



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
по направлению подготовки 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Торнадо, его проявления и факторы возникновения»

Исполнитель Строчкий Илья Сергеевич

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 21 » июль 2018 г.



Туапсе  
2018



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
филиал в г.Туапсе

Кафедра «Метеорологии и природопользования»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
по направлению подготовки 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»  
(квалификация – бакалавр)

На тему «Торнадо, его проявления и факторы возникновения»

Исполнитель Строчкий Илья Сергеевич

Руководитель д.г.н., профессор Сергин Сергей Яковлевич

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Туапсе  
2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1 Общие сведения о торнадо и областях их проявления.....</b>	<b>5</b>
1.1 Распространение торнадо на континентах мира.....	5
1.2 Климатические и метеорологические условия возникновения торнадо.	6
1.3 Энергия торнадо .....	10
<b>Глава 2 Статистика проявления торнадо и опасная его роль в Северной Америке.....</b>	<b>15</b>
2.1 Климатическая характеристика США .....	15
2.2 Опасные климатические явления на территории .....	18
2.3 Статистика по торнадо в Канзасе с 1950-2009 гг. ....	20
2.4 Распространение торнадо на территории США за 2017 г. ....	23
2.5 Общее количество торнадо на территории США.....	26
2.6 Многолетние данные о торнадо за период 1950 – настоящее время (штаты Оклахома и Техас) .....	28
2.7 Внутригодовое распределение торнадо на территории США в 2010 – 2017 гг.....	31
<b>Глава 3 Информация о самых сильных торнадо, меры безопасности от торнадо .....</b>	<b>34</b>
3.1 Рекорды торнадо: самые смертоносные торнадо за все наблюдения.....	34
3.2 Опасные малые вихри в Причерноморье .....	39
<b>Заключение.....</b>	<b>45</b>
<b>Список использованной литературы.....</b>	<b>47</b>

## Введение

Согласно глобальным климатическим данным, на всех материках земного шара, за исключением Антарктиды, возникают мелкомасштабные атмосферные вихри связанные с кучево-дождевыми облаками. Их называют смерчами и торнадо. Первые отличаются меньшей интенсивностью и меньшей энергией чем вторые. Наибольшее воздействие на окружающую среду и человека оказывают торнадо. Это воздействие может выражаться в крупных материальных потерях и человеческих жертвах. В соответствии с этим изучение причин возникновения торнадо, прогнозирование и уменьшение ущерба – крупная проблема метеорологии и природопользования.

Рассмотрение этой проблемы, которое проводится в данной дипломной работе, обуславливает актуальность темы.

**Объект исследования** – смерчи и торнадо в различных регионах земного шара, в том числе в Северной Америке и на Северном Кавказе.

**Предмет исследования** – факторы и причины возникновения смерчей и торнадо.

**Цель исследования** – анализ географических и метеорологических условий проявления смерчей и торнадо.

Для реализации поставленной цели поставлены следующие **задачи**:

- изучить строение торнадо и смерчей;
- изучить природу и физические процессы торнадо;
- рассмотреть проявления торнадо в США в 2000 – 2018 гг.;
- выявить причину частых появлений торнадо на территории США;
- рассмотреть некоторые случаи появления малых вихрей в Краснодарском Причерноморье.

**Структура работы.** Работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованной литературы. В первой главе рассматриваются общие сведения о торнадо и областях их проявления. Во второй главе представлена статистика проявления торнадо и опасная его роль в Северной Америке. В

третье главе рассматривается информация о самых сильных торнадо, меры безопасности от торнадо.

**Информационно-методическое обеспечение работы.** При выполнении данной работы использованы данные из научной и учебной литературы, а также материалы из Интернета.

Общий объем работы составляет 48 страниц. Работа содержит 4 таблицы и 25 рисунков.

# Глава 1 Общие сведения о торнадо и областях их проявления

## 1.1 Распространение торнадо на континентах мира

Торнадо представляют собой малые конвективные вихри, генетически связанные с кучево-дождевыми облаками. Они возникают на всех континентах земного шара, за исключением Антарктиды (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Территории земного шара, где проявляются торнадо [8, с. 105]

В глобальном масштабе средние широты Земли, между 30° и 50°, являются зонами возникновения торнадо. Это – зоны, где холодные полярные и умеренные воздушные встречаются с теплым субтропическим воздухом. Вдоль границ столкновения выпадают конвективные осадки.

Кроме того, воздух в средних широтах часто протекает с разной скоростью и направлениями на разных уровнях тропосферы, что способствует развитию вращения внутри ливневой ячейки. Интересно, что места с большой повторяемостью торнадо, относятся к наиболее плодородным сельскохозяйственным зонам мира. Это объясняется большим количеством конвективных вихрей (кучево-дождевых облаков), доставляющих необходимые осадки в эти районы [3, с. 49].

Согласно карте (рис. 1.1), наибольшее распространение торнадо характерна для Северной Америки. Другие места, в которых происходят частые случаи торнадо, включают почти всю Европу, Западную Азию, Бангладеш, Японию, Австралию, Новую Зеландию, Китай, Южную Африку и Аргентину. В Англии плотность повторяемости торнадо сравнительно велика по отношению к другим странам.

К счастью, большинство британских торнадо относительно слабые. По абсолютному числу торнадо Соединенные Штаты возглавляют список регионов, где возникают торнадо. Там в среднем регистрируются более 1000 торнадо в год. Канада - далекая в этом списке, с числом торнадо около 100 в год.

В сущности, в пределах Северной Америки мы можем ограничиться рассмотрением территории США [6, с. 90].

## **1.2 Климатические и метеорологические условия возникновения торнадо**

Согласно метеорологическим знаниям, торнадо представляет собой энергично вращающуюся колонну воздуха в нижней части кучево-дождевого облака. Он выглядит как воронка под облаком, которая достигает поверхности Земли.

Торнадо - это один из малых атмосферных вихрей. В классификации малых вихрей имеются также мезоциклоны, суперячейки кучево-дождевых облаков, облака такого типа, различные смерчи, пыльные вихри и тромбы. Но

определение «малого вихря» пока не разработано в должной мере [16, с. 396].

На практике определить вихри восходящих потоков, в том числе торнадо, не так просто.

Во-первых, ещё не ясна разница между слабым мезоциклоном и сильным торнадо.

Во-вторых, не исключено, что контакты торнадо с земной поверхностью являются отдельными вихрями.

В-третьих, нет ясного различия между торнадо и родительским кучево-дождевым облаком, а также окружающими штормовыми ветрами.

В-четвертых, существует информация, что отдельные торнадо могут быть без воронки (выходить за пределы видимой воронки). Такой феномен можно объяснить тем, что вокруг материнской воронки могут образоваться дополнительные два или более вихрей. Это делает торнадо ещё опаснее и разрушительнее [4, с. 34].

**Формирование торнадо.** Для формирования торнадо требуется немало факторов. К ним относится направление ветра, температура, циркуляция и т.д.

Немалую роль играет энергия кучевого облака, от которого зависит сила торнадо. Чем больше энергии имеется в облаке, тем сильнее торнадо.

В пределах Северной Америки теплый влажный воздух с Мексиканского залива встречается с холодным сухим воздухом со стороны Канады и Скалистых гор. При встрече эти два потока начинают вращаться, образуя торнадо. Поэтому район между гор и заливом называют «аллей» или «коридором» торнадо. Так как для формирования торнадо требуется тепло и влага, то большинство торнадо образуются в теплый период года, с апреля по август [15, с. 112].

Но не всегда грозовые облака могут образовать торнадо. Самые разрушительные и смертоносные торнадо происходят из суперячеек. Их выявляют с помощью радаров и часто называют мезоциклонами.

Мезоциклон охватывает слой воздуха на высоте от 1-2 км до 8-10 км. Он имеет диаметр 8-10 км и вращается вокруг вертикальной оси со скоростью 40-

50 м/с. Мезоциклон часто называют суперячейкой. Он может образовать не только смерчи и торнадо, но также град, сильный ветер, частые молнии. Поэтому большинство торнадо, особенно сильных, мощностью от 3-х баллов по шкале Фуджито, сопровождаются обильными осадками, градом, ветром и т.д.

Недавние теории и результаты программ VORTEX свидетельствуют о том, что развитие мезоциклона, как и торнадо, связано с изменениями температуры.

Но тут не все определено, как должно быть. Математическое моделирование торнадо указывает на то, что вихрь может произойти при небольшом контрасте температуры. Так было 3 мая 1999 г. В этот день на американский континент обрушился торнадо мощностью Ф5. Он повлек за собой множество разрушений и забрал тысячи жизней. Этот торнадо включили в топ самых крупных, мощных торнадо. И практически все эти торнадо образовывались при небольшой смене погоды [9, с. 55].

**Направление торнадо или путь торнадо.** Торнадо может появляться с любого направления. Большинство перемещаются с юго-запада на северо-восток, или с запада на восток. Некоторые торнадо изменили направление на пути или даже отступили. Торнадо может внезапно удвоиться. В некоторых районах США, как правило, есть преобладающие пути с определенным направлениями. Например, на северо-запад в Миннесоте или на юго-восток на юге побережья Техас. Это связано с увеличением частоты некоторых опасных типов погоды (скажем, ураганов в южном Техасе или северо-западных потоков на верхнем среднем западе).

**Признаки появления торнадо.** Торнадо - природное явление, которое до сих пор является большой загадкой. Как известно, **торнадо** - типичная спирально-динамическая структура (рис. 1.2). Объяснению этого природного явления посвящено огромное количество научных работ. Но до сих пор нет единого и точного мнения. Продолжающиеся ежегодные катастрофические разрушения показывают, что нет точного ответа на вопрос о причинах происхождения торнадо [1, с. 94].

Как известно торнадо зарождается под материнским облаком, оно является активной составляющей атмосферного фронта. Циклон представляет собой крупномасштабный атмосферный вихрь левого вращения в северном полушарии и правого в южном полушарии.

Плотность циркуляции  $\gamma(x)$  потока в циклоне, за исключением его ядра, существенна, а её распределение подчиненно гиперболическому закону. Из этого следует что, материнское облако находится в зоне активного вихревого состояния среды.

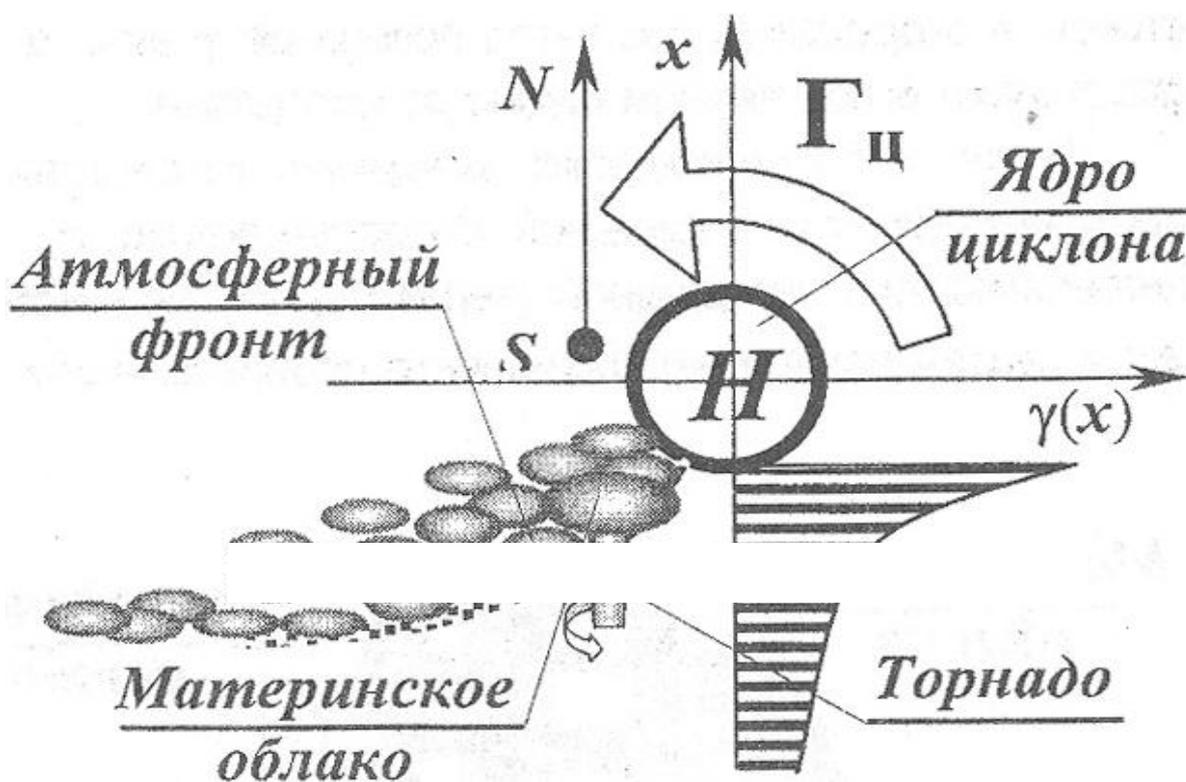


Рис. 1.2. Схема мезоциклона и торнадо на атмосферном фронте [3, с. 52]

Что происходит, когда два торнадо объединяются? Это более необычно, чем кажется, потому что большинство видеосъемок похожих на слияние торнадо, на самом деле показывают или один торнадо, или один из нескольких. В тех очень редких случаях, когда торнадо сливаются, обычно возникает больший и мощный торнадо, который просто поглощает меньшее вихри (рис. 1.3). 24 мая 2011 года автор этого FAQ засвидетельствовал и сфотографировал слияние долгоживущего, жестокого торнадо с торнадо – спутником. Это редкое и, возможно, уникальное событие задокументировано в этом официальном

журнале.



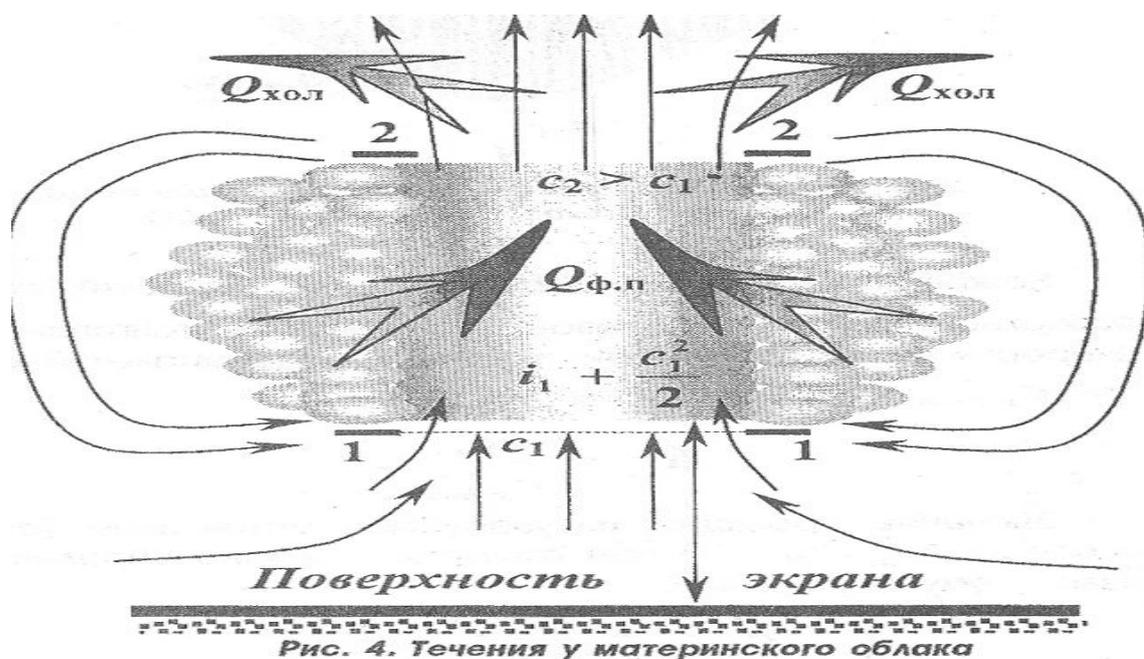
**Рис. 1.3. Двойной торнадо [18]**

**Как торнадо рассеиваются?** Детали все еще обсуждаются учеными. Мы знаем, что торнадо нуждается в источнике неустойчивости (тепло, влажность и т.д.). Должно быть вращение (завихренность), чтобы поддерживать циркуляцию в облаке. Есть много процессов вокруг грозы, которые могут освободить область вокруг торнадо от неустойчивости или завихрения. Один из них - отток (поток) ветра из области осадков ливня или грозы. Было замечено, что многие торнадо исчезли вскоре после появления оттока воздуха. В течение десятилетий наблюдатели вихря регистрировали угасание торнадо, когда их родительские циркуляции (мезоциклоны) ослабляются [5, с. 110]

### **1.3 Энергия торнадо**

Материнское облако представляет собой торообразную газодинамическую систему, внутри которой протекает фазовый переход пара в состояние жидкости и льда с выделением теплоты  $Q$ . Выделяющаяся теплота  $Q$  генерирует вертикальные восходящие потоки, описываемые уравнением

сохранения энергии. Из уравнения следует, что материнское облако в процессе преобразования пара в жидкость превращается в тепловую газодинамическую машину, полезная работа которой выражается в приращении кинетической энергии газового потока в вертикальном направлении [14, с. 94]. При этом, согласно второму закону термодинамики, неиспользованная теплота рассеивается вне облака (рис. 1.4).



**Рис. 1.4. Циркуляция в материнском облаке [8, с. 78]**

Из рис. 1.4 следует, что кучево-дождевое облако представляет собою тепловую машину топливом, которой является водяной пар.

Как известно, торнадо это малый вихрь в пределах кучево-дождевого облака или в масштабах всего облака. Энергия облачного вихря и связанного с ним торнадо обуславливается конденсацией водяного пара. Но если воздух в облаке имеет небольшую влажность, то энергия конденсации невелика. В этом случае вероятность возникновения торнадо снижается. Всё зависит от влажности воздуха и энергии конденсации влаги в облачной ячейки. На этой основе можно рассчитать выделение тепла в облаке и выяснить, почему на территории Северной Америки так часто торнадо образуются сравнительно часто [12, с. 39].

Содержание водяного пара воздуха зависит от температуры и

относительной влажности воздуха. Согласно работам (Агроклиматический атлас, Атлас океанов), в наиболее теплый месяц года над средней полосой Европы (широта около 50°с.ш.) температура воздуха составляет от +20°С и ниже. Над Северной Америкой (в широтном поясе 30 - 40 с. ш.) ситуация существенно иная. Вблизи Мексиканского залива температура в теплый месяц составляет 24 - 28°С.

Из атласа Атлантического океана следует, что поверхностные воды Карибского моря и Мексиканского залива, а также тихоокеанские воды вблизи Центральной Америки не отличаются по своей температуре от вод экваториальной зоны. Преобладает температура в пределах 26–29 °С. В этом – главная причина аномального продвижения на север влажного экваториального воздуха и большой энергии торнадо, возникающих над Северной Америкой.

Этим можно объяснить тот факт, почему большинство торнадо происходят или наблюдаются в теплое время и почему именно территория США является лидирующей по количеству торнадо. Все зависит от энергии облака в ходе конденсации.

Выведем формулу для оценки выделения тепла в облаке из следующих соображений:

- содержание водяного пара в кучево-дождевом облаке  $C$  зависит от температуры  $T$  и относительной влажности воздуха  $f$ ;
- количество конденсируемого пара  $\Delta C$  определяется перепадом величины  $C$  в зависимости от  $T$  и  $f$ ;
- количество выделяемого при этом тепла  $Q$  пропорционально  $\Delta C$  и теплоте конденсации водяного пара  $W$ .

Очевидно, что

$$Q = f \cdot W \cdot \Delta C \quad (1.1)$$

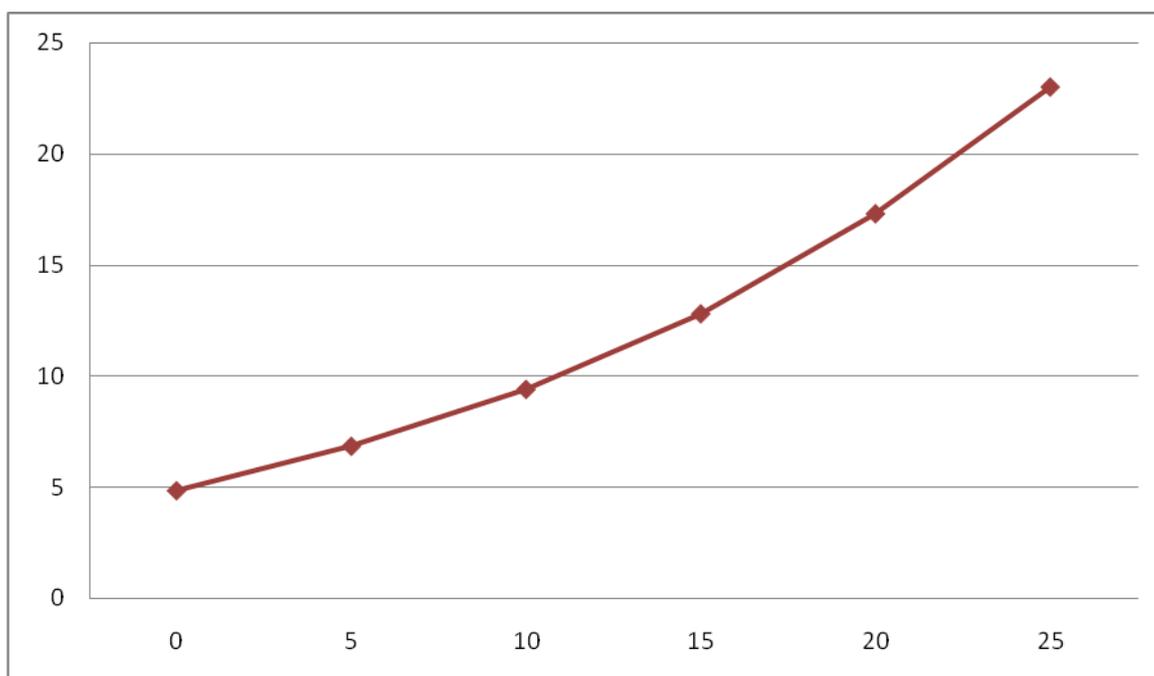
Для определения величины  $C$  при  $f = 100\%$  мы воспользуемся психрометрической таблицей в диапазоне температур от 0 до 30°С (табл. 1.1 и

рис. 1.5)

Таблица 1.1

**Содержание водяного пара в воздухе (в условиях насыщения) при различных температурах [5, с. 112]**

Температура Т, °С	Содержание водяного пара С, г/м <sup>3</sup>
0	4,84
5	6,84
10	9,4
15	12,8
20	17,3
25	23,0
30	30,3



**Рис. 1.5. Содержание водяного пара в воздухе (в условиях насыщения) при различных температурах [5, с. 115]**

Из табл. 1.1 и рис. 1.5 следует, что содержание водяного пара в диапазоне 0 – 30°С возрастает более чем в 5 раз (при  $f = 100\%$ ). Понятно, что в такой же мере увеличится выделение тепла в облаке за счет конденсации. Естественно, что при меньших значениях относительной влажности воздуха выделение тепла при конденсации будет меньше.

Примем во внимание, что при образовании кучево-дождевого облака конденсируется только часть влаги, содержащиеся в воздухе. Эта часть зависит от перепадов температуры между сравнительно теплым и сравнительно холодным воздухом вместе образования облака. В расчетах примем, что перепад температур равен 5°С. Конечно этот перепад может быть и иным. Но мы принимаем его в полнее конкретным, чтобы получить количественную оценку. Конденсация влаги при таком перепаде температур показана в табл. 1.2. Здесь учитывается, кроме того, относительна влажность воздуха. Этой влажности мы придаём значения 100%, 60% и 20%. В этой же таблице представлены рассчитанные значения выделения тепла.

**Таблица 1.2**

**Конденсации влаги и выделение тепла в материнском облаке в различных диапазонах изменения температуры при относительной влажности воздуха 100, 60 и 20 % [7, с. 98]**

Диапазон температуры, °С	Количество сконденсированной влаги, г/м <sup>3</sup>			Выделение тепла в облаке, кДж/м <sup>3</sup>		
	100	60	20	100	60	20
5 - 0	2,0	1,2	0,4	4,52	2,72	0,90
10 - 5	2,6	1,56	0,52	5,87	3,52	1,17
15 - 10	3,4	2,04	0,68	7,68	4,60	1,53
20 - 15	4,5	2,7	0,9	10,17	6,10	2,03
25 - 20	5,7	3,42	1,14	12,88	7,72	2,57
30 - 25	7,3	4,38	1,46	16,49	9,89	3,29

Можно заметить, что тепловыделение уменьшается с уменьшением относительной влажности воздуха. Верхний график при этом иллюстрирует проникновение на сушу влажного морского воздуха, например со стороны Мексиканского залива на территорию Северной Америки. Средний график соответствует условиям в умеренно-континентальном воздухе, например, в условиях Европы. Нижний график отображает условия в Центральной Азии, где относительная влажность воздуха обычно составляет 10 – 30% [2, с. 44].

## Глава 2 Статистика проявления торнадо и опасная его роль в Северной Америке

### 2.1 Климатическая характеристика США

Из-за большого размера страны, её протяжённости и широкого разнообразия географических особенностей на территории США можно найти районы с практически любыми климатическими характеристиками (рис. 2.1). Большая часть США (штаты, расположенные к северу от 40 градуса с. ш.) располагается в зоне умеренного климата, южнее преобладает субтропический климат, Гавайи и южная часть Флориды лежат в зоне тропиков, а север Аляски относится к полярным регионам. Великие равнины к западу от 100-го меридиана относят к полупустыням, Большой Бассейн и области вокруг него имеют аридный, а прибрежные районы Калифорнии — средиземноморский климат. Тип климата в границах одного пояса может существенно меняться в зависимости от рельефа, близости океана и других факторов. Благоприятный климат оказал немалое влияние на заселение материка европейцами и во многом способствовал занятию США лидирующих позиций в мире [10].

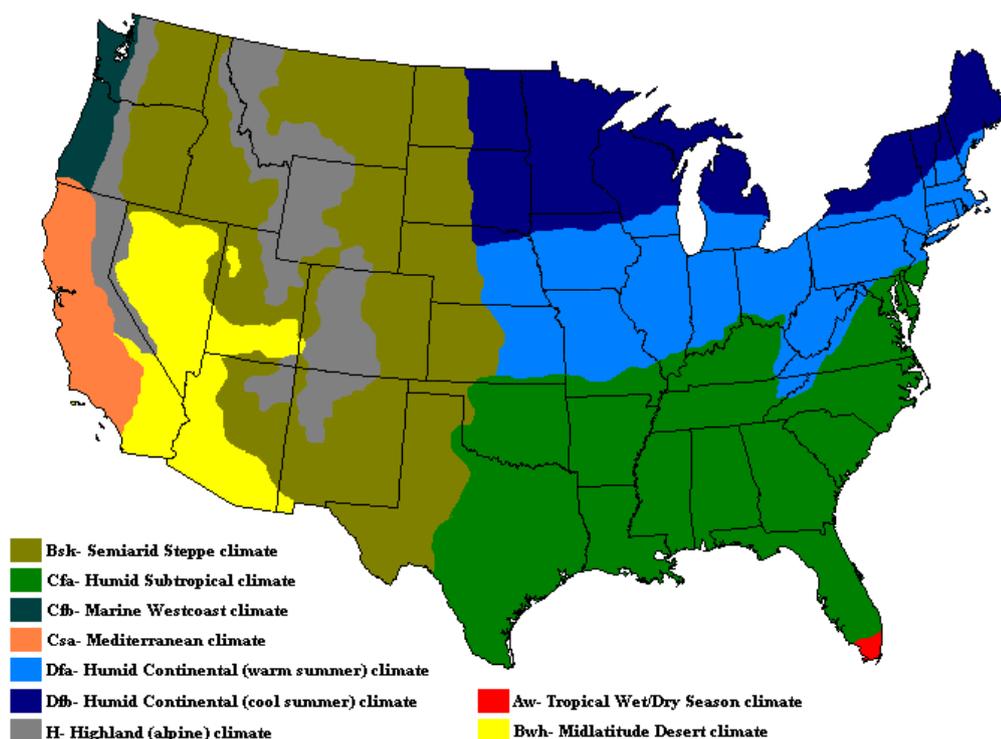


Рис. 2.1. Климатические зоны США [7, с. 230]

США располагается на континенте Северная Америка. Территория страны условно делится на три части: континентальная – расположена в центре континента, полуостров Аляска и Гавайские острова. Географическое положение США: востока омывается Атлантическим океаном, с юга – водами Карибского моря, если более точно, то водами его Мексиканского залива. Тихим океаном побережье страны омывается на западе и юго-западе. Северный Ледовитый океан омывает полуостров Аляска с севера и северо-запада. Гавайские острова расположены на расстоянии около 4000 км от материковой части в Тихом океане. На аттолах гавайских островов расположены высочайшие в мире действующие вулканы.

Географическое положение США достаточно выгодное: природные условия разнообразны и в основном благоприятны для жизни, природные ресурсы также богаты и разнообразны. Имеется выход к трем океанам, что благоприятно влияет на транспортно-экономические связи с другими странами. Западная территория США занята горной системой Кордильер. Они представлены длинными горными цепями, разделенными между собой плато и долинами. Скалистые горы – наиболее длинная горная цепь. Самая высшая точка этой цепи - гора Элберт, ее высота 4,399 км. А самая высокая точка континентальной территории - гора Уитни (4,421 км). Наивысшая же точка всей страны расположена на Аляске. Это гора Мак-Кинли, ее высота 6,193 км. На юге Кордильер располагается широкое плато Колорадо, с множеством красивейших каньонов. В этом месте находится известный национальный парк Большой каньон, или Гранд-Каньон, а также Йеллоустонский каньон, где расположена известная долина гейзеров.

Горы Аппалачи расположены на востоке страны и тянутся вдоль Атлантического побережья. Гора Митчелл – самая высокая точка в этой горной системе, ее высота 2,037 км. Аппалачи делятся рекой Гудзон на северную и южную части. К юго-западу от гор Аппалачи простираются Приатлантическая, Примексиканская и Миссисипская низменности. Приатлантическая низменность отделена от гор «Линией водопадов».

Западнее Аппалач располагаются центральные равнины, в центре которых расположены Великие озера. Это самая крупная система пресноводных озер на североамериканском континенте и во всем мире. Она относится не только к США, но и к Канаде. Общая площадь великих озер — 245,2 тыс. км<sup>2</sup>. Самые крупные озера этой системы - это Мичиган, Верхнее, Гурон, Онтарио и Эри. Из озера Эри вытекает река Ниагара и впадает она в озеро Онтарио. Неподалеку от места падения находится самый мощный водопад Северной Америки - Ниагарский водопад. Он состоит из трех водопадов, которые называются – «Подкова», «Фата» и Американский водопад. Высота водопадов около 50 метров, а общая ширина более километра. Самая крупная река страны – Миссисипи. Ее основные притоки - Огайо, Теннесси, Миссури, Арканзас. Длина реки Миссисипи составляет 3950 км. Реки имеют очень важное транспортное значение, используются для орошения и в гидроэнергетике. Географическое положение США оказывает влияние на рельеф страны, который имеет меридиональный характер. Западная часть, в которой расположены горы Кордильеры, засушлива. Для этой территории характерен дефицит воды, т.к. ресурсы подземных вод сильно истощены. В Большом бассейне, на Колумбийском плато и плато Колорадо, расположены степи, полупустыни и пустыни [8, с. 67].

Восточная территория – равнинная и влажная, на нее приходится от 500 до 2000 мм годовых осадков. Вся центральная часть - равнинная, с умеренным и субтропическим климатом. Гавайские острова и южная область Флориды имеют тропический климат, а Аляска - субарктический и умеренный.

Географическое положение США влияет и на почвенно-растительные зоны, они также как рельеф и климат, сменяются в меридиональном направлении. Северо-восток занимают смешанные леса, расположенные на дерново-подзолистых почвах. Область широколиственных лесов на красноземах и желтоземах расположена южнее. А юго-восток это область субтропического соснового леса. Для юга Флориды характерны тропический лес и мангровые заросли. Центральные и великие равнины расположены на

плодородных почвах. Эти территории используются в основном под пашни и пастбища.

Для Кордильер, как и для всех высоких гор, характерна ярко выраженная вертикальная зональность. Хвойные горные леса постепенно сменяются альпийскими лугами. Иногда в этих лесах встречается секвойя. На Аляске преобладают тундра и лесотундра, на южной территории - тайга. В стране огромное количество живописных мест, создано множество парков заповедников. На Аляске и Кордильерах сохранена дикая фауна. Однако большая часть лесов страны носит искусственный характер. Эти леса в основном высажены по второму, или даже третьему кругу на месте ранее хищнически вырубленных.

Всего леса составляют около 30% от всей территории страны. Как известно торнадо зарождается под материнским облаком, оно является активной составляющей атмосферного фронта. Циклон представляет собой крупномасштабный атмосферный вихрь левого, т.е. северного полушария или правого, т.е. южного полушария. Плотность циркуляции  $\gamma(x)$  потока в циклоне за исключением его ядра существенна, а её распределение подчиненно гиперболическому закону. Из этого следует что, материнское облако находится в зоне активного вихревого состояния среды [7, с. 115]

## **2.2 Опасные климатические явления на территории**

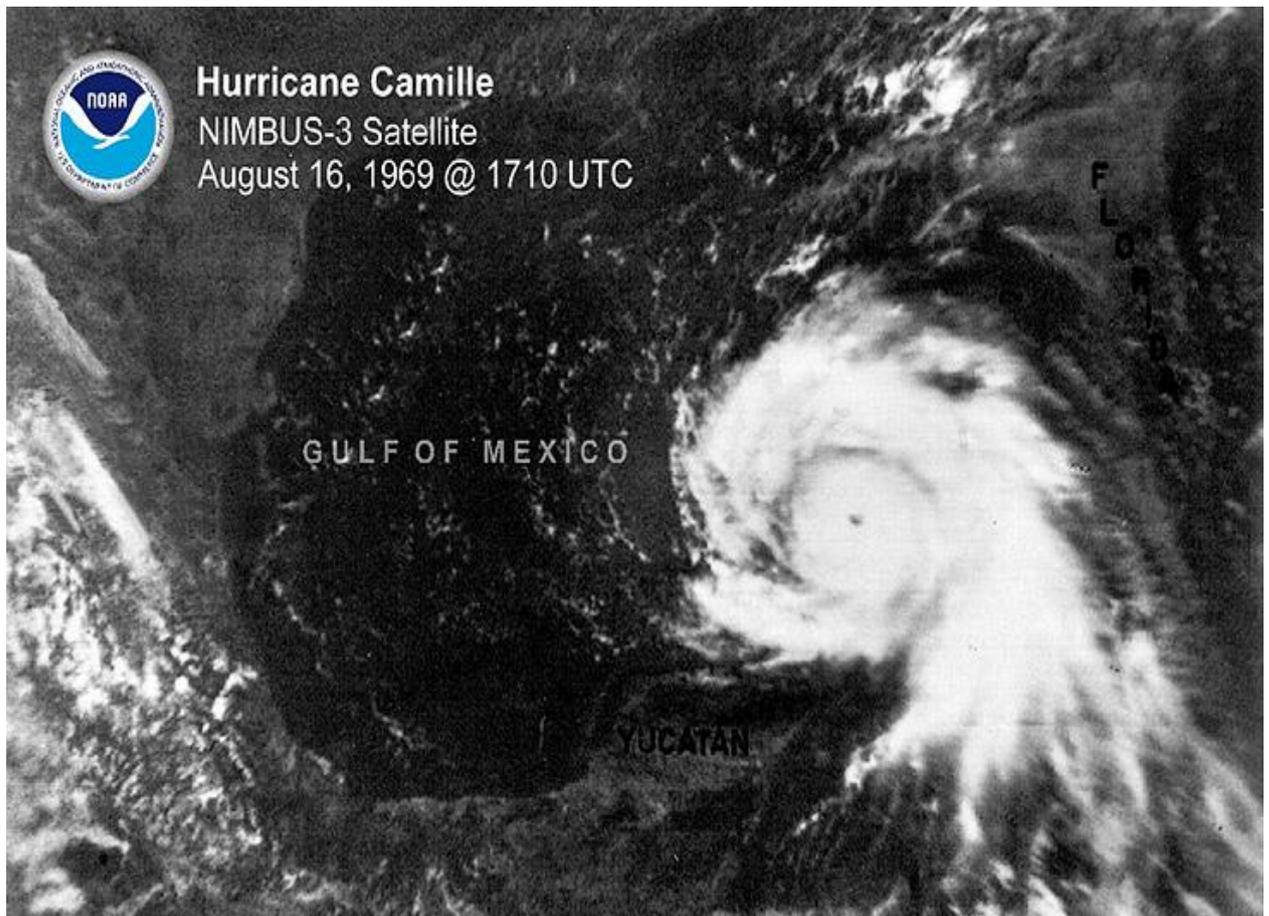
Частые торнадо - поразительная черта североамериканского климата. Столкновение воздушных масс с совершенно другой температурой является основной причиной частых гроз и торнадо в центральных районах США весной и летом. Существует большое количество торнадо, проходящих через Техас, Оклахому и обширные прерии. Зачастую они разрушительны и катастрофичны. На рис. 2.2 показывается бушующий торнадо в Техасе. К счастью, таких торнадо не часто бывает, но, к сожалению, самые сильные торнадо были созданы для всех исследований.



**Рис. 2.2. Торнадо [23, с.48]**

Смерчи появляются везде не только в США, и в Европе и в России и в Азии, но рекордсменом все-таки является территория США, каждый год синоптики фиксируют до ста, а то и больше случаев смерча, различными характеристиками. Большое количество фиксирования торнадо проходят по так называемому коридору торнадо, этот коридор захватывает шесть штатов, самые сильные торнадо фиксировались в штатах Оклахома и Техас. А причина здесь всего этого географическое положение, что очень идеально для формирования смерча [11, с.25].

Теплый воздух с океана и залива встречается с холодным воздухом со Скалистых гор образуя таким образом закручивание и при помощи вертикальных потоков, воздушных масс, солнечной энергии образовал тромб. Местные жители круглый год получают информацию по торнадо, но не всегда получается точно прогадать путь торнадо, что и произошло 12 мая 2012 г. в штате Оклахома, обрушился торнадо мощностью 3 баллов, были многочисленные людские потери. Космический снимок классического по облику урагана показан на рис. 2.3

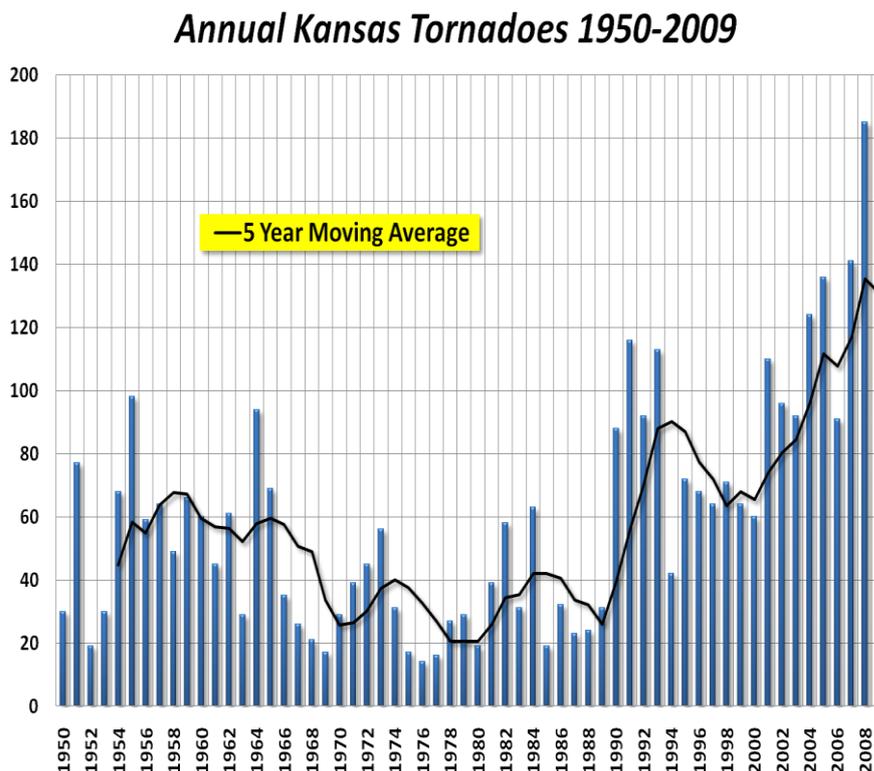


**Рис. 2.3. Ураган в США [20]**

### **2.3 Статистика по торнадо в Канзасе с 1950-2009 гг.**

Нижеуказанный график (рис. 2.4) - ежегодный торнадо Kansas 1950-2009, вместе с 5-летней скользящей средней. Согласно данным Национальной службы погоды, наибольшее количество смерчей произошло в 2008 году, когда более 180 торнадо разрушило состояние подсолнечника. В 2009 году было зарегистрировано около 100 торнадо в масштабе штата, тень под 5-летней скользящей средней. График показывает, что средний годовой показатель смертности в Канзасе растет с примерно 80-х годов. Однако это, вероятно, связано с повышением осведомленности и просвещением торнадо, а также с более плотной сетью операторов, которая, в свою очередь, производит больше отчетов о торнадо, отправленных в Национальную метеорологическую службу. Другим возможным объяснением является внедрение сети радиолокаторов следующего поколения в начале 90-х годов, что помогло метеорологам в

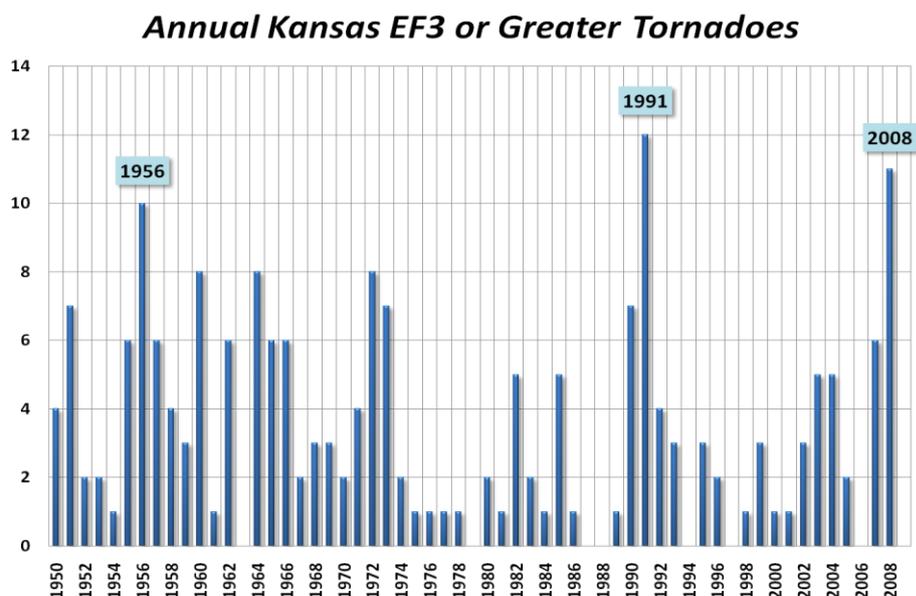
идентификации торнадо на радар [5, с.190]



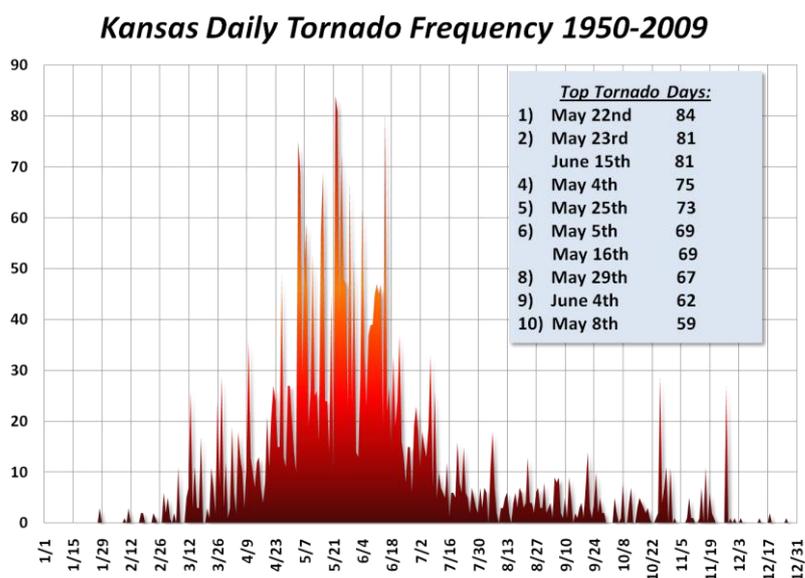
**Рис. 2.4. Ежегодная статистика количества торнадо по Канзасу за период (1950 - 2008) [18]**

На рис. 2.5 представлен это ежегодный Канзас EF3 или более крупные торнадо 1950-2009. Некоторые из наиболее заметных лет включают в себя: 1956, 1991 и 2008 годы. С 1950 года прошло всего 7 лет, когда Канзас не зарегистрировал смертельный выброс EF3 или больше. Эти годы включают в себя: 1963, 1979, 1987, 1988, 1994, 1997 и 2006 годы.

Ежедневная частота торнадо в Канзасе 1950-2009 (рис. 2.6). Как показывает график, с середины до конца апреля до середины июня самая высокая частота торнадо, с пиком, имеющим место 22-25 мая, с более чем 160 торнадо, происходящими в течение этого двухдневного периода с 1950 года. На графике заметно резкое падение к середине до конца июня. Это связано с тем, что поток струи и связанный с ним сильный вертикальный сдвиг ветра сдвигаются на север, что в основном влияет на северный уровень страны до конца лета [13, с.54].



**Рис. 2.5. Ежегодная статистика количества сильных торнадо EF3 (1950 - 2008) [21]**

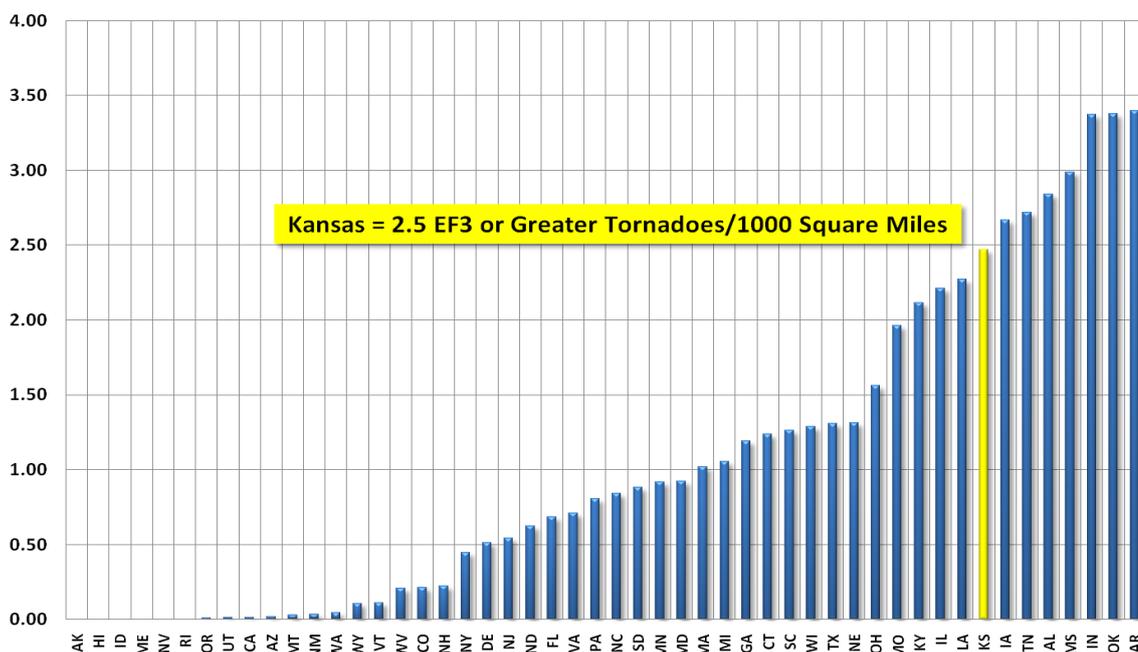


**Рис. 2.6. График частоты торнадо в Канзасе [21]**

Рис. 2.7 иллюстрирует EF3 или более крупные торнадо за состояние на 1000 квадратных миль с 1950 года. Канзас занимает 8-е место, на 2,5 EF3 или больше торнадо на 1000 квадратных миль позади Айовы, Теннесси, Алабамы, Миссисипи, Индианы, Оклахомы и Арканзаса. Торнадо EF3-EF5 представляет собой сильные насильственные торнадо, поэтому этот график представляет

собой интенсивную плотность торнадо за состояние с 1950 года. Для правильной перспективы 1000 квадратных миль примерно на несколько больше, чем у округа Седжвик. Это означает, что каждый графство Канзас испытал примерно 1-3 сильных / сильных торнадо с 1950 года, предполагая, что площадь каждого округа Канзаса составляет примерно 1000 квадратных миль [21].

***EF3 or Greater State Tornadoes/1000 Square Miles  
1950-2009***

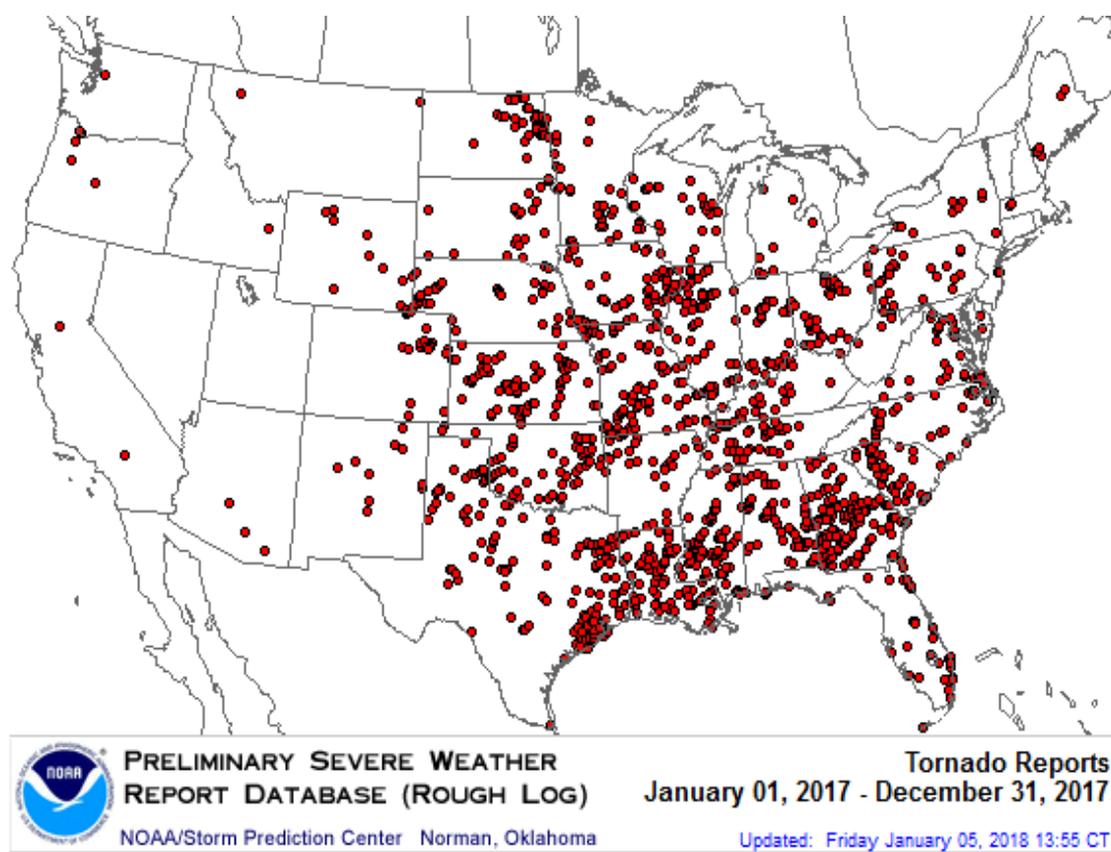


**Рис. 2.7. Количество сильных торнадо с плотностью на 1000 км [21]**

#### **2.4 Распространение торнадо на территории США за 2017 г.**

Самые смертоносные вспышки года произошли в начале 2017 года с 20 смертельными исходами, зарегистрированными во время вспышки торнадо в конце января на юге. Самый смертоносный смерч в этом году был во время этой вспышки и повлиял на округа Брукс, Кук и Берриен на юге Грузии и убил 11 человек. Всего было зарегистрировано 34 смертельных случая, связанных с торнадо, в течение 2017-20 годов в январе, четыре в феврале, восемь в апреле и два в мае. В течение года было три вспышки торнадо, стоимость которых

превышала 1 миллиард долларов США - вспышка 20-22 января на юге, вспышка 28 февраля - 1 марта на Среднем Западе и на юго-востоке, и вспышка 6-8 марта на Среднем Западе (рис. 2.8). Пять других бедствий в миллиард долларов имели некоторые убытки, связанные с суровой погодой, градом и торнадо. Сообщалось также о торнадо с подвалами ураганов Харви и Ирма.



**Рис. 2.8. Появления торнадо [20]**

В большинстве месяцев год был выше среднего уровня активности торнадо, особенно в первой половине 2017 года. В январе было 142 подтвержденных торнадо, что является вторым по величине за месяц по сравнению с январем 1999 года, когда было 209 торнадо. Большинство торнадо находилось во время трехдневной вспышки в конце месяца. В феврале также наблюдалось второе по величине число смерчей в течение месяца с 115, за 147 торнадо в течение того же месяца в 2008 году. В конце месяца обычная штормовая система принесла торнадо на северо-восток с EF-2, воздействующей на северо-восточную Пенсильванию, и EF-1 в западной части штата Массачусетс. Это был первый торнадо, наблюдавшийся в Массачусетсе в

феврале, поскольку надежные записи начались в 1950 году.

В марте было зафиксировано 176 подтвержденных торнадо, что снова стало вторым самым активным мартом в марте 1976 года. Суровая погодная вспышка, охватившая последний день февраля и первый день марта, привела к 88 предварительным отчетам о торнадо из Центральным равнин через Midwest. Более активный день был 28 февраля с 72 предварительными отчетами о торнадо. Несколько торнадо были сильными, включая EF-4 в графстве Перри в Миссури, что привело к 1 летальности. Два отдельных торнадо EF-3, один в северном Иллинойсе и другой в южном Иллинойсе, привели к трем дополнительным смертельным исходам. Самый большой однодневный день торнадо в марте был на 6-м месте с 79 предварительными отчетами о торнадо через долину Среднего Миссисипи и Верхний Средний Запад. В Миннесоте были подтверждены два торнадо. Это самое раннее, что торнадо наблюдалось в Миннесоте, и в первый раз в марте в стране наблюдалось торнадо.

В апреле было зафиксировано 218 торнадо, пятый самый активный апрель - рекордный и самый активный с 2011 года. 2 апреля торнадо EF-1 попало в мобильный дом в приходе Святого Мартина, Луизиана убила двух человек. Когда штормовая система переместилась на восток, EF-1 убил одного человека в Юнион-Каунти, Южная Каролина. В мае было зафиксировано 299 торнадо, 12-е из которых было самым активным. Самая активная последовательность торнадо в мае произошла с 16-го по 19-е, когда было зарегистрировано 129 сообщений о торнадо через Великие равнины и Верхний Средний Запад. Самый смертоносный день вспышки был 16 мая, когда смерч EF-2 был ответственным за одну смертельную казнь в округе Бекхэм, штат Оклахома, и EF-3 отвечал за одну фатальность в округе Баррон, штат Висконсин и еще 25 травм. Торнадо в Висконсине отследил 83 мили по северо-западной части штата, что повлияло на четыре округа. Торнадо был на земле почти два с половиной часа. Один смертельный случай был зарегистрирован в округе Баррон, где, согласно оценкам, сила торнадо в то время была EF-2. Самые сильные ветры были в округе Раск, где ветер оценивался в 140 миль в

час. Это был один из самых длинных торнадо, записанных в Висконсине в 1950-х годах [22]

В течение лета количество торнадо, подтвержденное в июне, было выше среднего, тогда как июль был первым месяцем года, когда было меньше среднего числа торнадо. В августе число торнадо возросло еще на 145 [17. с. 110]

## 2.5 Общее количество торнадо на территории США

Среднее количество торнадо зафиксированные на территории США, за период наблюдений с 1991 - 2010 г. (рис. 2.9).

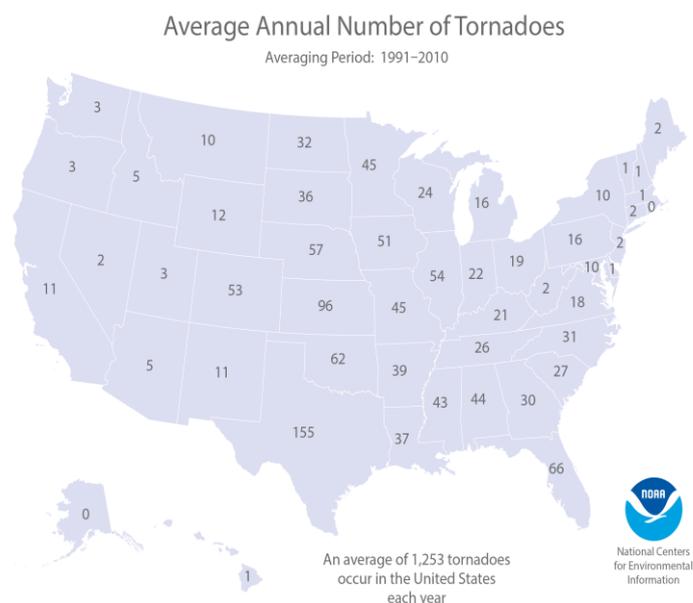
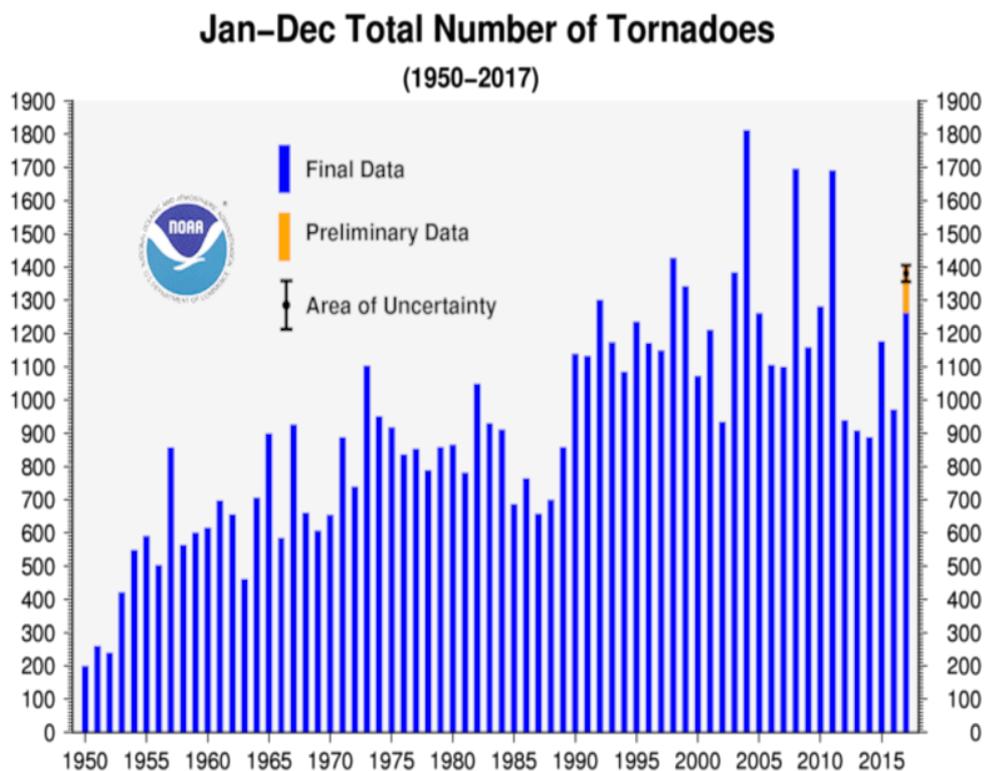


Рис. 2.9. Количество случаев происхождения торнадо [21]

В терминах абсолютного числа смерчей, Соединенные Штаты возглавляют список, причем в среднем более 1000 торнадо регистрируются каждый год. Канада - далекая секунда, около 100 в год. Другие места, в которых происходят частые случаи торнадо, включают северную Европу, Западную Азию, Бангладеш, Японию, Австралию, Новую Зеландию, Китай, Южную Африку и Аргентину. На самом деле Соединенное Королевство имеет больше торнадо по отношению к своей земельной площади, чем любая другая

страна. К счастью, большинство британских торнадо относительно слабы.

Краткое изложение недавней торнадической активности в смежных Соединенных Штатах, включая ежемесячные подсчет смерчей и описания значимых событий (рис 2.10)



**Рис. 2.10. Общее количество торнадо в период 1950 - 2015 г. [22]**

В отличие от предыдущих четырех лет активность торнадо в США в течение 2017 года была выше среднего. В январе-сентябре было зафиксировано 1 262 торнадо с 144 предварительными отчетами о торнадо, которые еще не были подтверждены в октябре-декабре. Это приводит к тому, что предварительный показатель смерча составляет 1406 человек, и ожидается, что итоговый подсчет будет несколько ниже. Среднее количество торнадо в США за 1991-2010 годы составляет 1253 человека. Согласно предварительным данным, 2017 год считается пятым по величине ежегодным показателем смертности в год и самым большим с 2011 года. Как и в большинстве лет, в 2017 году произошло несколько крупных и разрушительных торнадо и суровых погодных явлений. Самая смертельная вспышка торнадо произошла в январе, самый разрушительный с точки зрения потерь собственности, происходящих

весной. Всего в 2017 году было зафиксировано 34 смертельных исхода от смерча [24, с. 25].

## **2.6 Многолетние данные о торнадо за период 1950 – настоящее время (штаты Оклахома и Техас)**

Ниже представлена ежемесячная / годовая статистика для торнадо в Оклахоме (с 1950 года по настоящее время) (табл. 2.1).

**Таблица 2.1**

**Ежемесячная / годовая статистика для торнадо в Оклахоме (с 1950 года по настоящее время)<sup>1</sup>**

<b>Year</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>Mar.</b>	<b>Apr.</b>	<b>May.</b>	<b>Jun.</b>	<b>Jul.</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sep.</b>	<b>Oct.</b>	<b>Nov.</b>	<b>Dec.</b>	<b>Ann.</b>
<b>1950</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>
<b>1951</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>43</b>
<b>1952</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>
<b>1953</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>54</b>
<b>1954</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>53</b>
<b>1955</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>77</b>
<b>1956</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>49</b>
<b>1957</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>107</b>
<b>1958</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>42</b>
<b>1959</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>3</b>	<b>35</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>70</b>
<b>1960</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>61</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>98</b>
<b>1961</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>42</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>82</b>
<b>1962</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>67</b>
<b>1963</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>30</b>
<b>1964</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>53</b>
<b>1965</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>74</b>
<b>1966</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>36</b>
<b>1967</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>49</b>
<b>1968</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>55</b>
<b>1969</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>31</b>
<b>1970</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50</b>
<b>1971</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>39</b>
<b>1972</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>30</b>
<b>1973</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>76</b>
<b>1974</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>45</b>
<b>1975</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>34</b>
<b>1976</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>28</b>
<b>1977</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>31</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>
<b>1978</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>

<sup>1</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

Продолжение таблицы 2.1

<b>1979</b>	0	0	5	17	7	3	2	13	1	2	1	0	<b>51</b>
<b>1980</b>	0	0	3	7	9	1	0	2	2	1	0	0	<b>25</b>
<b>1981</b>	0	0	1	11	44	7	5	2	2	3	1	0	<b>76</b>
<b>1982</b>	0	0	11	11	56	11	1	3	2	0	2	4	<b>101</b>
<b>1983</b>	0	0	4	12	40	23	2	1	0	2	8	0	<b>92</b>
<b>1984</b>	0	0	6	23	9	3	0	0	2	6	1	0	<b>50</b>
<b>1985</b>	0	2	5	10	6	5	1	0	3	0	4	0	<b>36</b>
<b>1986</b>	0	0	2	4	25	1	0	2	7	6	0	0	<b>47</b>
<b>1987</b>	0	3	9	0	5	0	1	0	1	0	4	0	<b>23</b>
<b>1988</b>	0	0	5	0	2	3	0	0	2	0	5	0	<b>17</b>
<b>1989</b>	0	0	2	1	7	6	0	1	1	2	0	0	<b>20</b>
<b>1990</b>	0	0	10	3	10	6	1	0	0	0	0	0	<b>30</b>
<b>1991</b>	0	0	17	24	20	4	1	0	0	7	0	0	<b>73</b>
<b>1992</b>	0	0	2	9	25	9	2	0	16	1	0	0	<b>64</b>
<b>1993</b>	0	0	6	17	20	13	0	0	5	2	1	0	<b>64</b>
<b>1994</b>	0	0	1	15	11	2	6	2	0	3	0	0	<b>40</b>
<b>1995</b>	0	0	2	22	17	28	6	0	0	4	0	0	<b>79</b>
<b>1996</b>	0	0	1	18	9	6	0	6	7	0	1	0	<b>48</b>
<b>1997</b>	0	1	1	1	41	5	1	1	2	2	0	0	<b>55</b>
<b>1998</b>	0	0	1	1	22	22	2	1	3	27	4	0	<b>83</b>
<b>1999</b>	0	1	6	19	90	14	0	1	2	4	5	3	<b>145</b>
<b>2000</b>	0	2	15	6	11	3	0	0	0	7	0	0	<b>44</b>
<b>2001</b>	0	0	0	10	25	1	0	0	6	19	0	0	<b>61</b>
<b>2002</b>	0	0	0	7	7	2	0	0	2	0	0	0	<b>18</b>
<b>2003</b>	0	0	4	15	59	0	0	0	0	0	0	0	<b>78</b>
<b>2004</b>	0	0	12	13	26	4	0	0	0	1	6	0	<b>62</b>
<b>2005</b>	0	0	8	7	0	10	0	0	1	1	0	0	<b>27</b>
<b>2006</b>	0	0	7	8	4	5	0	0	3	0	0	0	<b>27</b>
<b>2007</b>	0	0	5	3	29	5	1	5	0	1	0	0	<b>49</b>
<b>2008</b>	4	0	13	9	42	5	0	0	2	0	1	1	<b>77</b>
<b>2009</b>	0	6	1	17	4	3	0	1	0	2	0	0	<b>34</b>
<b>2010</b>	0	0	2	1	91	4	1	0	3	0	0	1	<b>103</b>
<b>2011</b>	0	1	0	50	46	7	0	1	3	0	11	0	<b>119</b>
<b>2012</b>	0	0	5	54	3	0	0	0	0	1	0	0	<b>63</b>
<b>2013</b>	2	0	2	12	63	0	2	1	0	0	0	0	<b>82</b>
<b>2014</b>	0	0	0	4	4	5	0	0	1	1	0	1	<b>16</b>
<b>2015</b>	0	0	7	5	83	1	3	0	0	0	9	3	<b>111</b>
<b>2016</b>	0	0	5	27	24	0	1	0	0	0	0	0	<b>57</b>
<b>2017</b>	0	0	3	10	57	2	0	4	0	9	0	0	<b>85</b>
<b>Всего</b>	18	51	271	797	1578	506	117	92	124	139	103	28	<b>3824</b>
Когда	195 7 196 7 200 8	197 5 200 9	1991	201 2	2010	199 5	195 6	1979	199 2	199 8	1958	1982 1975 1971	<b>1999</b>

Теперь представлена ежемесячная / годовая статистика для торнадо (с 1950 года по настоящее время), но уже штата Техаса (табл. 2.2)

**Таблица 2.2**

**Ежемесячная / годовая статистика для торнадо (с 1950 года по настоящее время), но уже штата Техаса<sup>2</sup>**

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Ann.
1950	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1951	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
1952	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1953	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	4
1954	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	5
1955	0	0	0	2	4	1	1	0	0	0	0	0	8
1956	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	4
1957	0	0	0	1	1	0	0	1	2	1	0	0	6
1958	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	4
1959	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1960	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1961	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	5
1962	0	0	0	1	1	2	0	2	0	0	0	0	6
1963	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1964	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1965	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1966	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1967	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	5
1968	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
1969	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1970	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
1971	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1972	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4
1973	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1974	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
1975	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1976	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	6
1977	0	0	0	2	6	0	0	0	1	0	0	0	9
1978	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
1979	0	0	0	8	3	1	0	0	0	0	0	0	12
1980	0	0	0	7	3	0	0	0	0	0	0	0	10
1981	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	5
1982	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
1983	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
1984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1985	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1986	0	0	0	0	10	0	0	0	1	0	0	0	11
1987	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1988	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>2</sup> Таблица составлена по данным, полученным в процессе исследования

**Продолжение таблицы 2.2**

<b>1989</b>	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>
<b>1990</b>	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	<b>4</b>
<b>1991</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>1992</b>	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	<b>5</b>
<b>1993</b>	0	0	2	1	5	0	0	0	0	1	0	0	<b>9</b>
<b>1994</b>	0	1	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	<b>6</b>
<b>1995</b>	0	0	0	6	3	14	0	0	0	0	0	0	<b>23</b>
<b>1996</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>1997</b>	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	<b>6</b>
<b>1998</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>1999</b>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>2000</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>2001</b>	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	<b>5</b>
<b>2002</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>2003</b>	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>5</b>
<b>2004</b>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	<b>2</b>
<b>2005</b>	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	<b>5</b>
<b>2006</b>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>2007</b>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>2008</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>2009</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>2010</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>2011</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	<b>2</b>
<b>2012</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>2013</b>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>2</b>
<b>2014</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>2015</b>	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	0	<b>11</b>
<b>2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>68</b>	<b>102</b>	<b>31</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>244</b>
<b>Average</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0.2</b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>	<b>0.3</b>	<b>0.1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3.6</b>
<b>Most</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>23</b>
<b>Year</b>	None	1994	1993 1992 1972	1979	2015 1986	1995	1961 1955	1997 1972 1962 1953	1957	2004 1993 1957	2011 1958	None	1995
<b>Preliminary Numbers for 2017</b>													
<b>2017</b>	0	0	1	1	4	0	0	0	0	0	0	-	<b>6</b>

**2.7 Внутригодовое распределение торнадо на территории США в 2010 – 2017 гг.**

Теперь посмотрим обзор опасной погоды с 2000 г. по 2018 г. (рис. 2.11 – 2.18).

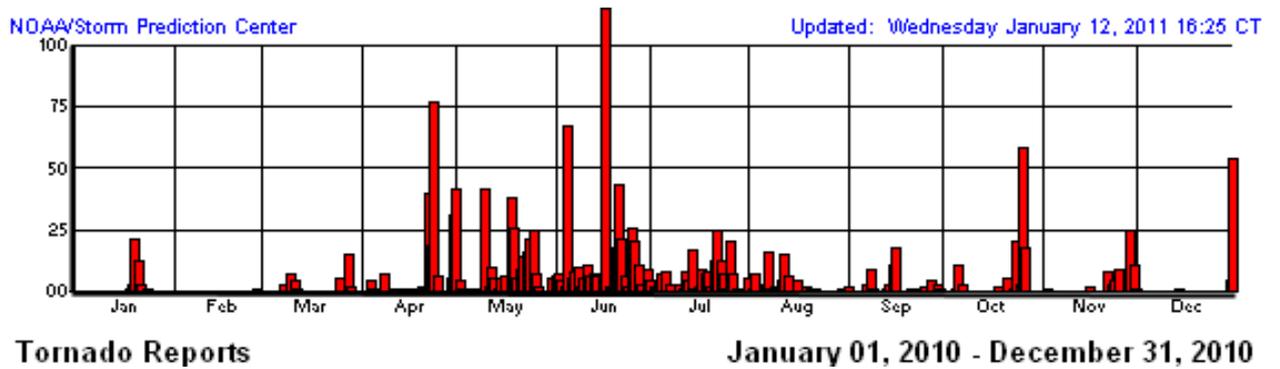


Рис. 2.11. График торнадо за 2010 г.

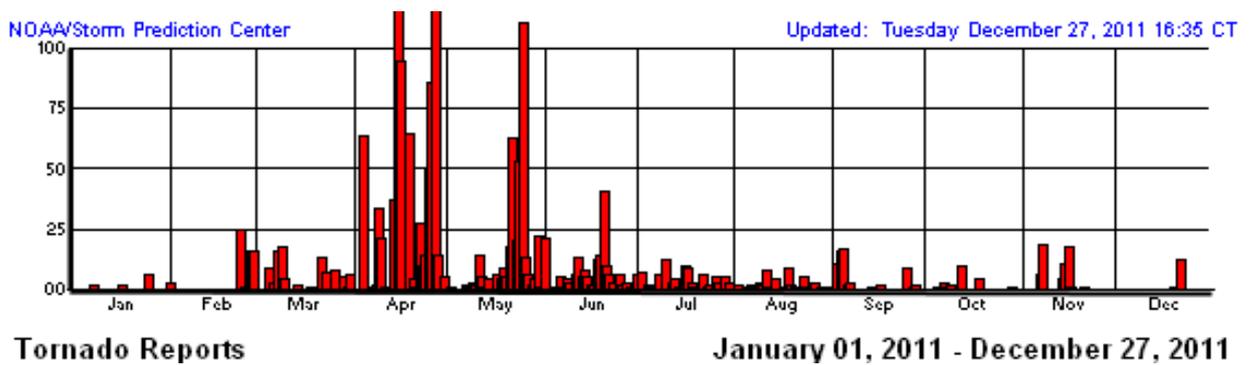


Рис. 2.12. График торнадо за 2011 г. [22]

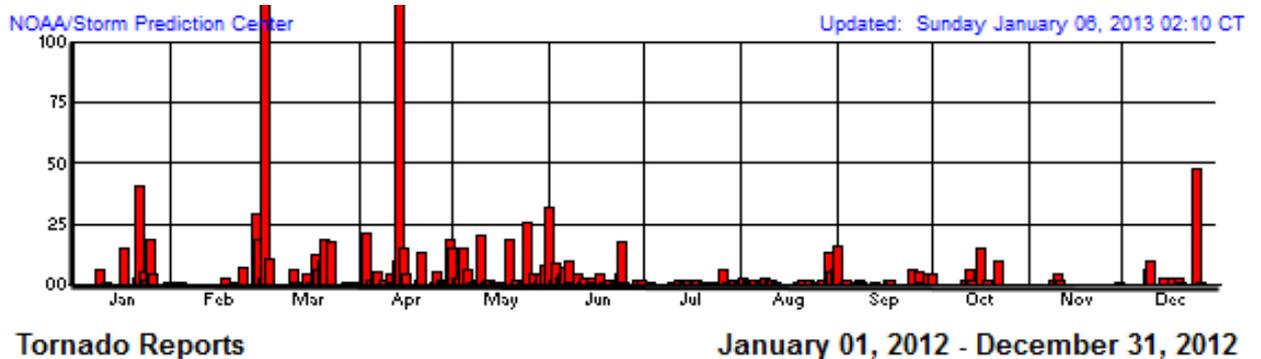


Рис. 2.13. График торнадо за 2012 г. [22]

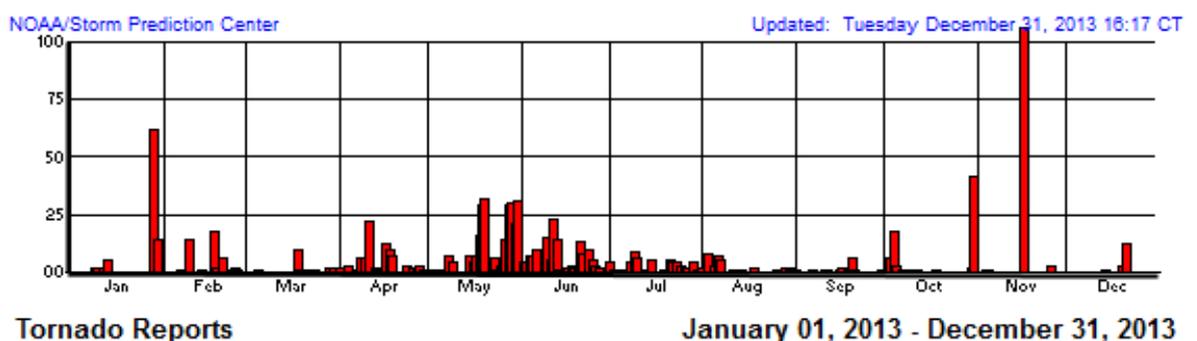


Рис. 2.14. График торнадо за 2013 г. [22]

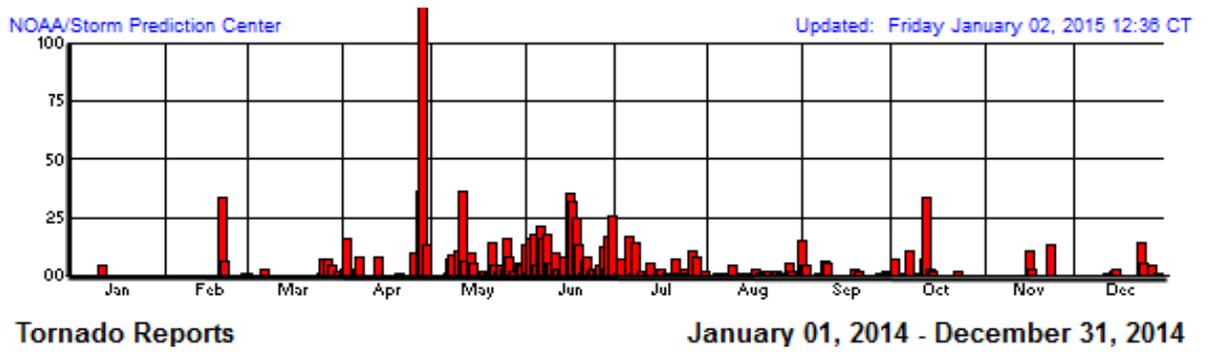


Рис. 2.15. График торнадо за 2014 г. [22]

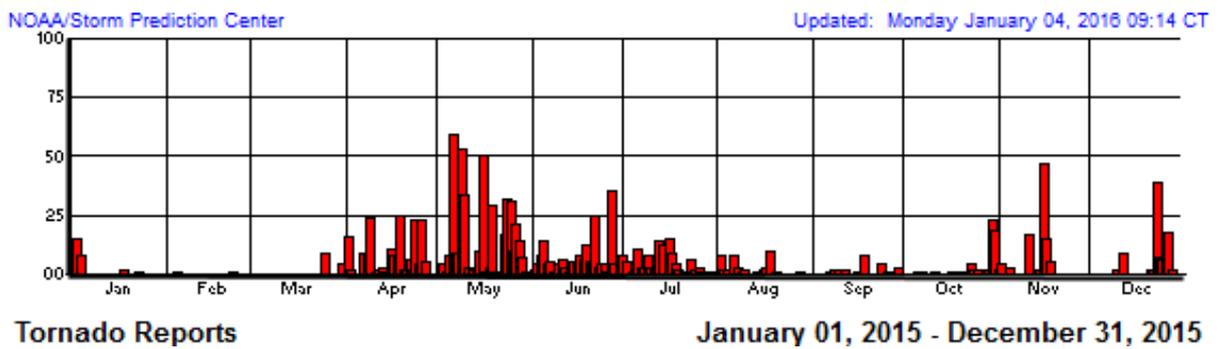


Рис. 2.16. График торнадо за 2015 г. [22]

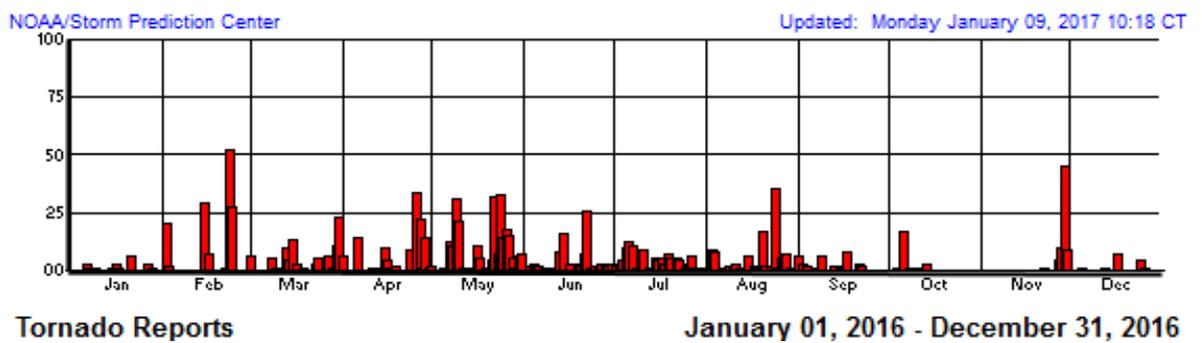


Рис. 2.17. График торнадо за 2016 г. [22]

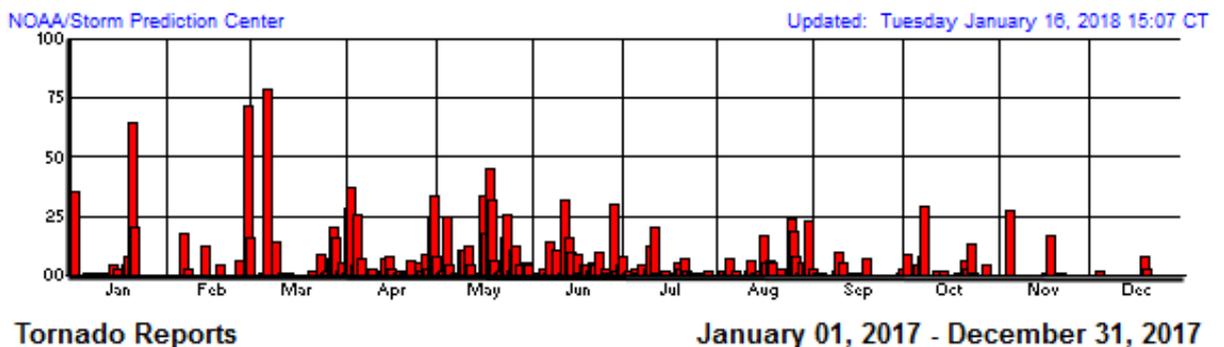


Рис. 2.18. График торнадо за 2017 г. [22]

## **Глава 3 Информация о самых сильных торнадо, меры безопасности от торнадо**

### **3.1 Рекорды торнадо: самые смертоносные торнадо за все наблюдения**

Чем опасен торнадо. И какой ущерб он наносит? Большая часть ущерба от торнадо имеет один из двух прямых путей: воздействие экстремального ветра или воздействие летящими обломками. В развитой зоне торнадо, по существу, действует как гигантский, полный миллионов маленьких и больших снарядов - досок, битого стекла, гвоздей, черепицы, гравия, проволоки, кабелей, листового металла, метизов, частей дерева, целых деревьев, скал, кирпичи, бытовая техника, мебель, предметы домашнего обихода, даже транспортные средства и большие части домов. Например, самосвал, заброшенный в здание ближайшим подворчиком, может нанести огромный урон, даже если ветер на строительной площадке не настолько силен сам по себе. Иногда торнадо ослабит структуру, достаточную для того, чтобы части или все это рухнуло позже из-за структурной слабости и дисбаланса. Вот почему люди не должны входить в сильно поврежденный дом или другое здание, пока пожарные чиновники и инженер не смогут его осмотреть. Другая причина заключается в том, что опасные материалы могут быть выпущены торнадо - например, природный газ, медицинские отходы, бензин, другие опасные химические вещества или сточные воды. Такие выбросы «HAZMAT» вместе с живыми электрическими проводами также могут быть причиной косвенного повреждения торнадо - либо химически, либо путем пожаров. Сломанные водопроводные трубы могут также причинить значительный ущерб от воды и наводнений.

Список важных вкладчиков в теорию смерча настолько длинный, что его нельзя поставить без несправедливого ухода за кем-то. Большинство «больших имен» в исследованиях торнадо часто встречаются в сопроводительном списке научных ссылок. Самое известное имя - т. Теодор «Тед» Фуджита из Чикагского университета. Хотя его метеорологические интересы и публикации

охватывали многочисленные темы, он сосредоточился на аспектах исследований торнадо, в том числе на повреждениях (с учетом F-шкалы), структуре вихрей, фотограмметрии, оценке риска, климатологии торнадо и мезомасштабном анализе для прогнозирования возникновения торнадо. Для получения дополнительной информации о TedFujita, есть дань и биографии в Интернете, а также список его публикаций.

Что произойдет, если ударит большой крупный, смертоносный торнадо по крупному городу? Это произошло несколько раз, в том числе в некоторых частях Оклахома-Сити 3 мая 1999 года и в Бирмингеме 27 апреля 2011 года. Из-за превосходных, своевременных часов и предупреждений и интенсивного освещения в СМИ торнадо в Оклахоме задолго до того, как он попал, погибло всего 36 человек, Сумма ущерба превысила 1 миллиард долларов. Тем не менее, он не ударил в центр города и прошел через много миль от неразвитой земли. Перемещение одного и того же пути к северу или югу в том же районе могло привести к значительно большему количеству смертей и ущерба. Угроза существует для гораздо худшей катастрофы. Размещение той же вспышки торнадо в Далласе-Фт. WorthMetroplex, особенно во время тупика в час пик (на пути до 62 000 автомобилей), ущерб может утроить то, что было сделано в Оклахоме. Могут быть ошеломляющие потери смертности в сотнях или тысячах, опустошенная инфраструктура, перегруженные аварийные службы и огромное количество щебня, требующих месячной очистки.

Система оповещения об опасности, такого природного катаклизма как торнадо. Эта идея имеет некоторые достоинства. Однако сейчас есть несколько проблем с логистикой.

Во-первых, торнадо может повредить телефонные линии. Не говоря уже о том, что телефонная сеть достигает максимальной, потому что множество номеров пытаются дозвониться одновременно. Сеть перегружена.

Самые смертоносные торнадо. Торнадо «Tri-State» от 18 марта 1925 года убило 695 человек, когда он мчался со скоростью 60-73 миль в час на трассе длиной 219 миль по частям Миссури, Иллинойса и Индианы, производя F5

урона.

Самая смертельная из современной эпохи (с 1950 года) была 22 мая 2011 года, когда большой торнадо EF5 пересек Джоуплин, штат Миссури, что привело к 158 прямым смертельным исходам. Здесь перечислены 25 смертельных смерчей.

31 мая 2013 года смертельный, многовихревой торнадо возле Эль-Рено, ОК, вырезал официальную максимальную ширину пути 2,6 мили, основанный на ущербе и некоторых радарных оценках. Эта ширина едва превысила торнадо от Hallam, Nebraska F4 от 22 мая 2004 года. Радиолокационные исследования, принятые в Бюллетене AMS, указывают, что ширина ветров 30 м / с (67 миль в час) в циркуляции Эль-Рено была намного больше - не менее 7 км (4,3 мили). Измерение ширины торнадо может быть таким же грязным и неясным, как определение торнадо. Эль Рено и Халлам, вероятно, были близки к максимальным размерам для торнадо; но вполне возможно, что произошли другие размеры или несколько больше, которые не были отобраны с помощью радаров высокого разрешения или были опробованы так тщательно в полевых условиях.

Большинство кучевых облаков, находящихся в сдвиговом потоке, создает пару мезомасштабных вихрей, т.е. образуются области вращения воздуха, и что существующие трехмерные модели кучевых облаков позволяют в определенных рамках проводить сравнение с данными наблюдений и предлагать программы будущих наблюдений. Уточнение моделей за счет включения микрофизических процессов в облаках, увеличения разрушающей способности и вариации способов инициирования возмущения сможет сделать численное моделирование важным инструментом в исследовании основных вопросов, связанных с эволюцией вихрей мезометеорологического масштаба.

Много факторов должно быть связано между собой в пространстве и во времени, чтобы обеспечить возникновение вихря мезометеорологического масштаба у основания облака, связанного с конвективным подъемом в вышележащих слоях и с внезапно изламывающейся связкой вихревых трубок в

нижней части пограничного слоя, во первых они усиливали и подъемную силу и интенсивность циклона мезометеорологического масштаба благодаря интенсивности восходящего потока; во вторых создавали движение потока с переменной плотностью как раз в тот момент и в том месте, где мезомасштабный циклон достигал основания облака.

10 мая 1905 года Снайдер, Оклахома F5 Торнадо-насильственный торнадо, который убил по крайней мере 97 человек и разорил Город Снайдер по-прежнему считается вторым смертоносным торнадо Оклахомы всех времен.

25 мая 1955 Блэкуэлл, Оклахома F5 Торнадо-этот торнадо F5 убил 20 человек вблизи Блэкуэлл в течение позднего вечера 25 мая 1955 года. Другой торнадо, который образовался в северном округе Кей позже, произвел урон F5 в Канзасе и убил 80 человек в Удалле, штат Канзас, что сделало его самым смертоносным торнадо в Канзасе.

9 апреля 1947 года Вудворд, Оклахома F5 Торнадо этот широкий, жестокий торнадо буквально стер города с карты в восточном Техасе и уничтожил части Вудворда. Он убил 116 человек в штате и считается самым смертоносным торнадо Оклахомы.

Вспышка Торнадо Красной Реки 10 Апреля 1979 Года . Эта вспышка включала торнадо, который опустошил части водопада Уичито, штат Техас, и был самым дорогостоящим торнадо до 3 мая 1999 года

Район Оклахома-Сити Торнадо 13 июня 1998 года столичная область Оклахома-Сити не видела торнадо с октября 1992 года, когда гроза supercell сбросила три торнадо в канадском округе и еще четыре торнадо над Северной Оклахома-Сити области метро.

Вспышка Торнадо 4 октября 1998 года двадцать восемь торнадо произошло в Центральной и Восточной Оклахоме, в том числе торнадо F2, который повредил части Мура. Это была самая крупная осенняя вспышка торнадо в Оклахоме.

Вспышка Торнадо 3 мая 1999 г. эта вспышка включала почти 60 торнадо в Центральной Оклахоме. Это была самая большая вспышка торнадо в

Оклахоме. Первый торнадо F5, когда-либо попавший в район метро Оклахома-Сити, убил 36 человек, а общий ущерб оценивался в 1 миллиард долларов, что сделало его самым дорогостоящим торнадо в штате до 20 Мая 2013 года ef5 торнадо в центральной Оклахоме. Два торнадо F4 также разорили части графств Кингфишер и Логан.

9 октября 2001 года вспышка Торнадо девятнадцать торнадо ударил части Западной Оклахомы. Три торнадо F3 произошли, включая торнадо, который повредил Южную и восточную части Корделла, штат Оклахома.

Торнадо в районе Оклахома-Сити 8 мая 2003 года в центральной части Соединенных Штатов с 4 по 10 мая 2003 года прошла рекордная неделя торнадо, когда в 19 Штатах произошло почти 400 торнадо, в результате чего за семь дней погибло 42 человека. В эту общую сумму были включены торнадо, которые попали в Южной Оклахома-Сити столичной области на 8 мая 2003 года в том числе F4 торнадо, который разорвал через части Мура, Оклахома-Сити и Чокто.

Район Оклахома-Сити Торнадо 9 мая 2003 года на следующий день после того, как торнадо F4 поразил Южную столичную область Оклахома-Сити, одна гроза supercell произвела десять торнадо в центральной Оклахоме, в том числе один F3 и два торнадо F1 в северной части города Оклахома-Сити.

Вспышка Торнадо 10 мая 2010 эта вспышка произвела 35 торнадо в зоне прогноза NWS Норманн самостоятельно, и итог 55 торнадо в Оклахоме. Два торнадо EF4 поразили район метро Оклахома-Сити, убив 3 человек и ранив более 80 других.

Вспышка Торнадо 24 мая 2011 г. в то время как эта вспышка включала только 12 торнадо в прогнозируемом районе NWS Norman, 3 из них были насильственными (1 EF5 и 2 EF4s). Смерч-убийца, который прошел через канадский, Кингфишер и Логан, был первым торнадо F5 / EF5 в Оклахоме с момента вспышки 3 мая 1999 года.

Вспышка Торнадо 19 мая 2013 года две суперячейки в Центральной Оклахоме также произвели в общей сложности 8 торнадо, в том числе один

насильственный торнадо, который поразил части графств Кливленд и Поттаватомы.

20 Мая 2013 г. вспышка Торнадо вспышка торнадо произошла в 15 частях Центральной и Восточной Оклахомы. Жестокий торнадо EF5 поразил части округов Макклейн и Кливленд, в том числе города Ньюкасл, Южная Оклахома-Сити и Мур, и убил в общей сложности 24 человека. Оценки ущерба составили 2 миллиарда долларов, что делает это самым дорогостоящим торнадо, когда-либо происходившим в Оклахоме.

31 мая - 1 июня 2013 Торнадо и внезапное наводнение событие в Центральной Оклахоме это было последнее событие в двухнедельный период разрушительных торнадо и суровой погоды в конце мая 2013 года, которые преследовали регион. Кластер гроз supercell повлиял на центральную Оклахому, включая район метро ОКС. В общей сложности произошло 19 торнадо, в том числе торнадо Эль-Рено, в результате чего погибло 8 человек. В дополнение к торнадо, проливные дожди привели к внезапному наводнению в районе метро и унесли еще 13 жизней, что делает его одним из самых смертоносных внезапных наводнений, когда-либо происходивших в Оклахома-Сити.

### **3.2 Опасные малые вихри в Причерноморье**

В Краснодарском Причерноморье время от времени возникают метеорологические условия, способствующие выпадению интенсивных осадков и появлению катастрофических наводнений. Имеются представление о том, что решающее значение вдоль горной цепи Западного Кавказа. Имеются также признаки существенной роли. Циклонических вихрей малого масштаба: мезоциклонов и ячеек из нескольких кучево-дождевых облаков. Представим описание некоторых наводнений на территории Краснодарского края.

В 1991 году, 1-го августа из-за сильных дождей из берегов вышли реки Пшенаха и Туапсинка. Затоплено 17 небольших населенных пунктов и еще 7

крупных: станция Георгиевская, поселки Анастасиевка, Кирпичный, Дедеркой, Джубга, село Кривенковское, хутор Гойтх.

Стихия снесла мосты, опоры ЛЭП, повредила трубопроводы. Кроме того, река подмыла железнодорожную насыпь и оборвала контактную сеть. Временно поезда идут на тепловозной тяге с опозданием на несколько часов.

Из-за паводка ночью без электроснабжения остались 35 тысяч человек. Это жители поселков Джубга, Новомихайловский, Октябрьский, сельские населенные пункты Шепси, Георгиевское, Кирпичное, Кривенковское, Холодные Родники, Гойтх и хутор Греческий. Однако к вечеру 90 % линий электропередачи восстановлено. Без света сейчас сидят 4,2 тысячи человек.

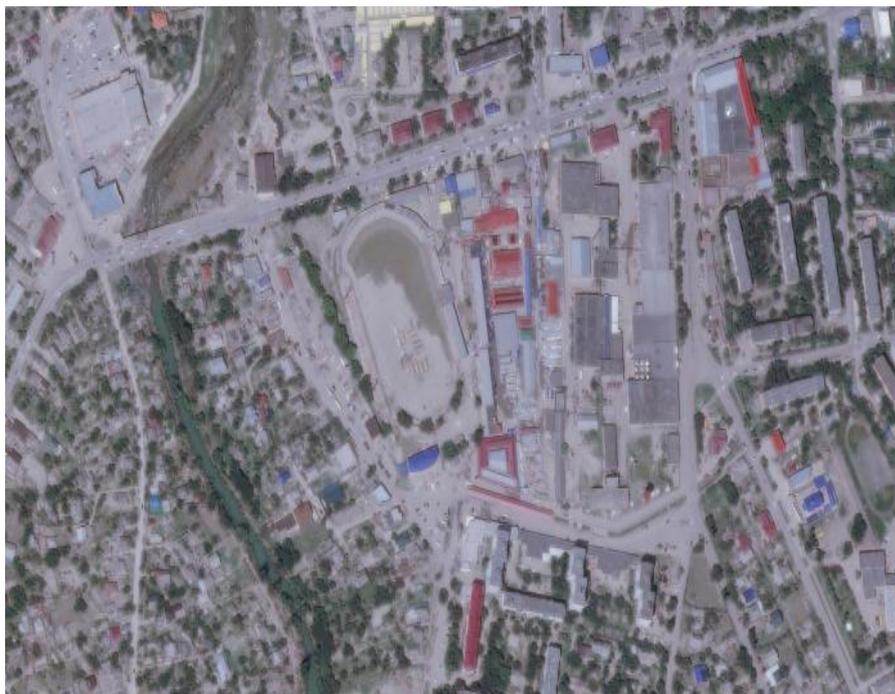
Наводнение на Кубани, произошедшее в 2012 году, – это стихийный коллапс, который был спровоцирован проливными дождями. По российским меркам данное бедствие – выдающееся. Специалисты оценили его как внезапный паводок.

Сильный дождь в районах Краснодарского края начался с 4 июля. В некоторых областях месячная норма осадков была превышена в несколько раз. Чрезмерные ливни шли ночью 7 июля. Многочисленные осадки способствовали подъему уровня воды в реках, таких как: Адебра, Баканка, Адагум.

Ночью 7 июля практически мгновенно затопило город Крымск. Наводнение было очень разрушительной силы, такого не помнят старожилы за всю историю региона. Пострадали еще 9 населенных пунктов, в том числе: Геленджик, Новороссийск, Дивноморское, Неберджаевская, Кабардинка и др.

Наводнения на Кубани – явления достаточно распространенные, но бедствие такого разрушительного масштаба мало кто помнит. Что повлияло на неожиданно возникшее наводнение в Крымске? Причина – ливневые дожди. Были проведены множественные экспертизы сотрудниками Следственного комитета России. Они констатируют тот факт, что Крымское наводнение 2012 года – это стихийное бедствие, в основе которого лежит природное явление (рис. 3.1). Произошло массовое сосредоточение вод, а затем - очень быстрый

сброс, что повлекло за собой почти мгновенное затопление огромной территории.



**Рис. 3.1. Снимок из космоса. Наводнение в Крымске 2012 г. [19]**

Причина скопления воды – проливные дожди, которые шли не один день в Краснодарском крае. Это главный фактор возникновения огромного количества воды. Что было сдерживающим фактором беспрепятственного прохождения паводковых вод? Откуда взялась волна, сметавшая и разрушавшая все на своем пути, в том числе и Крымск? Наводнение (2012), причины его появления, домыслы и правда еще долго будут неизменной темой для разговоров как местных жителей, так и остальных жителей страны.

Ученые и эксперты принимали участие в исследовании возникшей стихии. И пришли к тому, что на образование паводковой волны оказали свое влияние антропогенные факторы. Главной причиной стала недостаточная пропускная способность водопропускных систем в железнодорожных насыпях и железнодорожного моста через реку Адагум перед Крымском.

Все эти факторы привели к очень быстрому скоплению воды, то есть образованию искусственного водохранилища. А затем произошло протекание, а потом и массовый прорыв воды в сторону города Крымск. Наводнение, как уже

говорилось выше, произошло мгновенно ночью, когда люди спали. Это стало одной из главных причин гибели большого количества людей. Пролеты автомобильных мостов в направлении Крымска были забиты стволами деревьев, ветками и бытовым мусором, что очень затруднило свободный сход паводковых вод. Кроме того, русло реки было сильно замусорено, на отдельных участках встречалось много растительности, что также негативно повлияло на сход воды (рис. 3.2).



**Рис. 3.2. Наводнение (вид с самолета) [19]**

В связи со сложностью рельефа, географическим положением и особенностями циркуляции воздушных масс, на территории края возникают различного рода погодные аномалии, которые приводят к нарушению хозяйственной деятельности, опасным для жизни ситуациям, а иногда — к человеческим жертвам. Наводнения. Возникают на реках края из-за интенсивного весеннего таяния снегов и обильных осадков.

Иногда наводнениям предшествуют ледовые заторы. В результате катастрофических подъемов воды затоплялись большие территории сельхозугодий, размывался верхний плодородный слой почвы, уничтожались посевы. Для регулирования стока реки Кубани было построено Краснодарское водохранилище. Однако на части рек равнинной территории

края и в настоящее время случаются наводнения, подтапливающие населенные пункты. В 2002 г. Произошло наводнение, не имеющее аналогов за период наблюдения как по подъему уровней воды, так и по ущербу, нанесенному населению и предприятиям. В результате на юге России пострадало 246 населенных пунктов, разрушено более 110 км газопровода, 269 мостов. Стихия унесла более ста человеческих жизней.

Общее число пострадавших в Южном федеральном округе достигло 340 тыс. человек, а материальный ущерб превысил 15 млрд. руб. Ущерб Краснодарского края составил более 3 млрд. руб. На Кубани было повреждено 76 мостов, разрушено более 2,5 тыс. домовладений, подтоплению подверглись 58 населенных пунктов.

Согласно данным Росгидромета, сильные дожди, вызванные наличием циклона над северо-востоком черноморского побережья, начались и охватили обширные территории еще 4 июля. С ночи 6 июля и в течение всего последующего дня и без того проливные дожди усиливались: так, в Геленджике за 12 часов выпало 5 месячных норм осадков, около месячной нормы выпало в Новороссийске. В районе Крымска очень интенсивный ливень начался вечером 6 июля, и за 12 часов до утра 7 июля выпало 2 месячные нормы осадков.

Масштаб выпавшего ливня поражает: порядка 200 тысяч тонн воды обрушилось в течение нескольких часов на каждый квадратный километр площади, охваченной дождем! Ливень еще более высокой интенсивности (свыше 300 мм за несколько часов) прошел, по данным Краснодарского УГМС, и в районе Мархотского перевала.

Город Крымск находится в нижней части окруженной горами котловины, ниже слияния двух горных рек Баканка и Неберджай. На большую, по-видимому, часть площади водосбора р. Адагум, а она составляет до г. Крымска свыше 300 км<sup>2</sup>, в течение нескольких часов обрушился выдающийся по интенсивности ливень. Вода, бурными потоками стекающая по крутым горным склонам, насыщенным предшествующими дождями, переполнила русла рек и сформировала волну паводка, в течение короткого времени затопившую

приусловие территории в районе города Крымска, поселка Баканка и других населенных пунктов. О высоте подъема воды в Крымске можно судить по этой фотографии, сделанной вскоре после наводнения.

## Заключение

Согласно метеорологическим знаниям, торнадо представляет собой энергично вращающуюся колонну воздуха в нижней части кучево-дождевого облака. Он выглядит как воронка под облаком, которая достигает поверхности Земли. Торнадо - это один из малых атмосферных вихрей.

Торнадо генетически связаны с кучево-дождевыми облаками. Они возникают на всех континентах земного шара, за исключением Антарктиды. Территория Северной Америки подвержена торнадо больше, чем другие территории Земного шара. Причина этого - в географическом положении и энергии материнских облаков.

В результате проделанной работе можно сформулировать следующие **выводы:**

1. Торнадо зарождаются в кучево-дождевых облаках. Для их возникновения необходимы повышенная температура и значительная влажность воздуха. Поэтому на континентах северного полушария торнадо появляются главным образом с апреля по октябрь, а в южном полушарии – с ноября по апрель. В полупустынях и пустынях наблюдаются не торнадо, а пылевые смерчи.
2. В мировой статистике большинство торнадо происходят на территории Северной Америки, чаще всего в США. Там ежегодно наблюдаются более пятисот торнадо. Причина этого - поступление влажного тропического и даже экваториального воздуха со стороны Мексиканского залива и Атлантического океана. Как следствие, возникают кучево-дождевые облака, где выделяется большое количество энергии.
3. В настоящей работе впервые оцениваются выделение тепла при конденсации водяного пара в воздухе с различной температурой и относительной влажностью. В расчетной формуле учитывается изменение влагосодержания воздуха в ходе конденсации и удельная энергия конденсации. Получена таблица и построены графики выделения

тепла при шаге изменения (понижения) температуры  $5^{\circ}\text{C}$  и значения относительной влажности 100, 60 и 20 %

4. Согласно расчетам, наибольшей энергии обладает воздух при температурах  $20 - 30^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности около 100%. Такие условия часто повторяются в штатах Техас, Флорида, Оклахома, Луизиана, Канзас и т.д. на территории США. В Центральной Азии при тех же температурах и относительной влажности 20% энергия воздуха понижается в 4 – 5 раз. Ввиду этого торнадо возникают в пустынях только в редких случаях. Подобным образом, при температурах  $0 - 10^{\circ}\text{C}$ , характерно для Северной Европы, энергия воздуха слишком мала для появления настоящих торнадо. В целом возникает теоретическая основа для объяснения проявлений торнадо на континентах Земного шара.
5. Аккумулируемые статистические данные о торнадо, сильных ветрах и выпадении крупного града на территории США. Мы выявляем корреляцию распределения этих метеопоказателей. Тем самым

## Список использованной литературы

1. Арсеньев С. Смерчи и торнадо. – М.: Наука, 2005. – 112 с.
2. Атлас океанов. – М.: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1974. – 364 с.
3. Даниленко Н.В. Науки о земле. Торнадо // Вестник ИрГТУ. – 2004. – № 2. – С. 48-54.
4. Кукол З. Природные катастрофы. – М.: Изд. «Знание», 1985. – 242 с.
5. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 751 с.
6. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 875 с.
7. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 296 с.
8. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. – СПб.: Гидрометеоздат, 2000. – 778 с.
9. Наливкин Д.В. Смерчи. – М.: Наука, 1984. – 112 с.
10. Официальный сайт Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат\\_США](https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_США) (дата обращения: 25.04.2018)
11. Рубанов К.И. Опасные явления природы. – СПб., 2001. – 114 с.
12. Сноу Д.Т. Торнадо // В мире науки. – 1984. – № 6. – С. 38-40.
13. Советский энциклопедический словарь. – М.: «Советская Энциклопедия», 1981. – 1600 с.
14. Тараканова Л.И. Медицина катастроф: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. и перераб. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2002. – 160 с.
15. Уолтхэм Т. Катастрофы. – Л.: Изд. «Недра», 1982. – 224 с.
16. Хромов С.П. Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – 4-е изд. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 524 с.
17. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. – М., 1994. – 364 с.

18. Breathtaking Double Tornadoes [Электронный ресурс]. URL: <https://wordlesstech.com/breathtaking-double-tornadoes-video> (дата обращения: 18.04.2018).
19. Formerly the National Climatic Data Center (NCDC) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ncdc.noaa.gov/climate-information/extreme-events/us-tornado-climatology> (дата обращения: 24.04.2018).
20. National Weather Service [Электронный ресурс]. URL: <http://www.weather.gov/ict/kstorfacts> (дата обращения: 26.05.2018)
21. National Weather Service. Storm Prediction Center [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spc.noaa.gov/climo/online/monthly/newm.html> (дата обращения: 17.04.2018)
22. National Weather Service. The Onlain Tornado [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spc.ncep.noaa.gov/faq/tornado/#Research> (дата обращения: 23.04.2018)
23. Tornado records: Jesse Russell. – СПб.: Книга по Требованию, 2013. – 127 с.
24. TORRO scale: Jesse Russel. – СПб.: Книга по Требованию, 2012. – 172 с.