значительно усиливаются связи между температурой воздуха и атмосферным давлением и индексом NAO;
5. В результате исследования низкочастотной изменчивости зональной компоненты ветра и приповерхностной температуры в широтной зоне 30–70° с.ш. в период 1948–2013 гг. выявлена ведущая роль циркуляции в формировании изменчивости температуры (запаздывание). Согласно множественным коэффициентам корреляции, вклад скоростей ветра в общую дисперсию температуры в отдельных регионах превосходит 60 %.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Важнова Н.А., Верещагин М.А.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
Nadezhda.Vazhnova@kpfu.ru

Ключевые слова: средняя суточная температура воздуха, даты начала, окончания и продолжительности отопительного периода

Рассматривается разносторонний анализ пространственно-временных вариаций климатических характеристик отопительного периода (ОП) для территории Приволжского федерального округа (ПФО). Рассмотрению подлежали даты начала, окончания и продолжительности ОП. Должное внимание было уделено также выявлению асинхронных взаимосвязей между характеристиками ОП, имеющих важное прикладное значение.

Согласно сложившимся представлениям, дата устойчивого перехода средней суточной температуры (ССТВ) через 8 °С осенью принимается как начало, весной – как окончание отопительного периода (ОП), а интервал времени между ними – как его продолжительность.

В качестве информативной базы исследования использовались архивные данные ФГБУ ВНИИГМИ-МЦД (1966–2010 гг.).

Суть итоговых результатов исследования такова:

1. Осенний переход ССТВ через 8 °С в ПФО стартует с районов крайнего северо-востока Пермского края и, следуя далее на юг и юго-запад, в среднем через 33 дня финиширует на юге Саратовской области. В отдельные годы этот процесс может затягиваться до 59 суток. Весной процесс перехода ССТВ через 8 °С идет в обратном направлении и несколько быстрее 30–31 сутки.

2. Установлено, что на территории округа за последние 45 лет (1966–2010 гг.) наблюдалось повсеместное сокращение продолжительности ОП, составившие от -7,4 (на ст. Саратов) и до -17,9 суток (на ст. Киров). Указанное сокращение продолжительности ОП сопровождалось значительными смещениями на более поздние сроки (от 18 суток на ст. Саратов и до 23-х суток на ст. Пермь) дат осенних переходов ССТВ через 8 °С.

3. Тестирование взаимосвязей между характеристиками ОП показало наличие весьма тесных и высокодостоверных связей между датами осенних переходов ССТВ через 8 °С и продолжительностью ОП открывает возможность построения однофакторных регрессионных прогностических моделей значительного разрешения при коэффициентах их детерминации $[R^2] = 38\text{--}52\%$.

ДЕСЯТИЛЕТНЯЯ-МЕЖДЕСЯТИЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ В КРЫМУ

Вышкваркова Е.В., Воскресенская Е.Н.
Морской гидрофизический институт, Севастополь, Россия
aveiro_7@mail.ru

Ключевые слова: экстремальные осадки, индекс концентрации, Тихоокеанская декадная осцилляция, Атлантическая мультидекадная осцилляция

В региональной изменчивости экстремальных осадков отмечаются закономерности, обусловленные глобальными процессами в системе океан-атмосфера. На десятилетнем–междесятилетнем масштабе основными индикаторами глобальных и региональных изменений климата являются Тихоокеанская декадная осцилляция (ТДО) и Атлантическая мультидекадная осцилляция (АМО).

Целью работы является исследование проявлений ТДО и АМО в параметрах экстремальных осадков в Крыму. В качестве исходных данных были использованы суточные суммы осадков с 18 гидрометеорологических станций Крыма за период 1951–2009 гг.

В качестве параметров экстремальных осадков были рассмотрены уровень экстремальных осадков (95-й перцентиль), количество случаев превышающих 95-й перцентиль и неравномерность суточных осадков, позволяющая оценить вклад интенсивных осадков в их общее количество. Неравномерность (концентрация) суточных осадков рассчитывалась с помощью индекса концентрации (CI) (Martin-Vide J., 2004).

Получено, что уровень экстремальных осадков в зимний сезон увеличивается с севера в южном направлении (в направлении Крымских гор), а летом изменяется незначительно по территории Крыма. Линейные тренды количества случаев экстремальных осадков в зимний сезон преимущественно отрицательные, а в летний – положительные в юго-восточной части Крыма; Неравномерность осадков увеличивается в районе Крымских гор и в степной зоне Приазовья

Количество случаев экстремальных осадков зимой больше в отрицательную фазу ТДО и положительную фазу АМО (кроме района ЮБК). Летом в юго-восточной части Крыма количество случаев экстремальных осадков больше в положительную фазу ТДО (на остальной территории в отрицательную) и в отрицательную фазу АМО практически по всей территории, кроме районов Керчи, Джанкоя и некоторых других станций.

ФЕНОМЕН ГОРОДСКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА МОСКВЫ: ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА

Варенцов М.И.^{1,2}

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

²Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

mvar91@gmail.com

Ключевые слова: городской остров тепла, климат города, микроклимат, москва, мосэкомониторинг, изменения климата, городское усиление

Поскольку более половины населения Земли проживает в городах [1], крайне важной является задача изучения климатических особенностей городских территорий. Известно, что городская застройка оказывает влияние на погран. слой атмосферы, что приводит к формированию характерных микроклиматических особенностей, таких как эффект городского острова тепла. На фоне совр. потепления климата, стремительный рост городов приводит к интенсификации островов тепла – наблюдается «городское усиление» глобального потепления. В России эта проблема наиболее актуальна для Москвы: вокруг нее формируется мощный остров тепла средней интенсивностью 1.8 °C [2], что больше, чем у других соизмерных ей городов [3, 4]; население за последние 40 лет выросло с 7 до 12 миллионов человек и продолжает расти, что сопровождается активным расширением города. Ввиду этого, важной задачей является прогноз изменений климата Москвы в условиях продолжающегося глобального потепления и расширения города. Первый шаг к решению – сбор и анализ рядов метеорологических измерений в городе и окрестностях. Это нужно для оценки вклада «городского усиления» в наблюдаемые изменения климата и для понимания пространственной структуры этого процесса. Также эти данные нужны для верификации региональных климатических моделей и включенных в них параметризаций городской поверхности.

Результаты, полученные на основе анализа данных метеорологических наблюдений в Московском регионе за период с 1977–2014 гг. – климатические характеристики городского острова тепла Москвы, включая его суточную и сезонную динамику, тренды совр. изменений климата в регионе и оценка «городского усиления», рассматриваются в данной работе. Также изучаются особенности пространственно-распределения температуры воздуха в городе и окрестностях, построенного по данным станций Росгидромета, включая ряд установленных в последние годы автоматических метеостанций, а также по данным сети автоматических станций контроля загрязнения атмосферы Мосэкомониторинга.

Литература:

1. U.N. (2010), World Urbanization Prospects. The 2009 Rev. Rep. P. 1–47. United Nations. Dep. of Economic and Social Affairs. Population Division. New York.
2. Lokoshchenko M.A. Urban 'heat island' in Moscow // Urban Climate. 2014.
3. Liu W. et al. Temporal characteristics of the Beijing urban heat island // Theor. and Applied Climatology. 2007. N 1–4 : Vol. 87. P. 213–221.
4. Wilby R. Past and projected trends in London's urban heat island // Weather. 2006. N 7, Vol. 58. P. 251–260.

АНАЛИЗ НЕЛИНЕЙНЫХ МОД ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКЕАНА

Гаврилов А.С.^{1,2}, Мухин Д.Н.^{1,2}, Лоскутов Е.М.^{1,2}, Фейгин А.М.^{1,2}

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

²ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

gavrilov@appl.sci-nnov.ru

Ключевые слова: Эмпирическое моделирование климата, нелинейные динамические моды, анализ временных рядов

Задача выбора оптимального набора переменных, используемых для описания системы, является одной из важнейших задач эмпирического моделирования. Одним из наиболее известных способов выбора переменных, используемых при эмпирическом моделировании климата, является метод линейных главных компонент, позволяющий разложить пространственно-распределенные временные ряды данных по базису эмпирических ортогональных функций (ЭОФ), что дает возможность уменьшить размерность пространства переменных для описания системы.

В докладе рассматривается применение существенно иного метода разложения данных, разрабатываемого в ИПФ РАН, к решению задачи выбора оптимальных переменных. Данный метод представляет собой нелинейное обобщение вышеупомянутого метода главных компонент. Достоинством метода является многократно меньшее, по сравнению с ЭОФ-разложением, количество необходимых переменных, физически адекватно описывающих временную динамику системы. В результате наблюдаемые данные представляются в виде суммы пространственно-временных компонент – нелинейных мод.

Разложение поля поверхностной температуры океана (ПТО) на нелинейные моды представляет собой взгляд на динамику климатической системы как набора слабовзаимодействующих подсистем. Физический смысл нелинейных мод устанавливается путём сопоставления с крупномасштабными климатическими явлениями и их индексами, основанными на ПТО (Nino3.4, PDO, NTA и др.).

Работа выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации (соглашение №14.Z50.31.0033 с Институтом прикладной физики РАН)

ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАНОВОГО ЦИКЛА СУБПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В XXI ВЕКЕ С УЧЕТОМ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Денисов С.Н., Аржанов М.М.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
denisov@ifaran.ru

Ключевые слова: метановый цикл, вечная мерзлота, изменения климата

Наблюдаемый за последние несколько десятилетий рост приповерхностной температуры над сушей высоких широт приводит к повышению температур многолетнемерзлых грунтов в отдельных областях субарктических регионов Евразии и Северной Америки. Увеличение температуры верхних слоев почвы в свою очередь может привести к росту интенсивности разложения запасов органического вещества и, как следствие, к повышению эмиссии парниковых газов из почвы в атмосферу. На основе численных экспериментов, проведенных с динамической моделью тепло-влажнопереноса в почве при сценариях антропогенного воздействия СМIP5, выявлены области, где в XXI веке происходит значительное повышение (более 0.04 °C/год) температуры грунтов. Минимальные тренды (менее 0.01 °C/год) температуры грунтов получены в северной части Восточной Сибири. При сценарии RCP 2.6 увеличение мощности талого слоя более чем на 1 м происходит в на южной границе мерзлоты в Западной и Восточной Сибири, Тибете. Наименьший рост глубин талого слоя отмечается в северо-западных областях центральной Сибири. При наиболее агрессивном сценарии антропогенного воздействия RCP 8.5 мощность талого слоя увеличивается более чем на 5 м в Западной Сибири и Забайкалье. Увеличение глубин протаивания приводит к вовлечению законсервированного в мерзлых толщах органического вещества в глобальный биогеохимический круговорот. На основе расчетов с использованием блока эмиссии метана из влажных экосистем, учитывающего влияние количества углеродного субстрата почвы на производство метана, получены оценки изменений эмиссии метана из влажных экосистем Северной Евразии в XXI веке при различных сценариях антропогенного воздействия. При наиболее агрессивном сценарии антропогенного воздействия RCP 8.5 эмиссии метана в рассматриваемом регионе возрастают более чем в 3 раза, наибольшее увеличение эмиссий (до 10 мгСН₄/м²/год) получено для северных областей Западной Сибири.

Работа выполнена при поддержке программ РАН и проектов РФФИ (15-05-02457, 14-05-00193, 15-35-21061, 14-05-93089, 14-05-00201).

О ВЗАИМОСВЯЗИ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Зотов Л.В.^{1,2}

¹Государственный Астрономический Институт имени П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

²Московский институт электроники и математики НИУ ВШЭ, Москва, Россия
wolftempus@gmail.com

Ключевые слова: изменение климата, вращение Земли, Чандлеровское колебание, многолетнее атлантическое колебание,

Выполнен сингулярный спектральный анализ данных по глобальной температуре на планете и уровню моря после снятия тренда глобального потепления. Помимо сходных 70-летних колебаний, связываемых с многолетним атлантическим колебанием, выделяются 20 и 10-летние компоненты. Давно известно сходство 70-летней компоненты изменений температуры и скорости вращения Земли [1]. Сходное поведение обнаруживается и для 20-летних вариаций. Механизм может быть связан как с гидро-атмосферным возбуждением (перераспределением ветров, течений, перемешиванием), так и с процессами в недрах. Мы обращаем внимание на уменьшение амплитуды Чандлеровского колебания полюса, происходящее сейчас и имевшее до этого место в 1930-х годах. Обсуждается возможность существования дополнительного фактора, приводящего к сходным колебаниям в климатической системе и вращении Земли [2,3].

Литература:

1. *Lambeck K.* The Earth's Variable Rotation: Geophysical Causes and Consequences. Cambridge University Press, 1980.
2. *Zotov L., Bizouard C.* Regional atmospheric influence on the Chandler wobble // *Advances in Space Research.* Elsevier, 2014, doi:10.1016/j.asr.2014.12.013
3. *Zotov L.V.* Sea Level And Global Earth Temperature Changes have common oscillations // *Odessa Astronomical Publ.* 2013. Vol. 26/2. P. 289-291.

БЛОКИРУЮЩИЕ АНТИЦИКЛОНЫ И ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА В ЧЕРНОМОРСКОМ РЕГИОНЕ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД 1950–2012 ГГ.

Коваленко О.Ю., Воскресенская Е.Н.

Морской гидрофизический институт ФГБНУ "Институт природно-технических систем",
Севастополь, Россия
kovalenko_olga89@mail.ru

Ключевые слова: блокирующий антициклон, экстремальная температура воздуха, климатические изменения, черноморский регион

Цель настоящей работы – анализ дней с блокинками и экстремально низкой температурой воздуха в Черноморском регионе (ЧР) в холодный период 1950–2012 гг. Под холодным периодом года понимался период октябрь–март.

Привлекались ежедневные данные о геопотенциальной высоте 500 гПа из реанализа NCEP/NCAR для ЧР (40–50° с.ш., 27,5–42° в.д.) и температуре воздуха из ECA&D на 17 станциях в этом же регионе за 1950–2012 гг. Выделение блокингов основано на индексе Тибалди-Молтени (далее ТМ) [1] в узлах пространственной сетки. За блокинг принималась ситуация, если хотя бы для одного квадрата выполнялись соответствующие условия по индексу ТМ. Экстремально низкая температура воздуха (ЭНТВ) рассматривалась в случаях, когда ее величины ниже 5% порога на вероятностной кривой.

Анализ дней с блокинками в ЧР за 1950–2012 гг. показал, что максимум этой величины, составивший 16 дней, отмечался в октябре 1995 г., при этом среднегодовое значение составляет 3,5 сут./год. За 63-летний период статистически значимых линейных трендов числа дней с блокинками в ЧР не обнаружено.

Абсолютный максимум дней с ЭНТВ за исследуемый период наблюдался в 1954 году и достигал 55 дней в районе стн. Генчешек. Среднегодовое значение на всех рассматриваемых станциях находится в пределах 8,5–9,5 сут./год. При этом по литературным источникам во всем Северном полушарии отмечалась высокая активность блокингов [2]. Анализ линейных трендов показал уменьшение числа дней с ЭНТВ на 1,1 сут./10 лет (на 95% уровне значимости).

Максимальная сумма дней с ЭНТВ, наблюдавшихся при блокинках за период 1950–2012 гг., отмечалась на стн. Кастамону (Турция) и составила 19 дней. Этому соответствовали условия с 9 блокинками. Дело в том, что блокинки над ЧР охватывают не всю исследуемую область, а, следовательно, проявляются в формировании экстремумов только на отдельных частях региона.

Таким образом, в холодный период 1950–2012 гг. лишь часть блокингов непосредственно обуславливает аномально низкие температурные условия в ЧР.

Литература:

1. Scherrer S.C., Croci-Maspoli M., Schwierz C., Appenzeller C. Two-dimensional indices of atmospheric blocking and their statistical relationship with winter climate patterns in the Euro-Atlantic region // International journal of climatology. 2006. № 26. P. 233–249.

2. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии // Метеорология и гидрология. 1991. № 8. С. 11–18.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСТРОВОВ ТЕПЛА ГОРОДОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Константинов П.И.¹, Бакланов А.А.^{2,3}, Варенцов М.И.^{1,3}, Репина И.А.³,

Шувалов С.В.¹, Самсонов Т.Е.¹, Грищенко М.Ю.¹

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

²World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland

³Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
kostadini@mail.ru

Ключевые слова: климат города, Арктика, микроклимат, региональные исследования, антропогенный поток тепла

В последние 10 лет отмечается устойчивый рост общественного и научного интереса к климатическим особенностям мегаполисов – в частности городского острова тепла (УИТ) в странах Западной Европы и Северной Америки. Это легко объяснимо, поскольку правильное представление об этом климатическом феномене способно серьезно сэкономить средства городских бюджетов за счет экономии средств на отопление последних в зимний период, объясняющемуся повышенной температурой в городской черте по сравнению с окружающей местностью. Однако, к настоящему моменту крайне мало информации о микроклиматических особенностях городов, расположенных по другую сторону от умеренного пояса - за полярным кругом. Имеются лишь единичные исследования, проведенных на Аляске и показавших существование в зимнее время мощных островов тепла в относительно небольших городах Барроу и Фэрбанксе (Magee и др., 1999).

Изучение полярных островов тепла также имеет важный экологический аспект: так как в условиях полярной ночи они создаются главным образом за счет антропогенных источников тепла, их изучение позволит получить данные о тепловом загрязнении окружающей среды.

В ходе проекта зимой 2013–2014 гг. были последовательно изучены 4 крупнейших города России, расположенные за полярным кругом: Мурманск, Норильск, Воркута и Апатиты. Путем использования нескольких независимых измерительных технологий (измерения с помощью АМС, измерения с помощью термодатчиков и маршрутные измерения) были получены данные о микроклимате каждого изучаемого города. К примеру, в Апатитах, относительно небольшом по российским меркам населенном пункте (59 000 жителей) в зимний период микроклиматические различия здесь проявились всего лишь чуть менее ярко, чем это происходит, например, в Москве. Интенсивность городского острова тепла ясной зимней ночью здесь составила 6–7 градусов, в Норильске 4–5 градусов. Были также оценены экономические последствия учета явления острова тепла для отопительных систем населенного пункта.

Литература:

1. Magee N., Curtis J., Wendler G. The Urban Heat Island Effect at Fairbanks, Alaska // Theor. Appl. Climatol. 1999. V. 64. P. 39-47.

**КЛИМАТИЧЕСКИЙ СИГНАЛ
В ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ
КАЛУЖСКОЙ И СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ**

Кузнецова В.В., Соломина О.Н., Мацковский В.В., Долгова Е.А.

Институт географии РАН, Москва, Россия

mennzula@gmail.com

Ключевые слова: дендрохронология, климатический сигнал, климатические параметры, ЕТР

Измерена ширина колец ранней и поздней древесины сосны обыкновенной на территории Калужской и Смоленской областей. Произведено перекрестное датирование и построены хронологии по живым деревьям, а также по архитектурным и археологическим образцам. Сопоставлены индексированные хронологии и реперные годы с климатическими характеристиками. Выявлены некоторые пространственно-временные зависимости древесно-кольцевых и климатических данных, произведен статистический анализ.

МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ЦЕНТРОВ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ В ГОЛОЦЕНЕ

Ларкина И.С.^{1,2}, Мохов И.И.^{1,2}, Хон В.Ч.¹

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт (ГУ), Москва, Россия

i.s.larkina@gmail.com

Ключевые слова: палеоклимат, цда, голоцен

Сделан анализ изменений характеристик центров действия атмосферы (ЦДА) Северного полушария для голоцена с использованием численных расчетов с глобальной моделью общей циркуляции атмосферы и океана (см., напр., [1, 2]). В том числе проведено сравнение характеристик ЦДА для оптимума голоцена (6 тыс. лет назад) и для доиндустриального периода (до середины 19 века). В частности, получены оценки изменений характеристик циклонических и антициклонических ЦДА зимой.

Литература:

1. Мохов И.И., Хон В.Ч. Межгодовая изменчивость и долгопериодные тенденции изменений центров действия атмосферы в Северном полушарии. Анализ данных наблюдений // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2005. Т. 41, № 6. С. 723-732.

2. Хон В.Ч., Мохов И.И. Межгодовая изменчивость и долгопериодные тенденции изменений центров действия атмосферы в Северном полушарии. Модельные оценки чувствительности к глобальным климатическим изменениям // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42, № 6. С. 749-756.

ХОЛОДНЫЕ ЭПИЗОДЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ ЭЛЬ-НИНЬО – ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ, ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н.

Морской гидрофизический институт, Севастополь, Россия
olesjath@mail.ru

Ключевые слова: Ла-Нинья, Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), индекс Южного Колебания, Тихоокеанский регион

Явление Ла-Нинья (ЛН) – холодный эпизод феномена Эль-Ниньо – Южное колебание (ЭНЮК), сопровождающийся экстремальным понижением температуры поверхностных вод в экваториальной части Тихого океана, ростом индекса Южного колебания и усилением Пассатов [1]. Цель настоящей работы – выделение событий Ла-Нинья и их классификация по особенностям пространственного распределения аномалий температуры поверхности океана (ТПО).

В работе использовались данные среднемесячных значений ТПО с 1870 по 2013 гг. из глобального массива HadISST Метеорологического офиса Гадлея (Великобритания), с пространственным разрешением $1^\circ \times 1^\circ$ [2]. Кроме этого, к анализу были привлечены данные индекса южного колебания (ЮК) за 1856–2013 гг. из Отдела климатических исследований Университета Восточной Англии. Для достижения цели использовались методы статистического, композитного и кластерного анализа.

С использованием указанных данных по критерию порогового значения аномалий ТПО, с величиной $-0,5^\circ\text{C}$ и минимальной продолжительностью события 5 мес. выделено 30 Ла–Нинья.

Иерархическим методом кластерного анализа с учетом географических координат и значений аномалий ТПО во время зрелой фазы за 143 года, относительно периода 1870–2013 гг., доказано наличие двух типов холодных эпизодов ЭНЮК. В зависимости от пространственного положения максимально отрицательных аномалий ТПО относительно экваториальной зоны Тихого океана эти два типа названы Восточно-Тихоокеанским (ВТ) и Центрально-Тихоокеанским (ЦТ) событиями.

В ходе композитного анализа полученных типов обнаружено, что события ВТ типа Ла-Нинья интенсивнее по уровню сформированных аномалий, но масштаб распространения языка холодной воды меньше по сравнению с ЦТ типом. По оценкам атмосферной составляющей выявлено, что значения индекса ЮК в событиях ЦТ типа Ла-Нинья на порядок выше, чем в событиях другого типа. Этот результат дал возможность сделать вывод, о роли атмосферных изменений в формировании ЦТ типа Ла-Нинья.

Литература:

1. McPhaden M.J., Zebiak S.E., Glantz M.H. ENSO as an integrating concept in Earth science // Science. 2006. V. 314. N 5806. P. 1740-1745.
2. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century / N.A. Rayner, Parker D.E., Horton E.B. et al. // J. Geophys. Res. 2003. V. 108. N D14. P. 4407-4418.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ЯЧЕЕК В ТРОПОСФЕРЕ

Мицевич В.В., Шлендер Т.В.

Национальный научно-исследовательский центр мониторинга озоносферы БГУ, Минск,
Беларусь
v.v.mitsevich@mail.ru

Ключевые слова: Циркуляция атмосферы, модель атмосферы, ячейка циркуляции, конвекция, программная система, методика моделирования, опасное явление погоды, оптимизация прогноза

Объект исследования – циркуляция атмосферы. Предмет – особенности влияния циркуляционных ячеек в тропосфере.

Методика исследований основывается на системном подходе и ряде методов географических исследований.

Целью работы является выявление особенностей влияния циркуляционных ячеек, на основании определения ключевых энергетических процессов в тропосфере, для оптимизации прогноза погоды.

В работе рассмотрены общие понятия, касающиеся циркуляции атмосферы. Характеризуется учет взаимодействия ячеек циркуляции различного масштаба. Приводятся особенности моделирования в системе мезомасштабного прогноза погоды WRF. Проведена классификация мезомасштабных ячеек циркуляции, характерных для территории Беларуси. Приведен практический пример моделирования ячеек циркуляции, отражающих ее особенности в различные сезоны года и в результате предложена методика учета этих данных при численном моделировании.

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы: для выяснения причинно-следственных связей, определяющих появление ячеек циркуляции в тропосфере, в первую очередь необходимо выявить их ключевой источник энергии. В одних случаях мезомасштабные циркуляционные ячейки порождаются в процессе развития крупномасштабных метеорологических процессов, ослабляя тем самым их. В случае же, если циркуляционная ячейка развивается самостоятельно, под влиянием особенностей подстилающей поверхности, происходит усиление крупномасштабных процессов за счет возникновения доступной потенциальной энергии в мезомасштабной ячейке. Причем, данные взаимодействия работают на всех уровнях по масштабу – от глобального до локального.

Обнаружив мезомасштабные ячейки циркуляции, можно корректировать дальнейшие расчеты, путем включения предварительно разработанных возможных сценариев развития погоды в зависимости от ключевого энергетического процесса. Используя возможности программы мезомасштабного моделирования и прогнозирования WRF, можно решить данные задачи.

Литература:

1. Вельтищев Н.Ф. Мезометеорологические процессы. Учебное пособие / Н.Ф. Вельтищев. М., 2006. 100 с.
2. Мезингер Ф. Численные методы, используемые в атмосферных моделях / Ф. Мезингер, А. Аракава. Л.: Гидрометеонздат, 1977. 290 с.
3. Piekle R.A. Mesoscale Numerical modeling. 2d edition / R.A. Piekle. San Diego: Academic Press, 2002. 676 p.

ОЦЕНКА СВЯЗИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ В МОРЯХ СЕВЕРНОГО ЛЕДОВИТОГО ОКЕАНА НА ТЕМПЕРАТУР- НЫЕ УСЛОВИЯ В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ

Морару Е.И., Логинов С.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
janev@sibmail.com

Ключевые слова: северный ледовитый океан, морской лёд, потоки явного и скрытого тепла, температура воздуха в северной Евразии

Наиболее значительные климатические изменения наблюдаются в районах шельфовых морей Северного Ледовитого океана и в полярных широтах. Как следствие увеличения глобальной температуры воздуха в последние несколько десятилетий, многими исследователями отмечается уменьшение толщины, концентрации и площади морского льда, что оказывает существенное влияние на теплообмен между океаном и атмосферой. Целью исследования является оценка пространственно-временной изменчивости тепловых потоков на границе океан-атмосфера в районах Арктических морей, а также их связь с температурным режимом Северной Евразии за период 1979–2012 гг. В качестве района исследования выбран район Баренцева моря, который имеет наименьшую концентрацию морского льда (0,2 зимой, 0 летом). В январе отмечается отрицательная тенденция потоков явного и скрытого тепла за последнее десятилетие ($-15 \text{ Вт/м}^2/10$ лет для явного тепла, $-7 \text{ Вт/м}^2/10$ лет для скрытого), что можно объяснить уменьшением разности температур поверхности океана и воздуха в районе Баренцева моря. В июле, наоборот, разность температур увеличивается, в результате чего появляется небольшой положительный тренд тепловых потоков ($2,9 \text{ Вт/м}^2/10$ лет для явного тепла, $1,4 \text{ Вт/м}^2/10$ лет для скрытого).

Оценка связи между тепловыми потоками в районах шельфовых морей Северного Ледовитого океана с температурным режимом в районах Северной Евразии за период 1979–2012 гг. оценивалась с помощью методов корреляционного анализа. В Северной Евразии выделялось несколько районов: Северо-Запад России, Центральная Россия и Западная Сибирь. Максимальные корреляционные связи наблюдаются между тепловыми характеристиками в Баренцевом море и температурой воздуха на Северо-Западе России (0,4 ч 0,5 с потоками явного и скрытого тепла, $-0,6$ ч $-0,5$ с температурой поверхности океана). Связи с температурой воздуха в других исследуемых районах Северной Евразии незначимы.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ CLOUD

Мочалова Е.Н., Махмутов В.С., Стожков Ю.И.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Россия
mochalova@phystech.edu

Ключевые слова: *облака, нуклеация, изменение климата, космические лучи, аэрозоли, ионы, ядра конденсации, ЦЕРН*

С целью изучения процесса формирования облаков в Европейском центре ядерных исследований (ЦЕРН) был поставлен эксперимент CLOUD. В выполнении работ данного проекта заняты ученые и молодые специалисты из Австрии, Великобритании, Германии, Португалии, России, США, Финляндии и Швейцарии. С российской стороны в проекте участвуют ученые из Физического института Российской Академии наук (ФИАН) им. П.Н. Лебедева.

В ходе эксперимента опытным путем наблюдался процесс образования облаков на микроскопическом уровне. Было установлено, что скорость облакообразования значительно возрастает с увеличением концентрации паров серной кислоты, аммиака, которые служат центрами конденсации молекул воды. Получены данные о влиянии космических лучей на процессы нуклеации в атмосфере.

ЗАВИСИМОСТЬ ФАЗОВОГО СДВИГА МЕЖДУ ИЗМЕНЕНИЯМИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ ОТ ПЕРИОДА ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Мурышев К.Е.¹, Тимажев А.В.^{1,2}

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

kmuryshev@mail.ru

Ключевые слова: изменения климата, глобальное потепление, парниковый эффект, углеродный цикл

Определение роли естественных и антропогенных факторов современных изменений климата – одна из ключевых проблем 21 века. Цель данной работы – оценить, в какой степени о причинно-следственных связях в земной климатической системе можно судить по временным сдвигам рядов данных, в частности данных для приповерхностной температуры (Т) и содержания в атмосфере углекислого газа (q).

По данным антарктических ледовых кернов отмечено общее запаздывание q относительно Т [1]. Часто это представляется как аргумент против механизма современного глобального потепления, связанного с парниковым эффектом антропогенного увеличения q. Анализ данных наблюдений для 1980–2010 гг. также демонстрирует запаздывание q относительно Т [2]. На этом основании в [2] утверждается, что антропогенные эмиссии парниковых газов не являются причиной современного потепления климата.

В настоящей работе показывается, что взаимное запаздывание между изменениями Т и q в атмосфере может быть получено в рамках общепринятых климатических моделей. Рассматривается глобально-осредненная модель климата с углеродным циклом. С моделью проведены численные эксперименты при различных типах периодического воздействия.

Получено, что при периодическом радиационном возмущающем воздействии (РВВ) Т может как отставать по фазе от q, так и опережать ее в зависимости от периода воздействия: при малых периодах q запаздывает относительно Т, при больших периодах РВВ Т запаздывает относительно q. Также получено, что при потеплении климата в результате экспоненциально возрастающих эмиссий углекислого газа на фоне периодического РВВ (эксперимент моделирует ситуацию в 20 веке) фазовый сдвиг между изменениями Т и q целиком определяется РВВ. Полученные результаты могут быть объяснены аналитически при рассмотрении линеаризованной исходной модели.

Работа выполнена при поддержке грантов Правительства РФ (соглашение 14.Z50.31.0033 с ИПФ РАН) и Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 13-05-00652, 14-05-31163, 14-05-00639).

Литература:

1. Мохов И.И., Безверхний В.А., Карпенко А.А. // Изв. РАН. ФАО. 2005. Т. 41, № 5. С. 579–592.
2. Humlum O., Stordahl K., Solheim J.-E. // GPC. 2013. Vol. 100. P. 51–69.

РЕАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ШТОРМОВ В БАРЕНЦЕВОМ МОРЕ С ПОМОЩЬЮ ВОЛНОВОЙ МОДЕЛИ SWAN НА ОСНОВЕ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВЕТРА COSMO-CLM

Платонов В.С.¹, Мысленков С.А.²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии, Москва, Россия

²МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет, кафедра океанологии, Москва, Россия

vplatonov86@gmail.com

Ключевые слова: Численное моделирование, региональная модель COSMO-CLM, волновая модель, штормы, Баренцево море

В работе рассматриваются предварительные результаты моделирования случаев экстремальных скоростей ветра в Баренцевом море и связанных с ними штормовых волнений. Моделирование осуществлялось совместным использованием региональной атмосферной модели COSMO-CLM и океанической волновой модели SWAN. Применение региональной модели высокого разрешения является серьёзным подспорьем для более подробного и точного воспроизведения ветрового волнения в океане.

COSMO-CLM – климатическая версия негидростатической региональной атмосферной модели COSMO, разработанной в DWD (Deutscher Wetterdienst) [1]. Модель COSMO основана на уравнениях гидротермодинамики для сжимаемой жидкости, записанных во вращающихся географических координатах и обобщённой вертикальной 3-координатой. Моделирование штормового волнения осуществлялось спектральной волновой моделью SWAN [2]. Расчёты проводились на нерегулярной сетке, включающей Баренцево и часть Карского морей с разрешением порядка 3 км.

Региональная модель COSMO-CLM запускалась от начальных данных ре-анализа ERA-Interim на период порядка недели с разрешением около 18 км, затем методом вложенных сеток в конечном счёте разрешение уменьшалось до 2,8 км. Далее полученные поля ветра использовались в качестве входных данных для волновой модели SWAN.

На Суперкомпьютерном комплексе МГУ «Ломоносов» были проведены эксперименты для двух случаев экстремальных скоростей ветра и нагонов в Баренцевом море – в конце октября 2000 года и в январе 2002 года. Было показано, что форсинг COSMO-CLM даёт существенное увеличение высоты волн – свыше 5 м – по сравнению с 4 м в ре-анализе ERA-Interim.

Технология совмещения региональной атмосферной модели высокого разрешения COSMO-CLM с волновой моделью SWAN показала неплохое воспроизведение экстремальных явлений и распределения их основных характеристик. Дальнейшее развитие и адаптация этой технологии и её апробация на других экстремальных случаях позволит повысить точность модельных результатов.

Литература:

1. Core documentation of the COSMO-model. <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/default.htm>
2. SWAN Technician Manual. falk.ucsd.edu/modeling/swantech.pdf

ЦИКЛОН-АНТИЦИКЛОННАЯ АСИММЕТРИЯ В АТМОСФЕРЕ ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ШИРОТ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ

Прокофьева М.А., Акперов М.Г., Мохов И.И.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
prokofyevamaria@yandex.ru

Ключевые слова: данные реанализа, циклоны, антициклоны, циклон-антициклонная асимметрия, волны Россби

На основе данных реанализа (1948-2013 гг.) получены оценки эффектов циклон-антициклонной асимметрии в атмосфере внетропических широт Северного полушария для разных сезонов в зависимости от размеров атмосферных вихрей и их времени жизни. Проявление асимметрии, зависящее от числа Россби, более значимо отмечено для относительно мелкомасштабных внетропических циклонов и антициклонов. Согласно полученным результатам, циклон-антициклонная симметрия в наибольшей степени проявляется при характерных радиусах циклонов и антициклонов около 700-800 км. Для вихрей с меньшими размерами доминируют циклоны, при этом степень циклон-антициклонной асимметрии увеличивается с уменьшением характерного радиуса внетропических вихрей. При больших размерах проявляется доминирование антициклонов.

Литература:

1. Незлин М.В., Снежкин Е.Н. Вихри Россби и спиральные структуры. М.: Наука, 1990. 238 с.
2. Мохов И.И., Мохов О.И., Петухов В.К., Хайруллин Р.Р. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1992. Т. 28, № 1. С. 11-26.
3. Козлов В.Ф., Гурьев А.Ю. // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1992. Т. 28. № 4. С. 406-415.
4. Valcke S., Verron J. // Dyn. Atmos. Ос. 1996. V. 24. P. 227-236.
5. Чефранов С.Г. // Письма в ЖЭТФ. 2001 Т. 73, № 6. С. 312-316.

ВУЛКАНОГЕННЫЙ ИСТОЧНИК ХЛОРА В АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТРАТОСФЕРЕ

Савельева Е.С., Зуев В.В., Зуева Н.Е.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
kapitosh89@gmail.com

Ключевые слова: вулкан Эребус, озоновая дыра, хлороводород

Интегральное содержание хлороводорода HCl, одного из основных реагентов, участвующих в формировании озоновой дыры, над антарктической станцией Arrival Heights практически в 2 р. превышает его содержание над другими точками Земли. В свою очередь, хлорнитрат ClONO₂ достаточно равномерно распределен в стратосфере обоих полушарий и имеет значения примерно в 6 р. ниже содержания HCl над Антарктидой. Основываясь на широтном распределении основных резервуаров хлора, HCl и ClONO₂, в стратосфере можно сделать 2 вывода: 1) основная часть хлора над Антарктидой находится в форме HCl, сезонные вариации которого хорошо согласуются с весенним разрушением стратосферного озона, и 2) завышенное по отношению к другим станциям содержание HCl над Антарктидой можно объяснить только наличием там его источника.

Наиболее вероятным источником HCl в Антарктиде является действующий вулкан Эребус (77,5° ю.ш., 167,2° в.д.; высота – 3,8 км), расположенный на о-ве Росса в одноименном море. Его активность выражается в ежедневной дегазации, однако высота газовых выбросов не превышает 2 км над уровнем кратера. Дальнейший подъем газовых выбросов вулкана в стратосферу может осуществляться в высоких циклонах. С марта по октябрь вдоль побережья Антарктиды дрейфуют циклоны, проникающие вглубь материка в районе морей Уэдделла, Росса и Беллинсгаузена, где они, как правило, становятся высокими. Для определения вероятности подъема выбросов Эребуса в высоком циклоне рассчитывались траектории движения воздушных масс от вулкана по модели NOAA HYSPLIT. Вероятность перемещения выбросов вулкана в стратосферу с учетом средней за 35 лет статистики существования высоких циклонов над о-вом Росса, на котором расположен Эребус, находится в диапазоне 23–48%. Выбросы HCl вулканом Эребус составляют 18,6 кт/год, соответственно из них в антарктическую стратосферу попадает от 4,4 до 9,0 кт HCl.

КВАЗИПЕРИОДИЧНОСТЬ ЭЛЬ-НИНЬО КАК ЭЛЕМЕНТА ГЛОБАЛЬНОЙ АТМОСФЕРНОЙ ОСЦИЛЛЯЦИИ

Серых И.В.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия
iserykh@gmail.com

Ключевые слова: Глобальная атмосферная осцилляция, Эль-Ниньо, Южное колебание, квазипериодичность, статистическая значимость.

Путем анализа автокорреляций и энергетических спектров рядов среднемесячных данных, характеризующих аномалии температуры водной поверхности в приэкваториальном районе Тихого океана показано, что ритмы Эль-Ниньо – Южного колебания (ЭНЮК) могут быть поняты как отклики климатической системы на внешние квазипериодические возбуждения на периодах лунно-солнечной нутации (18.6 года), цикличности солнечных пятен (11.2 года) и Чандлеровского колебания полюсов Земли (433–435 дней). Сделан вывод, что, в принципе, феномен ЭНЮК не имеет предела предсказуемости.

На основе глобальных данных о среднемесячном давлении на уровне моря (ДУМ) выполнены t-Стюдент тесты статистической значимости ненулевых средних разностей глобальных полей ДУМ между 23-мя событиями Эль-Ниньо и 25-ю событиями Ла-Нинья. Они дали высокие положительные результаты практически для всего тропического пояса Земли, исключая только труднодоступные районы Африки и Южной Америки.

Были найдены полосы высокой статистической значимости отрицательных разностей ДУМ (на 95% уровне), вытягивающиеся от центра Тихого океана в умеренные и высокие широты. Эти полосы расположены почти симметрично относительно экватора, составляя в своей совокупности X-образную структуру, характеризующую одну из региональных особенностей Глобальной Атмосферной Осцилляции (ГАО), основным региональным элементом которой является общеизвестное Южное Колебание [1–2]. В сторону полюсов от этой X-образной структуры примерно вдоль меридиана 90°з.д. формируются также очаги положительных разностей ДУМ того же уровня значимости, что и в полосах X-образной структуры.

Таким образом, Глобальная Атмосферная Осцилляция и сопутствующие ей аномалии характеристик гидрометеорологических полей должны рассматриваться как важный фактор короткопериодной климатической изменчивости.

Докладчик выражает глубокую благодарность своим соавторам Бышеву В.И., Нейману В.Г., Романову Ю.А. и Сонечкину Д.М. за помощь в подготовке доклада и тезисов.

Литература:

1. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. Эль-Ниньо как следствие глобальной осцилляции в динамике климатической системы Земли // Докл. РАН. 2012. Т. 446, № 1. С. 89-94.
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В., Сонечкин Д.М. О статистической значимости и климатической роли Глобальной атмосферной осцилляции // Океанология. В печати.

АНАЛИЗ БАЛАНСА ТЕПЛА ВЕРХНЕГО СЛОЯ ОКЕАНА В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

Сухонос П.А., Полонский А.Б.

Морской гидрофизический институт ФГБНУ "Институт природно-технических систем",
Севастополь, Россия
pasukhonis@mail.ru

Ключевые слова: баланс тепла, Северная Атлантика, реанализ

Температура океана подвержена изменчивости в широком диапазоне временных масштабов. В научной литературе нет единого мнения о природе физических механизмов, обуславливающих межгодовые-десятилетние аномалии температуры океана. Цель настоящей работы – анализ компонент баланса тепла верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) в Северной Атлантике по однородным и длительным массивам данных реанализа на межгодовых-десятилетних масштабах.

В работе использованы данные из массива результатов океанического реанализа ORA-S3 за период 1959–2011 гг. [1]. Вычисление компонент теплового баланса ВКС проводилось по временным рядам среднегодовых значений в каждом узле равномерной пространственной сетки.

Получено, что локальное изменение температуры ВКС пренебрежимо мало, т. е. баланс тепла в ВКС на межгодовых и более длительных временных масштабах квазистационарен. Величины тепловых потоков на верхней границе ВКС примерно на полпорядка меньше величин адвективных переносов тепла. Оценка потоков тепла на нижней границе ВКС показала, что его величина примерно на порядок меньше величин адвективных переносов тепла. По акватории Северной Атлантики максимальные величины горизонтальных адвективных переносов тепла в ВКС отмечаются в Гвианском течении, Гольфстриме и области перехода Гольфстрима в Североатлантическое течение. Наибольшие величины вертикальной адвекции тепла в ВКС находятся в области экваториального и западно-африканского апвеллингов, а также в центральной части субтропического круговорота. Наименьшие – на южной границе субтропического круговорота, в области Гольфстрима и Гвианского течения, а также в субполярном круговороте. Наибольшие величины горизонтальных турбулентных переносов тепла в ВКС сосредоточены в зонах экваториального апвеллинга, Гольфстрима и Гвианского течения.

Таким образом, анализ компонент баланса тепла ВКС показал, что адвективно-диффузионные процессы в океане имеют наибольшие величины на рассматриваемых временных масштабах.

Литература:

1. *Balmaseda M.A., Vidard A., Anderson D.L.T.* The ECMWF Ocean Analysis System: ORA-S3 // *Mon. Wea. Rev.* 2008. V. 136. № 8. P. 3018–3034. DOI: 10.1175/2008MWR2433.1.

ВРЕМЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПОВТОРЯЕМОСТИ КРЕЩЕНСКИХ МОРОЗОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Табальчук Т.Г., Логинов В.Ф.

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь
tatyana_t.1@mail.ru

Ключевые слова: календарные даты, крещенские морозы, температура воздуха, атмосферная циркуляция, январь

Проведен анализ особенностей изменения температуры в январе на территории Беларуси для периодов 1955–1978, 1979–1998, 1999–2012 гг., а также для всего доступного временного ряда. Рассмотрена повторяемость крещенских морозов, и повторяемость положительной температурной флюктуации 25–27 января. Большая вероятность появления сильных морозов во второй декаде января связана с интенсивным выхолаживанием подстилающей поверхности и более частым проникновением отрога Сибирского максимума на территорию Европы в это время. Выявлена связь крещенских морозов с меридиональным типом циркуляции атмосферы по Вангенгейму–Гирсу и элементарными циркуляционными механизмами, обеспечивающими выход южных циклонов на территорию Европы по Б.Л. Дзердзеевскому. На основании данных реанализа ERA-Interim проанализирована синоптическая обстановка, складывающаяся в январе в северном полушарии в годы, когда наблюдались либо, наоборот, отсутствовали крещенские морозы.

МОДЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ АТМОСФЕРНЫХ БЛОКИРОВАНИЙ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ПРИ RCP-СЦЕНАРИЯХ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Тимажев А.В., Мохов И.И.

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
timazhev@ifaran.ru*

Ключевые слова: *блокинги, изменения климата, RCP, CMIP5*

Получены оценки изменений характеристик атмосферных блокингов (включая число, длительность и повторяемость блокирующих антициклонов) в разных регионах Северного полушария (СП) по модельным расчетам при возможных изменениях климата. При анализе использовались результаты расчетов полей геопотенциала в атмосфере (на уровне 500 гПа) с климатическими моделями в рамках международного проекта CMIP5 при разных сценариях антропогенных воздействий RCP (Representative Concentration Pathways) для 21 века.

Согласно модельным оценкам при продолжении глобального потепления к концу 21 века можно ожидать увеличение общей продолжительности летних и зимних блокирований и их числа при сценариях умеренных (RCP 4.5) и более агрессивных (RCP 8.5) антропогенных воздействий для евро-атлантического региона и для СП в целом [1,2].

Литература:

1. *Мохов И.И., Тимажев А.В.* Модельные оценки возможных изменений атмосферных блокирований в Северном полушарии при RCP-сценариях антропогенных воздействий // ДАН. 2015. Т. 460. № 2. С. 210-214.

2. *Mokhov I.I., Timazhev A.V., Lupo A.R.* Changes in atmospheric blocking characteristics within Euro-Atlantic region and Northern Hemisphere as a whole in the 21st century from model simulations using RCP anthropogenic scenarios // Glob. Planet. Change. 2014. V. 122. P. 265-270.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ПРОИСХОДЯЩИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Харюткина Е.В.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
kh_ev@mail2000.ru

Ключевые слова: *Климатические изменения, Западная Сибирь, циркуляционные и радиационные факторы*

В работе были проанализированы особенности межгодовой изменчивости температуры воздуха и атмосферного давления и их тенденции на территории Западной Сибири, а также исследованы зависимости метеовеличин от изменения составляющих теплового баланса на земной поверхности и индексов глобальной циркуляции в период 1976–2014 гг.

Для того, чтобы оценить характер климатических изменений в начале XXI века по данным наблюдений и реанализа проводилось сравнение полученных оценок среднемесячных и среднесезонных величин температуры и давления за два интервала времени: 1976–2005 гг. и 1985–2014 гг. Выявлено, что, в целом, начало XXI века характеризуется замедлением темпов потепления, а в зимние месяцы уменьшение температуры приземного воздуха сопровождается тенденцией роста давления на западных и южных границах Западной Сибири, которая препятствует распространению на территорию воздушных масс с этих направлений. Понимание истинных причин происходящих изменений требует учета климатообразующих факторов, таких как радиационные (составляющие теплового баланса) и циркуляционные (индексы глобальной циркуляции SCAND и АО). С помощью построенных регрессионных моделей получено, что доминирующая роль в изменчивости исследуемых метеорологических параметров принадлежит радиационным факторам. Например, в летние месяцы 1976–2005 гг. и в переходные сезоны (весна/осень) 1985–2014 гг. доля радиационных факторов составляет более 90%. Однако эта величина практически не меняется со временем. К тому же в зимние месяцы их доля уменьшается до 70%, тогда как влияние циркуляционных факторов в период 1985–2014 гг. наоборот, значимо ($b = 0,01$) увеличилось: доля вклада индекса АО (более, чем на 10%) в изменчивость температурного режима, а доля вклада индекса SCAND (более, чем на 15%) в изменчивость величины атмосферного давления.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ МК-5969.2015.5

ОСОБЕННОСТИ ШИРОТНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ЗЕМЛИ ПО ДАННЫМ РАДИОМЕТРОВ ИКОР-М, УСТАНОВЛЕННЫХ НА ИСЗ «МЕТЕОР-М» № 1 И № 2

Червяков М.Ю.

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия
chervyakovmu@mail.ru

Ключевые слова: отражённая солнечная радиация, альbedo, поглощённая солнечная радиация, радиометр ИКОР-М

В работе рассматриваются результаты анализа широтного распределения составляющих радиационного баланса Земли по данным двух российских спутников «Метеор-М» № 1 и № 2. На борту этих ИСЗ были установлены радиометры, измеряющие коротковолновую отражённую солнечную радиацию ИКОР-М (главный конструктор Ю.А. Склярков). На настоящий момент накоплен и продолжает регулярно пополняться большой архив однородных климатических данных по ряду компонентов радиационного баланса Земли, полученных в результате работы прибора ИКОР-М. Основная цель работы была посвящена обработке поступающей от него научной информации для оценки пространственно-временной изменчивости поглощённой солнечной радиации и альbedo на верхней границе атмосферы, а также выявлению закономерностей распределения этих параметров над различными регионами Земли.

Стоит отметить, что работа по исследованию составляющих радиационного баланса Земли с помощью радиометра ИКОР-М имеет самый длинный ряд спутниковых наблюдений, полученный в России (с сентября 2009 года), который продолжает пополняться и в настоящее время. Прибор регистрирует со скоростью один отсчёт в секунду. Важно отметить, что это первый в России подобный проект такого уровня.

До начала анализа научных данных была оценена репрезентативность и погрешность измерений радиометром ИКОР-М, а также проведено обоснование широтных границ наблюдаемости со спутников. Проведено сравнение данных ИКОР-М с другими данными спутниковых проектов. В сравнении использовались ежесезонные средние величины альbedo, осреднённые по территории 60° с.ш. ... 60° ю.ш. Результаты сравнений показали хорошую согласованность рядов данных альbedo.

Для выявления вариаций широтного распределения поглощённой радиации в зависимости от долготы была применена методика равновеликих широтных разрезов (10° шириной (2,5°x4) и ± 45° по широте) в обе стороны от экватора.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (код проекта 2179).

Литература:

1. Склярков Ю.А. и др. Измерения компонентов радиационного баланса Земли с ИСЗ "Метеор-М" № 1. Аппаратура ИКОР-М // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, №2. С. 173-180.

2. Склярков Ю.А., Червяков М.Ю., Воробьёв В.А., Котума А.И., Фейгин В.М. Особенности распределения альbedo в 2010 – 2012 годах по данным с ИСЗ «Метеор – М» № 1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 4. С. 107-117.

КЛИМАТОЛОГИЯ ДНЕВНОЙ И НОЧНОЙ ОБЛАЧНОСТИ ПО РАЗНЫМ ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

Чернокульский А.В.

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
a.chernokulsky@ifaran.ru

Ключевые слова: *общая облачность, ночная облачность, дневная облачность, спутниковые данные, данные наземных наблюдений*

Проведена оценка климатологии дневной и ночной облачности и их разности по различным спутниковым данным (AIRS-LMD, CERES, MODIS, CALIPSO-GOCCP, PATMOS-x) в сопоставлении с наземными наблюдениями. Выявлено преобладание дневной облачности над сушей и над всем Северным полушарием, и преобладание ночной облачности над океаном и над всем Южным полушарием, при этом различия между облачностью над сушей и океаном (и соответственно над Северным и Южным полушариями) сильнее проявляются в ночное время. Региональные значения разности между ночной и дневной облачностью над сушей могут достигать 20–40%, главным образом, в горных районах и в умеренных широтах. Над океаном преобладание ночной облачности отмечено преимущественно в низких широтах (в первую очередь, в восточных частях океанов), где по отдельным данным ночная облачность больше дневной на 15–20%, причём эта разность больше летом. В ряде экваториальных и высокогорных областей Евразии, Африки, Южной Америки и Австралии, а также в северных районах Тихого и Атлантического океанов выявлены существенные различия между данными: согласно одним данным над этими регионами преобладает дневная облачность, согласно другим – ночная. Показано, что время наблюдений может влиять на определение общей облачности. Наблюдения только в дневное время будут завышать значения облачности над сушей (на 20% по сравнению со среднесуточным) и занижать значения облачности над океаном. Наблюдения только в утренние или ночные часы, наоборот, будут занижать значения облачности над сушей (на 8–10%) и завышать над океаном (на 5–7%). Региональные различия могут быть ещё существеннее.

Литература:

1. Чернокульский А.В. Ночная и дневная облачность по разным спутниковым данным // Известия РАН. Серия Географическая. 2015. №4 [в печати].
2. Чернокульский А.В., Мохов И.И. Сравнительный анализ характеристик глобальной и зональной облачности по различным спутниковым и наземным наблюдениям // Исследования Земли из космоса. 2010. № 3. С. 12–29.

НАБЛЮДЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЗЕМНОГО АТМОСФЕРНОГО СЛОЯ

Афиногенов К.В., Анисимов С.В.
ГО "Борок" ИФЗ РАН, п.Борок, Россия
aphin@borok.yar.ru

Ключевые слова: электрическая проводимость атмосферы, вертикальный атмосферный ток, объемный электрический заряд, напряженность электрического поля

В летний сезон 2014 года на полигоне Геофизической обсерватории «Борок» [58°04'N; 38°14'E] в условиях отсутствия промышленных загрязнений и электромагнитных помех проводились натурные полевые наблюдения аэроэлектрических характеристик приземного слоя атмосферы. Цель работы заключалась в изучении динамики электрических характеристик нижней атмосферы, исследовании турбулентных аэроэлектрических структур, создании банка данных входных параметров для построения стохастической лагранжевой модели электрического состояния атмосферного пограничного слоя [1]. Полевой измерительный комплекс включал электростатические флюксометры, ультразвуковые цифровые метеостанции, датчики полярных электрических проводимостей атмосферы, токовый коллектор, пиранометр, датчики объемной активности радона AlphaGuard PQ2000 и CPC-05. Данные регистрируются цифровой автоматизированной системой сбора информации с частотой дискретизации 10 Гц.

В ходе полевых натурных наблюдений получены суточные хода плотности объемного заряда, удельной электрической проводимости приземного слоя атмосферы, объемной активности радона. Получен суточный ход плотности вертикального атмосферного электрического тока проводимости по данным удельной электрической проводимости атмосферы и напряженности атмосферного электрического поля. Показана корреляция плотностей тока проводимости и полного вертикального атмосферного электрического тока.

Показано наличие корреляций напряженности атмосферного электрического поля, плотности вертикального атмосферного электрического тока, плотности объемного заряда и удельной электрической проводимости приземного слоя атмосферы. Показана взаимосвязь суточных ходов объемной активности радона, удельной электрической проводимости и плотности объемного электрического заряда.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №12-05-00820, №12-05-31517, №13-05-10005, №13-05-12060, №15-05-04960) и Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН №7

Литература:

1. Анисимов С.В., Галиченко С.В., Шихова Н.М., Афиногенов К.В. Электричество конвективного атмосферного пограничного слоя: натурные наблюдения и численное моделирование // Физика атмосферы и океана. 2014. Т. 50, № 4. С. 445–454.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОГНОЗА ГРОЗ ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РФ

Губенко И.М., Рубинштейн К.Г.
Гидрометцентр России, Москва, Россия
img0504@yandex.ru

Ключевые слова: грозы, опасные явления, атмосферное электричество, конвективная неустойчивость, моделирование погоды

Одним из направлений исследований в области атмосферного электричества является изучение гроз. Особенно актуальным является прогноз молниевых разрядов типа облако-земля, представляющих угрозу человеку, отраслям экономики, техническим устройствам и инженерным сооружениям.

На современном этапе характеристики атмосферного электричества не рассчитываются в численных моделях атмосферной циркуляции, и прогноз грозовой активности производится по косвенным признакам, в частности, по анализу степени неустойчивости атмосферы. В подобных методах составляющая скорости ветра, которая, в сущности, играет определяющую роль в эволюции кучево-дождевых облаков (Cb), учитывается лишь косвенно (т.е. фактически по количеству скрытого тепла, которое выделяется при конденсации водяного пара). В работе представлен новый индекс неустойчивости, основанный на вертикальной составляющей скорости ветра и рассчитанный на основе выходных данных мезомасштабной численной модели WRF-ARW [1].

В работе также представлено физико-математическое описание модели электризации Cb, явно учитывающей процессы атмосферного электричества. Представленная модель основана на неиндуктивном механизме генерации заряда и включает в себя блоки расчета генерации, разделения и накопления объёмного заряда. В качестве входных профилей метеорологических величин использованы выходные данные мезомасштабной численной модели WRF-ARW.

Валидация индекса неустойчивости на основе вертикальной составляющей скорости ветра и модели электризации произведена по территории ЦФО за 13 мая – 31 августа 2013 г. по данным синоптических станций и Всемирной сети регистрации молний WWLLN. Индекс показал высокую оправдываемость отсутствия гроз (94%), ложные тревоги составили 31%, критерий Пирси – Обухова равен 0,58 [1]. При валидации модели отмечена высокая оправдываемость отсутствия грозы (98%), ложные тревоги составили 21%, критерий Пирси – Обухова равен 0,59.

Работа частично поддержана грантами РФФИ А- 1408-01105 и А-15-05-02395.

Литература:

1. Губенко И.М., Рубинштейн К.Г. Анализ результатов расчета грозовой активности с помощью индексов неустойчивости атмосферы по данным численной модели WRF – ARW // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 27-37.

МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДИНАМО В ТУРБУЛЕНТНОЙ СРЕДЕ

Дементьева С.О., Мареев Е.А., Евтушенко А.А.
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
svetadem91@mail.ru

Ключевые слова: *электрическое динамо, турбулентность, механизмы разделения заряда*

На данный момент существует хорошо развитая теория магнитного динамо, однако проблема электрического динамо остается существенно менее развитой. В данном исследовании рассматривается электрическое динамо и возможность усиления электрического поля под воздействием турбулентности.

Рассмотрена среда, состоящая из турбулентного газа и двух типов частиц. В квазигидродинамическом приближении в предположении интенсивной зарядки и индукционного механизма разделения заряда описана эволюция зарядов на частицах. Вычислен ток зарядки для двух возможных случаев: 1) коэффициент прилипания аэроионов мал, и им можно пренебречь, 2) коэффициент прилипания аэроионов велик. Первый случай реализуется, например, в грозовых облаках. Анализ зависимости коэффициента пропорциональности между электрическим полем и током зарядки от размеров частиц для параметров грозового облака показал, что коэффициент слабо зависит от размера маленьких частиц, т.е. динамо реализуется для большого диапазона радиусов маленьких частиц, тогда как размер больших частиц должен превышать пороговое значение около 0.18 см для усиления электрического поля за счет турбулентности. Второй случай соответствует меньшим размерам частиц по сравнению с грозовым облаком. В этом случае коэффициент пропорциональности зависит от размеров обоих типов частиц. Данный коэффициент растет с увеличением каждого из радиусов, для реализации динамо требуется превышение некоторого порогового значения. Усиление электрического поля будет иметь место, например, для частиц размерами 0.023 и 0.0023 см, что может наблюдаться в пылевых бурях над степью.

Наряду с индукционным механизмом разделения заряда, имеет место также безындукционный, но его влияние существенно сказывается на росте электрического поля только на ранней стадии, после чего индукционный механизм обуславливает более быстрый рост.

Настоящая работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ (договор № 14.В25.31.0023).

РАДИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНАЯ ПЛАЗМОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СПРАЙТА

Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А., Ильин Н.В., Дементьева С.О.
Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
a_evtushenko@inbox.ru

Ключевые слова: высотные разряды, плазмохимическая модель

Предложена радиально-симметричная самосогласованная модель спрайта на высотах от 60 до 90 км в области радиусом 60 км. Химический блок модели состоит из 267 реакций для 61 химической компоненты [1]. Проведен анализ возмущения концентрации ионов, электронов, нейтральных компонент и интенсивности эмиссий фотонов на высотах мезосферы для спрайта в ночных условиях. Вследствие быстрого вытеснения электрического поля в верхней части диффузной области спрайта на высотах 78–81 км излучение на оси разряда заканчивается ранее, чем во внешней области, что приводит к формированию тороидальной структуры электрического поля и излучения спрайта в первой и второй положительных полосах молекулярного азота [2]. На высотах 83–87 км при развитии разряда наблюдается уменьшение концентрации электронов, связанное с возрастанием роли диссоциативного прилипания к молекулярному кислороду, что существенно уменьшает проводимость на этих высотах.

Литература:

1. *Евтушенко А.А.* Одномерная самосогласованная модель влияния спрайта/гало на химию мезосферы / Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А. // Известия ВУЗов. Радиофизика. 2013. Vol. 56, № 11-12. P. 947–967.
2. *Евтушенко А.А.* Самосогласованная модель ночного спрайта / Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А. // Изв. ВУЗов. Радиофизика. 2015 (принята в печать).

ИЗЛУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛЕЙ, ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ ВО ВНЕШНЕМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Колбнева Н.Ю.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия
kolbneva-nata@yandex.ru

Ключевые слова: заряженная капля, электростатическое поле, линейные колебания, излучение электромагнитных волн, осцилляции

Вопросы, связанные с наличием электромагнитного излучения от осциллирующих облачных и дождевых капель, представляют интерес в связи с проблемами радиопомех радиолокационного зондирования метеорологических объектов.

Задача решается, полагая, что поля скоростей течения жидкости имеют порядок малости, что и волновое искажение. Искомые величины разложены по порядкам малости амплитуды осцилляций. Решив задачу нулевого порядка малости, получили форму равновесной поверхности капли с точностью до второй степени квадрата эксцентриситета. Из динамического граничного условия первого порядка найдено дисперсионное уравнение. Найдено выражение для интенсивности электромагнитного излучения. Для численных оценок электромагнитного излучения приведены параметры для капли и среды.

Возможны два источника электромагнитного излучения осциллирующих капель в облаке: 1) связан с осцилляциями низких мод мелких капелек; 2) с осцилляциями высоких мод крупных капель, свободно падающих в облаке в поле сил тяжести (гидрометеоров).

Основные результаты работы: 1) интенсивность электромагнитного излучения единичной каплей и облака мало зависит от размера облачных капель; 2) с увеличением напряженности электростатического внутриоблачного поля интенсивность излучения быстро увеличивается: при увеличении напряженности в пять раз интенсивность излучения увеличивается на порядок; 3) от величины заряда капли интенсивность излучения зависит крайне слабо; 4) интенсивность электромагнитного излучения приходится на полосу частот от ~ 100 кГц до ~ 5 МГц; 5) с увеличением размера капли частота излучения быстро снижается; 6) первый источник электромагнитного излучения имеет большую интенсивность и идет в области более высоких частот, чем второй.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИОНИЗАЦИИ НОЧНОЙ МЕЗОСФЕРЫ ПО ПРОФИЛЮ ПРОВОДИМОСТИ

Кутерин Ф.А.^{1,2}, Евтушенко А.А.¹

¹Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия

²ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

xredor@gmail.com

Ключевые слова: мезосфера, источники ионизации, обратная задача

В последние годы значительное развитие получили плазмохимические модели, описывающие возмущение химического состава мезосферы во время высотных разрядов, в первую очередь спрайтов [1]. При численном моделировании одним из актуальных вопросов является задание источников ионизации, для поддержания квазистационарного состояния основных химических компонент в условиях невозмущенной мезосферы.

В настоящей работе на основе регуляризованного двойственного метода, предложенного в [2], строится устойчивый по отношению к ошибкам задания исходных данных алгоритм определения минимального по норме источника ионизации мезосферы (на высотах 70–90 км) по заданному профилю проводимости. Для описания квазистационарного состояния химического и ионного состава мезосферы используется система химических реакций из [1].

Приводятся результаты численного моделирования на основе предложенного алгоритма. При этом в качестве исходного задаются профили проводимости, рассчитанные по данным глобальной атмосферной модели WACCM.

Литература:

1. Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А. Одномерная самосогласованная модель влияния спрайта/гало на химию мезосферы // Изв. ВУЗов. Радиофизика. 2013. Т. 56, вып. 11/12. С. 947–967.
2. Сумин М.И. Регуляризованный двойственный метод решения нелинейной задачи математического программирования // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2007. Т. 47, вып. 5. С. 796–816.

ВЛИЯНИЕ ЗАРЯДОВОЙ СТРУКТУРЫ ГРОЗОВОГО ОБЛАКА И АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТОРНАДО И НИЗОВЫХ ПРОРЫВОВ

Маслов С.А., Натяганов В.Л., Сытов В.Э.

МГУ им. М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Москва, Россия
sergm90@mail.ru

Ключевые слова: торнадо, низовой прорыв, грозовое облако, трипольная структура заряда, атмосферное электрическое поле

В энергетическом смысле Земля является скорее «магнитной» планетой, чем «электрической»: плотность магнитной энергии W_m на 5 порядков больше плотности W_e электрической. Поэтому лишь под мощными грозовыми облаками, где атмосферное электрическое поле (АЭП) превышает 100 кВ/м (АЭП «хорошей погоды» – около 100 В/м [1]) и $W_e > W_m$, следует в первую очередь учитывать электрические факторы формирования торнадо и низовых прорывов.

В данном докладе анализируются электромагнитные механизмы изменения структуры заряда грозового облака с дипольной на трипольную, чаще всего с последующим образованием воронки смерча, и возникновения неустойчивости Рэлея – Тейлора (НРТ) в виде прорыва тяжелой и заряженной газо-капельной среды облака к земной поверхности. Перезарядка грозового облака [2] возникает вследствие подъема положительно заряженных капель воды и частиц пыли к отрицательно заряженной центральной нижней части облака. Растекание поднявшихся частиц в совокупности с магнитным полем Земли обеспечивает закрутку грозового облака и превращению его в торнадо-циклон (ТЦ). Завихренность порождает азимутальный электрический ток и касательное АЭП, которое препятствует реализации НРТ и может приводить к обратному втягиванию воронки торнадо [3] в облако (около 1/3 всех случаев).

В докладе предложены модели низового прорыва и роста воронки торнадо с касанием подстилающей поверхности [1]. Рассмотрены механизмы усиления завихренности потока за счет вертикального АЭП и радиального перепада плотности заряда воронки. Решена электрогидродинамическая (ЭГД) задача формирования прорыва в форме полутела Рэнкина или параболоида вращения. Учет силы Кориолиса, пониженного (за счет сильных вариаций АЭП) ЭГД-давления позволяет описать случаи «вертолетной посадки» всего грозового облака на земную поверхность [3] без образования воронки торнадо.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России (государственный контракт № 14.577.21.0109).

Литература:

1. Натяганов В.Л., Маслов С.А. Ломоносов и загадки природного электричества. Часть 4. Электромагнитные механизмы формирования торнадоподобного смерча // Вести. Моск. ун-та. Сер. 1. Матем. Механ. 2014. № 2. С. 32–38.
2. Натяганов В.Л., Сытов В.Э. Возможные механизмы перезарядки нижней части грозовых облаков // Сб. докл. X Междунар. науч. конф.: Современные проблемы электрофизики и электрогидродинамики жидкостей. СПб., 2012. С. 120–122.
3. Наливкин Д.В. Ураганы, бури и смерчи. Л., 1969. 487 с.

ВАРИАЦИИ АТМОСФЕРНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, СВЯЗАННЫЕ С КУЧЕВО-ДОЖДЕВЫМИ ОБЛАКАМИ В ЛИВНЕВОЙ И ГРОЗОВОЙ СТАДИЯХ

Пустовалов К.Н., Нагорский П.М.

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
const.pv@yandex.ru

Ключевые слова: атмосферное электричество, кучево-дождевые облака, вариации напряжённости электрического поля, ливни, грозы

Работа посвящена комплексному исследованию вариаций напряжённости электрического поля, обусловленных прохождением над пунктом мониторинга кучево-дождевых облаков, играющих важнейшую роль в формировании глобальной электрической цепи [1]. Используются данные о напряжённости электрического поля (Е), полученные в г. Томске, и информация об облачности и её формах [2].

Для анализа отобраны метеорологические сроки (май-сентябрь), во время которых метеоусловия характеризовались следующими особенностями: а) наличие Сб облаков в срок; б) наличие ливневого дождя, града или грозы в срок и (или) между сроками; в) отсутствие Ns, As и St облаков в текущий и соседние сроки; г) отсутствие обложных и морозящих осадков в срок и (или) между сроками; д) отсутствие тумана, дымки и дыма лесных пожаров. При этом допускалось наличие Cu, Sc, As и Cs, как сопутствующие кучево-дождевым облакам и являющиеся их предвестниками, а также Ci и Cs, формирующих «наковальню» Сб. Всего было отобрано более 450 случаев прохождения Сб в ливневой и грозовой стадиях.

Для вариаций Е были определены статистические характеристики для Сб в целом и для Сб в ливневой и грозовой стадиях. Рассчитаны статистические характеристики для параметров, описывающих временную структуру вариаций поля Е, не связанных с грозовыми разрядами. В том числе: общая длительность вариаций (Tv); средняя амплитуда Е за период вариаций (Av); число появления положительных (NE+) и отрицательных (NE-) возмущений; длительность положительных (TE+) и отрицательных (TE-) возмущений; экстремальные и средние значения Е для положительных (VE+) и отрицательных (VE-) возмущений.

Показано: среднее значение Е при прохождении Сб в ливневой и грозовой стадиях, и Сб в целом составило -360, -175 и -330 В/м; средние значения Av – 5500 В/м; средние значения Tv, TE+, TE- – 47, 8, 10 мин; средние значения NE+, NE- – 1,7 и 2,2, соответственно.

Литература:

1. Анисимов С.В., Мареев Е.А. Геофизические исследования глобальной электрической цепи // Физика земли. 2008. № 10. С. 8-18.
2. ВНИИГМИ-МЦД. Доступ к данным. Основные метеорологические параметры (сроки). Автоматизированная Информационная Система Обработки Режимной Информации (АИСО-РИ) [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – URL:<http://aisori.meteo.ru/ClimateR>

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ С УЧЕТОМ ЭКСПЕРИМЕНТА

Редин А.А., Кудринская Т.В., Куповых Г.В.
Южный Федеральный университет, Таганрог, Россия
alexandr.redin@gmail.com

Ключевые слова: моделирование, эксперимент, приземный слой атмосферы, аэрозоль, ионы, турбулентное перемешивание, электродный эффект, электрическое поле

В работе представлены теоретические и экспериментальные исследования электрической структуры приземного слоя атмосферы [1] в различных метеорологических и геофизических условиях на предмет согласия результатов модельных расчетов с данными эксперимента [2].

Используется математическая модель, позволяющая получать пространственно-временный профили концентраций положительных (отрицательных) легких и тяжелых ионов и напряженности электрического поля в зависимости от концентрации аэрозольных частиц, степени турбулентного перемешивания, скорости вертикальной составляющей конвективного переноса, степени ионизации воздуха, напряженности электрического поля у поверхности земли, размера аэрозольных частиц с учетом многозарядности и тока тяжелых ионов [1,2].

Параметры атмосферно-электрической модели приземного слоя уточнены на основании данных натурного эксперимента в степном и высокогорном пунктах наблюдений. При моделировании электрической структуры приземного слоя использована эмпирическая функция интенсивности ионообразования с учетом особенностей вертикального распределения радона в приземном слое, для коэффициента турбулентного перемешивания предложены классические представления и эмпирические выражения, полученные на основании данных вертикального распределения скорости ветра [2].

Анализ сравнения результатов численного моделирования и экспериментальных данных позволяет уточнить модели и выделить границы их применимости.

Литература:

1. Морозов В.Н., Куповых Г.В. Теория электрических явлений в атмосфере // Монография. LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbruken, Germany, 2012. 332 с.
2. Кудринская Т.В., Куповых Г.В., Редин А.А. Сравнение результатов математического моделирования электродного эффекта с экспериментальными данными // Известия ЮФУ. Технические науки. Актуальные проблемы математического моделирования. 2013. №4. С. 72–81.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ СЕВЕРНОЙ АЗИИ С ПОМОЩЬЮ СЕТИ МИРОВОЙ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ (WWLLN)

Тарабукина Л.Д., Козлов В.И.

*Институт космических исследований и астрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск,
Россия*

tarabukina@ikfia.sbras.ru

Ключевые слова: грозовой разряд, карта плотности грозовых разрядов, широтно-долготный ход, Северная Азия, энергия молнии

В работе использованы данные Мировой сети грозопеленгации молний (World Wide Lightning Location Network, WWLLN), один из пунктов установлен в г. Якутск. С 2009 г. система позволяет оценивать среднеквадратичное значение энергии молнии (Дж) с погрешностью 17% [1]. Получены карты пространственной плотности грозовых разрядов за период с 1 июня по 31 августа 2009–2014 гг. Стабильно наблюдаются два массивных очага повышенной грозовой активности (в 10–100 раз выше плотность) – на Западносибирской равнине и в долине рек Амур и Сунгари. Максимум активности первого очага находится в местности между 55 и 61 с.ш. и 60 и 75 в.д., характеризующейся активной конвекцией вследствие сильной болотистости и, таким образом, неустойчивым состоянием атмосферы [2]. Максимальная активность второго очага наблюдается вдоль 120–130 в.д. в межгорно-котловинной области. В среднем плотность разрядов второго очага выше за сезон. Широтный ход может быть описан линейным спадом средней по долготе плотности грозовых разрядов от средних широт к высоким. Долготный ход грозовой активности также линейно уменьшается с запада к востоку, что позволяет говорить о преобладании западного переноса в формировании грозовой активности во всей Северной Азии. Широтная зависимость плотности разрядов внутри очага хорошо описывается логнормальным распределением с асимметрией в сторону более низких широт. Долготная зависимость внутри очага – нормальным распределением. Распределение энергий молний на рассматриваемой территории является логнормальным с максимумом, приходящимся на энергии порядка 5000 Дж. Построены карты пространственного распределения средних, медианных значений энергий, которые показывают повышение уровня средних энергий к северу, а также в области Саян. Возможно, это обусловлено тем, что к северу повышается высота нижней кромки облаков и, как следствие, возрастает вероятность возникновения более мощных положительных разрядов. Работа поддержана РФФИ, проект № 14-05-31056 мол_а.

Литература:

1. Hutchins M.L., Holzworth R.H., Rodger C.J., Brundell J.B. Far-field power of lightning strokes as measured by the World Wide Lightning Location Network // Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 2012. V. 29. P. 1102-1110.
2. Региональный мониторинг атмосферы. Часть 4. Природно-климатические изменения: Коллективная монография / Под ред. М.В. Кабанова. Томск: МГП «РАСКО», 2000. 270 с.

ОСОБЕННОСТИ НЕУСТОЙЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ПОЛЯХ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ НЕОДНОРОДНОСТИ

Ширяев А.А.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Ярославль, Россия
aashiryev@list.ru

Ключевые слова: заряженная капля, внешнее электростатическое поле, осцилляции, критерий электростатической неустойчивости, точечный заряд, точечный диполь.

Рассмотрим каплю радиуса R идеальной, несжимаемой, идеально проводящей жидкости, несущую заряд Q , расположенную на расстоянии L от точечного заряда величиной q или точечного диполя с моментом p . Зададимся целью исследовать такую каплю на устойчивость. Задачу будем решать в сферических координатах с началом в центре масс капли.

Будем анализировать одновременно две ситуации: точечный заряд и точечный диполь, а для электростатических полей, будем использовать индексы (“с” – “charge”, для случая поля точечного заряда и “d” – “dipole”, для случая поля точечного диполя). Задача обезразмеривается на характерные масштабы $R=c=y=1$. Необходимо привести оба рассматриваемых случая в соответствие, для чего вводятся полевой параметр w , и зарядовый параметр W :

$$\begin{aligned}w_c &= q^2/16pL^4 \\w_d &= p^2/4pL^6 \\W &= Q^2/16p\end{aligned}$$

Решение задачи на устойчивость поверхности даёт решения для амплитуд возмущения. Из условия обращения в ноль квадрата частоты получим выражение для критических значений полевого параметра. Как выяснилось из анализа зависимостей кривые при больших номерах мод стремятся к горизонтальным асимптотикам, уровень которых понижается с увеличением заряда на капле.

Из анализа устойчивости равновесной поверхности получим, что при задании в начальный момент времени возбуждения единичной моды, вместе с ней возбуждается набор ближайших мод, меньших по амплитуде, которые будем называть связанными.

Вывод: В более резко неоднородном поле точечного диполя понижаются критические условия устойчивости осцилляций. В случае эквивалентного рассмотрения потенциалов, более неоднородные поля вызывают возбуждение более широкого спектра мод. Амплитуды связанных мод резко убывают по мере их удаления от изначально возбуждённой моды. Осцилляции всего спектра связанных мод становятся одновременно неустойчивы с потерей устойчивости основной модой.

СОДЕРЖАНИЕ

Программный комитет	3
Организационный комитет	4

ЛЕКЦИИ

Секция 1. Состав атмосферы, диагностика и моделирование фотохимических и радиационных процессов

<i>Гинзбург А.С.</i> Парниковые и антипарниковые эффекты в планетных атмосферах	6
<i>Груздев А.Н.</i> Изменения химического состава атмосферы.....	7
<i>Куликов М.Ю., Нечаев А.А.</i> Малые газовые составляющие и фотохимические процессы на высотах мезосферы	8
<i>Ларин И.К.</i> Озоновый слой в XXI веке	9
<i>Морозов И.И.</i> Лабораторные методы исследования атмосферных процессов	10
<i>Скорород А.И.</i> Химия атмосферы и качество воздуха в городах: современные проблемы	11
<i>Чубарова Н.Е., Полохов А.А., Свириденков М.А., Малинина Е.П.</i> Атмосферный аэрозоль и его климатические эффекты	12
<i>Wang G., Emilenko A.S.</i> Some specific features of particles air pollution in Beijing and surrounding areas	13

Секция 2. Динамические процессы в атмосфере, проблема предсказуемости атмосферных явлений

<i>Курганский М.В.</i> Гидродинамика и статистика пыльных вихрей в атмосфере	14
<i>Ретина И.А., Иванов В.В.</i> Динамика Арктического ледяного покрова по данным дистанционных и экспедиционных наблюдений	15
<i>Lupo A.R.</i> Blocking Anticyclones and Their Characteristics	16

Секция 3. Климатические процессы, диагностика и моделирование взаимодействия компонентов климатической системы и изменений климата

<i>Демченко П.Ф.</i> Процессы в стохастической термодинамике и их аналоги в теории климата	17
<i>Елисеев А.В.</i> Ансамблевый подход к моделированию климатической системы.....	18
<i>Малахова В.В.</i> Субаквальные газовые гидраты как возможный источник метана в Арктике	19

<i>Полонский А.Б.</i> Мировой океан, пауза в глобальном потеплении и региональные изменения климата	20
<i>Семенов В.А.</i> Модель общей циркуляции атмосферы как инструмент диагностики климатических процессов	21
<i>Соломина О.Н.</i> Изменения климата в последние два тысячелетия	22
<i>Groisman P.Ya., Bulygina O.N., Shiklomanov A.I.</i> Contemporary Changes of the Global Climate and the Hydrological Cycle over Northern Eurasia	23

Секция 4. Атмосферное электричество, глобальная электрическая цепь

<i>Дмитриев Э.М., Анисимов С.В.</i> Электричество приземного слоя атмосферы: наблюдения и моделирование	24
<i>Евтушенко А.А.</i> Высотные разряды в атмосфере: физика, эффекты, наблюдения	25

ДОКЛАДЫ МОЛОДЫХ УЧАСТНИКОВ

Секция 1. Состав атмосферы, диагностика и моделирование фотохимических и радиационных процессов

<i>Агеева В.Ю., Груздев А.Н.</i> Квазидвухлетние вариации общего содержания NO ₂ , озона и стратосферной температуры	28
<i>Беликович М.В., Мухин Д.Н., Швецов А.А., Рыскин В.Г., Фейгин А.М.</i> Дистанционное измерение характеристик снежного покрова посредством пассивного микроволнового зондирования	29
<i>Березин Е.В., Коновалов И.Б.</i> Фотохимический механизм обратной связи в процессах образования вторичного органического аэрозоля в дымовых шлейфах от растительных пожаров	30
<i>Березин Е.В., Коновалов И.Б.</i> Метод оценки антропогенных эмиссий диоксида углерода, основанный на использовании спутниковых измерений тропосферного содержания диоксида азота и монооксида углерода... ..	31
<i>Березина Е.В., Еланский Н.Ф., Скорород А.И.</i> Радон-222 в приземном воздухе на территории России и его применение к задачам атмосферной химии.....	32
<i>Божкова В.В., Бручковский И.И., Дёмин В.С., Светашев А.Г., Турышев Л.Н.</i> Разработка метода измерения вертикальных профилей концентрации малых газовых составляющих атмосферы по данным наземных наблюдений в спектральном диапазоне 290–450 нм.....	33
<i>Боровский А.Н., Постыляков О.В., Иванов В.А., Капая У., Красовский А.Н., Бручковский И.И., Елохов А.С.</i> Предварительные результаты исследования пространственно-временного распределения содержания NO ₂ и НСНО в тропосфере методом дифференциальной спектроскопии на Звенигородской научной станции.....	34

<i>Бородко С.К., Матешева А.В., Боровский А.Н., Иванов В.А., Постыляков О.В.</i> О нахождении источников двуокси азота по измерениям её интегрального содержания в тропосфере с использованием мезомасштабного химико-транспортного моделирования	35
<i>Бутурля Е.Л., Яковцева Я.А., Светашев А.Г., Турышев Л.Н., Бородко С.К., Бручковский И.И.</i> Комплексное исследование параметров облачности по данным орбитальных и наземных наблюдений, а также по результатам численного моделирования в системе WRF	36
<i>Вазаева Н.В., Гледзер Е.Б., Курганский М.В., Лебедев В.А., Обвинцев Ю.И., Чхетиани О.Г.</i> Вынос аридного аэрозоля в условиях слабых ветров	37
<i>Жданова Е.Ю., Чубарова Н.Е.</i> Интерактивная интернет-программа для расчета доз эритемной УФ-радиации и УФ-ресурсов на территории Северной Евразии	38
<i>Иванов В.А., Постыляков О.В.</i> О восстановлении характеристик тропосферной облачности по измерениям метода дифференциальной спектроскопии	39
<i>Казанцев В.С.</i> Опыт исследования эмиссии метана из озёр Северо-запада России	40
<i>Карпов А.В., Горчаков Г.И.</i> Оптические и микрофизические свойства плотных дымок на территории России и Китая	41
<i>Киселева Ю.В., Рублев А.Н., Кухарский А.В.</i> Интеркалибровка ИК каналов сканера МСУ-МР по данным измерений радиометра SEVIRI	42
<i>Короткова Е.М., Зуев В.В., Зуева Н.Е.</i> Сравнительный анализ рядов наблюдений ОСО и УФР на среднеширотных станциях Восточного (Томск, Обнинск, Россия) и Западного (Эдмонтон, Гус Бей, Канада) полушарий	43
<i>Криницкий М.А., Сеницын А.В., Гулев С.К.</i> Установка оценки полного балла облачности: новое оборудование, новые алгоритмы, новая точность и новые задачи	44
<i>Лебедева В.А., Церенова М.П.</i> Взаимосвязь изменения высоты тропопаузы с развитием грозовой деятельности на основе данных радиолокационного и аэрологического зондирования	45
<i>Лоскутова О.В., Копейкин В.М.</i> Сажевый аэрозоль в воздушном бассейне г. Москвы	46
<i>Макрушин А.П., Галиченко С.В., Анисимов С.В.</i> Моделирование ионообразования в нижней тропосфере	47
<i>Миронова С.Ю., Михайлов Е.Ф., Власенко С.С., Рышкевич Т.И., Миронов Г.Н.</i> Исследование сезонной изменчивости углеродсодержащего аэрозоля бореальной зоны Центральной Сибири	48
<i>Панкратова Н.В., Еланский Н.Ф., Скороход А.И.</i> Газовый состав воздуха в Московском мегаполисе: периодические и непериодические изменения	49

<i>Савкин Д.Е., Антохин П.Н., Антохина О.Ю., Белан Б.Д., Сакерин С.М., Радионов В.Ф.</i> Вариации содержания малых газовых составляющих атмосферы на маршруте следования НЭС «Академик Трешников» в 59 РАЭ.....	50
<i>Савкин Д.Е., Кабанов Д.М., Польшин В.В., Прахов А.Н., Радионов В.Ф., Сакерин С.М.</i> Пространственно-временные вариации микрофизических и оптических параметров аэрозоля по маршруту НЭС «АКАДЕМИК ТРЁШНИКОВ» в 59 РАЭ.....	51
<i>Синицын А.В., Гулев С.К.</i> Параметризация потоков коротковолновой солнечной радиации на поверхности Атлантического Океана.....	52
<i>Угольников О.С., Маслов И.А., Козелов Б.В.</i> Поляризационный мониторинг мезосферы средних и полярных широт на основе измерений фона сумеречного неба.....	53
<i>Чакур Г.И., Бручковский И.И., Красовский А.Н., Светашев А.Г, Турышев Л.Н.</i> Измерение характеристик атмосферных аэрозолей методами СПЭО и DOAS спектроскопии.....	54
<i>Чебыкин А.Г., Николаева О.В.</i> Алгоритм восстановления свойств атмосферного аэрозоля по данным многоспектрального зондирования.....	55
<i>Штабкин Ю.А., Моисеенко К.Б.</i> Количественные оценки природных и антропогенных факторов, определяющих баланс приземного озона в Северной Евразии.....	56
<i>Falaleeva V.A., Fomin B.A.</i> Aerosol and cloud impact on polarization of the outgoing solar radiation.....	57
<i>Zhang M., Gao Yi, Liu X., Wang L.</i> Change in diurnal variations of meteorological variables induced by anthropogenic aerosols over the North China Plain in summer 2008.....	58
<i>Zhang M., Gao Yi, Liu Z., Wang L., Wang P., Xia X., Tao M.</i> Modeling the feedback between aerosol and meteorological variables in the atmospheric boundary layer during a severe fog-haze event over the North China Plain.....	59
<i>Wang P., Zhou M., Zhang X.</i> Retrieval algorithm development of Carbon Dioxide concentration from satellite near infrared high-resolution spectral measurement.....	60
<i>Wang T., Wang P., Hendrick F., Yu H., Van Roozendaal M.</i> Observation of Tropospheric NO ₂ and SO ₂ over Northern China by Ground-based MAX-DOAS.....	61
<i>Han X., Zhang M.</i> Modeling analysis of the seasonal characteristics of haze formation in Beijing.....	62
<i>Xia X.</i> A new parameterization of clear-sky surface irradiance and its implications for the derivation of aerosol direct radiative effect and aerosol optical depth.....	63

Секция 2. Динамические процессы в атмосфере, проблема предсказуемости атмосферных явлений

<i>Артамонов А.Ю.</i> Оценка изменчивости характеристик энергообмена между атмосферой и подстилающей поверхностью в Антарктике в зависимости от фоновых условий и характеристик подстилающей поверхности	64
<i>Артамонова И.В., Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.</i> Анализ барического отклика нижней атмосферы на короткопериодные вариации космических лучей методами Multifield Comparison	65
<i>Желябовская И.М., Высочина Е.С., Церенова М.П., Величко В.А.</i> Азимутальный дрейф градиента температуры воздуха после начала геомагнитной бури	66
<i>Зайцева Д.В., Юшков В.П.</i> Структурные функции флуктуаций скорости звука в турбулентной атмосфере	67
<i>Клютко Е.С., Светашев А.Г.</i> Влияние тектонических разломов на метеорологические явления на территории Беларуси	68
<i>Козьмина А.С., Шихова Н.М.</i> Вариации скорости ветра в пограничном слое атмосферы	69
<i>Кочерга В.А., Гвардиян А.В., Шлендер Т.В., Светашев А.Г., Красовский А.Н., Бородко С.К.</i> Разработка объективных методов анализа атмосферных процессов для создания системы автоматизированного распознавания и прогноза опасных погодных явлений	70
<i>Люлюкин В.С.</i> Исследование внутренних гравитационно-сдвиговых волн в атмосферном пограничном слое по данным мезомасштабной сети содарного мониторинга в московском регионе.....	71
<i>Мухаметов С.С.</i> Бризовая циркуляция на побережье Геленджикского района Краснодарского края.....	72
<i>Нахтигалова Д.П., Зуев В.В., Шелехов А.П., Шелехова Е.А., Баранов Н.А., Кижнер Л.И.</i> Сравнительный анализ вероятности обледенения воздушного судна по данным МТР-5НЕ и радиозонда	73
<i>Поднебесных Н.В., Ипполитов И.И.</i> Сезонная атмосферная циркуляции над Сибирью.....	74
<i>Шестакова А.А., Моисеенко К.Б., Торопов П.А.</i> Новороссийская бора по данным наблюдений и результатам моделирования.....	75
<i>Meredith E.P., Semenov V.A., Maraun D., Park W., Chernokulsky A.V.</i> Role of sea surface warming in triggering amplification of coastal rainfall extremes: the 2012 Krymsk event	76
<i>Volosciuk C., Maraun D., Semenov V.A., Park W.</i> Extreme Precipitation in an Atmosphere General Circulation Model: Impact of Horizontal and Vertical Model Resolution.....	77

**Секция 3. Климатические процессы, диагностика и моделирование
взаимодействия компонентов климатической системы и изменений
климата**

<i>Акперов М.Г., Семенов В.А., Мохов И.И., Луто А.Р.</i> Изменение ледяного покрова в Арктике и его связь с характеристиками внетропических циклонов и антициклонов над Северной Евразией на основе модельных расчетов с атмосферной моделью общей циркуляции	78
<i>Александрова М.П., Гулев С.К., Беляев К.П.</i> Анализ распределения балла облачности над океанами по данным визуальных судовых наблюдений	79
<i>Аржанова Н.М., Булыгина О.Н.</i> Гололедно-изморозевые явления на территории России	80
<i>Аухадеев Т.Р.</i> Ветроэнергетический потенциал Приволжского федерального округа	81
<i>Аухадеев Т.Р.</i> Влияние макроциркуляционных систем Северного полушария на термобарический режим Приволжского федерального округа.....	82
<i>Важнова Н.А., Верецагин М.А.</i> Климатическая характеристика отопительного периода Приволжского федерального округа	83
<i>Вышкваркова Е.В., Воскресенская Е.Н.</i> Десятилетняя-междесятилетняя изменчивость экстремальных осадков в Крыму	84
<i>Варенцов М.И.</i> Феномен городского острова тепла Москвы: временная динамика и пространственная структура	85
<i>Гаврилов А.С., Мухин Д.Н., Лоскутов Е.М., Фейгин А.М.</i> Анализ нелинейных мод поверхностной температуры океана	86
<i>Денисов С.Н., Аржанов М.М.</i> Оценки изменения характеристик метанового цикла субполярных областей Северной Евразии в XXI веке с учетом теплофизических процессов в многолетнемерзлых грунтах	87
<i>Зотов Л.В.</i> О взаимосвязи изменений климата и вращения Земли	88
<i>Коваленко О.Ю., Воскресенская Е.Н.</i> Блокирующие антициклоны и экстремальная температура воздуха в Черноморском регионе в холодный период 1950–2012 гг.	89
<i>Константинов П.И., Бакланов А.А., Варенцов М.И., Ретина И.А., Шувалов С.В., Самсонов Т.Е., Грищенко М.Ю.</i> Экспериментальные исследования островов тепла городов Арктической Зоны РФ: первые результаты.....	90
<i>Кузнецова В.В., Соломина О.Н., Мацковский В.В., Долгова Е.А.</i> Климатический сигнал в дендрохронологических образцах Калужской и Смоленской областей.....	91
<i>Ларкина И.С., Мохов И.И., Хон В.Ч.</i> Модельные оценки изменений центров действия атмосферы Северного полушария в голоцене	92
<i>Марчукова О.В., Воскресенская Е.Н.</i> Холодные эпизоды климатического явления Эль-Ниньо – Южное колебание, их классификация и основные гидрометеорологические особенности	93

<i>Мицевич В.В.</i> Особенности влияния и взаимодействия циркуляционных ячеек в тропосфере	94
<i>Морару Е.И., Логинов С.В.</i> Оценка связи тепловых потоков в морях Северного Ледовитого океана на температурные условия в Северной Евразии	95
<i>Мочалова Е.Н., Махмутов В.С., Стожков Ю.И.</i> Международный эксперимент CLOUD	96
<i>Мурышев К.Е., Тимажев А.В.</i> Зависимость фазового сдвига между изменениями глобальной температуры и концентрации углекислого газа в атмосфере от периода внешнего воздействия	97
<i>Платонов В.С., Мысленков С.А.</i> Реализация численного моделирования штормов в Баренцевом море с помощью волновой модели SWAN на основе прогностических полей ветра COSMO-CLM	98
<i>Прокофьева М.А., Акперов М.Г., Мохов И.И.</i> Циклон-антициклонная асимметрия в атмосфере внетропических широт Северного полушария	99
<i>Савельева Е.С., Зуев В.В., Зуева Н.Е.</i> Вулканогенный источник хлора в антарктической стратосфере	100
<i>Серых И.В.</i> Квазипериодичность Эль-Ниньо как элемента Глобальной атмосферной осцилляции	101
<i>Сухонос П.А., Полонский А.Б.</i> Анализ баланса тепла верхнего слоя океана в Северной Атлантике	102
<i>Табальчук Т.Г., Логинов В.Ф.</i> Временная изменчивость повторяемости крещенских морозов на территории Беларуси	103
<i>Тимажев А.В., Мохов И.И.</i> Модельные оценки возможных изменений атмосферных блокирований в Северном полушарии при RCP-сценариях антропогенных воздействий	104
<i>Харюткина Е.В.</i> Изменчивость атмосферной циркуляции в условиях происходящих климатических изменений на территории Западной Сибири	105
<i>Червяков М.Ю.</i> Особенности широтного распределения составляющих радиационного баланса Земли по данным радиометров ИКОР-М, установленных на ИСЗ «Метеор-М» № 1 и № 2	106
<i>Чернукульский А.В.</i> Климатология дневной и ночной облачности по разным данным наблюдений	107

Секция 4. Атмосферное электричество, глобальная электрическая цепь

<i>Афиногенов К.В., Анисимов С.В.</i> Наблюдения вариаций электрических характеристик приземного атмосферного слоя	108
<i>Губенко И.М., Рубинштейн К.Г.</i> Сравнительная оценка методов прогноза гроз для территории Центрального федерального округа РФ	109

<i>Дементьева С.О., Мареев Е.А., Евтушенко А.А.</i> Модель электрического динамо в турбулентной среде	110
<i>Евтушенко А.А., Кутерин Ф.А., Ильин Н.В., Дементьева С.О.</i> Радиально-симметричная плазмохимическая модель спрайта	111
<i>Колбнева Н.Ю.</i> Излучение электромагнитных волн заряженной каплей, осциллирующей во внешнем электростатическом поле	112
<i>Кутерин Ф.А., Евтушенко А.А.</i> Определение источников ионизации ночной мезосферы по профилю проводимости	113
<i>Маслов С.А., Натяганов В.Л., Сытов В.Э.</i> Влияние зарядовой структуры грозового облака и атмосферного электрического поля на формирование торнадо и низовых прорывов	114
<i>Пустовалов К.Н., Нагорский П.М.</i> Вариации атмосферного электрического поля, связанные с кучево-дождевыми облаками в ливневой и грозовой стадиях	115
<i>Редин А.А., Кудринская Т.В., Куповых Г.В.</i> Уточнение модели электрической структуры приземного слоя атмосферы с учетом эксперимента	116
<i>Тарабукина Л.Д., Козлов В.И.</i> Оценка пространственного распределения грозовой активности на территории Северной Азии с помощью сети мировой грозопеленгации (WWLLN)	117
<i>Ширяев А.А.</i> Особенности неустойчивости поверхности заряженной капли в электростатических полях различной степени неоднородности	118

Научное издание

19-я Международная школа-конференция молодых учёных

**СОСТАВ АТМОСФЕРЫ.
АТМОСФЕРНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.
КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.**

25–29 мая 2015 года, Туапсе, Россия

Подписано к печати 12.05.2015.
Формат 60х90/16. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Бумага офсетная. Уч.-изд. 8,0. п.л. л. Тираж 150 экз.

ООО “Издательство ГЕОС”
125315, 1-й Амбулаторный пр., 7/3–114
Тел./факс: (495) 959-35-16, (499) 152-19-14, 8 926-222-30-91
e-mail: geos-books@yandex.ru, www.geos-books.ru

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО “Чебоксарская типография № 1”
428019, г. Чебоксары, пр. И.Яковлева, 15.