

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**ДЕКАДА НАУКИ РГГМУ**

**ТЕЗИСЫ**

**Студенческой Научной Конференции (СНК)**

метеорологического факультета РГГМУ

25 марта



Санкт-Петербург  
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

**ДЕКАДА НАУКИ РГГМУ**

**ТЕЗИСЫ**

**Студенческой Научной Конференции (СНК)**

метеорологического факультета РГГМУ

25 марта



Санкт–Петербург  
2016

## **СОПОСТАВЛЕНИЕ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ**

*Докладчик:* ЛАЗАРЕВА Ольга Данииловна  
бакалавр, группа И-395

Научный руководитель: Чукин В.В.  
доцент кафедры ЭФА к.ф.-м. н.

В работе рассматривается сопоставление данных измерений полного электронного содержания (Total electron content) в ионосфере, полученных для двух станций двумя разными способами.

К сравнению была взята станция в умеренных широтах и станция, находящаяся в высоких широтах (в т.н. авроральной зоне). Для каждой станции получены данные ГНСС, а также данные эмпирической модели ионосферы IRI -2012.

Станции выбраны таким образом, чтобы наглядно показать точность построения хода ТЕС в умеренных широтах.

По результатам видно, что для станции, находящейся за полярным кругом значения ТЕС, полученные моделью, существенно отличаются от данных ГНСС для той же станции. В то время, как для станции, расположенной в умеренных широтах значения модели IRI -2012 и данные ГНСС близки.

Список использованных источников

1. <http://igs.org/network>
2. [http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2012\\_vitmo.html](http://omniweb.gsfc.nasa.gov/vitmo/iri2012_vitmo.html)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ**

*Докладчик:* ЗВОНАРЕВА Дарья Владимировна  
бакалавр, группа И-395

Научный руководитель: Чукин В.В.  
доцент кафедры ЭФА к.ф.-м. н.

В данной работе исследуется влагосодержание атмосферы в Тикси. Были произведены расчеты влагосодержания атмосферы по данным ГНСС и аэрологическим данным. Также были найдены среднеквадратические и средние абсолютные ошибки, коэффициенты корреляции. Построены графики влагосодержания атмосферы по данным из разных источников и произведен анализ.

Список использованных источников

1. <http://igs.org/network>
2. <http://weather.uwyo.edu>

## **ВЛИЯНИЕ ИСПАРЕНИЯ НА СТРАТИФИКАЦИЮ АТМОСФЕРЫ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ**

*Докладчик:* СТРИГУНОВА Яна Вячеславовна  
бакалавр, группа М-399

Научный руководитель: Булгаков К.Ю.  
доцент кафедры ДАКЗ к.ф.-м. н.

Теория подобия Монина-Обухова [1] является общепринятой в воспроизведении турбулентных процессов в приземном слое атмосферы. Основным смыслом теории подобия

заключается в применении универсальных профильных функций для нахождения таких параметров как коэффициент турбулентности, высота приземного слоя. Связующим звеном является масштаб длины Монина-Обухова.

В традиционной формулировке теория подобия Монина-Обухова использует в качестве основного критерия стратификации - турбулентный поток тепла. Тем не менее, в некоторых случаях, данная характеристика не будет однозначно определять устойчивость или неустойчивость в приземном слое атмосферы.

Определенное влияние на стратификацию будет иметь водяной пар, а возможно и другие примеси в воздухе.

Увеличение влажности ведет к уменьшению массы воздуха, что делает атмосферу менее устойчивой.

Чтобы оценить влияние испарения на стратификацию в приземном слое была проведена численные эксперименты с процедурой расчета потоков COARE3.0 [3]. Данный метод относится к так называемым bulk-алгоритмам; основан на логарифмическом законе распределения метеовеличин в приземном слое атмосферы, с использованием функции устойчивости. [2]

С помощью данной процедуры были рассчитаны потоки тепла, влаги и массы по данным, полученным на измерительных платформах PMEL (Тихоокеанская морская лаборатория окружающей среды). Каждая платформа представляет собой буй, закрепленный тросом к морскому дну. На буйе установлены датчики ветра, температуры, влажности, осадков, атмосферного давления, приходящей коротковолновой и длинноволновой радиации. На тросе укреплены датчики, измеряющие температуру воды, соленость, давление, скорость и направление течений на глубинах. [4]

Была проведена серия экспериментов, состоящая из двух расчётов. В первом эксперименте масштаб Монина-Обухова рассчитывался с учетом потока влажности. Во втором эксперименте, стратификация определялась исключительно по турбулентному потоку тепла.

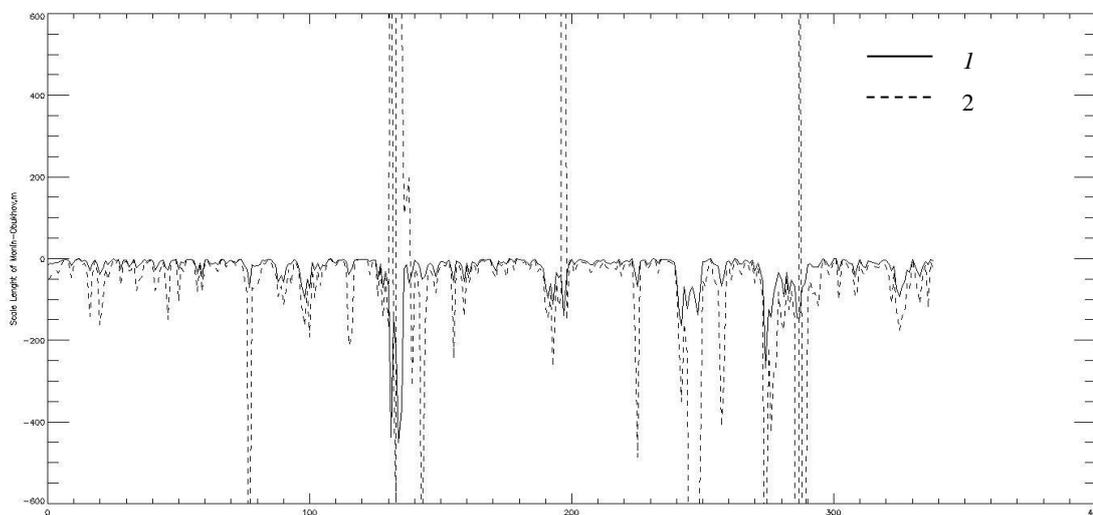


Рис.1 Масштаб Монина-Обухова. 1 - с учетом испарения, 2 – без учета испарения

Результаты показали, что учет испарения (рис. 1, линия 1) увеличивает неустойчивость атмосферы (большая часть графика лежит в отрицательном интервале). Во втором эксперименте (рис. 1, линия 2) масштаб Монина-Обухова показал более высокие значения масштаба, а значит более устойчивую атмосферу. На графике видны области, превосходящие на несколько порядков средние значения. Это говорит о том, что на некоторое время атмосфера была близкой к безразличной.

Общим выводом можно считать то, что поток влаги делает стратификацию менее устойчивой.

#### Список использованных источников

1. Chalikov D. Similarity theory and parameterization of mixing in the upper ocean // Environmental Fluid Mechanics. 2004. V. 4. № 4. P. 385–414.
2. К. Yu. Bulgakov. Расчеты эволюции верхнего слоя океана, основанные на теории подобия. Oceanology. 2012. V.54. №3. P.339-340
3. Fairall C.W., Bradley E.F., Hare J.E. et al. Bulk parameterization of air-sea fluxes: updates and verification for the COARE algorithm // J. Climate. 2003. V. 16. № 4. P.572-573
4. Mangum L.J., Freitag H.P., McPhaden M.J. TOGA-TAO Array Sampling Schemes and Sensor Evaluations // OCEANS '94. 'Oceans Engineering for Today's Technology and Tomorrow's Preservation. Proceedings. 1994. V. 2. P. 402–406.

### **ВЛИЯНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ**

*Докладчик: НОВИКОВ Сергей Сергеевич  
ФЁДОРОВА Анастасия Геннадиевна  
бакалавр, группа И-395  
Научный руководитель: Мельникова И.Н.  
профессор кафедры ЭФА д.ф.-м.н.*

Рассчитаны характеристики солнечной радиации (отраженный и пропущенный атмосферой полусферические потоки, лучистый приток, доля рассеянной радиации в пропущенном потоке и вклад разных порядков рассеяния) в безоблачной и облачной атмосфере для разных значений оптических параметров атмосферы, альbedo подстилающей поверхности и геометрии освещения. Используются компьютерные коды, составленные для моделей однородной атмосферы и реализующие 4 метода теории переноса: приближение однократного рассеяния, метод Эддингтона, метод Монте-Карло и метод асимптотических формул. Выявлены значения параметров, для которых зависимость лучистого притока от зенитного угла солнца и отраженного потока от оптической толщины минимальны.

Исследования влияния оптической модели на характеристики радиации предпринимались многократно, но, однако, они не теряют актуальности ввиду многообразия оптической погоды в атмосфере и типа решаемых задач. Результаты работы могут найти свое применение как в задачах, использующих решение прямой задачи, например, при проектировании зданий, выборе типа солнечных батарей и т.д., так и в задачах дистанционного зондирования, например, для восстановления оптических свойств атмосферы из измеренных значений отраженных потоков, учета многократности рассеяния света при лидарном зондировании атмосферы.

Для расчета были использованы компьютерные программы на основе 4-х методов теории переноса, которые применимы при разных значениях параметров.

1. Приближение однократного рассеяния
2. Метод Эддингтона
3. Метод Монте-Карло
4. Метод асимптотических формул

Как видно области применимости некоторых методов пересекаются, поэтому в результатах представлены расчеты, проведенные по нескольким методам и, таким образом, выполнено сравнение точности и уточнена область применимости указанных методов.

Модель однородной атмосферы характеризуется оптической толщиной атмосферы – ОТА, обозначено  $\tau$ , вероятностью выживания кванта (альbedo однократного рассеяния – АОР), обозначено  $\omega$  и индикатрисой рассеяния.

Значения оптической толщины рассмотрим в широких пределах от 0,2 (чистая безоблачная атмосфера) до 15 (плотная слоистая облачность). АОР меняем от 0,999 (не загрязненное облако) до 0,75 (сильно загрязненная безоблачная) атмосфера.

#### Список использованных источников

1. Мельникова И.Н., Васильев А.Н. - "Теория переноса";
2. Мельникова И.Н., Кузнецов А.Д., Васильев А.Н. - "Пособие по Дистанционному зондированию".

## **РАСЧЕТ И АНАЛИЗ МЕЗОМАСШТАБНОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ЗАВИХРЕННОСТИ КАСАТЕЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ (НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ БЛИЗ ФИНСКОГО ЗАЛИВА)**

*Докладчик:* ГОЛУБЕНКО Ксения Сергеевна

бакалавр, группа М-491

Научный руководитель: Егоров К.Л.

доцент кафедры ДАКЗ к.ф.-м. н.

Завихренность касательных напряжений имеет весомое значение в вопросах прогнозирования и анализа обложных осадков, поскольку благодаря этой характеристике мы можем судить, в дальнейшем, о величине вертикальных токов. Последние достаточно проблемны в вычислении, поэтому успешный расчет ротора касательных напряжений позволяет значительно продвинуться в анализе вертикальных скоростей, более глубоко познать физику процесса осадкообразования.

В данной работе рассматривалась западная часть Ленинградской области, интересная, прежде всего, близостью к Финскому заливу, где поле завихренности имеет различную структуру, благодаря отличным друг от друга подстилающим поверхностям: вода-суша.

В основе лежат данные о наземных наблюдениях за ветром на восьми станциях, а также данные метеорологического температурного профилемера МТР-5.

Завихренность касательных напряжений (ротор) рассчитывалась для 13 узлов сетки, размером 45x45 км. Производные, входящие в формулу завихренности рассчитывались по средствам Fortran методом Конечно-разностных аналогов. В ходе расчетов также использовался пакет программ Excel.

Полученные данные позволили сделать вывод о том, что в узлах, расположенных непосредственно над водной поверхностью или в прибрежной зоне величина завихренности касательных напряжений значительно выше, нежели в узлах, расположенных над сушей и на значительном расстоянии от Финского залива. Также выяснялось, что величина завихренности касательных напряжений в определенные дни носит положительный знак над заливом и отрицательный над сушей, в другие дни ситуация противоположна, однако контраст в знаках соблюдается всегда! В чем же здесь дело? Как уже упоминалось выше, разная подстилающая поверхность дает нам различные вертикальные токи, неоднородность скоростей порождает некоторые завихренности. Подобное можно наблюдать не только в циркуляции по типу «бриз», но и в горно-долинных циркуляциях.

#### Список использованных источников

1. Динамическая метеорология, под ред. Д.Л. Лайхтмана, 1976.

2. Подольская Э.Л. Механика жидкости и газа. Раздел “Геофизическая гидродинамика”, 2007.
3. Радикович В.М. Динамическая метеорология для океанологов, 1985.
4. Задачник по динамической метеорологии, 1984.
5. Клемин В.В., Кулешов Ю.В. и др. Динамика атмосферы, 2013.
6. Sanders F. Relationship between weather and indicators of vertical motion. Mass. Inst., Dept. Met., Sci. Rep. No. 1, 1955.
7. Sill J.M. Relationship between vertical currents and intensity of precipitation. Indian J. Met. And Geophys. No. 3, 1950.

## **ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ СДВИГА ВЕТРА ПО ОЦЕНКАМ ШИРИНЫ СПЕКТРА РАДИОЛОКАЦИОННОГО**

*Докладчик:* ЖДАНОВА Мария Андреевна  
бакалавр, группа И-487  
Научный руководитель: Жуков В.Ю.  
доцент кафедры ЭФА к.т.н.

Сдвиг ветра – явление погоды, представляющее опасность для авиации на высотах до 500 м и ракет космического назначения на начальном участке полета. Поэтому его своевременное обнаружение в пограничном слое атмосферы является актуальной задачей обеспечения безопасности полетов. Для ее решения разработано большое количество технических средств. Однако ни одно из них не способно полностью удовлетворить предъявляемым требованиям, вследствие чего исследования в данном направлении продолжают. Одно из них – разработка нового метода, основанного на использовании оценок ширины спектра радиальной скорости гидрометеоров, получаемых метеорологическим радиолокатором.

Существует два возможных подхода к решению задачи обнаружения и измерения величины сдвига ветра. Первый из них – восстановление вертикального профиля ветра посредством контактных методов измерения. К ним относятся мачты с анемометрами и радиозонды. Но высота мачт не превышает 150 м, а радиозонды запускаются не чаще двух раз в сутки. Ни то, ни другое неприемлемо для оперативной работы. Поэтому на практике применяют второй – те же измерения, но с помощью средств дистанционного зондирования атмосферы. Он избавлен от недостатков первого, но обладает другим – ни один из относящихся к нему способов измерения (оптический, акустический, радиоакустический и радиолокационный) не всепогоден. Из-за этого в аэропортах приходится ставить, как минимум, два технических средства, взаимно дополняющие друг друга. Наиболее распространено сочетание оптического (лидарного) и радиолокационного (радарного) измерителей [1].

В результате, и так немалые финансовые расходы на покупку и эксплуатацию оборудования умножаются на два. Поэтому естественно желание передать рассматриваемые функции другим техническим средствам, уже имеющимся в распоряжении служб метеорологического обеспечения. В частности, радиолокационный измеритель мог бы быть создан на базе метеорологического радиолокатора. Однако реализация такого намерения наталкивается на непреодолимые трудности. Дело в том, что сама единица измерения сдвига ветра (м/с на 100 футов) предполагает наличие разрешающей способности не хуже 30 метров (100 футов). Следовательно, именно таким должен быть поперечный размер элемента разрешения радиолокатора. В ДМРЛ-С (ширина диаграммы направленности 1 градус при длине волны 5,3 см и диаметре антенны 4,5 м) это условие выполняется на дальностях до 1,7 км, т.е. практически в границах ближней зоны, где луч антенны еще не сформировался. В малогабаритных радиолокаторах, имеющих ширину луча, в лучшем случае, 3 градуса («Контур МЕТЕО-

01») требуемый поперечный размер разрешаемого объема имеет место на дальностях не более 550 м, т.е. в «мертвой зоне», где приемник еще не восстановился после воздействия излучаемого импульса.

Выход состоит в применении метода обнаружения сдвига ветра при помощи анализа пространственного распределения ширины спектра принимаемого сигнала (далее, метод измерения по оценкам ширины спектра), который не требует восстановления вертикального профиля ветра.

Метод основан на эффекте появления anomalously широкого спектра сигнала, отраженного от метеоцели, имеющей сложную внутреннюю структуру, а именно, неравномерное распределение по высоте скоростей составляющих ее частиц. Схема наблюдения радиолокатором такой цели, состоящей из двух слоев, представлена на рис. 2. При определенных условиях (угол места и дальность) образуется ситуация, когда в зоне обзора радиолокатора присутствуют одновременно два горизонтальных отражающих слоя.

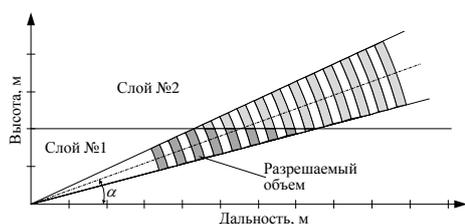


Рис.2 Схема наблюдения радиолокатором метеоцели, состоящей из двух слоев.

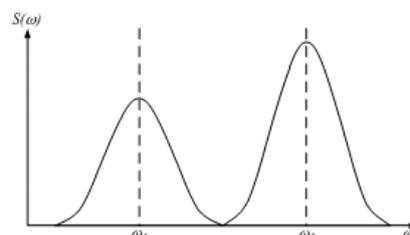


Рис.3 Пример спектра сигнала, отраженного от участка со сдвигом ветра.

Если радиальные составляющие скоростей частиц каждого из слоев различны, спектр создаваемых ими отражений становится двухмодальным, как показано на рис. 3. Соотношение мощностей, составляющих сигнала изменяется с изменением расстояния до элемента разрешения, от которого этот сигнал получен. На какой-то дальности наступает их примерное равенство, и ширина спектра принимаемых отражений становится anomalously большой. Разность средних значений радиальных скоростей частиц, помимо прочих параметров, зависит от азимута антенны. Таким образом, при сканировании радиолокатора формируется характерное пространственное распределение ширины спектра. Пример получаемой при этом карты конического разреза приведен на рисунке 4 [2]. На рисунке 5 представлена схема формирования данной карты.

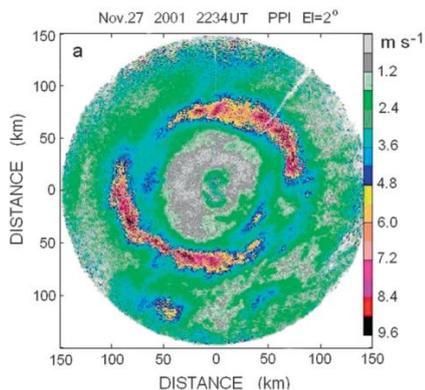


Рис.4 Карта ширины спектра радиальных скоростей гидрометеоров (конический разрез)

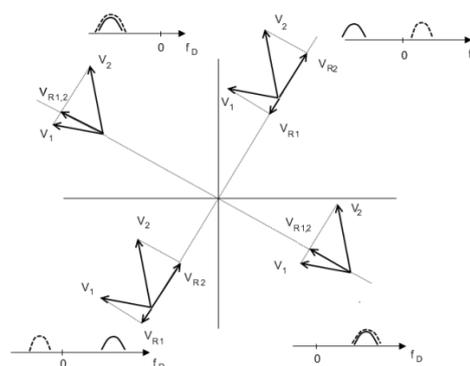


Рис.5 Схема формирования карты, приведенной на рис. 4. Сплошной линией обозначен спектр радиальных скоростей гидрометеоров во втором слое, пунктиром – в первом.

Ширина спектра  $\sigma^2$  суммарного сигнала  $S(t)$ , состоящего из двух составляющих  $S_1(t)$  и  $S_2(t)$  определяется формулой [3]

$$\sigma^2 = \frac{1}{P_1 + P_2} \left[ P_1 \sigma_1 + P_2 \sigma_2 + \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2} (F_1 - F_2)^2 \right], \quad (1)$$

где  $F_1$  и  $F_2$  – средние частоты составляющих сигнала;  $P_1$  и  $P_2$  – мощности отражений от первого и второго слоев;  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – ширина спектра этих отражений.

Своего наибольшего значения ширина спектра достигает при равенстве мощностей отражений от обоих слоев и при азимуте антенны, на котором значение разности  $F_1 - F_2$  максимально и соответствует вектору разности скоростей  $V_1 - V_2$  [3].

Величины  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  можно оценить по отражениям от соседних элементов разрешения, в которых присутствует только один из слоев. Тогда из (1) следует, что разность скоростей ветра в одновременно наблюдаемых слоях равна

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{\lambda}{2} \sqrt{4\tilde{\sigma}^2 - 2\tilde{\sigma}_1^2 - 2\tilde{\sigma}_2^2}, \quad (2)$$

где  $V_1$  и  $V_2$  – скорость ветра в нижнем и верхнем слоях;  $\tilde{\sigma}$ ,  $\tilde{\sigma}_1$ ,  $\tilde{\sigma}_2$  – оценки величин  $\sigma$ ,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ;  $\lambda$  – длина волны.

Для оценивания величины сдвига ветра найденную разность скоростей надо разделить на интервал высот, внутри которого происходит данное явление. За таковое принимался поперечный размер ближайшего к радиолокатору элемента разрешения, в котором наблюдался аномально широкий спектр сигнала.

За опорные значения мы берем данные аэрологического зондирования г. Бологое Тверской области с сайта университета Вайоминга [4] и радиолокационные данные с ДМРЛ-С, установленного в г. Валдай. Почему именно г. Бологое? Потому что расположение города попадает в зону обзора ДМРЛ-С радиусом 250 км. Брать все данные без разбора нельзя – радиолокатор работает только при наличии в воздухе частиц, способных создать отражения достаточной мощности. В остальных случаях должны работать другие средства, например, лидар. Поэтому первый шаг – определение сроков запуска зонда, для которых можно подобрать радиолокационные аналоги. Для этого вводим ценз на бальность облачности (не менее 6) и радиолокационную отражаемость (не менее 10 дБ). Для выбранных сроков рассчитываем величину сдвига ветра по формуле (теорема косинусов). Высоты выбираем от 500 до 1500 метров. Далее для этих же моментов времени рассчитываем величину сдвига ветра исследуемым методом и ищем корреляцию между двумя рядами чисел.

#### Список использованных источников

1. Шукин Г.Г., Борейшо А.С., Жуков В.Ю., Ильин М.Ю., Коняев М.А. Лидарно-радиолокационный метеорологический комплекс // Известия высших учебных заведений. Физика, т.58, №10/3, 2015. – с. 100–104.
2. Valery M. Melnikov, Richard J. Doviak. /Turbulence and Wind Shear in Layers of Large Doppler Spectrum Width in Stratiform Precipitation. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology. 2009. Vol. 26, p. 430-443.
3. Жуков В.Ю., Шукин Г.Г. Об особенностях радиолокационных измерений радиальной скорости гидрометеоров при двухмодальном спектре отраженного ими сигнала // Труды XXIII Всеросс. симп. «Радиолокационное исследование природных сред». – СПб.: ВКА им. А.Ф. Можайского, 2013, с. 337-344.
4. <http://www.weather.uwyo.edu>.

## **ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОКСИЛА ВОДОРОДА С УЧЁТОМ ВСПЫШЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

*Докладчик:* КАРАГОДИН Арсений Владиславович

бакалавр, группа М-491

Научный руководитель: Головина Е.Г.

доцент кафедры МКОА к.ф.-м. н.

Куратор: Миронова И.А.

доцент кафедры Физики Земли, СПбГУ, к.ф.-м. н.

В данной работе были проведены исследования по влиянию на климатическую ситуацию мощной солнечной вспышки, произошедшей в январе 2005-го года. Данная вспышка была одним из редчайших солнечных событий, которая привела к возрастанию потока солнечных космических лучей, фиксирующихся нейтронными мониторами на Земле. Отдельно, на основе модельных данных, изучено влияние данной вспышки на химический состав атмосферы и вариации отдельных газов.

Проведения этих исследований стали возможны благодаря использованию химико-климатической модели SOCOL 2.0. (Solar Climate Ozone Links) – модели, которая позволяет промоделировать реальную ситуацию в атмосфере с учетом вспышечной активности.

Результаты проведённого исследования представлены в виде пространственно-временного распределения гидроксила водорода по всему земному шару и отдельно по высокоширотному распределению ОН в северном и южном полушариях.

### **Список использованных источников**

1. Х. Юнге «Химический состав и радиоактивность атмосферы» изд. «мир» Москва 1965 г.
2. Криволицкий А.А. Репнёв А.И. «Воздействие космических факторов на озоносферу Земли» — М.: ГЕОС, 2009. — 384 с.; ил. 2010 г.
3. Л.Т.Матвеев «Основы общей метеорологии Физика атмосферы» Гидрометеиздат. Ленинград 1985 г.
4. Проф. Ю. С. Седунов (председатель), проф. С. И. Авдюшин, проф. Е. П. Борисенков и др. «Атмосфера (справочные данные, модели)» Ленинград, Гидрометеиздат 1991 г.

## **ФИЗИКО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА И АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ НИЗКОЙ ОБЛАЧНОСТИ НА АЭРОДРОМЕ ЧЕБОКСАРЫ**

*Докладчик:* ДОЛЖЕНКОВА Карина Сергеевна

бакалавр, группа М-489

Научный руководитель: Волобуева О.В.

ст. преподаватель кафедры МП к.г.н.

Облачность - степень покрытия небесного свода облаками называют облачностью. Она выражается в десятых долях покрытия неба (0-10 баллов). Принято оценивать общее количество облаков (общую облачность) и количество нижних облаков (нижнюю облачность). Это существенно, потому что высокие и иногда средние облака меньше затевают солнечный свет и менее важны в практическом отношении.

Среди погодных явлений, оказывающих наибольшее влияние на регулярность и безопасность полетов воздушных судов, одно из первых мест занимает низкая облачность и связанная с ней, а также с осадками и туманами, ухудшенная видимость. По оценкам специалистов, правильный своевременный прогноз указанных характеристик погоды

позволил бы снизить на 20–35 % число метеорологически обусловленных нарушений графика полетов.

Для моей работы были предоставлены архивные данные фактической погоды с АМСГ Чебоксары с 2009 по 2015 год.

Также я изучила синоптическую обстановку при возникновении низкой облачности аэропорта Чебоксары, типизировала процессы возникновения низкой облачности (циклон, антициклон, ложбина, гребень) и рассчитала различными методами возможность возникновения низкой облачности.

Для расчёта ВНГО я использую такие методы, как расчёт ВНГО по формуле Ипполитова, формуле Ферреля.

Также обновила климатические характеристики аэропорта Чебоксары в период с 2009 по 2015 год.

Рассматривая данные, оказалось, что большинство случаев низкой облачности находится в пределах 150 метров. Рассчитывая прогноз ВНГО, используя данные влажности, я определила, что расчёт оказались более точными.

#### Список использованных источников

1. Л.Т.Матвеев «Курс общей метеорологии»
2. С.П. Хромов, М.А. Петросянц «Метеорология и климатология»

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ АТМОСФЕРЫ ПО АКТИНОМЕТРИЧЕСКИМ ДАНЫМ**

*Докладчик:* ВОРОБЬЕВА Ольга Владимировна  
бакалавр, группа М-492

Научный руководитель: Чукин В.В.  
доцент кафедры ЭФА к.ф.-м. н.

Атмосферный аэрозоль значительным образом влияет на изменчивость потоков солнечного излучения, приходящего к земной поверхности, и, следовательно, на глобальное изменение климата Земли, изучению которого в настоящее время уделяется большое внимание. Как известно, падающая на верхнюю границу атмосферы солнечная радиация ослабляется в ней в соответствии с законом Бугера-Ламберта, учитывающим, в том числе, и ослабление за счет аэрозолей. Так, например, при параметризации потоков солнечной радиации в радиационных блоках моделей климата в качестве одного из основных параметров аэрозоля, определяющих его климатический эффект, используется аэрозольная оптическая толщина (АОТ) атмосферы, как наиболее информативный параметр, характеризующий содержание аэрозолей в вертикальном столбе атмосферы.

Особенностью данного исследования является оценка АОТ на длине волны 0.55 мкм на основе данных о суммарной интегральной солнечной радиации, измеряемой с помощью стандартного пиранометра. В основу методики положены как классические формулы определения актинометрических параметров (склонение, высота Солнца, уравнение времени и т.п.), так и эмпирические формулы [2]. Методика опробована на данных измерений, выполненных на одной из станций сети BSRN, расположенной в Антарктиде.

Использование данных многолетних наблюдений за солнечной радиацией позволит организовать мониторинг АОТ атмосферы, проследить динамику ее изменчивости во времени и в пространстве, а также выявить и количественно оценить тренды. Широкое использование стандартной актинометрической информации для мониторинга АОТ будет способствовать дальнейшему развитию сети актинометрических станций.

#### Список использованных источников

1. Горбаренко. Е. В. Пространственно-временная изменчивость аэрозольной оптической толщины атмосферы на территории СССР. [Электронный ресурс]. / Горбаренко. Е. В. / Автореферат на соискание ученой степени кандидата географических наук - <http://earthpapers.net/prostranstvenno-vremennaya-izmenchivost-aerazolnoy-opticheskoy-tolschiny-atmosfery-na-territorii-sssr>. Дата обращения: 11.03.2016.
2. Абакумова. Г. М. Прозрачность атмосферы в Москве за последние 50 лет и ее изменения на территории России. [Текст] / Абакумова. Г.М, Горбаренко Е.В. - М.: Издательство ЛКИ, 2008. - 192 с.

### **КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СИНОПТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНОВ В АЭРОПОРТУ ЧЕБОКСАРЫ**

*Докладчик:* МАШТАЛЕР Ольга Викторовна

бакалавр, группа М-492

Научный руководитель: Волобуева О.В.

ст. преподаватель кафедры МП к.г.н.

Одним из самых коварных врагов, с которыми можно встретиться во время взлета и посадки, является туман. Наилучшая защита от этого опасного метеорологического явления заключается в умении распознавать условия, при которых образуются туманы.

Имеется много способов классификации туманов, но, в конце концов, все они сводятся к тому, что существуют два основных типа тумана — туманы адвекции и туманы радиации [1].

Адвективные туманы возникают в теплом потоке, перемещающемся на более холодную подстилающую поверхность, и остывающем благодаря турбулентному и радиационному теплообмену с этой поверхностью.

При образовании радиационного тумана взаимодействуют такие физико-метеорологические процессы: 1) Эффективное излучение подстилающей поверхности, при этом охлаждается прилегающий к ней воздух; 2) Слабый турбулентный обмен между самым нижним слоем и вышележащими слоями воздуха [2].

Каждый из видов туманов имеет своеобразные условия формирования, как синоптические, так и климатические.

Исследуя данные погоды за 5-летний период, были найдены закономерности распределения метеорологических и климатических характеристик формирования туманов, таких как: годовой ход повторяемости туманов, повторяемость непрерывной продолжительности, видимости, повторяемость при определенных значениях температуры и температуры точки росы, а также при определенной скорости и направлении ветра.

По синоптическим условиям все случаи туманов были разбиты по типам и условиям образования в весенне-летний и осенне-зимний период.

Актуальность работы заключается в выявлении закономерностей образования туманов по синоптическим условиям и сезонам аэродрома Чебоксары, что может способствовать увеличению безопасности полетов.

#### Список использованных источников

1. Баранов А.М., Солонин С.В. Авиационная метеорология. Л. Гидрометеиздат, 1981, Богаткин О.Г., Еникеева В.Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. Л. Гидрометеиздат 1985,
2. Зверев А. С. Синоптическая метеорология. -Л. Гидрометеиздат, 1991г.

## **НАПРЯЖЕННОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ КАК ИНДИКАТОР ПРИЗЕМНОЙ И КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ**

*Докладчик:* КРАСНОВ Сергей Викторович  
бакалавр, группа М-490

Научный руководитель: Чукин В.В.  
доцент кафедры ЭФА к.ф.-м. н.

В работе представлена краткая теория атмосферного электрического поля. Осуществлено обобщение и сопоставление экспериментальных данных о напряженности электрического поля атмосферы и количестве осадков, измеренных на станции Университета Ридинга (Великобритания) по данным за период 2009 - 2013 гг., а также среднемесячных значений градиента потенциала и потенциала солнечной модуляции. Выявлены общие зависимости изменений электрического поля атмосферы от интенсивности осадков и активности солнца.

Зависимость может позволить в будущем прогнозировать изменения погоды и климата по состоянию атмосферного электрического поля, посредством непрерывных измерений.

### **Список использованных источников**

1. Measurements of rainfall and potential gradient from Reading University Atmospheric Observatory. Personal communication with Mike Stroud.-09.09.2013
2. Usoskin I.G. Solar modulation parameter for cosmic rays since 1936 reconstructed from ground-based neutron monitors and ionization chambers/ I.G. Usoskin, G.A. Bazilevskaya, G.A. Kovaltsov// Journal of Geophysical Research.-2011.-Vol.116.-A02104

## **ОЦЕНКА ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРЕДИКТОРОВ ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ОСАДКОВ ТАНЗАНИИ**

*Докладчик:* ОМАРИ Рамадани  
бакалавр, группа М-489

Научный руководитель: Куликова Л.А.  
доцент кафедры ДАКЗ к.ф.-м. н.

В целях разработки долгосрочного прогноза осадков Танзании, выбор потенциальных предикторов осуществлялся на основе представлений, влияющих на общую циркуляцию атмосферы в тропической зоне [1-3].

В их число включены:

- явление Эль-Ниньо (Ла-Нинья) - Южное колебание (ЭНЮК);
- квазидвухлетний цикл (КДЦ) стратосферной циркуляции в экваториальной зоне;
- внутритропическая зона конвергенции (ВЗК).

Для оценки режима увлажнения Танзании использовались пространственно-осредненные месячные суммы осадков на 140 станциях с 1896 по 2014 год, полученные по данным из архива Global Historical Climatology Network (GHCN) [4].

Критерием рекомендации потенциального предиктора для его использования при решении задачи долгосрочного прогноза осадков в Танзании служило наличие существенных различий в уровне осадков при противоположных фазах предиктора. Уровень осадков Танзании определялся с использованием 5 равновероятных градаций: В – значительно ниже нормы, в – ниже нормы, N – около нормы, а- выше нормы и А - значительно выше нормы.

Прогностический потенциал явления ЭНЮК оценивался по повторяемости градаций осадков Танзании ниже нормы (Вв) и градаций выше нормы (Аа) в годы Эль-Ниньо и Ла-Нинья. Результат расчета повторяемости градаций Вв и Аа при холодной и теплой фазе ЭНЮК (жирный шрифт) приведен в таблице 1.

Таблица 1  
Повторяемость градаций осадков Танзании при разных фазах ЭНЮК

Годы	Градации	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Эль-Ниньо	Аа:Вв	<b>7:14</b>	8:14	12:10	<b>11:10</b>	<b>15:12</b>	<b>15:7</b>	<b>15:8</b>	<b>13:10</b>	<b>17:6</b>	<b>14:10</b>	15:8	15:8
Ла-Нинья	Аа:Вв	<b>9:4</b>	4:6	6:5	<b>3:4</b>	<b>4:5</b>	<b>4:6</b>	<b>2:9</b>	<b>4:6</b>	<b>4:7</b>	<b>5:6</b>	5:4	5:4

Аналогично оценивался прогностический потенциал КДЦ, приведенный в таблице 2.

Таблица 2  
Повторяемость градаций осадков Танзании при восточных и западных фазах КДЦ

Годы	Градации	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Западный	Аа:Вв	<b>9:7</b>	<b>8:9</b>	7:10	8:11	8:11	8:10	6:10	7:11	7:9	<b>9:7</b>	<b>9:11</b>	<b>11:7</b>
Восточный	Аа:Вв	<b>6:8</b>	<b>9:4</b>	4:8	4:7	3:7	6:8	7:7	4:8	6:8	<b>4:5</b>	<b>8:6</b>	<b>6:8</b>

Оценка прогностического потенциала ВЗК проводилась по дипольному индексу термического состояния поверхностных вод Индийского океана, который служит индикатором положения ВЗК [5].

Источником информации являлся архив температуры поверхности океана (ТПО) в системе «грид» [6], по которому рассчитывались дипольные индексы ТПО. Наиболее оптимальным для Юго-Восточной Африки при расчете индекса ТПО является район Индийского океана, ограниченный координатами: 30°с.ш-30°ю.ш. и 30°в.д. – 60° в.д. [7]. Рассчитывались повторяемости градаций осадков Танзании при высоких и низких значениях дипольного индекса ТПО, приведенные в таблице 3.

Таблица 3  
Повторяемость градаций осадков Танзании при экстремальных значениях дипольного индекса ТПО

Градации ΔТ, °С	Градаций	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В	Аа:Вв	<b>6:12</b>	8:7	<b>8:14</b>	<b>15:6</b>	<b>12:8</b>	13:6	<b>14:7</b>	<b>12:6</b>	<b>14:6</b>	10:7	<b>5:11</b>	<b>6:14</b>
А	Аа:Вв	<b>10:7</b>	13:6	<b>10:7</b>	<b>7:8</b>	<b>6:10</b>	10:9	<b>4:14</b>	<b>6:13</b>	<b>8:12</b>	10:9	<b>11:10</b>	<b>16:4</b>

По анализу трёх потенциальных предикторов можно сделать вывод о том, что для долгосрочного прогноза осадков Танзании явление Эль-Ниньо/Ла-Нинья можно использовать в январе и с мая по октябрь, КДЦ с октября по февраль, ВЗК в течение всех месяцев года, за исключением февраля, июня и октября. Полученные предикторы способствуют повышению эффективности долгосрочного прогноза осадков Танзании.

#### Список использованных источников

1. А.И.Угрюмов. Долгосрочные метеорологические прогнозы СПб. Изд-во РГГМУ,

- 2006, 84с.
2. Тараканов Г.Г. Тропическая метеорология. – Л. Гидрометеиздат. 1980.
  3. Герберт Риль Тропическая метеорология - М., Изд-во иностранной литературы, 1963.
  4. Global Historical Climatology Network <http://www.scd.ucar.edu/dss/catalogs/free.html>
  5. Кондратович К.В, Федосеева Н.В., Чан Винь Ша, Икочева М.У., Иванов А.В., Фокина Л.В. Термическое состояние водной поверхности в тропической зоне Атлантического, Индийского и Тихого океанов как потенциальный предиктор гидрометеорологического прогнозирования. // Итоговая сессия Ученого совета января 2001 г.: Тезисы докладов. -СПб.: изд. РГГМУ, 2001.-с.28-29.
  6. The international research institute (IRI) for climate and society [Electronic resource] / CPT.–NY, USA, 2012/10.–Point access: <http://iri.columbia.edu/CPT/v10/>
  7. Силвериу К.К., Куликова Л.А. Внутритропическая зона конвергенции как потенциальный предиктор для долгосрочного прогноза осадков в Мозамбике РГГМУ, Ученые записки РГГМУ, 2013, №32, с.102-106

## **БУДУЩИЙ КЛИМАТ ТАНЗАНИИ**

*Докладчик: ДАВИДО Маганг Симтенда*  
бакалавр, группа М-489  
Научный руководитель: Лобанов В.А  
доцент кафедры МКОА, к.ф.-м. н.

1. Физико-географические и климатические условия республики Танзания
    - 1.1. Административное деление
    - 1.2. Рельеф
    - 1.3. Климат
    - 1.4. Оценка будущего климата по ОД-5 МГЭИК
      2. Информация по будущему климату и оценка ее пространственной связанности
        - 2.1. Обзор моделей и сценарием RCP
        - 2.2. Выбор моделей и сценариев для оценки будущего климата в Танзании
        - 2.3. Расчет пространственного разрешения для сетки температуры
        - 2.4. Расчет пространственного разрешения для сетки осадков
      3. Оценка будущих температур на территории Танзании
        - 3.1. Оценка будущих норм температур зимнего сезона
        - 3.2. Оценка будущих норм температур весеннего сезона
        - 3.3. Оценка будущих норм температур летнего сезона
        - 3.4. Оценка будущих норм температур осеннего сезона
        - 3.5. Оценка будущих норм среднегодовых температур
      4. Оценка будущих осадков на территории Танзании
        - 4.1. Оценка будущих норм осадков зимнего сезона
        - 4.2. Оценка будущих норм осадков весеннего сезона
        - 4.3. Оценка будущих норм осадков летнего сезона
        - 4.4. Оценка будущих норм осадков осеннего сезона
        - 4.5. Оценка будущих норм сумм годовых осадков
- Заключение (выводы)

### Список использованных источников

1. Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М. Моделирование климата и его изменений. М.: Наука, 2006. – 173 с.
2. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казанский государственный университет,

2009 – 503 с.

3. About the WCRP CMIP5 Multi-Model Dataset Archive at PCMDI: [http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about\\_ipcc.php](http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/about_ipcc.php)
4. Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I. Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Edited by Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, Alexander Nauels, Yu Xia, Vincent Bex, Pauline M. Midgley Cambridge University Press. Cambridge, New York, Melbourne, Madrid, Cape Town, Singapore, Sro Paolo, Delhi, Mexico City. 1552 pp.
5. Gates W.L., 1992: AMIP: The Atmospheric Model Intercomparison Project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 73, 1962-1970.
6. Karl E. Taylor, Ronald J. Stouffer, and Gerald A. Meehl, An Overview of CMIP5 and the Experiment Design, Bull. American Meteorological Society, April 2012, p.485-498.
7. Taylor K.E., J R. Stouffer, G.A.Meehl, 2012. An overview of CMIP5 and experiment design. Bull. American Meteorological Society. April 2012, p.485-498.
8. [http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/data\\_portal.html](http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/data_portal.html) - Официальный сайт пятой фазы проекта по сравнению взаимосвязанных моделей Всемирной программы по изучению климата, раздел «Доступ к данным».

## **СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГНОЗА ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ АВИАЦИИ (ТЯН)**

*Докладчик:* ТИТОВА Юлия Михайловна

бакалавр, группа МА-488

Научный руководитель: Анискина О.Г.

доцент кафедры МП, к.ф.-м. н.

Целью исследования является разработка прогноза турбулентности ясного неба (ТЯН) с использованием гидродинамической модели WRF (Weather Research and Forecast) [1, 2] и численных методов прогноза.

Турбулентность – одно из наиболее опасных для авиации метеорологических явлений. Атмосфера практически всегда находится в турбулентном состоянии: воздух — это чрезвычайно подвижная среда и частицы в нем движутся хаотично. Однако есть слои атмосферы, где эти беспорядочные движения вызывают вихри различных масштабов и различного характера, сильные порывы ветра, как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. Такие слои воздуха и называют турбулентными.

Влияние, оказываемое турбулентностью на воздушное судно, называется «болтанка ВС». Турбулентность ясного неба является одним из наиболее опасных и наименее изученных явлений, предоставляющих угрозу полетам воздушных судов. Главной задачей оперативных органов Росгидромета является всестороннее информирование командирования и летного состава ВС о фактической и ожидаемой погоде, в том числе и об опасных явлениях. Турбулентность ясного неба - малоизученная область и даже не имеет строгого теоретического описания, и знания о ней необходимо расширять. И поскольку с этим явлением экипажу ВС приходится сталкиваться неожиданно, просто необходимо разрабатывать всё новые и более совершенные методы прогноза ТЯН.

Таким образом, вычислив на необходимый срок метеорологические величины с помощью численной модели WRF, можно, воспользовавшись каким-либо методом численного математического расчета турбулентности ясного неба составить прогноз о наличии или отсутствии данного явления.

Таких методов разработано довольно большое количество. В данной работе использован способ, разработанный в отделе Авиационной метеорологии «Гидрометцентра России». Данный метод прогноза турбулентности ясного неба

оперативно используется в Росгидромете и был разработан при участии Н. П. Шакиной, Е. Н. Скриптуновой, А. Р. Ивановой, И. А. Горлач [3].

В качестве индекса, определяющего наличие/отсутствие турбулентности, используется индекс *DVSI*, представляющий собой произведение сдвига ветра, его деформации и скорости, нормализованной на ее значение.

Воспользовавшись гидродинамической моделью прогноза погоды WRF можно значительно упростить процедуру прогноза турбулентности ясного неба, сделать её более оперативной и, значит, более подходящей и более удобной для обеспечения полетов авиации.

#### Список использованных источников

1. Mass, C. F., and Y.-H. Kuo, 1998: Regional real-time numerical weather prediction: Current status and future potentials. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 253-263.
2. Michalakes, J., S. Chen, J. Dudhia, L. Hart, J. Klemp, J. Middlecoff, and W. Skamarock 2001: Development of a next generation regional Weather Research and Forecast model. *Proceedings of the Ninth ECMWF Workshop on the Use of High Performance Computing in Meteorology*. Eds. Walter Zwiefelhofer and Norbert Kreitz. World Scientific, Singapore, 269-276.
3. Васильев А.А., Лешкевич Т.В., Шакина Н.П., 1983: Турбулентность ясного неба и ее прогноз. ВНИИГМИ-МЦД, Обзорная информация, сер. Метеорология, 42 с

## АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ПОЛЯ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Докладчик: ТУРКИНА Е.М.

бакалавр, группа М-489

Научный руководитель: Анискина О.Г.

доцент кафедры МП, к.ф.-м. н.

Целью работы является исследование характеристик пространственно-временного распределения поля температуры воздуха на территории Ленинградской области. Поводом для исследования послужило наблюдение о том, что температура воздуха в населённых пунктах северо-востока области (Ладейное поле, Вознесенье) сильно отличаются от других.

Для исследования были рассмотрены временные ряды температуры воздуха за период 2008-2015 гг. во все метеорологические сроки на метеостанциях Волхов, Тосно, Кингисепп, Санкт-Петербург, Озерки, Вознесенье. В ходе исследования добавлен ещё один населённый пункт – Олонец, которых относится территориально к Карелии, но по расположению близок к Вознесенью. Практически все указанные метеорологические станции (за исключением Тосно) расположены довольно близко от крупных водоемов: Ладожское и Онежское озера, Финский залив, и имеют примерно одинаковые высоты над уровнем моря – 20-30 м, кроме станции Олонец, расположенной в низине ( $\approx 7$  м).

Для всех временных оценена их однородность. Критерии для определения однородности совокупности с помощью коэффициента вариации [1]:

$V < 17\%$  – абсолютно однородная;

$V = 17\% - 33\%$  – достаточно однородная;

$V = 35\% - 40\%$  – недостаточно однородная;

$V = 40\% - 60\%$  – большая колеблемость совокупности.

По данным наблюдений были рассчитаны среднесуточные, среднемесячные и среднегодовые (рис. 6) значения температуры воздуха. Оценены средние значения и проведен квартильный анализ.

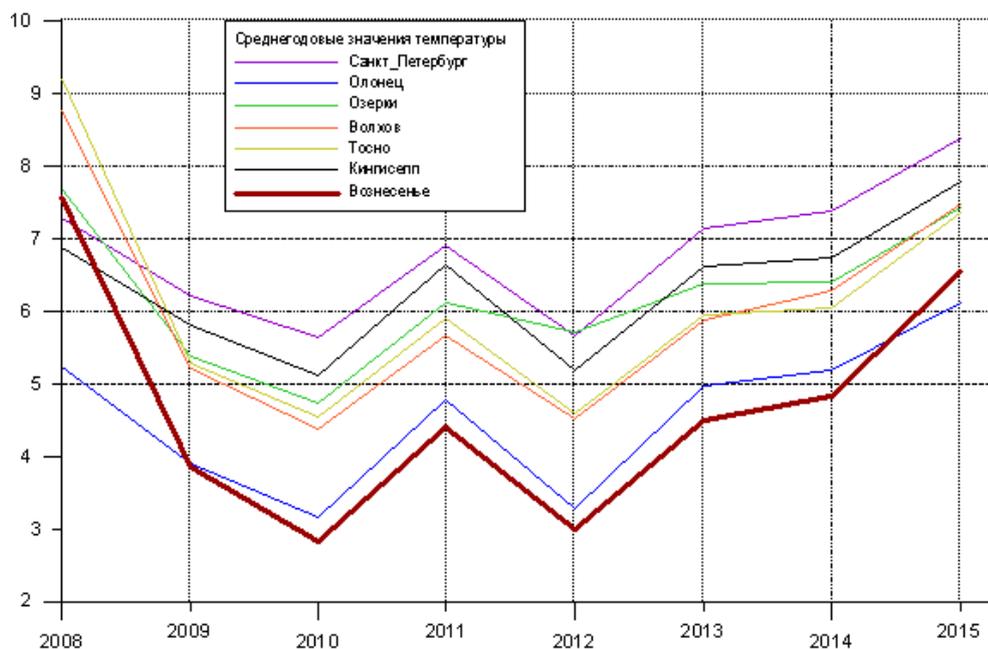


Рис. 6. Среднегодовые значения температуры воздуха на станциях

На следующем этапе было проведён кластерный анализ [2] температуры на станциях по схожести изменения температур на них и объединение этих станций в группы с помощью методов кластерного анализа задача, осуществлена проверка гипотез и исследование для определения, действительно ли типы (группы), выделенные тем или иным способом, присутствуют в имеющихся данных. Разные кластерные методы могут порождать и порождают различные решения для одних и тех же данных.

В результате получено, что в Ленинградской области четко прослеживаются 3 однородных региона.

Заключительным этапом исследования было моделирование полей температуры воздуха с использованием гидродинамической прогностической модели WRF.

#### Список использованных источников

1. Казакевич Д.И. Основы теории случайных функций в задачах гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 224с.
2. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997 – 240 с.

## ОЦЕНКА АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В АТЛАНТИКО-ЕВРАЗИЙСКОМ РЕГИОНЕ ЧЕРЕЗ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИНДЕКСЫ. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ИНДЕКСОВ В ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗАХ ПОГОДЫ

Докладчик: ЛАТОНИН Михаил Михайлович

бакалавр, группа МА-488

Научный руководитель: Покровский О.М.

доцент кафедры МКОА, д.ф.-м. н.

Взаимодействие атмосферы и океана является важнейшим звеном при рассмотрении элементов общей циркуляции атмосферы, которая в значительной мере обуславливает наблюдаемую нами погоду.

В первой части работы проведён обзор двух ключевых климатических индексов, существенно характеризующих погоду в Атлантико-Евразийском регионе.

Вторая часть посвящена вторжениям холодного воздуха из Арктики. Выяснилось, что индексы Северо-Атлантического и Арктического колебаний нечувствительны к двум совершенно разным типам полярных вторжений. На основе проведённой классификации полярных вторжений был сделан вывод о наличии ещё одного центра действия атмосферы над севером Сибири. Это позволило ввести новый климатический индекс – индекс Западно-Арктического колебания, который с высокой точностью характеризует два типа полярных вторжений.

Введённый климатический индекс успешно прошёл проверку на фактическом материале. А именно, на его основе удалось восстановить случаи арктических вторжений в прошлом.

Благодаря пополнению архива арктических вторжений были выявлены очень важные тенденции климатических изменений, которые, как оказалось, существенно зависят от двух фаз индекса Западно-Арктического колебания.

Современное потепление климата наиболее остро проявляется в таянии Арктических льдов, причём не только морских, но и в Гренландии. Это говорит о том, что оно происходит из-за особенностей режимов атмосферной циркуляции и радиационного баланса. И потепление зачастую связывают с возрастанием углекислого газа в атмосфере вследствие хозяйственной деятельности человека. Безусловно, это существенный фактор, однако полученные результаты говорят о доминирующей роли естественных факторов потепления климата.

Задача долгосрочных прогнозов погоды чрезвычайно сложна, но полученные результаты свидетельствуют о том, что даже такая простая диагностическая величина, как климатический индекс, может о многом нам поведать. Также благодаря тому, что теперь человечеству доступны глобальные данные, архивы которых с каждым днём всё больше, возникают новые возможности для прогнозирования. Например, в метеорологии уже используют методологию нейронных сетей. Поэтому в будущем задача долгосрочных прогнозов погоды вполне решаема.

#### Список использованных источников

1. Архив наиболее ярких ультраполярных процессов над ЕТР в холодный период за последние 30 лет, предоставленный действительным членом Русского Географического Общества и Ассоциации исследователей-прогнозистов "ПРОГНОЗЫ И ЦИКЛЫ" Виталием Стальновым
2. National Snow and Ice Data Center
3. National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 28 May 2015. "The Climate Data Guide: Overview: Climate Indices." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/overview-climate-indices>.
4. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-variability-north-atlantic-oscillation>
5. <https://climate.ncsu.edu/climate/patterns/NAO.html>
6. <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao/>
7. Hurrell, James & National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 28 Oct 2015. "The Climate Data Guide: Hurrell North Atlantic Oscillation (NAO) Index (station-based)." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-north-atlantic-oscillation-nao-index-station-based>.
8. Hurrell, 1995
9. Climate Data Guide; A. Phillips
10. <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/ao/>
11. <http://www.arctic.noaa.gov/detect/climate-ao.shtml>
12. <http://www.enr.gov.nt.ca/state-environment/21-arctic-oscillation-index>
13. National Center for Atmospheric Research Staff (Eds). Last modified 28 Oct 2015. "The Climate Data Guide: Hurrell wintertime SLP-based Northern Annular Mode (NAM)

- Index." Retrieved from <https://climatedataguide.ucar.edu/climate-data/hurrell-wintertime-slp-based-northern-annular-mode-nam-index>.
14. Алексеев Г.В., 2016: Климатические изменения в Арктике. Научный семинар в РГГМУ “Экономические, социальные и гуманитарные аспекты изменения климата”
  15. Покровский О.М., 2007: Применение данных дистанционного зондирования температуры поверхности океана, ледового покрова и атмосферы в Арктике для изучения тенденций изменения климата России. Журнал “Исследование Земли из Космоса”
  16. NCEP/NCAR Reanalysis dataset
  17. Vladimir A. Volkov, Ola M. Johannessen, Victor E. Borodachev, Gennadiy N. Voinov, Lasse H. Pettersson, Leonid P. Bobylev and Alexei V. Kouraev, 2002: Polar Seas Oceanography. An integrated case study of the Kara Sea. Издательство “Springer”
  18. The Royal Netherlands Meteorological Institute
  19. Edward N. Lorenz, 1963: Deterministic Nonperiodic Flow. Journal of the Atmospheric Sciences
  20. Yizhak Feliks, Michael Ghil and Andrew W. Robertson, 2010: The atmospheric circulation over the North Atlantic as induced by the SST field. Dept. of Atmospheric & Oceanic Sciences and Institute of Geophysics & Planetary Physics, University of California, Los Angeles, USA
  21. Ute Luksch, Christoph C. Raible, Ricard Blender and Klaus Fraedrich, 2005: Decadal cyclone variability in the North Atlantic. Meteorological Institute, University of Hamburg, Germany Climate and Environmental Physics, Physics Institute, University of Bern, Switzerland
  22. Е. К. Семенов, Н. Н. Соколихина, К. О. Тудрий, 2013: Тёплая зима в российской Арктике и аномальные холода в Европе. Журнал “Метеорология и гидрология”, №9
  23. А.А. Гирс, 1974: Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. Гидрометеиздат, Ленинград.
  24. Н. Björnsson and S.A. Venegas, 1997: A Manual for EOF and SVD Analyses of Climatic Data. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences and Centre for Climate and Global Change Research McGill University

## **АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАПАДНЫХ ДОЛГОТ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ**

*Докладчик:* БЕРЕЗИНА Милена Алексеевна  
магистр, группа ММ-1  
Научный руководитель: Дробжева Я.В.  
профессор кафедры МП д.ф.-м. н.

На характеристики распространения радиоволн в тропосфере оказывают влияние профили давления, температуры и влажности по пути распространения радиолуча. Как правило, существующая мировая сеть аэрологических станций, наземные радиометрические станции, спутниковый радиометрический метод не могут обеспечить данными в непрерывном режиме для произвольной траектории радиоволны [1]. В этой связи особое значение приобретают модели тропосферы, позволяющие заменить реальные значения параметров тропосферы (например, профилей давления, температуры и влажности) на их модельные значения. Для этих целей, например, Международным союзом электросвязи (Рекомендация МСЭ-РР.835 от 2012 г.) [2] разработаны и предложены выражения и данные для эталонных стандартных атмосфер, требуемые для

расчета ослабления в атмосферных газах на трассах Земля-космос. Их предлагается использовать в тех случаях, когда более надежные, полученные на месте данные отсутствуют. В Советском Союзе был разработан ГОСТ 26352-84, определяющий модель влажности воздуха в Северном полушарии [3].

Цель работы: провести анализ работоспособности стандартной модели влажности воздуха на основе экспериментальных данных для западных долгот северного полушария.

Стандартная модель влажности Северного полушария ГОСТ 26352-84, введена в действие с 01.01.1986. В этой модели, осредненные профили влажности для широт: 10°, 30°, 50° и 70° - даны для четырех различных меридианов: 0°, 80°, 180° и 280°ВД. Значения массовой доли влаги для конкретной широты вдоль различных меридианов, особенно, в январе могут существенно отличаться от среднего значения по долготе. Различие обусловлено главным образом различными типами подстилающей поверхности (суша, море), с которой происходит испарение влаги.

Для создания базы данных использовались аэрологические данные восьми станций, расположенных вблизи 10°, 30°, 50°, 70° СШ и долгот 80°, 180° з.д. за январь и июль и 12 UT. Станции: Corozal Observations (Панамский канал), Панама; Charleston Observations Air Force base, Южная Каролина, США; Moosonee Observations Ont, Онтарио, Канада; Hall Beach Observations, Нунавут, Канада; Majuro Observations, Marshall Islands; Lihue Observations Airoport, США, Гавайи; Shemya Afb Observations, США, Аляска; Nome Observations, США [4]. Полученные данные были отредактированы. Рассчитаны среднемесячные высотные профили массовой доли влаги, среднеквадратичные ошибки модельных профилей.

Далее, были представлены результаты совместного анализа модельных и экспериментальных среднемесячных высотных профилей массовой доли влажности воздуха для восьми станций западных долгот Северного полушария для июля и января 12 UT за 2011-2013 годы.

Заключение:

1. В экваториальной области среднемесячное значение влажности на высотах от 0 до 10 км превышает модельные значения. При этом, в среднем по высоте превышение влажности в июле над Американским континентом составило 1.8 г/кг, а над акваторией Тихого океана – 2.18 г/кг, а в январе на 1.51 г/кг и 2.18 г/кг - соответственно.

2. В области низких широт (среднемесячные высотные профили массовой доли влаги за три года (с 2011 по 2013 гг) не менялись. При этом в июле экспериментальные значения превышают модельные, а в январе отмечается хорошее совпадение эксперимента и модели для Американского континента по всей области высот, а для Тихоокеанского региона, начиная с 2 км. До высоты 2 км видно превышение экспериментальных значений над модельными.

3. В области средних широт (около 50° северной широты) среднемесячные высотные профили массовой доли влаги за три года не менялись как в июле, так и в январе. При этом в целом для обоих регионов и летнего месяца (июль) наблюдается хорошее совпадение модели с экспериментом.

4. В области высоких широт (около 70° с.ш.) высотные профили массовой доли влаги за три года не менялись. При этом следует отметить, что для станции Американского континента модель работает хорошо, начиная с 2 км. Что касается акватории Тихого океана, то экспериментальные профили влажности отличаются от модельного на высотах от 0 до 1.5 км: реальная влажность выше модельной. В январе для станции, расположенной на Американском континенте, в целом наблюдается хорошее совпадение модели и эксперимента. Для акватории Тихого океана можно сказать, что с 95% вероятностью профили влажности существенно изменялись год от года.

Модель хорошо отражает реальную ситуацию для всех рассмотренных станций, начиная с высоты 2 км. Различия, более или менее существенные отмечаются, как

правило, в пограничном слое атмосферы, который в решении многих задач играет определяющую роль. В этой связи необходима корректировка данной модели.

#### Список использованных источников

1. В.М. Краснов, Ю.В. Кулешов, А.Б. Лебедев – Глобальная модель атмосферы для расчета диэлектрической проницаемости. Труды III Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». Санкт-Петербург. 2014. Том 2. с. 304 -308.
2. Эталонные стандартные атмосферы. Серия Р. Распространение радиоволн. Рекомендация МСЭ-РР.835-5. 02/2012
3. Модель влажности воздуха в Северном полушарии. ГОСТ 26352-84. – М., Госстандарт СССР, 1984. [www.complexdoc.ru](http://www.complexdoc.ru)
4. Данные по измерениям параметров атмосферы - [weather.uwyo.edu](http://weather.uwyo.edu)

### **БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ ПРИМОРСКОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

*Докладчик:* ЕРЁМИНА Анастасия Александровна  
магистр, группа ММ-1

Научный руководитель: Головина Е.Г.  
доцент кафедры МКОА к.ф.-м. н.

Целью настоящей работы является определение закономерностей временного и пространственного распределения биометеорологических показателей и определение зон комфорта на территории Краснодарского края, а также установление взаимосвязи между географическим положением, метеорологическими величинами и уровнем воздействия атмосферы на организм человека.

В основу данной работы, лежат результаты метеорологических наблюдений на трёх метеостанциях с 2011 по 2015 года. Метеостанции выбраны по контрастности физико-географических характеристик изучаемого района

Для расчета выбраны биометеорологические параметры, оценивающие тепловое патогенное воздействие атмосферы на организм человека: Эффективной температуры (ЕТ по Миссенарду), Ветро-холодового индекса (Нw) и индекса патогенности (J).

Эффективная температура – это показатель, характеризующий эффект воздействия на человека комплекса метеозлементов (температуры, влажности воздуха и ветра)

Ветро-холодовой индекс – это характеристика, показывающая, насколько холоднее кажется нам окружающий воздух при наличии ветра.

Индекс патогенности определяет степень воздействия на человека метеорологических величин (относительной влажности, температуры воздуха, облачности), а также межсуточной изменчивости атмосферного давления и температуры воздуха. Всего в работе было выполнено 35040 расчётов.

Исследования показали, что в приморском районе Краснодарского края метеорологический режим в целом определяется как комфортный для жизнедеятельности населения. На прибрежных станциях биометеорологический режим будет определяться более сильными ветрами и высокой влажностью воздуха.

В городе Крымске, отличающимся более континентальным климатом, максимально благоприятная погода отмечается в летние месяцы, когда высокая эффективная температура и наименьшая влажность воздуха. На территории посёлка Джубга метеорологический режим тоже благоприятный для организма человека, но в отличие от Крымска, Джубга приморская станция, поэтому влажность здесь более высокая, поэтому в зимнее время года увеличивается повторяемость некомфортных условий погоды. Летом, а точнее в июле, в Джубге увеличивается индекс патогенности.

Этот рост объясняется большей повторяемостью понижения атмосферного давления в это время года. Поэтому из летних месяцев, именно в июле менее благоприятная погода.

Исследовав особенности биометеорологического режима Краснодарского края, можно сказать, что наиболее благоприятен для развития туристско-курортной деятельности район города Крымска.

#### Список использованных источников

1. Головина Б.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. / Учебное пособие. - СПб.: Изд. РГГМИ, 1993. 88 с.
2. Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки климата для медицинских целей. / Учебное пособие. - Томск: Изд. Томского университета. 1981. 86 с.
3. Айзенштат Б. А., Лукина Л. П. Тепловой режим человека. - СПб.; Гидрометеоиздат, 1993. -168 с.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ПОГОДЫ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЕЙ В РАЙОНЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

*Докладчик:* ЗЕНИН Павел Андреевич  
магистр, группа ММ-1

Научный руководитель: Ступишина О.М.  
ст. преподаватель кафедры МКОА

В работе проанализированы четыре типа барических образований, наблюдаемых в атмосфере Санкт-Петербурга, за четыре сезона. В числе этих образований сформировавшиеся циклоны и антициклоны, а также малоградиентные поля низкого и высокого давления. Данные проанализированы с 1999 по 2008 годы. К каждой из вышеперечисленных синоптических обстановок были привязаны метеовеличины, оказывающие значительное влияние на биосферу. Среди них данные о максимальной температуре, максимальном ветре, и максимальной влажности в течение дня. А также амплитуда их колебаний в течение дня. Кроме того, рассмотрен биометеорологический параметр, определяющий тепловое воздействие атмосферы на человека - эффективная температура, максимальная за сутки. Таким образом обработаны базы данных за 9 лет в городе Санкт-Петербург по синоптической обстановке, эффективной температуре, температуре воздуха, скорости ветра и влажности. Построено более ста плотностей распределения, где синоптическая обстановка привязывается к метеорологическим параметрам.

Плотности распределения метеорологических величин позволяют определить вероятность формирования разной степени комфортности погоды в различные сезоны года при определенной синоптической ситуации над территорией Санкт-Петербурга.

#### Список использованных источников

1. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу (Гелиобиология от А.Л. Чижевского до наших дней).-М.:Изд-во МНЭПУ, 2000.С. 5-10.
2. Головина Е.Г., Русанов А. В. Некоторые вопросы биометеорологии. Изд-во РГГМУ, 2004.

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО ПЕПЛА В АТМОСФЕРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МЕЗОМАСШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ

Докладчик: ДУРНЕВА Евгения Андреевна  
магистр, группа ММ-1

Научный руководитель: С. Мостаманди  
ст. преподаватель кафедры МП к.ф.-м. н

Извержение вулкана – зрелищное представление, но, в то же время очень опасное и несет за собой большие разрушения. Во время извержения вулкана многие сферы деятельности могут быть повреждены (сельское хозяйство, здания и постройки, транспорт и дороги, качество воды и даже здоровье). Опасные и дорогостоящие повреждения появляются у самолетов во время полёта через вулканические облака. Сейчас полеты в таких облаках запрещены, так как оседание вулканических частиц на детали двигателя самолета могут привести к его остановке. В данной статье рассматривается случай извержения исландского вулкана, с трудным произношением Эйяфьятлайокудль, которое произошло в апреле 2010 года. Многие слышали об этом извержении, так как в общей сумме авиакомпании потеряли 2,6 миллиардов долларов из-за приостановки воздушного движения.

Цель данной работы: построить траекторию перемещения вулканического облака пепла с использованием гидродинамической модели WRF (Weather Research and Forecasting Model) и траекторной модели HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory). Данные реанализа о начальных и граничных условиях предоставлены NCEP FNL (National Center Environmental Prediction Final). Для получения более точного поля ветра в модели WRF использовались три различные схемы параметризации пограничного слоя атмосферы (ACM2, BouLac и MYNN). Численно произведена оценка полей ветра при этих параметризациях и построены траектории перемещения вулканического облака.

Вулканический пепел это очень мелкие (размер в диаметре менее 2 мм), твердые, стекловидные частицы с острыми краями и главным образом, состоящими из кремнистых материалов. После извержения более тяжелые частицы пепла быстро оседают на земле, в то время как более легкие находятся во взвешенном состоянии в атмосфере и могут разноситься на значительные расстояния.

Абразивный характер вулканического пепла может иметь крайне разрушительные последствия для воздушного судна. Вулканический пепел содержит частицы, точка плавления которых ниже температуры сгорания топлива в турбине современного двигателя; эти частицы в последующем наплаваются в турбинном отсеке, уменьшая площадь сечения и понижая его мощность, что приводит к неустойчивой работе или отказу одного, или нескольких двигателей. Лобовые стекла частично или полностью утрачивают прозрачность, а загрязнение воздуха в кабине вынуждает экипаж использовать кислородные маски. С учетом этих фактов представляется совершенно очевидным, что вулканический пепел в атмосфере может создавать серьезную опасность для воздушного судна в полете. Соответственно, воздушное судно должно избегать контактов с вулканическим пеплом.

Существует несколько способов мониторинга вулканического пепла. Самый распространенный - использовать спутниковые изображения в видимом и инфракрасном каналах и лидары, регистрирующие отраженный сигнал от облака пепла.

Гидродинамическая модель WRF версия 3.6.1 использовалась для прогноза поля ветра. Сетка была выбрана размером 300 × 200 узлов, пространственное разрешение 18 км, шаг по времени 90 секунд, по вертикали 35 уровней в сигма системе координат. Траекторная модель HYSPLIT и исходные данные по массе выброса и диаметру частиц

для построения траектории. Модель запускалась на срок с 00 UTC 14 апреля по 00 UTC 20 апреля 2010 года. В данной статье представлен результат 15 апреля 2010 года.

#### Результаты моделирования

Для начала, была выбрана область моделирования (рис.7, а), исходя из того какие страны больше всех пострадали при извержении данного вулкана. После того как модель WRF запускалась три раза с использованием трёх различных схем параметризаций, была проведена численная оценка поля ветра на четырех изобарических уровнях 850, 700, 500 и 300 гПа, с использованием фактических данных со станций. На рис.7,б представлены станции, «участвующие» в оценке.



Рис. 7. Область моделирования (а), и аэрологические станции, выбранные для оценки поля ветра (б).

Следующий этап работы, представленный на рис. 8, оценка полей ветра, полученных при трёх различных параметризациях пограничного слоя атмосферы.

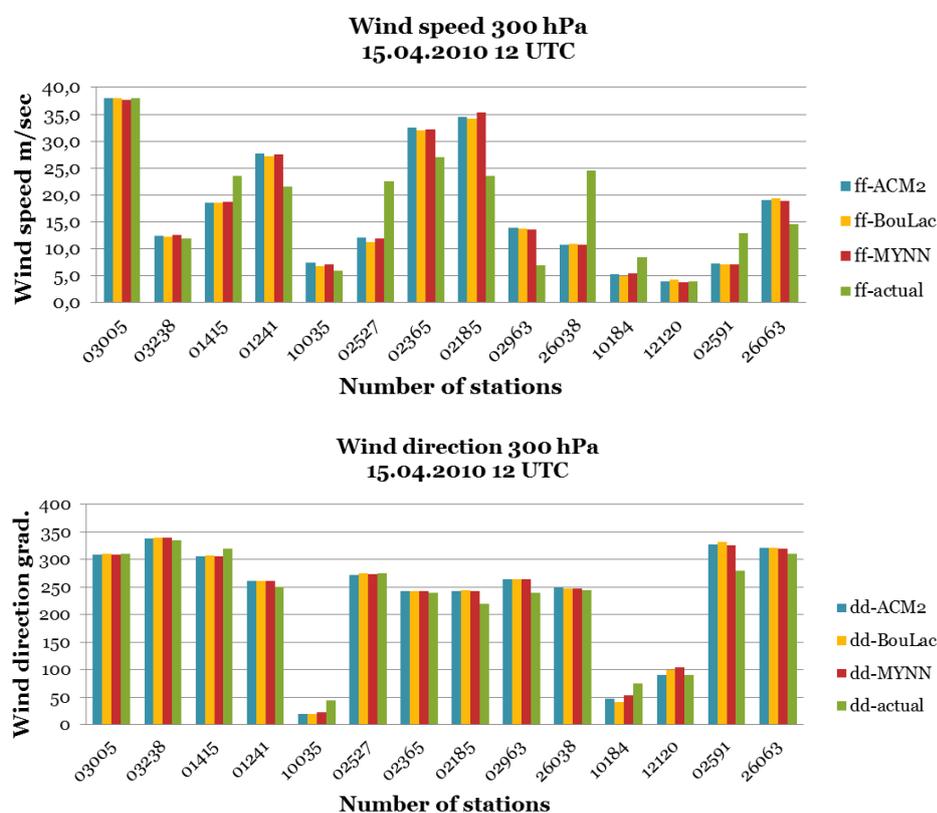


Рис. 8. Оценка направления и скорости ветра на высоте 300 гПа.

Дальнейшая работа проводилась с траекторной моделью HYSPLIT. Исходные данные по количеству и диаметру частиц при извержении вулкана Эйяфьятлайокудль имеются в руководстве по использованию модели (табл. 4).

Таблица 4  
Исходных данных: имя, диаметр, количество присутствия в атмосфере в процентах и скорость выброса.

LABEL	Diameter	Percent	Release rate
P006	0.6 $\mu$ m	1%	0.008E+16
P020	2.0 $\mu$ m	7%	0.068E+16
P060	6.0 $\mu$ m	25%	0.250E+16
P200	20.0 $\mu$ m	67%	0.670E+16

На следующем рис. 9 представлен заключительный этап работы. После проведенной оценки выяснилось, что параметризация пограничного слоя BouLac показывает наиболее приближенный результат к фактической ситуации.

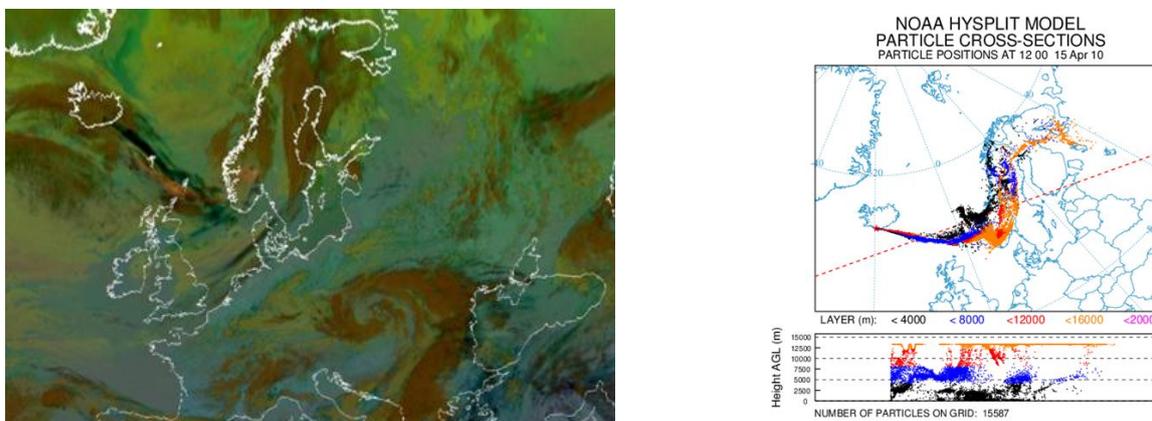


Рис. 9. Траектория вулканического облака при использовании BouLac параметризации и спутниковый снимок от 15 апреля 2010 года.

В данной работе рассмотрена проблема распространения вулканического пепла после мощного извержения в Исландии в 2010 году. Представлен и описан один из способов прогноза траектории вулканических облаков с использованием гидродинамической мезомасштабной модели WRF и траекторной модели HYSPLIT.

Так как траектория вулканического облака зависит, в первую очередь, от скорости и направления ветра на высотах, то в данной работе при прогнозе поля ветра использовались три различные параметризации пограничного слоя атмосферы. После проделанной оценки, параметризация *BouLac* показала наиболее схожий результат с фактическими данными скорости и направления ветра на четырех основных изобарических поверхностях 850, 700, 500, 300 гПа. А при использовании начальной информации о параметрах выброса и траекторной модели получена схематичная траектория перемещения вулканического облака.

#### Список использованных источников

- Ash properties and dispersal by wind – [electronic source] – electronic data. - URL: <http://volcanoes.usgs.gov/ash/properties.html>, free. – lang.eng.
- Volcanic ash: Introduction – [electronic source] – electronic data. – URL: [https://www.meted.ucar.edu/volcanic\\_ash/introduction/print.htm](https://www.meted.ucar.edu/volcanic_ash/introduction/print.htm) - lang.eng.

6. Flights operational briefing notes – [electronic source] – electronic data. – URL: [http://www.airbus.com/AirbusSafetyLib\\_-FLT\\_OPS-OPS\\_ENV-SEQ06.pdf](http://www.airbus.com/AirbusSafetyLib_-FLT_OPS-OPS_ENV-SEQ06.pdf) - lang.eng.
7. Eyjafjallajökull eruption, Iceland, April/May 2010 – [electronic source] – electronic data. – URL: <http://www.bgs.ac.uk/>
8. Draxler, R. Hysplit4 User's Guide/ B. Stunder; G. Rolph//HYSPLIT4 User's Guide – 2014.
9. The WRF modeling system program components - [electronic source] – electronic data. – URL: <http://www2.mmm.ucar.edu/wrf> - land.eng.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА СТРАТОСФЕРНУЮ ЦИРКУЛЯЦИЮ**

*Докладчик:* КАНОВА Юлия Андреевна  
магистр, группа ММ-1  
Научный руководитель: Анискина О.Г.  
доцент кафедры МП, к.ф.-м. н.

Температура полярной нижней стратосферы в основном контролируется изменением солнечного склонения в течение года и распределением радиационно активных газов таких как озон, водяной пар и углекислый газ [1]. Однако, в течение зимы, Арктическая нижняя стратосфера значительно теплее, чем могло бы ожидаться при чистых радиационных исчислениях [2]. Эта разница в температуре обусловлена волнами, которые распространяются из тропосферы в стратосферу, где они размываются. Эта диссипация волн вызывает нисходящую циркуляцию, направленную к полюсу, которая действует на нагрев в полярном регионе и нарушает её лучистое равновесие. Также эти волны влияют на концентрацию озона в стратосфере.

Изменение температуры нижней стратосферы влияет на развитие или разрушение стратосферных полярных облаков. Гетерогенные химические реакции на поверхности стратосферных облаков влияют на распределение хлор- и бромсодержащих газовых составляющих атмосферы, что может приводить к разрушению озонового слоя.

Влияние волновой активности может проявляться через устойчивость или разрушение полярного вихря в Северном и Южном полушариях, что зависит от распространения полярных волн на границе между северными и средними широтами [3, 4]. Полярная ячейка, или полярный вихрь — элемент циркуляции земной атмосферы в приполярных районах Земли, имеет вид приповерхностного вихря, который закручивается на запад, выходя из полюсов; и высотного вихря, закручивающегося к востоку. Полярная ячейка чётко выражена зимой, когда температурный градиент наибольший, и уменьшается или даже исчезает летом. Антарктическая полярная ячейка целом выражена чётче арктической из-за меньшего влияния суши на периферии и менее выраженных волн Россби, которые влияют на разрушение ячейки в Арктике. Внезапное разрушение полярной ячейки известно как «внезапное стратосферное потепление», при котором верхние слои атмосферы могут нагреться на 30-50 градусов за несколько дней.

Температура полярной стратосферы — это ключ к фактору возникновения стратосферных полярных облаков, где происходят химические реакции, разрушающие озон. Холодные стратосферные зимы приводят к интенсивному разрушению озона, в то время как, относительно теплые зимы приводят к меньшему понижению озона. Также влияние холодных зим на озоновый слой является доказательством, что изменчивость в арктической полярной стратосфере может влиять на динамику тропосферы и погодные условия.

В ходе работы решались следующие задачи:

1. Анализ внутригодовой изменчивости зонального вихря на основе данных реанализа MERRA;
2. Анализ временной динамики полярного вихря на основе на данных реанализа ECMWF;
3. Исследование потепления, устойчивости полярного вихря и концентрации озона в полярных областях в зависимости от волновой активности, основанное на данных реанализов MERRA, ECMWF и SUV-V8.

В результате были получены оценки влияния планетарных волн на устойчивость полярного вихря и его связь с изменчивостью атмосферы.

Дополнительно сделано заключение о возможности использования информации о волновой активности для диагноза образование озоновой дыры в Арктике и учёта её влияния на состав атмосферы.

#### Список использованных источников

1. Smyshlyaev S.P., Pogoreltsev A.I., Galin V.Ya., Drobashevskaya E.A. Influence of wave activity on composition of the polar stratosphere // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2016, Vol. 56, No. 1, pp. 95–109.
2. Vargin, P., Stratospheric polar vortex splitting in December 2009, *Atmos.–Ocean*, 2015, vol. 53, no. 1, pp. 29–41. doi 10.1080/07055900.2013.851066
3. Haynes, P.H., Marks, C.J., McIntyre, M.E., Shepherd, T.G., and Shine, K.P., On the “downward control” of extratropical diabatic circulations by eddy!induced mean zonal forces, *J. Atmos. Sci.*, 1991, vol. 48, no. 4, pp. 651–678.
4. Newman, P.A., Nash, E.R., and Rosenfield, J.E., What controls the temperature of the arctic stratosphere during the spring?, *J. Geophys. Res.*, 2001, vol. 106, no. D17. doi 10.1029/2000JD000061

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРНЫХ ЦИКЛОНОВ С АССИМИЛЯЦИЕЙ ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ ПАССИВНЫХ МИКРОВОЛНОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

*Докладчик:* ПОЛЕЖАЕВА Антонина Владимировна

магистр, группа ММ-1

Научный руководитель: Анискина О.Г.

доцент кафедры МП, к.ф.-м. н.

Для моделирования процессов в полярных районах использовалась гидродинамическая мезомасштабная модель Weather Research Forecasting (WRF) – модель состояния атмосферы, созданная для использования, как в оперативном прогнозировании, так и в исследованиях атмосферы.

Исходной точкой для моделирования полярных циклонов служат данные обработки спутниковых наблюдений. Полярные циклоны идентифицировались в полях интегрального влагосодержания атмосферы, полученных по данным спутниковых микроволновых измерений. Использовались поля влагозапаса атмосферы, полученные из измерений AMSR-E путем применения алгоритмов, обладающих повышенной точностью (меньше 1 кг/м<sup>2</sup>) в полярных регионах и модифицированных с использованием усовершенствованной модели зависимости излучения океана от скорости приводного ветра [1, 2]. Данное усовершенствование позволило наряду с полями влагозапаса атмосферы получать и поля скорости приводного ветра, которые в дальнейшем использовались при моделировании эволюции полярных циклонов [3, 4].

Были проведены численные эксперименты для ситуаций, когда по данным спутниковых наблюдений диагностировалось наличие полярных циклонов – для каждой даты проводилось моделирование на срок 24 часа. При этом численные эксперименты начинались за 24 часа до момента обнаружения полярного циклона по спутниковым

наблюдениям и заканчивались через 24 часа после полного исчезновения циклона со спутниковых снимков. Такой алгоритм моделирования связан с исследованием возможности предсказания полярного циклогенеза.

Рассматривается пример прогноза циклона в Баренцевом море 5 марта 2010 года. В гидродинамическую модель при помощи трехмерного усвоения ассимилировались данные о интегральном влагозапасе атмосферы. Классическая система 3DVAR не учитывает эволюцию корреляционных матриц во времени. Для решения этой проблемы в ассимиляционном блоке WRF – WRF-DA – используется процедура первого приближения присвоенного времени (FGAT), которая позволяет более точно рассчитать инновационный вектор (наблюдения минус первое приближение), и, следовательно, более эффективно использовать наблюдения в случае, когда реальное время наблюдений отличается от времени анализа. FGAT является особенно эффективным при учете в начальных данных наблюдений с движущихся платформ, каковыми и являются результаты спутникового зондирования. Для расчёта ковариационной матрицы ошибок прогноза использовался, так называемый, "NMC-метод" в котором используется аппроксимация на основе разницы модельных прогностических полей с заблаговременностью 24 часов (например, из результата прогноза на 48 часов вычитаются результаты прогноза на 24 часа). Климатическая оценка фоновой ошибки получена путем усреднения таких различий в прогнозах в течение прогноза в течение одного месяца с перекрытием времени прогноза времени 12 часов. Прогноз с ассимиляцией позволяет хорошо воспроизводить поля, соответствующие полярным циклонам.

Также исследовалась возможность прогноза полярных циклонов с учётом в модели улучшенных восстановленных по спутниковым данным полей давления. Для иллюстрации выбран циклон в море Лаптевых 17 октября 2014 года. Это более сложный для моделирования случай, так как циклон имеет меньшие размеры, менее интенсивный и существовал небольшой промежуток времени. Прогноз без ассимиляции не позволяет описать такой небольшой полярный циклон. Эксперименты с учётом улучшенных полей давления позволили повысить качество прогноза, хотя пока не достигнут желаемый результат.

В месте существования циклона появилась значительная облачность (тёмно синий цвет соответствует 10бальной облачности), что соответствует действительности. В поле водяного пара также видно повышенное значение в области полярного циклона.

Большая чувствительность к учёту улучшенных полей наблюдается в поля завихренности в регионе полярного циклона появилась область повышенных значений вихря скорости.

#### Список использованных источников

1. Zabolotskikh E.V., B. Chapron, (2016). Neural Network algorithm for rain rate retrieval over oceans using AMSR2 data. *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*, vol. 52, issue 1, pp. 82-88
2. Заболотских Е.В., Митник Л.М., Шапрон Б., Анискина О.Г., Дикинис А.В., Смирнова Ю.Е., (2013). Валидация модели переноса излучения на частотах микроволновых радиометров SSMIS и AMSR-E и её применение при анализе морских погодных систем с использованием усовершенствованных алгоритмов. *Ученые записки РГГМУ*, № 29, стр. 146-160.
3. Zabolotskikh E.V., L.M. Mitnik, N. Reul, B. Chapron, (2015). New possibilities for geophysical parameter retrievals opened by GCOM-W1 AMSR2. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (JSTARS)*, doi: 10.1109/JSTARS.2015.2416514.
4. Анискина О.Г., Заболотских Е. В., Шапрон Б. (2015). Моделирование эволюции полярных циклонов с использованием данных спутниковой микроволновой радиометрии. *Исследование Земли из космоса.* , 2015, N 6

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ НА СПУТНИКОВЫХ СНИМКАХ

Докладчик: ФЁДОРОВА Анастасия Александровна  
магистр, группа ММ-1  
Научный руководитель: Фёдосеева Н.В.  
доцент кафедры ДАКЗ, к.г.н.

Природные стихийные бедствия, такие как наводнения, лесные пожары, цунами, ураганы, землетрясения, извержения вулканов, торнадо и другие, наносят огромный экономический ущерб и приводят к человеческим жертвам. Поэтому мониторинг чрезвычайных ситуаций очень важен. Использование дистанционных методов зондирования позволяет прогнозировать возникновение чрезвычайных ситуаций, локализовать опасные явления на начальных стадиях развития и значит — уменьшить возможный ущерб.

Большое значение наблюдения со спутников имеют для обнаружения тропических циклонов и прогноза их эволюции. Ведь образование и развитие тропических циклонов происходит часто вдалеке от островов, авиационных и морских трасс, где редка сеть метеорологических станций.

Хотя тропические циклоны хорошо дешифрируются на спутниковых изображениях видимого диапазона, более детальный анализ их облачности должен улучшать качество оценки их интенсивности и прогноза метеорологических величин и своевременности оповещения населения. Из всего вышеперечисленного вытекает актуальность данной работы.

Цель данной работы заключалась в исследовании возможностей цифровой обработки мультиспектральных спутниковых данных для повышения качества дешифрирования тропических циклонов.

К задачам данной работы относились: приём, визуализация и первичный анализ спутниковых данных; формирование архива спутниковых снимков с тропическими циклонами; исследование и разработка моделей цветового синтеза; цифровая обработка данных с использованием RGB-моделей.

В рамках выполнения данной работы было получено и проанализировано более 30 снимков. На основании первичного анализа полученной информации был создан архив из пяти изображений с тропическими циклонами. В дальнейшем была выполнена цифровая обработка данных мультиспектральной съёмки с использованием пяти RGB-моделей, основанных на чувствительности различных каналов к размеру и фазовому состоянию облачных частиц, а также температуре и концентрации водяного пара в разных слоях атмосферы. Анализ фазового состояния облачности тропических циклонов основан на синтезировании цветных изображений с последующей разработкой таблиц цветовых соответствий различным типам подстилающей поверхности.

Проведенный анализ полученных изображений позволяет определить области применения предложенных RGB-моделей. Так, модель RGB (0.6;0.55;0.469) даёт возможность представить снимок в естественных цветах, но на таком изображении трудно дешифрировать облачность разных ярусов. Модель RGB (1.6;0.8;0.6) позволяет получить изображение в псевдо-естественных цветах с подчёркнутыми цветом ледяными облаками. Модель RGB (0.6;1.6;10.8) даёт возможность распознать облака в разном фазовом состоянии: ледяные и водяные, тёплые и холодные, состоящие из крупных и мелких частиц, а также выявить зоны интенсивных осадков. Модель RGB (0.6;3.9;10.8) помогает дешифрировать на космических снимках ледяные вершины кучево-дождевой облачности и высокую перистую облачность с ледяными кристаллами разных размеров. Модель RGB (6.7-7.3; 3.9-10.8; 1.6-0.6) позволяет определить локализацию глаза бури, даже в случае, когда он закрыт облаками.

Использование предложенных моделей цифровой обработки позволяет повысить качество дешифрирования, оценки интенсивности тропических циклонов и, в конечном счёте, прогноза.

#### Список использованных источников

1. Ерёмченко, А.С. Автоматический мониторинг тропических циклонов по данным метеорологических спутников Земли [Текст]: автореф. дис. на соиск. Учен. Степ. Канд.техн.наук (05.13.18) / Александр Сергеевич Ерёмченко; Институт автоматизации и процессов упр. ДВО РАН. Владивосток, 2014. – 20 с.
2. Минина Л.С. Практика нефанализа / Л.С. Минина; Ред. В.А. Бугаева. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 335с.
3. Images: [Электронный ресурс] // MODIS. – Режим доступа: <http://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/showall.php>
4. LAADS Web: [Электронный ресурс] // NASA. – Режим доступа: <https://ladsweb.nascom.nasa.gov/>
5. Tropical Cyclones: [Электронный ресурс] // Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies Space Science and Engineering Center / University of Wisconsin-Madison– Режим доступа: <http://tropic.ssec.wisc.edu>

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ РАСЧЕТОВ ВЫСОТНЫХ ПРОФИЛЕЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ СЕЗОНОВ ПО МОДЕЛИ CIRA86AQ\_U0G**

*Докладчик:* ЯШИНА Татьяна Валерьевна  
магистр, группа ММ-1  
Научный руководитель: Дробжева Я.В.  
профессор кафедры МП д.ф.-м. н.

Атмосферные климатологические модели имеют высокую полезность для различных областей, которые нуждаются в быстрой, но разумной средней оценки состояния атмосферы в соответствии с ее фундаментальными переменными, такими как температура, влажность, давление и плотность.

Современное решение задач радионавигации и радиолокации, а также радиозатменный метод диагностики состояния атмосферы требуют проведение расчетов траекторий распространения радиоволн с помощью моделей, описывающих профили давления, температуры и влажности атмосферы. Для решения этих задач, в настоящее время, широкое распространение получила модель влажности CIRA86aQ\_U0G. Глобальная модель влажности CIRA86aQ\_U0G [1] создана в 1986 г на основе международной модели атмосферы CIRA-86 и климатологических профилей влажности. Глобальная модель влажности разработана на основе пяти эмпирических осредненных по долготам профилей: среднегодовом профиле для 15°СШ, усредненным по летним месяцам для 45°СШ и 60°СШ, усредненным по зимним месяцам для 45°СШ и 60°СШ. По модели CIRA86aQ\_U0G рассчитываются метеорологические параметры, такие как: зональная температура, зональный ветер, зональное атмосферное давление и влажность.

Целью работы является проверка адекватности расчетов высотных профилей влажности воздуха для различных сезонов по модели CIRA86aQ\_U0G на основе экспериментальных данных.

Для достижения поставленной цели использовались экспериментальные данные, полученные на станциях Sojna, Kalas, Nail, расположенных в северном полушарии на долготе около 40° в.д и широтах от 27 до 67°СШ для июля и января, 00 и 12 UT. Рассматривались высотные профили влажности до 10 км.

Результаты совместного анализа экспериментальных и модельных высотных профилей массовой доли влаги показали, что с вероятностью 95% модель влажности CIRA86aQ\_U0G адекватна эксперименту по всему высотному профилю для станции Kalas, расположенной на широте около 50°СШ, для января 2010 года, как для 00, так и для 12 UT. Для станции Nail, расположенной на широте около 30°СШ, модельные значения массовой доли влаги превышают экспериментальные приблизительно в 1.5 раза до высоты 6 км, и хорошее совпадение начинается с 6 км. Для станции Sonja, модельные и экспериментальные значения близки лишь с высоты 8 км, а на уровне Земли экспериментальное значение массовой доли влаги превышает модельное приблизительно в 3 раза. Таким образом, нельзя сказать, что модель адекватна эксперименту на высотах от 0 до 8 км.

В модели влажности CIRA86aQ\_U0G представлены осредненные высотные профили массовой доли влаги для различных широт и только для июля и января. Чтобы получить профили для других месяцев года, авторы предложили использовать формулу, а именно:

$$q_i = \left( \frac{q_{jan} + q_{jul}}{2} \right) + \frac{2}{\sqrt{3}} \left( \frac{q_{jan} - q_{jul}}{2} \right) \cos \left( \frac{\pi(i-2)}{6} \right), \quad (1)$$

где,  $q_i$  – массовая доля влаги для  $i$ -го месяца,

$i$  – номер месяца.

На основе экспериментальных данных была проведена проверка данной формулы для станции Nail. По формуле (1) рассчитаны осредненные высотные профили массовой доли влаги для апреля, июня, августа и октября, а затем эти профили были сопоставлены с экспериментальными профилями для тех же месяцев: апреля, июня, августа и октября. При расчете профилей по формуле (1) в качестве входящих использовались высотные профили влаги для июля и января.

Для примера на рис. 10 представлены расчетный, а также экспериментальный осредненный высотный профиль массовой доли влаги с доверительными интервалами за апрель 2010 года для 00 и 12 UT для станции Nail.

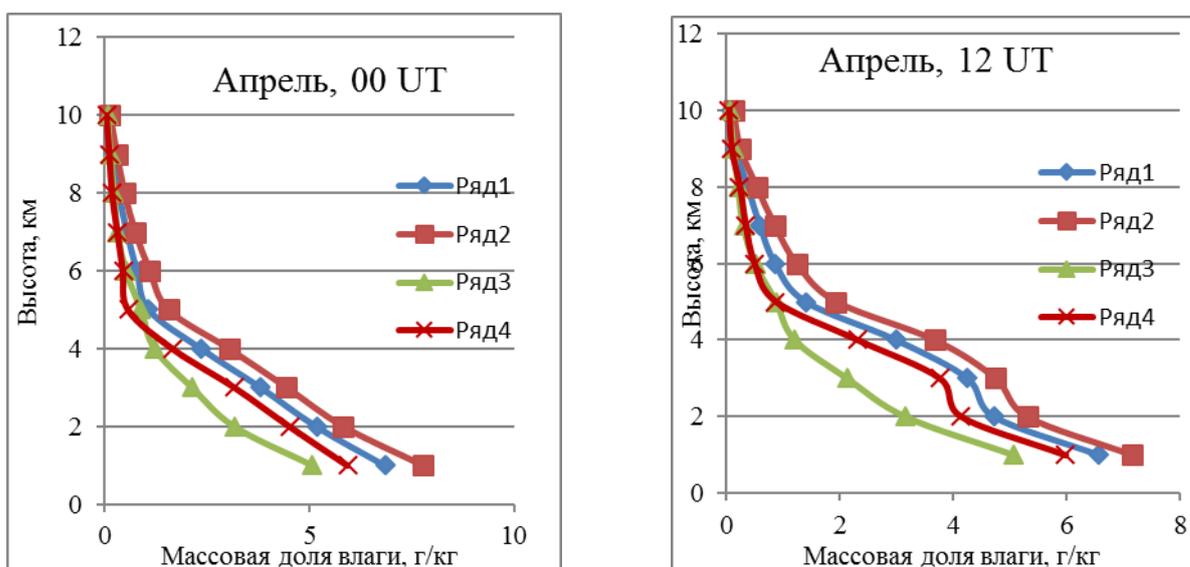


Рис. 10. Расчетный и экспериментальный осредненные высотные профили и доверительные интервалы высотных профилей средних значений массовой доли влаги за апрель 2010 года для 00 и 12 UT для станции Nail.

ряд 1-средний высотные профили массовой доли влаги по экспериментальным данным,  
 ряд 2 и ряд 4 - доверительные интервалы средних величин высотных профилей массовой доли влаги,  
 ряд 3- средний высотный профиль, рассчитанный по формуле (1),

Из графика видно, что, начиная с 4 км, расчеты по формуле (1) дают адекватные эксперименту результаты для 00 UT, а для 12 UT – с 5 км. Средняя ошибка отклонения модельного высотного профиля влажности за апрель составила:  $m = -0,05624310$ , а значение среднеквадратичное отклонение:  $\sigma = 0,1367122$ .

Таким образом, Расчёты для четырёх сезонов года показали, что формула (1) позволяет достаточно корректно рассчитать высотные профили влажности. Однако следует отметить, что для апреля модель адекватна эксперименту, начиная с 4 км. Кроме того, расчёты были проведены лишь для четырёх месяцев: апрель, июнь, август и октябрь. Таким образом, с вероятностью 95% модель влажности CIRA86aQ\_UoG адекватна эксперименту по всему высотному профилю на широте  $500^0$  с.ш. (станция Kalac) для 00 и 12 UT для зимы и лета. Для широт  $30^0$  с.ш. и  $70^0$  с.ш. в области высот до 8 км модель требует корректировки.

Формула для учета хода влажности для различных месяцев года работает достаточно корректно для июня, августа и октября, но требует корректировки для апреля, а также для более точных выводов, необходимо провести ее проверку для других месяцев года.

#### Список использованных источников

1. Kirchengast G., Hafner J., Poetzi W. The CIRA86aQ\_UoG model: An extension of the CIRA-86 monthly tables including humidity tables and a Fortran95 global moist air climatology model. – Techn. Report for ESA/ESTEC-№ 8/1999, 18 p., Inst. for Meteorol. and Geophys., Univ. of Graz, Austria, 1999

## МЕТОДИКА ПРОГНОЗА ВРЕМЕНИ ПРОСЫХАНИЯ ГРУНТОВОГО АЭРОДРОМА

Докладчик: КОСТЮК Александра Николаевна  
магистр, группа ММ-2

Научный руководитель: Богаткин О.Г.  
профессор кафедры МП к.г.н.

В данной работе рассматривается проблема отсутствия результативных методик прогноза времени просыхания поверхности грунтового аэродрома, а также проанализированы имеющиеся литературные источники, выявлены основные факторы влияния на этот процесс и будет предложено решение этой проблемы. Аэродром – это земельный или водный участок, специально оборудованный для обеспечения взлета, посадки, руления, стоянки и обслуживания летательных аппаратов. Грунтовым же называется аэродром с естественным покрытием. Отсюда следует, что готовность такого аэродрома к влету и посадке самолетов зависит от множества физико-географических факторов.

Для удобства анализа, разделим эти факторы на две группы: метеорологические и факторы подстилающей поверхности. К первой группе относятся в первую очередь атмосферные осадки, поверхностный сток, испарение, а также температура воздуха и почвы, скорость и направление ветра, влажность воздуха. Ко второй – геологическое строение грунтов в районе аэродрома, рельеф, пористость и влажность почв и т. д.

Из выше сказанного следует, что состояние взлетно-посадочной полосы (ВПП), а именно, изменение прочности грунта, сильно подвержено влиянию природных факторов. В течение года существуют периоды, когда аэродром выходит из строя – осенний, весенний – по причине длительных жидких осадков или снеготаяния. Поэтому для поддержания аэродрома в готовности обеспечению взлетов и посадок летательных аппаратов требуется определить заранее границы эксплуатационных периодов, чтобы

вовремя проводить мероприятия для поддержания готовности ВПП, прогнозировать продолжительность выхода его из строя с учетом прогноза погоды. Понятно, что необходимы оправдывающиеся методы прогноза, которых на данный момент не существует.

Нами было взято испарение, как основной фактор, влияющий на продолжительность эксплуатационных периодов, т.к. поверхностный сток и количество просочившейся влаги в почву практически постоянны. Однако ряды наблюдений по нему отсутствуют, а согласно требованиями НМО ГА-95 и действующих Инструкций по метеобеспечению на аэродроме измерение испарения не предусмотрено, и приборы (испарители) сняты с сети. Таким образом, первоочередными в решении задачи определения испарения становятся методы его расчета.

Существует на данный момент несколько методов расчета испарения с поверхности почвы: водного баланса, теплового баланса, комплексный, турбулентной диффузии, по данным измерений (температуры и влажности воздуха) на метеостанциях.

Испарение с почвы зависит не только от метеорологических условий (температуры и влажности воздуха, интенсивности турбулентного перемешивания), но также и от состояния почвы (влажности почвы, характеристик просачивания и др.). Однако не все параметры поддаются измерению, например, турбулентное перемешивание определить очень трудно – оно связано с распределением средних скоростей ветра, температурной стратификацией атмосферы и шероховатостью подстилающей поверхности. Получается, что в каждом из этих методов мы сталкиваемся с теми или иными проблемами определения расчетных параметров. Так, например, в методе водного баланса затруднительно учитывать приток и сток, неравномерность выпадения осадков, измерению осадков на станциях недостаточно точности. А метод теплового баланса имеет недостатки в отсутствии актинометрических измерений вечером и ночью, несоответствии измерений в точке и реальному распределению по площади. Комплексный же метод применяется для больших территорий и включает в себя недостатки, характерные для двух упомянутых выше методов. Возможность расчета методом турбулентной диффузии зависит от наличия и качества имеющихся градиентных измерений. Наиболее простым, хоть и недостаточно точным, является метод расчета испарения по данным о температуре и влажности воздуха и скорости ветра.

Таким образом, зная количество выпавших осадков, характеристики почвы и поверхностного стока, имея в наличии прогнозные данные по температуре и влажности, получаем возможность спрогнозировать испарение, а затем и время просыхания грунтового аэродрома.

Данная работа требует дополнительных исследований, но является перспективной и, несмотря на то, что начало исследования произведено для нужд авиации, в дальнейшем предполагается расширить сферу использования методики на пользу дорожных служб и сельского хозяйства.

#### Список использованных источников

1. Акселевич В.И., Влияние гидрометеорологических условий на состояние и эксплуатацию аэродромов и авиационной техники на земле. СПб.: изд. РГГМИ-1996. - 38с.
2. Богаткин О. Г., Еникеева В. Д. Анализ и прогноз погоды для авиации. 2-е изд., перераб. и доп. — Л.: Гидрометеиздат, 1992.-272 с.
3. Богаткин О. Г., Авиационная метеорология. — СПб.:РГГМУ, 2005.-328 с.
4. Догановский А.М., Общая гидрология. СПб.: изд-во РГГМУ, 2012
5. Константинов А.Р., Испарение в природе. Л.: Гидрометеиздат, 1968.-531с.

