

УТВЕРЖДАЮ»
И. о. директора ФГБУ «СибНИГМИ»
кандидат технических наук



А. Б. Колкер

«16» мая 2017 года

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения «Сибирский научно-исследовательский гидрометеорологический институт» (ФГБУ «СибНИГМИ») на диссертационную работу **Ольги Ивановны Золотухиной** «Атмосферные условия ограничивающие пуски ракет космического назначения в районе космодромов «Байконур» и «Восточный», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – «Метеорология, климатология, агрометеорология».

Актуальность темы исследований.

Изменение глобального климата требует актуализации исследований изменения многих метеорологических величин, уточнения их критических параметров, наиболее важных для многих отраслей экономики. Ветер, конвективные явления – это одни их наиболее опасных метеорологических элементов, которые в значительной степени влияют на многие сферы деятельности человека, в том числе на ракетно-космическую отрасль.

Исследования и оценка ветрового режима и характеристик конвективных процессов в атмосфере для задач ракетно-космической отрасли на космодромах «Байконур» и «Восточный» отвечает геополитическим интересам Российской Федерации, поэтому актуальность выполнения исследований в этом направлении не вызывает сомнений.

Цель и предмет исследования.

Целью исследования в данной научной работе было изучение особенностей многолетнего хода ветрового режима от поверхности земли до высоты 25 км и развития конвективных процессов в районе космодромов «Байконур» (Казахстан, Кызыл-Ординская область) и «Восточный» (Россия, Амурская область) с учетом изменения глобального и регионального климата, выявление характеристик ветра и неустойчивости атмосферы, ограничивающие пуски ракет космического назначения (РКН).

Задачи и материал исследования.

Для достижения поставленной цели автором решались следующие задачи:

- определялись многолетние характеристики направления и скорости ветра, тенденции их изменения в разных слоях атмосферы;
- рассчитывались и анализировались многолетние тенденции изменения характеристик ветра в разных слоях свободной атмосферы и в нижней границе полярной тропопаузы;

- исследовалась многолетняя изменчивость грозовой деятельности;
- рассчитывались и анализировались значения термодинамических индексов неустойчивости атмосферы в дни с развитой конвекцией, в том числе с наличием опасных конвективных явлений (гроз) и их отсутствием;
- определялись наиболее благоприятные и менее благоприятные по метеорологическим параметрам месяцы для запусков ракет космического назначения (РКН) с космодромов «Байконур» и «Восточный».

Для исследования характеристик ветра были использованы данные фактических наблюдений у поверхности земли и данные аэрологического зондирования за периоды 1956-2013 гг. (космодром «Байконур») и 1985-2014 гг. (космодром «Восточный», станция Благовещенск Амурской области).

Для изучения тенденции изменения характеристик ветра автором использовались данные реанализа NCEP/NCAR с пространственным разрешением $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ на 17 стандартных уровнях атмосферы до высоты 10 гПа с интервалом 6 часов.

Активность грозовой деятельности изучалась по фактическим наблюдениям в районе космодромов «Байконур» и «Восточный» (станции Благовещенск и Мазаново) за 1956-2013 гг. и 1985-2014 гг. соответственно. Для определения термодинамических характеристик атмосферы в дни с грозой привлекались данные искусственных спутников Земли (ИСЗ) Terra и Aqua.

Дополнительно автором были проанализированы с привлечением синоптического материала случаи переноса пусков РКН по метеорологическим параметрам.

Научная и практическая значимость полученных результатов.

Исследования характеристик ветра в разных слоях атмосферы, проведенные на многолетнем материале, динамики развития грозовой деятельности над территорией космодромов «Байконур» и «Восточный» позволили:

- получить вертикальные профили скоростей ветра, уточнить, с учетом сезонов года, слои с максимальными скоростями ветра;
- выявить картину вертикальной структуры многолетней динамики распределения скорости и направления ветра в слое от поверхности земли до высоты 25 км с разрешением по слоям в 1 км;
- получить соотношения зональной и меридиональной составляющих скоростей ветра в разные месяцы года в районе космодромов;
- изучить структуру динамики грозовой активности над территорией космодромов «Байконур» и «Восточный»;
- определить термодинамические характеристики атмосферы в дни с грозой;
- определить для Амурской области пороговые значения индексов неустойчивости атмосферы, при которых развиваются грозы.

Полученные результаты исследований характеристик ветра имеют практическую значимость и могут быть использованы при планировании пусков РКН, при разработке программно-алгоритмического обеспечения для проведения расчетов устойчивости возмущенного движения и управляемости ракет-носителей (РН) «Ангара-1.2», «Ангара-А5», «Протон-М», а также при расчетах устойчивости движения и управляемости РН в случаях воздействия ветровых возмущений и послужить основой для статистического моделирования движения РН.

В результате исследований динамики грозовой активности в районе космодрома «Восточный», впервые получены пороговые значения термодинамических индексов для различной повторяемости гроз и ливней для территории Амурской области, получено дискриминантное уравнение, позволяющее разделить состояние атмосферы над территорией Амурской области по категориям «ливень» и «гроза» на основе рассчитанных индексов LIFT и KIND.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки альтернативных методов прогноза опасных конвективных явлений в радиусе 200 км над территорией космодрома «Восточный», а также при подготовке и запуске РКН на стартовых комплексах.

Научная новизна исследований.

1 В результате исследований многолетнего ряда характеристик ветра от поверхности земли до высоты 25 км определена устойчивая динамика увеличения скорости ветра в верхней тропосфере и нижней стратосфере над территорией космодромов «Байконур» (на 0,5 м/с/10 лет) и «Восточный» (на 0,4 м/с/10 лет), установлено усиление в нижней тропосфере меридионального переноса, а в верхней тропосфере и нижней стратосфере - увеличение зонального переноса.

2 Уточнены климатологические характеристики на уровне максимального ветра и тропопаузы в районе космодрома «Байконур».

3 Уточнено положение тропопаузы: над территорией северного Казахстана, замечено увеличение высоты полярной тропопаузы и средней скорости ветра на уровне полярной тропопаузы.

4 Определена статистическая структура рядов грозовой активности в районе космодромов.

Степень достоверности расчетов, представленных в работе, подтверждается большим объемом и качеством анализируемых данных наблюдений, комплексным использованием современных методов и средств математического аппарата, оценками статистической значимости результатов, а так же их апробацией на различных конференциях и семинарах.

Основные выводы и результаты работы докладывались на научных конференциях и публиковались в научных журналах, практическая значимость полученных результатов исследований подтверждается сертификатами и дипломами, полученными от Госкорпорации «Роскосмос».

Структура, содержание и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка использованных источников и приложения. Общий объем диссертации составляет 153 страницы, диссертация содержит 42 рисунка, 29 таблиц и 9 приложений. Библиографический список включает 119 наименований, в том числе 14 иностранных.

Во введении автором обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи работы, указаны объекты, материалы и методы исследования, отмечены новизна, научная и практическая значимость исследовательской работы.

Основные защищаемые положения внесены в автореферат диссертации.

В главе 1 «Явления погоды, представляющие опасность для пусков ракет космического назначения» представлена подробная характеристика ветра в приземном слое и в свободной атмосфере, причины, вызывающие изменение направления и скорости ветра. Подробно описаны методические аспекты обработки данных о ветре, методики расчета характеристик ветра разными авторами. Представлен обзор литературы об особенностях режима ветров в различных регионах страны, отмечен недостаток информации о параметрах ветра над исследуемой в диссертации территорией, что требует более детального изучения режима ветра в этих районах.

В главе уделено большое внимание опасным конвективным явлениям, в частности грозам и ливням. Подробно описываются стадии развития конвективных облаков, технологии и способы их определения. Представлен обзор литературы по характеристикам грозовой активности и особенностям условий образования опасных конвективных явлений.

В главе 2 «Характеристики ветра в районе космодрома «Байконур» по данным приземных наблюдений (1956-2013 гг.) и аэрологического зондирования атмосферы за период 1956-2014 гг. на станции Байконур представлен анализ характеристик параметров ветра от поверхности земли до высоты 25 км, исследованы климатические характеристики тропопаузы, особенности сдвига ветра в атмосфере над территорией космодрома «Байконур». Проанализированы случаи переноса пусков РКН, включая общую синоптическую характеристику и параметры ветра.

Анализируя многолетний годовой ход скорости и направления ветра у поверхности земли по климатическим периодам (5-10 лет), автором отмечено, что преобладающим направлением ветра у поверхности земли являются ветры северо-восточного (СВ) и восточного (В) направления, а по скорости ветра они имеют тенденцию к уменьшению.

При рассмотрении характеристик ветра в свободной атмосфере большое внимание было уделено высотам от 8 до 12 км, где наблюдаются наибольшие значения среднего и максимального ветра. Получены следующие характеристики ветра в свободной атмосфере над территорией космодрома «Байконур»:

- наблюдается увеличение скорости ветра в верхних слоях атмосферы на 0,24 м/с/10лет;

- максимальные скорости ветра в течение года отмечаются на высоте 11 км, и только в летний период - на высотах 12-13 км;

- на март и апрель приходится наиболее высокая повторяемость (33-36 %) максимального ветра;

- над космодромом «Байконур» выявлено повышение уровня полярной тропопаузы за последнее десятилетие на 330 м, и средняя скорость ветра на нижней границе тропопаузы за последнее десятилетие увеличилась в среднем на 1,4 м/с.

При рассмотрении информации о сдвиге ветра было замечено, что умеренные и сильные по интенсивности сдвиги ветра отмечались в приземном слое (до 3 км), в отдельные месяцы - в слоях 10-12 и 22-25 км. Пики интенсивности очень сильных ветров приходятся на декабрь, январь, март, август и октябрь, наименьшее число очень сильных сдвигов ветра наблюдается в июле. Получено, что над территорией космодрома «Байконур» весной, осенью и зимой

максимальные сдвиги ветра формируются при преобладании ветра юго-западного направления, летом опасные сдвиги могут сформироваться и при северо-западных направлениях ветра.

По результатам анализа синоптических ситуаций, изменения ветра у земли и с высотой, скорость ветра в струйных течениях (СТ) в дни переносов пусков РКН на космодроме «Байконур» автором выявлено, что наиболее благоприятные месяцы для пусков РКН: февраль, май, июль и сентябрь.

В главе 3 «Характеристика ветра в районе космодрома «Восточный» представлены результаты исследования особенностей изменения ветра у поверхности земли и в свободной атмосфере в районе космодрома «Восточный». Используются данные зондирования атмосферы аэрологической станции Благовещенск за период 1985–2014 гг. и ближайших к космодрому метеорологических станций Амурской области и Китая (Свободный, Шимановск и Хума).

По результатам анализа характеристик ветра у поверхности земли было отмечено, что в исследуемом районе преобладают западные и северо-западные ветры зимой, а летом – южные, по скорости ветра они имеют тенденцию к уменьшению, за последние 10 лет скорость ветра ослабела на 0,7 м/с.

По результатам аэрологического зондирования на АЭ Благовещенск Амурской области выявлены особенности распределения ветра с высотой:

- наименьшие значения средней и максимальной скоростей ветра во все сезона года наблюдались в приземном слое атмосферы;

- наибольшие средние и максимальные скорости ветра зафиксированы на высотах от 7 до 14 км, максимальные скорости ветра (60-75 км/час) в течение всего года наблюдалась на высоте 7-11 км;

- месяцы с высокой повторяемостью опасных скоростей ветра (18-21 %) являются февраль, октябрь и ноябрь, с минимальной повторяемостью (9 %) – июнь, июль.

По расчетам интенсивности сдвига ветра автором отмечено, что

- слабые и умеренные сдвиги ветра отмечаются в слоях 3-5 км и 15-20 км, чаще всего в летний период;

- максимальное число сильных и очень сильных сдвигов ветра зарегистрировано в слоях 0,5-2 км и 8-12 км в декабре, феврале, апреле, октябре и в ноябре, наименьшее число дней с очень сильным сдвигом ветра наблюдается в июле.

Получено, что над территорией космодрома «Восточный» максимальные сдвиги ветра в слое 0,5-2 км чаще всего возникают при северо-западном ветре (СЗ) во все сезоны года, повторяемость в среднем в зимний период (63,8 %), в весенний период (45,7 %), в летний период (25,3 %), в осенний период (50,3 %); в слое 7-14 км чаще всего в зимний и весенний периоды преобладает СЗ, в летний период юго-западный (ЮЗ) ветер, в осенний период процентное соотношение СЗ и ЮЗ ветров одинаково.

Определено, что месяцы, наиболее благоприятные для осуществления пусков РКН: июнь, июль, август.

В главе 4 «Тенденция характеристик ветра над районами космодромов в условиях современного климата» изучена многолетняя динамика характеристик ветра параллельно по данным аэрологического зондирования (АЭ Байконур, АЭ Благовещенск) и данным реанализа NCEP/NCAR за период 1948–2014 гг. над территориями космодромов «Байконур» и «Восточный».

В анализируемой части главы отмечено, что прослеживается устойчивая динамика увеличения скорости ветра в верхней тропосфере и нижней стратосфере над территорией космодрома «Байконур» (на 0,5 м/с/10 лет) и «Восточный» (на 0,4 м/с/10 лет).

Анализируя динамику коэффициентов многолетних трендов скорости и направления ветра по данным реанализа NCEP/NCAR (1948-2014 гг.) по космодромам «Байконур» и «Восточный» автор сделал заключение, что над территориями обоих космодромов в нижней тропосфере прослеживается усиление меридионального переноса и увеличение зонального переноса в верхней тропосфере и нижней стратосфере.

В главе 5 «Характеристика грозовой деятельности в районе космодромов» рассматривается динамика грозовой активности в районе космодромов «Байконур» и «Восточный». Для выявления грозовой активности в районе космодромов использовались данные о числе гроз по Байконуру (1956-2013 гг.) и данные по метеостанциям Мазаново и Благовещенск Амурской области (1985-2013 гг.), проанализирована изменчивость грозовой активности на метеостанциях.

В главе приводится подробный анализ термодинамических индексов, описывающих конвективное состояние атмосферы (LIFT, SWEAT, RIND, TOTL, CAPE, LFCT), формулы их расчета. В работе приведены статистические характеристики всех термодинамических индексов по данным АЭ Благовещенск для категорий атмосферы «отдельные грозы», «повсеместные грозы», «ливень» и «гроза». В результате сравнения рассчитанных значений термодинамических индексов по данным АЭ Благовещенск с пороговыми значениями индексов, рассчитанных для других климатических условий, были выявлены статистически значимые различия для каждого индекса: LIFT, SWEAT и CAPE. Автором были впервые получены пороговые значения индексов для различной повторяемости ливней и гроз для территории Амурской области.

В результате исследования индексов неустойчивости атмосферы получено дискриминантное уравнение, позволяющее разделить состояние атмосферы по категориям «ливень» и «гроза» над территорией Амурской области на основе рассчитанных индексов LIFT и KIND.

Недостатки, замеченные в диссертации:

1. Излишне подробно и детально изложены известные теоретические аспекты образования ветров и конвективных явлений в атмосфере и анализ их проявления в разных географических районах. Вместе с тем описание физико-географических районов космодромов, влияющих на образование конвекции, на скорость и направление ветра, не представлено.

2. В разделе 2.3 остается открытым вопрос об однородности выборки данных о нижней границы тропопаузы, на основании которой делаются выводы об ее изменениях. Сохранялась ли методика определения высоты тропопаузы?
3. На стр. 54 приведено: «Над территорией космодрома «Байконур» замечено увеличение уровня полярной тропопаузы на 330 м за последние десятилетия», перед этим на странице 51 отмечено, что повышение уровня полярной тропопаузы составило 370м. При этом из текста диссертации непонятно, каким образом получены эти результаты.
4. На стр. 82 вывод 4 утверждает: «Высота и скорость максимального ветра за последнее 30 лет имели тенденцию к повышению». Однако рассматриваемый период и составил 30 лет с 1985 по 2014гг. О какой тенденции идет речь?
5. В главе 4, на стр. 93 ссылку на таблицу 15, необходимо заменить на «таблицу 16».
6. Стр.47 «...Сравнивая среднюю скорость ветра в слое 8–12 км со скоростью, представленной в аэрологическом справочнике [4], который содержит информацию за период 1957–1976 гг., можно сказать, что средняя скорость ветра в слое 8–12 км над территорией космодрома «Байконур» увеличивается на **0,2 м/с/10 лет** (выше точности ошибки измерения скорости ветра [85])». На стр. 48 данное число в выводе представлено уже с сотыми долями: «...Над территорией космодрома «Байконур» наблюдается увеличение скорости ветра в верхней тропосфере на **0,24 м/с/10 лет**». Насколько правильно приводить результат с такой детализацией?
7. Стр. 101 «...Год с максимальным числом дней с грозой (10 дней) 2010 г. (рисунок 40)...». Это ошибка, должно быть написано: «рисунок 35».
8. Стр. 126 «...На рисунке 42 представлен результат разделения значений по полученной дискриминантной функции (Приложение 9.1 Таблица 9.1, Рисунок 9.1)». Ошибка, должно быть написано: «...(Приложение 9 Таблица 9.1, Таблица 9.2, Рисунок 9.1)».
9. По тексту диссертации особых замечаний нет, однако не всегда выводы следуют логично, то есть недостаточно материала для их обоснования.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

Работа соответствует специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология. Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме, стиль изложения достаточно ясный.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате.

Текст автореферата диссертации полностью соответствует содержанию диссертации. Ранее опубликованные автором работы с достаточной полнотой раскрывают содержание диссертационного исследования.

Диссертационное исследование Золотухиной Ольги Ивановны на тему «Атмосферные условия, ограничивающие пуски ракет космического назначения в районе космодромов «Байконур» и «Восточный» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи.

Диссертация соответствует требованиям Положения ВАК России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Автор диссертации Золотухина Ольга Ивановна достойна присуждения искомой степени кандидата географических наук по 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

Отзыв подготовлен:

Ведущий научный сотрудник

отдела информационных и инновационных технологий

ФГБУ «СибНИГМИ», к.г.н.

М.Я. Здерева

16.05.2017 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский региональный научно-исследовательский гидрометеорологический институт (ФГБУ «СибНИГМИ»)

Адрес: 630099, Россия, г. Новосибирск, улица Советская, 30

<http://www.sibnigmi.ru>

Адрес электронной почты: adm@sibnigmi.ru

Раб. Тел.: (383) 22-25-30

Я, Здерева Марина Яковлевна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного Совета, и на их дальнейшую обработку.

Личную подпись Здеревой М.Я. удостоверяю.

Ведущий специалист по кадрам

ФГБУ «СибНИГМИ»



Л. В. Гусева