

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра метеорологии и климатологии

**Особенности конвективных процессов в Саратовской области**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 411 группы

направления 05.03.05 Прикладная гидрометеорология

географического факультета

Листова Максима Дмитриевича

Научный руководитель

зав. кафедрой, к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

подпись, дата

Зав. кафедрой

к.г.н., доцент

М.Ю. Червяков

подпись, дата

Саратов 2020

## **Введение**

Целью бакалаврской работы является изучение и систематизация методов мониторинга термической конвекции, опасных гидрометеорологических явлений, связанных с ней. А также изучение конвективных процессов и явлений, связанных с ней на территории Саратовской области. Конвективные явления в атмосфере, к примеру, сильно влияют на условия полетов самолетов и парашютов.

Конвекция - вертикальные движения воздуха со скоростью до нескольких десятков м/с под действием архимедовой силы. Различают термическую и вынужденную конвекцию. Термическая конвекция возникает в результате неравномерного нагревания солнечными лучами подстилающей поверхности вследствие ее неоднородности. Термическая конвекция может быть неупорядоченной и упорядоченной.

В работе также уделено внимание изучению конвективной облачности, как одного из видов метеорологических явлений, связанных с конвективными вертикальными токами в атмосфере. Для этих целей были использованы спутниковые снимки космических аппаратов «Landsat 7» и «Landsat 8», по которым определялись типы конвективных облаков и их количество над рассматриваемой территорией.

Для оценки количества конвективных облаков была выбрана территория над районом строящегося аэропорта «Гагарин» в Саратове, недалеко от села Сабуровка, так как это актуально для предстоящих полетов самолетов.

## **Основное содержание работы**

### **1 Конвективные вертикальные движения**

Термическая конвекция. К условиям необходимым для образования термической конвекции можно отнести неустойчивую стратификацию атмосферы и небольшую начальную плотность некоторого изолированного объема воздуха по сравнению с окружающей средой.

Термическая конвекция появляется в виде всплывающих изолированных объемов воздуха – термиков, которые можно разделить на две группы. В зависимости от термических условий могут быть изолированные термики примерно сферической формы с внутренней циркуляцией в форме вихревых колец, так называемые пузыри. Ко второй группе в зависимости от динамических условий в атмосфере можно отнести вертикальные или наклонные струи, или столбцы, которые иногда вращаются, вертикальный размер которых в 5-10 раз превышает горизонтальный. Так же существует термик в виде объединения двух форм - «султан».

В работе анализировалась повторяемость конвективных облаков над сушей и Волгоградским водохранилищем, как одного из вида конвективных явлений в атмосфере. Конвективные явления – вид атмосферных явлений, связанные с переносом конвективных (восходящие и нисходящие движения) больших масс воздуха под кучево-дождевыми облаками.

Из-за вертикальных движений, которые обусловлены конвекцией, в атмосфере образуются конвективные (кучевообразные) облака. Скорость восходящих движений воздуха в конвективных облаках составляет от 0.1 до 40 м/с. Практически все внутримассовые конвективные облака, как и фронтальные, часто наблюдаются в областях пониженного давления – циклонах и ложбинах.

Если при прогреве подстилающей поверхности в нижних слоях атмосферы вертикальный градиент температуры увеличивается, то создается

неустойчивая стратификация, а в более высоких слоях сохраняется малый или даже отрицательный вертикальный градиент температуры. Развивающиеся конвективные движения не достигают уровня конденсации и облака не образуются. В случаях, когда уровень конвекции (высота, до которой развиваются конвективные движения) находится выше уровня конденсации, образуются конвективные облака, вертикальная мощность которых зависит от разности высот этих уровней.

## **2 Методы и средства определения параметров термической конвекции и вертикального распределения термодинамических параметров**

За наблюдением за облаками и облачным покровом используются различные методы дистанционного зондирования. Наиболее глобальным и оперативным методом является спутниковый метода.

Спутниковые наблюдения за параметрами облачного покрова могут существенно дополнить, а в ряде случаев и заменить информацию наземной наблюдательной сети (наблюдения на метеостанциях, данные метеорологического радиолокатора), поэтому таким постоянным остается интерес к развитию спутниковых методов мониторинга облачности.

Спутниковые данные по облачности необходимы для решения многих задач, в том числе и для совершенствования прогноза погоды, оценки разных параметров конвективных облаков и конвекции в целом, изучения климатических изменений. Помимо этого, облака и облачный покров оказывают негативное влияние при мониторинге атмосферы и земной поверхности.

В данной работе были использованы массивы данных спутниковых проектов «Landsat 7» и «Landsat 8», размещенных на портале NASA в виде

спутниковых снимков облачности для различных территорий Земли за весь период работы спутников.

Искусственный спутник Земли (ИСЗ) «Landsat 7» предназначен для дистанционного зондирования земной поверхности, был запущен в рамках космической мониторинговой программы «Landsat». Запущен в космос в 1999 году. Спутник предназначен, прежде всего, для пополнения глобального архива спутниковых снимков облачности и подстилающей поверхности, мониторинга водных пространств, таких как моря, озера, реки. Несмотря на то, что проект «Landsat» поддерживается агентством NASA, архивы полученных снимков обрабатываются и размещаются на сервере Геологической службой США.

ИСЗ «Landsat 8» – космический аппарат для дистанционного зондирования Земли, разработанный и принадлежащий США. Запущен на орбиту в феврале 2013 года. Изображения со спутника стали поступать на пункты приема космической информации 18 марта 2013 года.

Спутник «Landsat 8» делает изображения в видимом, в ближнем и дальнем инфракрасном спектрах, с разрешением космоснимков от 10 до 200 метров для одного пикселя. Снимаются на специальные камеры участки суши и арктических регионов. За день делается около 500 снимков для различных сцен. Датчики OLI и TIRS имеют более высокое разрешение, что позволяет снимать до 12 бит в 1 пикселе.

В OLI используются чувствительные элементы, позволяющие снимать одновременно всю ширину поля зрения ИСЗ - это около 190 км. Данный

Весь комплекс спутниковых измерений, направленный на получение спутниковой информации об облачности может существенно улучшить прогноз погоды используя более масштабные по пространству информационные массивы данных об облачности.

В бакалаврской работе уделяется внимание анализу данных радиозондирования. Оно представляет наиболее точные результаты

непосредственных контактных измерений термодинамических параметров атмосферы на высотах от уровня земли до 35...40 км.

Такие данные содержат информацию о вертикальных профилях температуры, влажности, скорости и направлении ветра, а также о давлении воздуха на заданных уровнях.

Для получения информации используют мелкогабаритные легкие приборы, снабжённые датчиками различных метеорологических параметров и радиопередатчиком, называемые радиозондами, которые выпускаются в атмосферу, посредством свободного полёта.

Такие радиозонды, поднимаются до больших высот с помощью специальных латексных шаров (оболочек), наполненных лёгким газом – водородом или гелием, в нашей стране часто используют водород, из-за низкой цены на его производство. График выпуска радиозонда одновременно во всём мире дважды в день в 00:00 и 12:00 мирового времени.

В работе были изучены аспекты развития конвективной облачности в летние месяцы различных лет, для которых были доступны спутниковые снимки космических аппаратов «Landsat 7» и «Landsat 8».

Для оценки количества конвективных облаков была выбрана территория над районом строящегося аэропорта «Гагарин» в Саратове, недалеко от села Сабуровка, так как это актуально для предстоящих полетов самолетов.

По данным радиозондирования Университета Вайоминга были рассчитаны различные показатели, характеризующие неустойчивость атмосферы и позволяющие оценивать конвективный потенциал атмосферы. База данных радиозондирования оперативно пополняется результатами аэрологических наблюдений, которые осуществляются на станции АЭ «Саратов» с индексом 34172.

Результаты радиозондирования можно представлять с помощью специального программного обеспечения, размещенного на сайте, в виде аэрологических диаграмм.

### 3 Конвективные явления в Саратовской области

В третьей главе уделено внимание изучению конвективных явлений в атмосфере в Саратовской области по данным различных конвективных индексов. Были рассмотрены индексы Showalter index, Lifted index, энергия неустойчивости (индекс CAPE) и индекс Convective Inhibition (CIN).

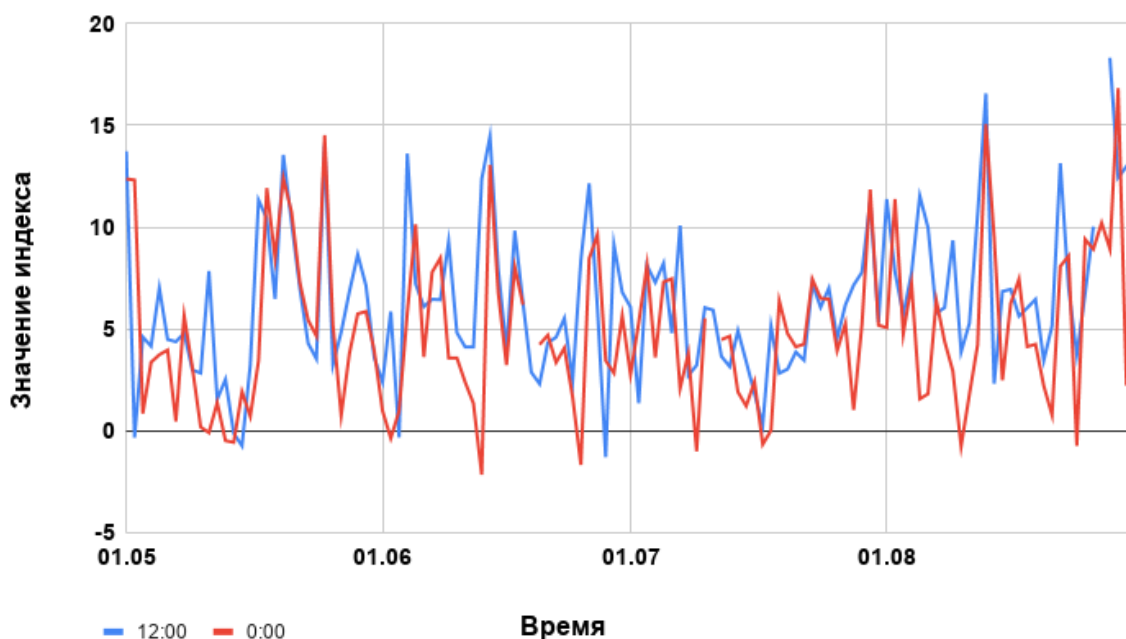


Рисунок 1 – Изменчивость индекса Showalter index в теплый период 2019 года по данным радиозондирования в городе Саратов в ночное и дневное время. Время указано по Гринвичу (составлено автором)

Нужно очень аккуратно подходить к анализу и интерпретации данных радиозондирования в Саратове на предмет возможной оценки конвективных процессов. Минусами такой информации - весьма дискретное по времени разрешение, что не соответствует временному масштабу процесса образования конвективных явлений.

В бакалаврской работе проведен учет ранее зарегистрированных смерчей на территории Саратовской области. Последние полные

статистические данные о торнадо в Северной Евразии были опубликованы более 30 лет назад. Для Саратовской области такая работа не проводилась вовсе или носила не комплексный характер.

В опубликованной недавно работе Чернокульского и др. проделана работа по сбору информации о смерчах на территории России и сопредельных государств с 10 века по 2016 гг. Информация собиралась из разных источников: информация из газет, новости, сообщения в социальных сетях, спутниковые снимки, десятки книг и научных статей, прямые данные наблюдений и базы об опасных явлениях.

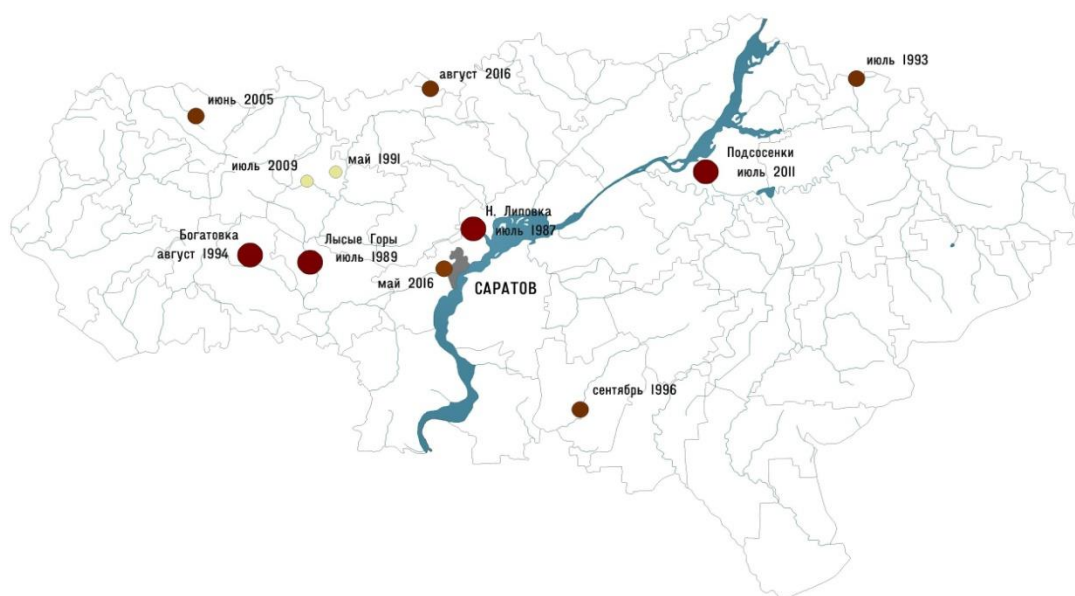


Рисунок 2 – Карта распределения смерчей и их интенсивностей на территории Саратовской области по информации из базы данных о смерчах

Торнадо характерны для большинства регионов северо-восточного побережья, причем в некоторых регионах плотность достигала четырех случаев на 104 км<sup>2</sup> в 1900–2016 гг. Торнадо над сушей имеют четкие годовые и суточные циклы: они формируются в основном в мае – августе,



максимум в июне, а в дневное время максимум в 17–18 по местному времени.

Водяные смерчи образуются во все месяцы с максимумом в конце лета и в основном в 09–13 по местному времени. Большинство торнадо слабы и непродолжительны. По возможности, в работе оценивались интенсивности торнадо по шкале Фудзиты, а также каждый случай определялся по имеющейся информации как: слабый, умеренный и сильный торнадо.

### **Заключение**

На основе исследований, выполненных в бакалаврской работе, можно сформулировать следующие основные результаты:

1. Рассмотрены основные механизмы возникновения термической конвекции, основных метеорологических явлениях, связанных с ней, в том числе и опасных для полетов самолетов и парапланеризма.

2. Изучена и применена методика получения информации термической конвекции, в том числе и с применением беспилотных летательных аппаратов, систем радиозондирования.

3. Изучены основные принципы работы с системой радиозондирования МАРЛ-А и радиозондов типа МРЗ.

4. Проведён анализ спутниковых снимков на возможность мониторинга конвективных облачных систем. Для этих целей были использованы спутниковые снимки космических аппаратов «Landsat 7» и «Landsat 8», по которым определялись типы конвективных ячеек и их количество над рассматриваемой территорией.

Для оценки количества конвективных ячеек была выбрана территория над районом строящегося аэропорта «Гагарин» в Саратове, недалеко от села Сабуровка, так как это актуально для предстоящих полетов самолетов.

В результате анализа спутниковых снимков летних месяцев 2013 и 2014 гг была выявлена следующая закономерность: над территорией Правобережья самое большое количество облачных ячеек (120, 46 и 26), в среднем, в два раза больше, чем над территорией Левобережья (39, 26 и 11).

Это обусловлено тем, что участок левобережья является территорией орошаемого земледелия, соответственно, там температура ниже, чем на правобережье. Причиной также может служить недостаточное увлажнение воздуха.

Над территорией Волгоградского водохранилища количество конвективных облаков значительно меньше, чем над сушей, это обусловлено слабой конвекцией, либо ее отсутствием над водной поверхностью.

Полученные данные не в полной мере согласуются, с визуальными наблюдениями за облачностью, которые проводились во время экспедиций кафедры метеорологии и климатологии на Волгоградском водохранилище. Подобные различия можно объяснить закрытием горизонта за Приволжской возвышенностью и недоучетом количества облаков над сушей. Таким образом, спутниковые методы позволяют более детально изучить распределение облачности над заданным районом.

Отдельно проведено исследование временной изменчивости устойчивости атмосферы в Саратове по различным конвективным индексам, с использованием данных радиозондирования.

Исследована повторяемости и интенсивность смерчей, зарегистрированных на территории Саратовской области.