



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и экономического обеспечения деятельности  
предприятий природопользования

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(бакалаврская работа)  
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
(квалификация – бакалавр)

На тему Смерчи и торнадо США, пути снижения их последствий

Исполнитель Цапкова Анастасия Витальевна

Руководитель к.с/х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

« 17 » июня 2020 г.

Туапсе  
2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Общая характеристика торнадо.....	4
1.1 Основные понятия и свойства торнадо.....	4
1.2 Классификация и генезис возникновения торнадо. ....	12
2 Распространение торнадо по территории Северной Америки.....	18
2.1 Торнадо как опасное явление .....	18
2.2 Сравнительный анализ повторяемости торнадо в штатах Оклахома и Техас .....	25
3 Особо опасные торнадо и их последствие.....	31
3.1 Рекорды торнадо: самых мощных торнадо в США.....	31
3.2 Снижение последствий торнадо .....	38
Заключение .....	43
Список использованной литературы.....	45

## Введение

Погода в жизни человека играет весомую роль, а прогнозирование атмосферных процессов стало неотъемлемой частью нового мира. Мониторинг опасных погодных явлений может спасти большое количество жизней и уменьшить возможный ущерб. Одним из наиболее опасных атмосферных явлений считается торнадо которого недостаточно предсказать из-за особенностей процесса формирования. С каждым годом все больше и больше торнадо в мире даже в регионах, для которых торнадо не характерны. Одной из возможных причин этого является изменение климата. Ученые почти всех стран занимаются изучением торнадо, поскольку прогнозирование опасных явлений считается одной из самых актуальных задач в метеорологии.

Актуальность исследования обуславливается тем, что изучение условий происхождения и развития торнадо, позволит повысить качество прогнозов погоды и исследования короткопериодических вариаций климата, соответственно, поможет снизить ущерб от его последствий.

Объект исследования – торнадо

Предмет исследования - рассмотрение особенностей генезиса торнадо.

Целью исследования является рассмотреть особенности торнадо

Для достижения данной цели образовались следующие задачи:

- дать общую характеристику торнадо;
- описать классификацию и генезис возникновения торнадо;
- рассмотреть особо опасные торнадо на исследуемой территории;
- сравнительный анализ повторяемости торнадо в штатах Оклахома и Техас;
- обобщить материалы по снижению последствий торнадо

## 1 Общая характеристика торнадо

### 1.1 Основные понятия и свойства торнадо

Торнадо – это большое вихревое атмосферное образование. Во многих отношениях он похож на тропический циклон. Он отличается небольшими размерами: шириной от нескольких метров до двух, в среднем до четырехсот метров, и высотой от нескольких десятков метров до 1500–2000 м, в среднем несколько сотен метров. Центральная часть узкая, высокая. Стенки более или менее ограниченные, реже расплывчатые, размытые [9, с.56].

Характерной особенностью является огромная скорость вращения в стенках, которая достигает сверхзвуковой силы. Периферическая часть очень мала, нерегулярна, иногда отсутствует. Иногда торнадо сопровождает тропические циклоны (ураганы).

Основными качественными характеристиками торнадо являются: скорость ветра, диаметр вихря, высота вихря, длина пути, скорость движения и продолжительность жизни торнадо. Эти характеристики в природе сильно различаются. Скорость ветра любого торнадо может составлять порядка 20–140 м/с. Диаметр торнадо обычно около двухсот метров, однако он может варьироваться в широких диапазонах от 10 м до 1.5–2 км [12, с.149].

Высота любого торнадо достигает от нескольких сот метров, иногда до 1.5 км. Касательно длины прохождения торнадо, то в среднем они составляют 20–30 км, а скорости перемещения торнадо 50–60 км/ч.

Время жизни торнадо зависит от факторов:

- от интенсивности поддерживающих его восходящих потоков;
- от особенностей подстилающей поверхности;

Как правило, жизнь торнадо составляет от нескольких минут до нескольких часов, а жизнь слабых торнадо не превышает и 10 минут [6, с.68].

Самый долгий торнадо в мировой истории был зафиксирован в США в 1917 г. Время его жизни составляло 7 часов 20 минут.

Торнадо состоит из воронки и каскада (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1- Строение торнадо

На рисунке 1.1 видно что, что основной составляющие торнадо является воронка. По своему строению воронка аналогична смерчу и состоит из стенок и внутренней полости. Воронка торнадо, как бы является маломасштабным ураганом.

Полость внутри воронки торнадо имеет размер от пары метров (и даже меньше) до 1-2 км. Основные же черты совсем похожи. Это пространство, более или менее резко ограниченное стенками; оно почти чистое, безоблачное. Перемещение воздушных масс внутри полости торнадо по большей части направлена вниз и скорость воздуха внутри воронки незначительна, по сравнению со скоростью в стенках [5, с.120].

Стенки торнадо — это его активная и разрушающая часть. Стенки у торнадо бывают двух типов:

1. плотные – это ограниченные стенки;
2. расплывчатые – это неясно ограниченные стенки.

Большого различия между этими типами стенок нет, потому что у одного и того же торнадо может быть сначала плотные, а потом перейти в расплывчатые. Плотные, ограниченные стенки воронок являются особенностью торнадо, отличающие их от других атмосферных движений [12, с.2].

Причиной описанных явлений являются большие скорости воздуха, на границах стенки торнадо.

Наблюдения за гладкими торнадо показывают, что полость внутри воронки значительно шире стенок. Однако данные числа характерны для торнадо, находящихся в полном развитии, и могут считаться максимальными.

Минимальные числа наблюдаются у очень тонких и длинных торнадо при их распаде. У данных торнадо ширина всей воронки не превышает один, трех метров, а ширина стенок воронки измеряется сантиметрами. У торнадо с расплывчатыми стенками размеры полости внутри не поддаются определению при наблюдениях [3, с.527].

Расплывчатые торнадо близки к маломасштабным ураганам, где ширина полости внутринамного меньше ширины стенок. Стенки воронки состоят из вращающегося по спирали воздуха и являются вихрь. Очень редко такой торнадо состоит, из одного воздуха и практически не видим.

Очень часто примесь твердых и редко жидких частиц добавляется в воздухе торнадо, и торнадоиз невидимого становится видимым. Если воронка поднимается над поверхностью воды и движется вдоль нее, жидкие частицы и живые организмы, смешанные в воде, смешиваются с воздухом [20, с.67].

Когда торнадопроходит над землей, он засасывает в себя твердые частицы такие как, мусор, пыль, песок. Добавление к воздуху твердых и жидких веществ значительно увеличивает плотность стенок торнадо и тем самым ее разрушительную силу.

Каскад — это образующееся из жидких и твердых веществ облако или столб пыли при касании воронки торнадо поверхности воды или земли соответственно. Каскады как правило очень часто сопровождают торнадо и отличаются большим разнообразием [20, с.205].

Обычно выделяют два основных типа каскадов:

1. узкие и очень высокие каскады;
2. широкие и низкие каскады.

Узкие и высокие каскады - довольно редкое явление, которое обычно

сопровождает водные торнадо. Это явление заключается в том, что помимо основной воронки с внутренней стенкой образуется вторая, менее выраженная внешняя стенка (рисунок 1.2).

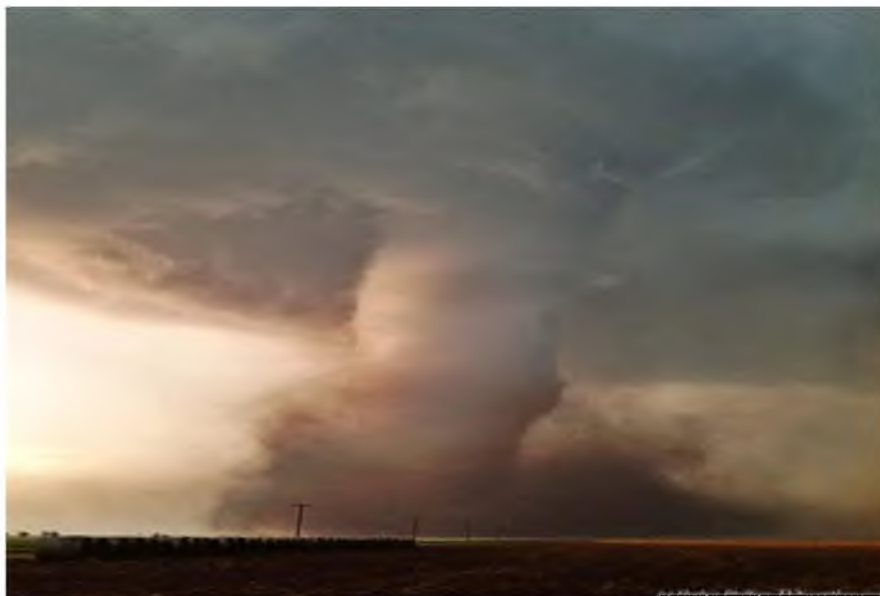


Рисунок 1.2- Торнадо с ярко выраженным каскадом

Внешняя, стенка находится недалеко от основной воронки и образует ее футляр.

Каскад формируется за счет подъема жидких веществ от поверхности воды до материнского облака.

Широкие и низкие каскады являются более распространенным типом каскадов. Стенки воронки, вращающиеся с высокой скоростью, всасывают жидкие и твердые частицы, которые благодаря своей высокой инерции выбрасывают за пределы воронки в область практически неподвижного воздуха благодаря действию центробежной силы [23, с.157].

В будущем эти частицы попадают под действие силы тяжести. Ширина этих каскадов может значительно превышать их высоту и во много раз превышать ширину воронки торнадо.

Формы торнадо. Всего выделяют 2 формы торнадо: плотные и расплывчатые [24, с.345].

Плотные торнадо являются самым распространенным видом торнадо.

Формы плотных торнадо обладают большим разнообразием. Для плотных торнадо характерно:

1. отчетливые границы;
2. большая длина, небольшой диаметр;
3. вертикальное положение.

Всего выделяют два типа плотных торнадо в зависимости от степени изгиба:

1. змееобразные;
2. воронкообразные (хоботообразные, колоннообразные).

Змееобразные (и им подобные) торнадо наблюдаются сравнительно редко, так как они являются конечной стадией существования торнадо.

Распад торнадо происходит: воронка начинает утончаться, затем изгибается, становится змееподобной, затем утончается еще больше, разрывается и исчезает [21, с.60].

Воронкообразные торнадо наиболее часто встречаемые. В таких торнадо воронка расширяется к облаку, входит в нее и сужается к земле, где она сопровождается каскадом жидких и твердых веществ; воронка змееобразного торнадо характеризуется слабой кривой формой.

Воронка, как правило, светлее, чем материнского облака, благодаря чему она хорошо видна издали. Это обстоятельство позволяет своевременно защитить население в убежищах.

Неопределенность контура и широкая воронка этого типа торнадо связаны с низким положением материнского облака над землей.

Расплывчатые торнадо. Данный вид торнадо обладает большой разрушительной силой.

К особенностям данного торнадо можно отнести: 1) расплывчатые очертания; 2) широкую и низкую воронку; 3) широкую полосу разрушений.

Расплывчатые очертания таких торнадо и их размеры приближают их к вихревым бурям (рисунок 1.3).





Рисунок 1.3 - Расплывчатый торнадо

Расплывчатые торнадо, как правило, не образуют каскадов как отчетливо отстоящих от воронки торнадо структур, так как характеризуются меньшими скоростями вращения и более продолжительным существованием.

Свойствами торнадо являются:

- стадия развития;
- время жизни торнадо и его скорость перемещения;
- размер и масса;
- частота и место возникновения.

Стадии развития. Всего выделяют три основных стадии развития торнадо — зарождение, основная стадия и распад [9, с.85].

Зарождение торнадо, как правило, начинается с отвисания части материнского облака. Затем происходит формирование воронки торнадо, висящей в воздухе высоко над землей. После этого вся колонна становится видимой, но каскада еще практически нет. В дальнейшем развивающийся каскад приводит к видимому уплотнению воронки при одновременном размывании ее границы (в случае образования расплывчатого торнадо). На данном этапе стадия развития торнадо заканчивается.

Далее появляется невидимая колонна, которая является продолжением

воронки. Колонна уже на поверхности земли и вызывает образование пыльного или водного каскада (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 — Начальная стадия развития торнадо

Основная стадия жизни торнадо самая продолжительная и приносит самые крупные разрушения. На основной стадии воронка может форму, сохраняя при этом неправильную, размытую форму и форму колонны.

При этом никакого каскада нет. Округлые очертания нижней части кучево-дождевого облака образовавшейся воронки указывают на наличии интенсивного вращательного движения.

Распад последней стадии жизни торнадо начинается уменьшения скорости вращения, что приводит к падению каскада и видимому сужению воронки торнадо. Таким образом, воронка меняет свою форму с хоботообразной на змееобразную (веревкоподобную, бичеподобную).

Скорость и перемещение, время жизни и длина пути. Данные характеристики для разных торнадо различны и изменяются в широких пределах. Скорость передвижения воронки торнадо зависит от скорости движения кучево-дождевого облака.

Иногда облако, создающий торнадо, движется очень медленно, почти стоит на месте; иногда передвигается с очень большой скоростью. В некоторых источниках показаны следующие данные: диапазон скоростей перемещения торнадо от нуля до двухсот сорока километров в час; средняя скорость пятьдесят шестьдесят километров в час [7, с.69].

В некоторых источниках приводится информация о том, что средняя скорость торнадо в России, Европе и США почти одинакова и составляет 40–60 км/ч. Время существования торнадо, движущегося со средней скоростью, определяет протяженность его пути. Для США продолжительность торнадо колеблется от нескольких минут до семи часов. Семичасовой торнадо прошел около 450 км.

В России протяженность пути торнадо значительно короче и существование торнадо не превышает одного часа. Обычное время существования торнадо составляет от нескольких до немногих десятков минут. Таким образом, время существования торнадо значительно меньше продолжительности урагана и бури.

Размер и масса. Размеры торнадо по сравнению с ураганами и бурями ничтожно малы. Некоторые бури не так сильно отличаются от торнадо, только формами и размерами. Можно считать, что наименьшей шириной и длиной являются змееподобные торнадо [14].

Большинство воронкообразных торнадо намного шире и короче. Значение средней ширины таких торнадо в США достигает 350–400 м, а высота доходит до нескольких сот метров, иногда до 1500 м. Касательно расплывчатых торнадо, они по большей части бывают одинаковой шириной и высотой.

Сложно узнать массу воронки торнадо. При всем том, что объем воронки, спускающейся из кучево-дождевого облака, ничтожен по сравнению с объемом облака, ее масса может быть очень большая. Так данные о весе воронки торнадо в 500 000 т, основывались на оценке массы засосанной ею воды из озера (по известным значениям спада уровня воды и площади озера).

Так же, масса торнадо может колебаться в очень широком спектре и зависеть, прежде всего, от их объема который заключен в их воздухе. По мере всасывания различных «примесей» в виде твердых и жидких веществ, мелкого мусора масса торнадо будет значительно расти.

С учетом того, что данная плотность указанных «примесей» на порядок превышает плотность воздуха, из которого первоначально состоял торнадо, масса последнего может увеличиваться в десятки и сотни раз.

Огромная масса воронок колоннообразных и расплывчатых торнадо, до предела наполненных пылью, грязью, мелким мусором в большей степени объясняет ту разрушительную силу, которой они обладают.

Частота и места возникновения. Торнадо в мире широко распространены и в некоторых странах представляют собой вполне обычное, без конца повторяющееся опасное явление. В большинстве случаев количество торнадо регистрируется в центральных штатах США, где доля больших по площади равнин велика. Над такими территориями и происходит встреча холодных и теплых воздушных фронтов, способствующая образованию торнадо.

## 1.2 Классификация и генезис возникновения торнадо.

По их форме, можно выделить пять видов торнадо [24, с.269]:

- Невидимые
- Пыльные
- Водяные
- Снежные
- Огненные

Невидимые. Торнадо представляет собой одну из разновидностей вихревого движения атмосферного воздуха. Он становится видимым только тогда, когда воронка содержит жидкие и твердые вещества, такие как, мелкий мусор, пыль, грязь или другие «примеси».

Если же воздух в торнадо чистый, то торнадо становится невидимым. В

большинстве случаев невидимой частью торнадо является его средняя часть [11, с.100].

В большинстве случаев, отлично видна воронка торнадо, спускающаяся из облака и содержащая жидкие вещества, и хорошо виден каскад торнадо в виде «куста» пыли, грязи, мелкого мусора, поднятой воды. В это же время, соединяющая часть воронки и каскада т.е. средняя часть может быть невидимой, «слепой».

Визуализация торнадо посредством Жидких веществ или иных примесей дает объективную возможность проведения анализа сложных физических процессов, происходящих внутри торнадо, а также способствует распознавание торнадо, повышение тем самым своевременность защиты населения, от последствий торнадо.

Невидимые, «слепые», торнадо имеют место в начальной стадии жизни (при зарождении) торнадо. Далее невидимые торнадоперерастают в обычные, видимые торнадо, наполняясь водой, пылью, грязью, мелким мусором. Имеется не так много описаний невидимых торнадо.

Тем не менее, именно каскады невидимых торнадо, самостоятельно передвигающихся и прыгающие по земле, производят на свидетелейнаибольшийэффект.

Торнадо чрезвычайно многочисленны и существуют практически по всему земному шару. Большая часть из них не видима для человеческого глаза, они имеют очень маленький размер и недолгое время жизни, но численность их на столько большая, а влияние на процессы переноса в атмосфере так велико, что, по-видимому, им уделяется мало времени и внимания.

Пыльный. Торнадо, проходящий над сушей, зачастую становится пыльным торнадо, вследствие подъема большого количества пыли и твердых веществ. Помимо пыли, земли и мусора, могут содержать деревья, обломки домов и зданий, автомобили, рекламные щиты, крыши домов. Пыльные или песчаные торнадо часто называют «пыльными дьяволами» (dustydevils).

Это вихревые образования, напоминающие по своей структуре торнадо и

нередко так называемые. Скорее всего, с точки зрения физики, деление на торнадо корректнее производить исходя из их размеров, характерных скоростей и времени существования.

Пыльные торнадо образуются, в большинстве случаев, при интенсивном прогревании приземного слоя воздуха в жаркую погоду при практическом отсутствии ветра. В большей степени торнадо образуются в большом количестве, быстро передвигаясь, изгибаясь, догоняя друг друга. Их причудливость и послужила причиной названия — «пыльные дьяволы».

Водяной. Торнадо, проходящий над морем или большим озером, называется водяным торнадо. В большинстве случаев один и тот же торнадо, начавшийся над морем или большим озером, переходит затем на сушу и может в конце своего существования опять вернуться на море или озеро. В данном случае определение «водяной» становится несколько условным.

По своему строению и характеристикам наземные и водяные торнадо очень сильно похожи в силу неизменности порождающего их кучево-дождевого облака при переходе последнего с воды на сушу и обратно. Различны только примесь, увлекаемая торнадо вверх: над водой — это жидкие вещества, а над сушей — твердые вещества т.к. пыль, грязь, мелкий и крупный мусор. Известно, что гидродинамическая структура торнадо от этого не меняется.

Распространение водяных торнадо в мире чрезвычайно широко: они встречаются в Атлантическом, Индийском и Тихом океанах, от Японии до берегов Австралии.

Практически всегда они сопровождают тропические циклоны. Можно сказать, что водяные торнадо обычно появляются группами из одного или нескольких кучево-дождевых облаков. Так же торнадо не редко возникают и из других облаков.

У водяных торнадо скорость перемещения воздуха различна, но, она ниже, чем у наземных торнадо. Очень часто можно наблюдать что водяное торнадо стоит на месте или медленно перемещается на небольшое расстояние.

Редко такие торнадо перемещаются со скоростью больше 50-60 км/ч. Также время существования водяных торнадо составляет обычно 15-20 минут и очень редко до 1 часа и более.

Как уже было изложено выше в тексте, по своему строению и характеру передвижения водяные и наземные торнадо очень сильно похожи. По своей структуре водяные торнадо стенки чаще всего плотные, резко ограниченные, а сам он узкий и высокий (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 — Водяной торнадо.

В большинстве случаев водяное торнадо представляют собой хоботообразные, реже почти прямые колоннаподобные образования высотой 300–600 метров.

Наибольшая ширина, наблюдавшаяся у водяного торнадо, составляет около 1,5 км. Скорее всего, данный торнадо был, расплывчатый, который встречается крайне редко.

Снежный. По всей вероятности, снежные торнадо зачастую сопровождают такое известное явление, как снежная буря, которая в России называется метелью, пургой или бураном.

Как правило, снежные торнадо возникают там, где имеются большие

территории покрытые снегом. Они часто наблюдаются на заснеженных территориях России, на территории Северной Америки, на снежных просторах Антарктиды и Гренландии.

По строению снежные торнадо очень похожи с водными и наземными, они отличаются лишь транспортируемым агентом — снегом (рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 — Снежный торнадо или буран

Появляются они в основном в тихую и спокойную погоду. Снежные торнадо могут достигать больших размеров, от нескольких метров до ста метров и более.

Огненный. Торнадо, появляющейся после вулканического извержения, пожара или взрыва, называется огненным торнадо.

Существует достаточно много описаний данного торнадо, появляющегося при извержении вулканов. В большинстве случаев над лавой во время извержения вулкана появляются маленькие вертикальные вихри, являющиеся аналогами пыльных вихрей.

Все же каждый такой выброс вулкана при извержении приводит к формированию облаков, которые нередко представляют собой кольцевые вихревые образования.

Свое название огненное торнадо получило благодаря тому, что их



появление всегда связано с переносом большого количества теплоты (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 — Огненный торнадо

Плотные кучевые облака, выбрасываемые вулканами, при извержении практически всегда являются источником уже не вихрей, а настоящих торнадо. Можно отметить, что возможность создания торнадо не как не зависит от состава «вулканического» облака.

## 2 Распространение торнадо по территории Северной Америки

### 2.1 Торнадо как опасное явление

Для того, чтобы измерить силу ветра и понимать насколько опасно влияние погодных условий существует несколько шкал определения скорости, силы ветра и также для оценки повреждений от торнадо [1, с.30].

Шкала Бофорта — это шкала двенадцати баллов, которую приняли в во Всемирной метеорологической организацией (ВМО) для примерной оценки скорости ветра, по его воздействию на наземные предметы или по волнению в открытом море.

Средняя скорость ветра указывается на стандартной высоте 10 м над открытой ровной поверхностью земли (рисунок 2.1).

Баллы Бофорта	Определение силы ветра	Скорость ветра, м/с
0	штиль	0–0,2
1	тихий	0,3–1,5
2	лёгкий	1,6–3,3
3	слабый	3,4–5,4
4	умеренный	5,5–7,9
5	свежий	8,0–10,7
6	сильный	10,8–13,8
7	крепкий	13,9–17,1
8	очень крепкий	17,2–20,7
9	шторм	20,8–24,4
10	сильный шторм	24,5–28,4
11	жестокый шторм	28,5–32,6
12	ураган	32,7 и более

Рисунок 2.1 — Шкала Бофор

На этой шкале видно соотношение баллов и силы ветра, где 0 — это штиль, а 12 по этой шкале считается как ураган.

Шкала TORRO, которую применяют в Европе и Великобритании, строится на показателях значения ветра, а не на масштабах разрушения. Данная шкала была создана в 1975г. в Великобритании. В ней принято выделять двенадцать категорий (от T0 до T11), где скорость ветра в торнадо T0

соответствует 8 баллам по шкале Бофорта [19, с.56].

Категория		Скорость ветра		
		м/с	км/ч	миль/ч
Слабые	<b>T0</b>	17-24	61-86	39-54
	<b>T1</b>	25-32	87-115	55-72
	<b>T2</b>	33-41	116-147	73-92
	<b>T3</b>	42-51	148-184	93-114
Сильные	<b>T4</b>	52-61	185-220	115-136
	<b>T5</b>	62-72	221-259	137-160
	<b>T6</b>	73-83	260-299	161-186
	<b>T7</b>	84-95	300-342	187-212
Разрушительные	<b>T8</b>	96-107	343-385	213-240
	<b>T9</b>	108-120	386-432	241-269
	<b>T10</b>	121-134	433-482	270-299
	<b>T11</b>	≥ 135	≥ 483	≥ 300

Рисунок 2.2 — Шкала TORRO

На рисунке 2.2 приведена шкала TORRO со скоростями ветра.

Шкала Торгои шкала Бофорта связана следующими формулами (2.1) и (2.2):

$$T = (B/2 - 4) \quad (2.1)$$

$$VT = 2,36 \cdot (T + 4)1,5 \quad (2.2)$$

где: T – категория торнадо;

B – баллы скорости ветра в шкале Бофорта;

VT – скорость ветра в метрах в секунду.

В таблице 2.1 представлено соответствие категорий скоростей ветра по шкале TORRO (T-шкала в таблице) и шкале Бофорта (B-шкала).

Таблица 2.1 – Категории скоростей ветра по шкалам TORRO, Бофорта (м/с)

T- шкала	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B-шкала	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

Большое количество британских торнадо имеют категорию Т6 или ниже, самымощным в настоящие время, из всех известных британских торнадо, является торнадо мощностью Т8 (Лондонский торнадо 1091 года). Для сравнения, наиболее сильным обнаруженным ветром, в настоящие время, в торнадо США (во время вспышки торнадо в Оклахоме в 1999 году) относится к категории Т11.

Объединив последовательность макро-, мезо- и микромасштабов с последовательностью пяти гласных в алфавитном порядке, Фудзита предложил последовательность из пяти градаций (рисунок 2.1).

Шкала Фудзита			
Категория	Скорость ветра	Частота появления	Характеристика
F0	64—116	38,9 %	Небольшие повреждения. Повреждает дымовые трубы и телевизионные вышки, ломает старые деревья, сносит вывески.
F1	117—180	35,6 %	Умеренные повреждения. Срывает крышу с домов, сносит с фундамента передвижные дома, перемещает автомобили.
F2	181—253	19,4 %	Значительные повреждения. Срывает крыши с домов, разрушает передвижные дома, вырывает с корнем крупные деревья, выбивает окна.
F3	254—332	4,9 %	Сильные разрушения. Срывает крыши с домов и ломает некоторые стены, опрокидывает поезда, вырывает с корнем большинство деревьев, поднимает в воздух тяжелые автомобили.
F4	333—418	1,1 %	Очень сильные разрушения. Поднимает в воздух легкие дома, частично или полностью разрушает прочные дома, переносит на значительное расстояние автомобили.
F5	419—512	менее 0,1 %	Полное разрушение. Сносит с фундамента прочные дома и переносит их на значительные расстояния, срывает асфальт, переносит тяжелые автомобили на расстояние более 100 метров.

Рисунок 2.1 - Шкала разработанная Т.Фудзита

Так же на рисунке 2.1 отмечены характерные повреждения от явлений, которые соответствуют системам высокого, низкого давления и расположенные на фронтах. По шкале Т. Фудзита F0 можно считать как незначительные повреждения т.е такие, как повреждение дымовых труб, ломает старые деревья, сносит вывески, а F5 считается как полное разрушение. Можно сделать вывод, что торнадо категории F0, F1 и F2 встречаются намного чаще, чем все остальные.

Несмотря на многолетнюю историю изучения торнадо в США генезис их

образования до сих пор не сильно изучены. В соответствии с классическим понятием о торнадогенезе анализируют два варианта условий его осуществления [16].

Первый вариант предусматривает, что интенсивности вертикальных вихрей, доступных вблизи поверхности земли, недостаточна для создания торнадо, поэтому его усиление происходит при создании суперячейки. Так развиваются мезоциклонические торнадо. Вторым вариантом предполагается, что торнадо никоим образом не связан с мезоциклоном, и их развитие происходит из-за приповерхностных процессов.

Торнадо мезоциклонного происхождения. Суперячейка называется кучево-дождевым облаком, в структуре которого находится мезоциклон – область атмосферы, вращающегося вокруг вертикальной оси диаметром от 2 до 5 километров. Изменение кучево-дождевого облака в суперячейку облегчается наличием больших сдвиговых ветров и струйных течений нижнего уровня. Последний начинает закручиваться в условиях сдвига ветра, в результате чего возникает горизонтальный вихрь – потоки воздуха вращаются вокруг горизонтальной оси.

Объединившиеся с кучево-дождевым облаком восходящие потоки, встречаясь с такими областями кругового движения воздуха, начинают со временем поднимать их вверх, наклоняя при этом ось их вращения. В конечном результате первоначальная горизонтальная завихренность видоизменяется в вертикальную [1, с.456].

Если исходное вращение воздуха является достаточно мощным, то, встраиваясь в структуру кучево-дождевого облака, оно устремляется вверх, пробивает верхнюю границу облака (anvil) и создает над ней возвышающуюся макушку – купол. В конечном итоге в центре облака образуется мезоциклон, а само кучево-дождевое облако превращается в суперячейку. Продолжительное время жизни суперячейки объясняется перемещением области выпадения осадков от центра мезоциклона, где самые распространённые – это восходящие потоки, постоянно подпитывающие облако. По мере сокращения мезоциклона

происходит постепенный развал и суперячейки. Развитие мезоциклона является первой стадией торнадогенеза.

На втором этапе из-за нисходящих потоков суперячейки, вращение которое происходит на высоте, начинает снижаться, перенося с собой угловой момент к поверхности земли. Это создает вертикальный вихрь непосредственной близости. Если интенсивность потоков высока и они доставляют завихренность непосредственно к поверхности, то возникает сильный радиальный поток, когда вращающиеся воздушные массы вступают в контакт с землей, смещая частицы воздуха ближе к центру. Ввиду постоянства углового момента скорости они начинают вращаться все быстрее. Циклострофический баланс нарушается. Рядом с поверхностью генерируется стремительный восходящий поток, создающий начало торнадо.

Торнадо не мезоциклонного происхождения.

Не мезоциклонные торнадо (landspouts) создаются из быстро растущих кучево-дождевых облаков с низкой нижней границей, возникающих за счет сильного нагрева поверхности земли и высокой влажности в приземном слое. Главным фактором для торнадо данной категории является наличие вблизи подстилающей поверхности предварительно готовой вертикальной завихренности. Подобная завихренность, как правило, создается в зоне столкновения воздушных масс,двигающихся в разных направлениях, а также под влиянием бризов.

Иногда по этой причине не мезоциклонные торнадо возникают целым семейством, выстраиваясь при этом в цепочку. Известны случаи, когда торнадо данной категории наблюдали и на периферии суперячеек. Не мезоциклонные торнадо начинают появляться спустя какое-то время после появления их кучево-дождевого облака. В зоне конвергенции создается ряд микровихрей с вертикальной осью вращения, распределяющихся на примерно одинаковом расстоянии друг от друга.

При взаимодействии микровихрей расстояние между ними увеличивается в несколько раз, увеличивается и их совместная циркуляция, происходит

повышение вертикальных потоков и рост материнского облака, возникают первые очертания вытягивающейся вихревой структуры.

Дальнейшее увеличение потоков доходит до того, что вертикальная завихренность начинает распространяться все дальше вверх к основанию облака, повышается его вертикальная протяженность, возникает торнадо. Устойчивость возникшей вихревой структуры будет определяться величиной сдвига ветра, а также появлением нисходящих потоков из материнского облака. Сильно изменяющийся с высотой ветер и нисходящие потоки будут удерживать приток воздуха к торнадо, что в конечном счете приведет к его распаду.

Очень часто незадолго до распада отмечается наклон оси вращения торнадо. Торнадо немезоциклонного происхождения, в большинстве случаев, не так интенсивны, как мезоциклонные, по этой причине их очень сложно диагностировать на экране радиолокатора. К тому же, известно много случаев и довольно сильных не мезоциклонных торнадо, которые оставили после себя значительные разрушения.

В США наблюдается наибольшее количество торнадо (тромбов). Они имеют катастрофическую силу, и является одним из самых опасных явлений природы.

Самой главной причиной частых торнадо в США является встреча воздушных масс с большой различной температурой. Холодный воздух из Канады сталкивается с сухим воздухом со Скалистых гор и теплым влажным воздухом с Мексиканского залива [16].

В таких условиях возникают кучево-дождевые облака, которые несут в себе возникновение торнадо.

Торнадо в США встречаются в самых разных штатах — и в равнинных районах Америки, и на восточном побережье США и на полуострове Флорида. Все таки самые частые и особо опасные торнадо происходят на Аллее торнадо, условные границы которой захватывают 13 центральных штатов страны.

Во всех городах данных штатов стоят специальные сирены, предупреждающие о появлении торнадо, а дома при постройке снабжаются противоторнадными убежищами (рисунок 2.3).

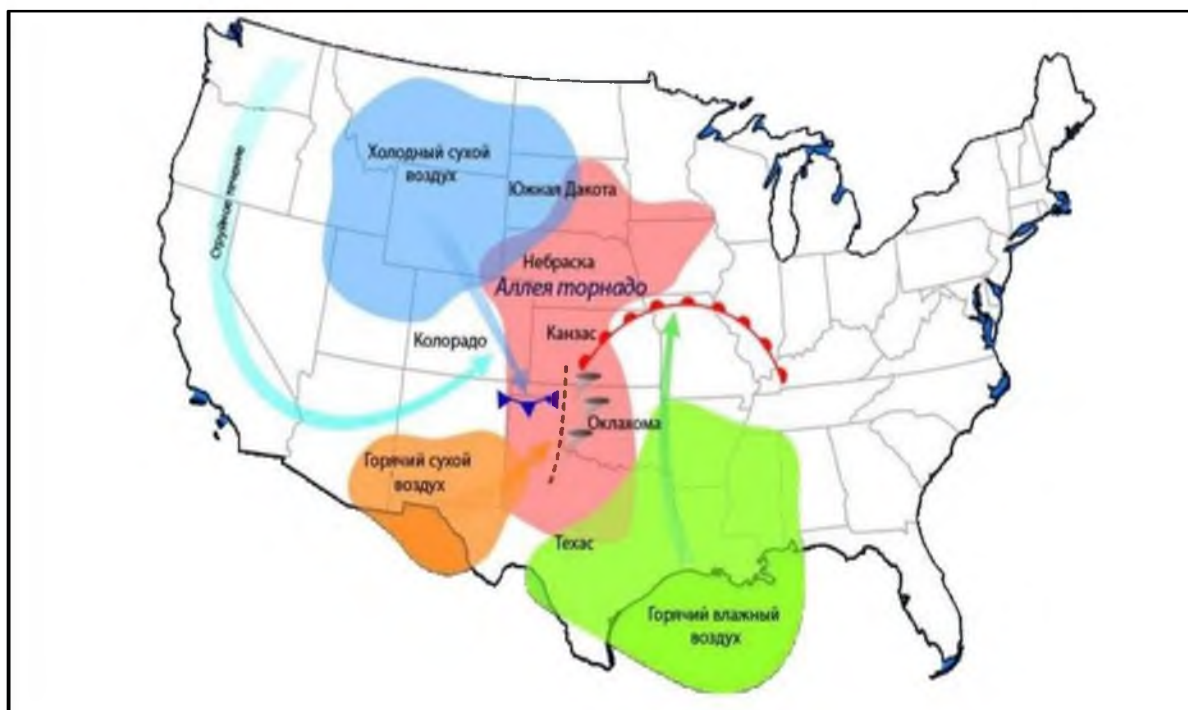


Рисунок 2.3 - Аллея торнадо

«Аллея торнадо» включает области центральной части США, в которую входят штаты, Айова, Канзас, Небраска, Колорадо, Оклахома, Южная Дакота, Миннесота и Техас. На эти штаты приходится 90% всех торнадо, образующихся в США.

Термин «Аллея торнадо» впервые был употреблен в 1952 г. в научном проекте Э. Фаубуша и Р. Миллера, в котором была исследована погода в США. Затем это название подхватила пресса, распространив его по всему миру. Иногда еще употребляется термин «Великие равнины» пояса торнадо.

Почти вся территория Аллеи — это Великие равнины, где отсутствуют горы, часто выполняющие роль преград для сброса влаги. Из-за этого равнинная область открыта для прохождения холодных фронтов из Канады, а также теплых из Мексики. При их столкновении и зарождаются торнадо. Количество торнадо зависит от погодных условий и времени года. По



наблюдениям метеорологов максимальное количество приходится на весну, минимальное — на зиму.

Однако торнадо бушуют не только в области «Аллеи торнадо». Так, в 2012 году сразу два торнадо наблюдались в Нью-Йорке. Стоит отметить, что эти торнадо были довольно слабыми, и ограничились только поваленными деревьями.

Однако, вероятность возникновения по-настоящему разрушительного торнадо в Нью-Йорке существует.

Согласно данным Национальной метеорологической службы, наибольшее количество торнадо произошло в 2008 году, когда более 180 торнадо опустошили штат подсолнечник [17].

В 2009 году было зафиксировано около 100 торнадо по всему штату, что чуть меньше 5-летней скользящей средней.

В течение 2017 года активность торнадо была выше среднего показателя. В январе-сентябре было насчитано 1 262 торнадо с 144 предварительными отчетами о торнадо, которые еще не были подтверждены в октябре-декабре.

Это приводит к тому, что предварительный показатель торнадо составляет 1406, и ожидается, что итоговые цифры будут несколько ниже.

## 2.2 Сравнительный анализ повторяемости торнадо в штатах Оклахома и Техас

В связи с достаточно большой протяженностью страны с юга на север, с наличием горной цепи на западе и тем, что территория омывается с двух сторон океанами, а так же с особенностями циркуляции атмосферы (под влиянием мощных западных ветров, которые сталкиваются с теплыми влажными ветрами с залива) над США образуются разрушительные торнадо.

Так как торнадо являются характерной чертой местности необходимо рассмотреть их повторяемость в штатах «Аллеи Торнадо». Для более подробного анализа ниже приведены данные числа случаев торнадо в

наиболее часто встречающихся штатах (рисунок 2.4).

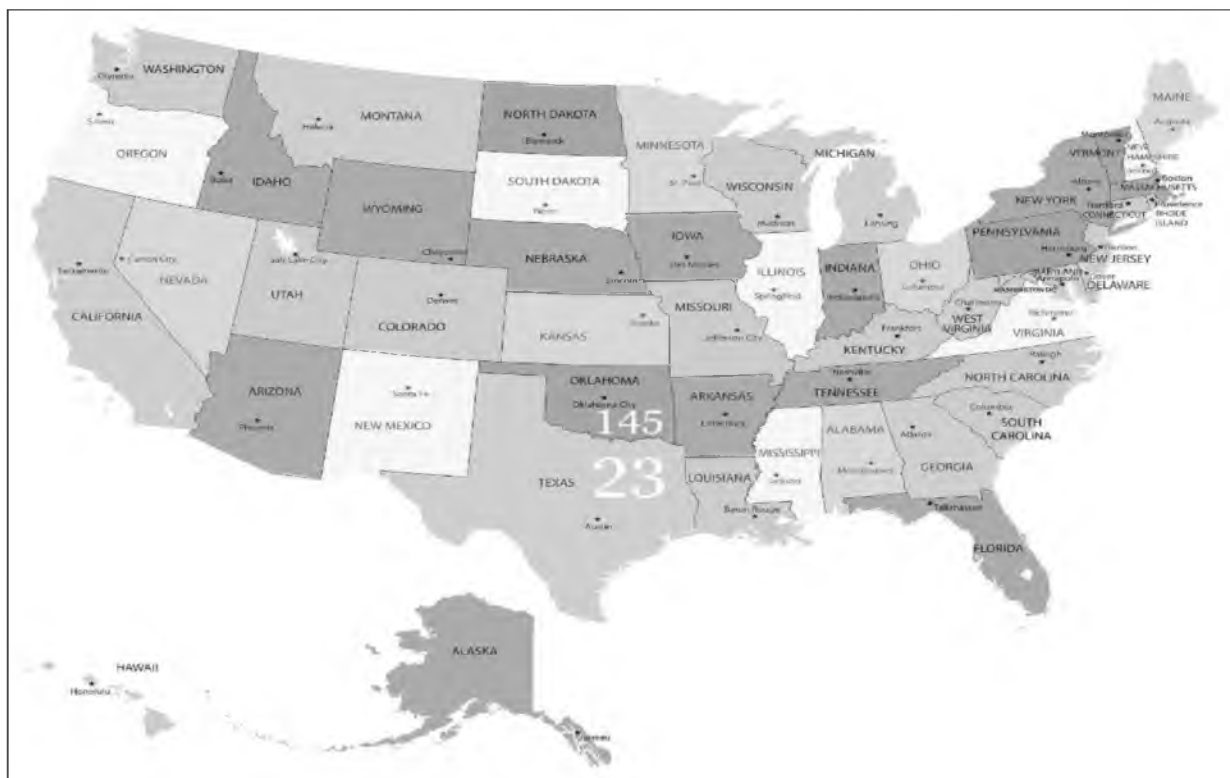


Рисунок 2.4 - Число случаев торнадо в наиболее часто встречающихся штатах.

Из рисунка 2.4 видно что больше всего торнадо встречается в штате Оклахома, потому что данный штат можно читать центром «Аллеи торнадо».

Для сравнительного анализа были взяты многолетние данные 1985-2014 гг. и периода с 2015 по 2019гг.(приложение 1)для того, чтобы проанализировать характер повторяемости этого метеорологического явления в США.

В таблице 2.3 обозначены средние и максимальные повторяемости торнадо в штате Оклахома за многолетний период 1985 – 2014гг.

Таблица 2.3 -Средняя, максимальная повторяемость торнадо в штате Оклахома 1985-2014гг.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
средняя	0.2	0.5	4.8	12	24.1	5.9	0.8	0.7	2.3	3.0	1.4	0.2	56.1
макс	4	6	17	54	91	28	6	6	16	27	11	3	145

Из данной таблицы видно, что пик возникновения торнадо на территории штата с 1985-2014гг. приходится на весенне-летний период. В среднем в Оклахоме торнадо образовывались 12 и 24.1 раз соответственно.

При расчетах многолетних данных среднее значение повторяемости торнадо над штатом Оклахома составило 56.1.

Максимальное количество торнадо за год было зафиксировано в 1999 г. и составило 145 за год.

Максимальное значение образования торнадо в месяц с 1985-2014 гг. наблюдалось в мае 2010 года и составило 91 образование.

Таблица 2.4 - Средняя, максимальная и повторяемость торнадо в штате Оклахома за 2015-2019гг.

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ср.	0	3	13	58.4	3.2	0.8	1.8	0	5.4	2.6	1	89.2
Макс	0	7	28	105	11	3	4	0	12	9	3	149

Из данной таблицы видно, что пик возникновения торнадо на территории штата после 2014г. приходится на весенний период. В среднем в Оклахоме торнадо образовывались 13 и 58.4 раз соответственно.

При расчетах данных среднее значение повторяемости над штатом Оклахома за 2015-2019гг. составило 89.2торнадо.

Максимальное значение образования наблюдалось в апреле 2019 года и составило 105торнадо за весь апрель.

Максимальное количество торнадо за год было зафиксировано в 2019 г. и составляло 149 за год.

В таблице 2.5 обозначены средние и максимальные значения повторяемости торнадо в штате Техас за многолетний период с 1985-2014гг.

Из данной таблицы видно, что пик возникновения торнадо на территории штата приходится на весенне-летний период. В среднем в мае и июне Техасе торнадо образовывались 1.5 и 0.86 раз соответственно.

При расчетах многолетних данных среднее количество повторяемости над штатом Техас за 1985-2014гг. составило 3.7торнадо.

Максимальное количество торнадо было зафиксировано в 1993 году и составило 23 за год.

Таблица 2.5 - Средняя и максимальная повторяемость торнадо в штате Техас 1985-2014гг.

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср.	0	0.03	0.16	0.83	1.5	0.86	0	0.16	0.06	0.06	0.03	0	3.7
Макс	0	1	2	6	10	14	0	2	1	1	1	0	23

Максимальное количество образования торнадо наблюдалось в мае 1993 года и составило 14 образование.

В таблице 2.6 обозначены средние и максимальные повторяемости торнадо в штате Техас за последние 3 года с 2015-2019гг.

Таблица 2.6-Средняя и максимальная повторяемость в штате Техас за 2015-2019гг.

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Ср.	0	0	0	0.6	2.4	0,45	0	0	0	0	0	0	3
Макс	0	1	2	6	10	14	0	2	1	1	1	0	23

Из данной таблицы видно, что пик возникновения торнадо на территории штата приходится на начало лета в июне иногда до максимума – 14 , а в среднем, и ближе к ним в последние месяцы весны. В апреле и мае в штате Техас среднее количество торнадо составило 0.6 и 2.4 раз соответственно.

За весь исследуемый трехлетний период, количество повторяемости над штатом Техас за 2015-2019гг. составило 3торнадо.

Максимальное количество торнадо было зафиксировано в 2018 году и

составило 11 за год.

Максимальное количество образования торнадо наблюдалось в мае и составило 14 образований.

Среднее количество торнадо, зафиксированные на территории США, за период наблюдений с 1991 - 2010 г. (рисунок 2.6).

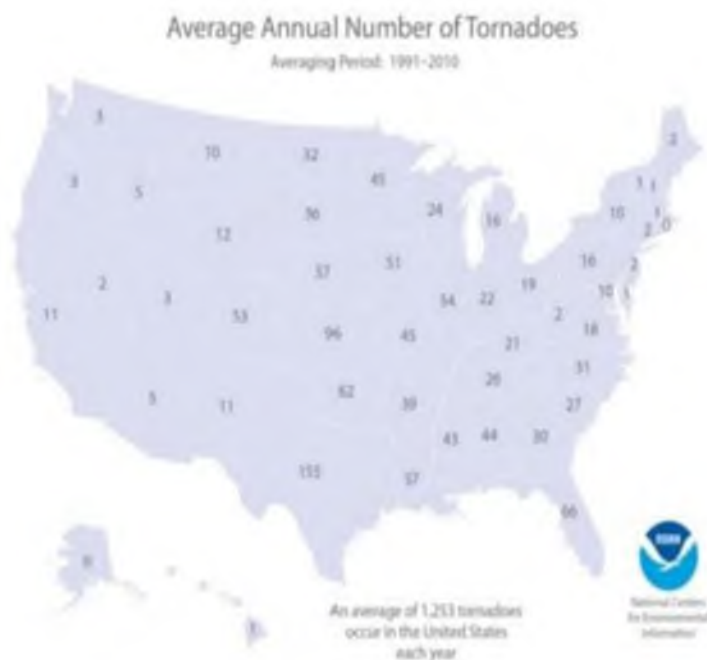


Рисунок 2.6- Количество случаев происхождения торнадо

Согласно данным (рисунок 2.6) Национальной метеорологической службы, наибольшее количество торнадо произошло в 2008 году, когда более 180 торнадо опустошили штат Канзас

В 2009 году было зафиксировано около 100 торнадо по всему штату, что чуть меньше 5-летней скользящей средней.

Также было подтверждено 70 торнадо во время вспышки 3 марта в Алабаме, Джорджии и Южной Каролине. 3 марта также был самым смертоносным днем в 2019 году для Торнадо с двадцатью тремя смертельными исходами в Алабаме от одного торнадо EF-4. В 2019 году не было зарегистрировано ни одного торнадо EF-5.

Самый активный день в 2019 году для торнадо был 27 мая с более чем 77

подтвержденными Торнадо от Колорадо до Огайо (рисунок 2.7).

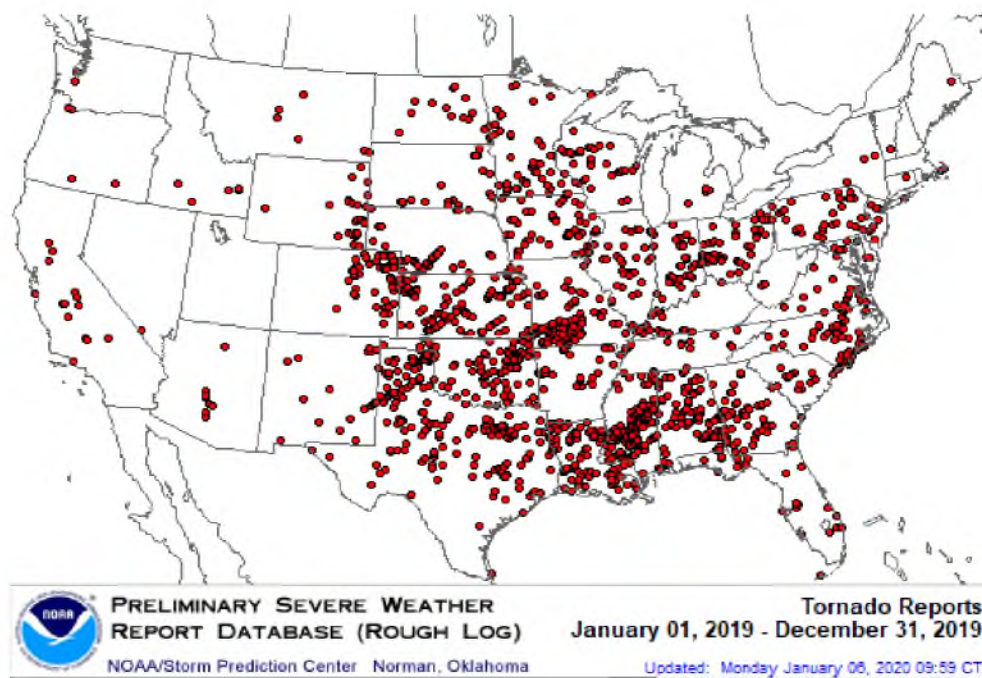


Рисунок 2.7 - Появление торнадо в 2019 году

Согласно рисунку 2.7, большая часть январских торнадо 2020 года (82 из 90) произошла во время двухдневной вспышки, 10-11 января. Эта вспышка была вызвана сильной, похожей на весеннюю штормовой системой, которая принесла сильные дожди. Разрушительные ветры и торнадо во многие штаты на юге и Юго-востоке.

### 3 Особо опасные торнадо и их последствие.

#### 3.1 Рекорды торнадо: самых мощных торнадо в США

В списке торнадо-убийц за последние годы, самым страшным является торнадо трехштатов (ThreeStateTornado) который занимает первое место.

В таблице 3.1 приведен рейтинг 10 самых мощных торнадо, когда-либо имевших место в США.

Таблица 3.1 - Десять самых мощных торнадо

Ранг	Штат(ы)	Дата	Время	Погибшие	Пострадавшие	F-Масштаб	Город(а)
1	Миссури,Иллинойс,Индиана	18.03 1925	13.01	695	2027	F5	Murphysboro Gorham, DeSoto
2	Луизиана, Миссисипи	7.05. 1840	13.45	317	109	F?	Natchez
3	Миссури, Иллинойс	27.05 1896	18.30	255	1000	F4	St. Louis, East St. Louis
4	Миссисипи	5.04. 1936	20.55	216	700	F5	Tupelo
5	Джорджия	6.04. 1936	8.27	203	1600	F4	Gainesville
6	Техас, Оклахома, Канзас	9.04. 1947	18.05	181	970	F5	Glazier, Higgins, Woodward
7	Луизиана, Миссисипи	24.04 1908	11.45	143	770	F4	Amite, PinePurvis
8	Висконсин	12.06 1899	17.40	117	200	F5	NewRichmond
9	Мичиган	8.06. 1953	16.10	115	844	F5	Flint
10	Техас	11.05 1953	16.10	114	597	F5	Waco

Он прошел 18 марта 1925 г. по трем штатам — Иллинойс, Миссурии Индиана. Продолжительность торнадо составляла 3,5 часа. Длина всего прямолинейного непрерывного пути составила 350 км при скорости движения приблизительно сто километров в час. Самая большая ширина колебалась от 800 до 1600 м. Торнадотрех штатов является самым крупнымразрушающим по

числу жертв и попрыннесенным убыткам. Данный торнадо занимает 1-е место в рейтингсамых мощных торнадо США.Общая сумма погибших составило695 человек и тяжело раненных более 2000 человек.

Характерной особенностью данного торнадо было отсутствие резких видных очертаний воронки. Воронка была расплывчатой. Только в самом начале пути ее очертания были видны, но потом она исчезла в облаке, наполненном пылью, мусором и обломками.

Данная особенность этого торнадо приближает его к вихревым бурям. В последнем штате на пути следования торнадо, в Индиане, он имел вид темной массы, полной веток деревьев, крупного мусора, пыли, грязи, обломков домов. Не было никаких поднятий и прыжков, столь характерных для торнадо, и сила шторма все время была одинакова. Торнадотрех штатов, вероятно, назвали бы бурей, если бы он произошел в Европе.

Разрушительная сила торнадо была невероятно большой. На рис. 3.1 изображено все, что осталось от большой каменноугольной копи окружающего ее поселка.



Рисунок.3.1 - Развалины зданий большой каменноугольной копи (18 марта 1925 г., США).

Видно, что высокая железная, прочная, подъемная башня (копер)



осталась стоять, и то она была поломана и приведена в полную негодность. Рядом стояло фабричное здание с прочным железобетонным каркасом. Каркас остался стоять, наполненный воздухом и немногочисленными обломками после торнадо. Самое страшное впечатление производят разрушения рабочего поселка — на них страшно смотреть даже на фотографии. Не осталось ничего — ни домов, ни улиц, ни садов. Все превратилось в сплошной слой мусора, обломки погребенных в них трупов людей. Таковы последствия этого стихийного явления.

Торнадо Натчез (Natchez Tornado). Этот мощный торнадо сформировался, коснувшись земли по крайней мере в 20 милях к юго-западу от г. Натчез (штат Миссисипи) и двигался на северо-восток. Торнадо натолкнулся на реку Миссисипи приблизительно в 7 милях к юго-западу от города и двигался вверх по реке, сметая все по обоим берегам.

Этот длинный путь по воде и послужил причиной огромного количества человеческих жертв. Центральная и северная часть Натчеза были разделены воронкой шириной в милю. Во время прохождения торнадо воздух почернел от кружащих обломков домов, крыш, дымоходов и массивных блоков от расположенных вдалеке руин; все несло в воздухе так, как будто было выпущено из огромной катапульты.

Наибольшее число жертв составило в общем 48 человек на суше близ Натчеза и 269 человек на реке, наибольшей частью которого были затонувшие биржи и пароходы, которые унесло на расстояние тридцати миль. В то время перед гражданской войной это была эра рабства, и гибель рабов практически не считалась.

После этого торнадо в Натчезе ничего такого не происходило на протяжении двадцати лет, до тех самых пор, пока не был поражен торнадо г. Каманчи (Camanche) в штате Иова в 1860 г. Главным фактором, сыгравшим большую роль, определяющим количество жертв являлось наличие речного сообщения, как и на реке Миссисипи. Более 100 человек погибли на фермах, на реке и в городе каманчей. По соображениям теории вероятностей, прошедшее

через многолюдное место торнадо является редким явлением.

Все же, всегда нужно помнить, что такое маловероятное событие может случиться в будущем. Вероятно, в наше время это может произойти в парке или пройти ночью по густонаселённым улицам города.

Торнадо Сент-Луис / Восточный Сент-Луис (St.Louis/EastSt.Louis Tornado). Данный торнадо некоторое время был первым в списке самых разрушительных торнадо за всю историю США. Он зародился где-то в 6 милях к западу от моста Идс (EadsBridge) в Сент-Луисе. Торнадо был шириной в одну милю и двигался на восток. На его пути оставались только руины, он разрушал большие дома, железнодорожное депо, дороги, вырывал деревья с корнем, уничтожал бары, больницы, церкви, общий ущерб от него составил 10 миллионов долларов. В некоторых районах дома были уничтожены, дороги пробиты. Лафайетт Парк (LafayettePark) площадью в 36 акров превратился в руины из оголенных деревьев и пней. Число погибших в Сент-Луисе насчитывает 137 человек.

Торнадо достиг максимальной силы, когда пересек реку Миссисипи. Дома и фабрики были полностью разрушены; в среднем четверть домов и зданий были уничтожены или разрушены. Меньшая часть разрушений пришла на восточный Сент-Луис, там общий ущерб составил 2 миллиона долларов, а количество погибших составило 118 человек. На железнодорожном депо в Вандалия погибли 35 человек, не считая погибших, которые жили в плавучих хижинах, чьи дома и тела были унесены течением вниз по реке.

Торнадо Тупело (TupeloTornado). Этот торнадо, был одним из группы торнадо, возникшим близ г. Кофевилла (Coffeeville) в округе Ялобуша (YalobushaCounty) в штате Миссисипи. Торнадо двигался на восток–северо-восток через центр округа Ли (LeeCounty), пройдя через жилые дома в северной части Тупело. В отличие от Торнадо Гэйнсвилл (GainesvilleTornado) в штате Джорджия, имевшим место следующим утром, данный торнадо не пришёлся по деловому району. Торнадо уничтожил более двухсот домов и баров в западной части города. Он полностью разрушил плохо построенные дома в нескольких

милях к западу от города и в северо-восточной части города. Погибли целые семьи в 13 отдельно стоящих домах. Когда официальные потери достигли 216 человек, все еще более 100 человек находились в больницах в 3 разных штатах. Многие из них были в тяжелом состоянии.

После чего в газетах только опубликовали имена «белых» погибших, из-за этого невозможно определить число чернокожих пострадавших. Такой расистский аспект в документации по погибшим и пострадавшим от торнадо имел место вплоть до конца 1940-х гг. прошлого столетия и изредка сохранялся до середины 1950х гг. Были привезены покрытые вагоны около 150 в качестве временного жилья для пострадавших. Изкинотеатр сделали; для стерилизации медицинских инструментов использовали машины для попкорна. Данный торнадо, судя по всему, имел наибольшую мощность, чем случившийся на следующее утро в Гейнсвилле.

Торнадо Гейнсвилл (GainesvilleTornado). В начале рабочего дня пара мощных торнадо двинулась на восток-северо-восток через деловые районы Гейнсвилла, штат Джорджия. Очевидцы наблюдали два больших воронкообразных облака, которые обрушились на город Гейнсвилл после того, как слабый торнадо прошел через северную часть города. Направление движения одного из торнадо лежало в центр города с юго-запада, к западу от шоссе в Атланту. Другой торнадо прошел с запада по шоссе Даусанвилл (Dawsonville).

Торнадо пересеклись на западе Гровстрит (GroveStreet), и огромный 4-квартальный район превратился в руины, а по всему городу на некотором удалении от этого места также были участки разрушений. Произведенные разрушения поражали численностью обломков, заваливших улицы до 3-метровой высоты. Около 750 домов были разрушены и 254 сильно повреждены. Общая сумма ущерба составила 12,5 миллионов долларов. Максимальное количество погибших в одном здании среди всех торнадо в США наблюдалось в КуперПентсФектори (CooperPantsFactory): многоэтажное здание, заполненное рабочими, обрушилось и загорелось, унеся жизни около 70 человек. В

ПаколетМилл (PacoletMill) воронка была хорошо видна с юго-запада, и 550 рабочих побежали в северо-восточный угол здания, предотвратив, таким образом, большую трагедию.

Многие люди, в особенности ученики средней школы, нашли убежище в складе Ньюненс Дипатмент (Newnan'sDepartment). Здание обрушилось, похоронив под обломками около 20 человек. Разрушения были настолько сильными и сопровождались сплошными пожарами, что невозможно было определить, сколько человек погибло в определенном здании. К настоящему времени 203 человека числятся среди погибших; еще 40 человек считаются пропавшими без вести. В деловой части города несколько зданий были уничтожены, в то время как многоэтажные бизнес-центры и фабрики остались целыми или лишь обрушились.

Торнадо Вудворд (Woodward Tornado). Данный торнадо полностью уничтожил город Глазьер (Glazier) и большую часть города Хиггинса (Higgins). Общее число жертв в Глазьере и Хиггинсе — 68 человек, общее число пострадавших в Глазьере и Хиггинсе — 272 человека.

Согласно данным национальной прессы 2 человека были найдены в 3 милях неподалеку от Глазьера. Пройдя через округ Эллис (EllisCounty) в штате Оклахома, торнадо убил в 6 раз больше человек, чем когда он проходил около г.Шаттака (Shattuck), Арнетта(Arnett), Гейджа (Gage) и Фарго (Fargo), уничтожая десятки ферм и ранчо. В Вудворде торнадо привел к гибели в общем 107 человек, большей частью в северной части города, где пострадали около 997 человек, а также было разрушено более 100 капитальных строений и более 998 домиков повреждены или полностью разрушены.

Опустошенный Вудворд выглядел еще более страшнее из-за холода и снега. Дождь, который начался сразу, после торнадо предотвратил пожары. Обрывки бумаги из Woodward падали в большом количестве на юго-западе округа Барбер (BarberCounty) в 15 милях от зоны разрушений. Отрезок пути торнадо в штате Оклахома принадлежал 5 или даже большему числу отдельных торнадо.

Торнадо Амит/Пайн/Первис (Amite/Pine/Purvis Tornado). Погибло два человека в «Dennis Springs» в приходе Святой Елены (St. Helena Parish) и два в Монпелье (Montpelier). Крупные разрушения в штате Луизиана имели место в г. Амите (Amite), приходе Танджипахоа (Tangipahoa Parish), где ширина пути этого торнадо составляла более двух миль. Погибло двадцать девять человек в Амите, а четыре других на юге Уилмера (Wilmer). После пересечения р. Миссисипи близ Болтаун (Balltown) торнадо погубил двух человек в округе Марион (Marion County) и 400 человек получили ранения. По имеющимся данным выстояли лишь 7 из 150 домов в городе, а общие потери превысили 500 тысяч долларов. Еще четыре человека погибли в округе Форест (Forest County) в 8 милях к югу от Хаттисберг (Hattiesburg) вблизи МакКаллум (McCallum), когда бригада рабочих спряталась от приближающегося торнадо в крытых вагонах. Эти вагоны были отброшены на 50 метров и уничтожены торнадо вместе с людьми.

Торнадо Нью-Ричмонд (New Richmond Tornado). Данный торнадо возник как весьма впечатляющий водяной торнадо на озере Сент-Круа (Lake St. Croix) в 5 милях к югу от Гудзона (Hudson) в штате Висконсин. При разрушении ферм около Бурхардта (Burkhardt) и Бордмана (Boardman) погибли 3 человека. Торнадо прошел через Нью-Ричмонд именно в тот день, когда более 1000 приезжих пришли из близлежащих деревень посмотреть цирковое выступление. Цирковое выступление закончилось примерно в 16 ч 30 мин.

Проходя через самый центр города, торнадо уничтожил все виды строений. Большое количество летающего мусора и обломков стало причиной многочисленных жертв и пострадавших. В 6 семьях погибли по 4 и более человек. Более 300 зданий были повреждены или разрушены. Хорошая видимость воронки, возможно, предотвратила еще большее число смертей. Хотя этот торнадо был не самым сильным, но было не подходящее время из-за этого такое количество жертв.

Торнадо Флинт (Flint Tornado). Этот торнадо полностью уничтожил все дома по обе стороны дороги Колдуотер (Coldwater Road) на протяжении около 1

мили. Полоса разрушений, оставленная на этом участке, имела ширину более полумили. Из-за большой ширины разрушений такое количество пострадавших и погибших. Более чем в 20 семьях погибли по несколько человек. Этот торнадо был последним в США, как пишут разные источники, который унес более 100 жизней.

Торнадо Вако (WacoTornado). Дома как на севере, так и на востоке г.Вако были сравнены с землей, но детальную информацию получить трудно. Большое количество офисных зданий было уничтожено и повреждено, около 700. Большой ущерб этот торнадо нанес в деловом районе, больше всего досталось шести этажному мебельному заводу.

На этом складе погибло по крайней мере около 30 человек. Руины от мебельного склада завалили улицу до 1,5-метровой высоты. В некоторых раздавленных машинах погибло 5 человек. Выживших доставали из-под обломков в течение 14 часов, и еще несколько дней потребовалось для того, чтобы извлечь тела, заваленные под многотонными обломками здания. По некоторым данным общее число разрушенных и повреждённых домов составляет. Более 200 автомобилей были повреждены или уничтожены.

### 3.2 Снижение последствий торнадо

В целях снижения последствий от торнадо проводятся предварительные мероприятия. К ним относятся: ограничение размещения объектов с опасными производствами; создание материальных резервов (продукции, топлива, сырья) на случай нарушения централизованного снабжения вследствие чрезвычайных ситуаций метеорологического характера; ограничение землепользования; демонтаж некоторых устаревших или хрупких зданий и сооружений; укрепление промышленных и жилых зданий, подвалов и укрытий; вырубка старых, гнилых деревьев, определение безопасных режимов работы различных предприятий (особенно предприятий, использующих опасные вещества) в условиях сильного ветра; подготовка населения и спасателей к действиям в

условиях торнадо.

В зависимости от местных условий для предотвращения нежелательные последствия от торнадо, до его прихода, проводят работы по укреплению наземных зданий и построек, обращая особое внимание на недостаточно прочные конструкции, трубы, крыши.

В помещениях закрывают окна, ставни, чердаки. Окна и витрины, расположенные с наветренной стороны, защищают ставнями или обшивают досками. Иногда необходимо вытащить стекла из окон и заменить их фанерой прочно укрепив их с двух сторон. Стекла с подветренной стороны заклеивают полосками бумаги или ткани. В большинстве случаев двери и окна с подветренной стороны необходимо оставить открытыми, чтобы уравновесить внутреннее давление в здании. Открытые двери и окна необходимо укрепить. Необходимо отключить электричество и водоснабжение. Также необходимо открыть водосточные люки для спуска осадков.

На предприятиях создают условия их безаварийной деятельности. В местах возможных наводнений проводят меры по ограничению распространения воды и предотвращению аварий и несчастных случаев. Усиливают охрану особо важных объектов и материальных ценностей.

По причине нарушений подачи электроэнергии населению необходимо позаботиться об аварийных светильниках: электро фонарях, керосиновых лампах типа «летучая мышь», свечах. Возможны нарушения подачи воды, поэтому необходимо создать запас питьевой воды на 2-3 суток, желательно в плотно закрывающихся емкостях, а также воды для бытовых потребностей. В период урагана могут возникнуть сложности в пользовании газовыми и обычными плитами, поэтому необходимо привести в готовность походные плитки или какие-либо другие автономные нагревательные приборы (примусы, керосинки и т.п.).

При себе необходимо иметь небольшой резерв нескоропортящихся товаров питания, приготовление пищи из которых не требует большого труда, индивидуальные пакеты первой медицинской помощи и лекарства,

необходимые членам семьи. Предметы со двора следует убрать в помещение или прочно укрепить. В сельской местности неплохо иметь под рукой материалы, в которых может возникнуть необходимость для защиты строений от ветра и дождя, а также инструмент.

Транспортные средства могут быть необходимы, поэтому желательно заправить их, залить масло и прокачать шины. Боковое окно автомобиля на подветренной стороне необходимо слегка опустить, чтобы сбалансировать атмосферное давление. Радио и телевизоры рекомендуется постоянно держать включенными. Если есть приемник на батарейках, он должен быть готов к работе в случае выхода из строя силовой установки.

При торнадо усиливаю управление движением на основных автомагистралях, а в некоторых случаях движение прекращается полностью. Разрушенные здания, грозящиеся обрушиться, ограждают предупреждающими знаками и оцепляют полицейскими постами. Они также разделяют места проведения спасательных работ.

В области торнадо большое значение имеют работы по предотвращению возгорания от короткого замыкания электрических проводов, искр при падении стальных предметов, повреждения печей и электроустановок, а также резервуаров и трубопроводов с горючими и взрывоопасными веществами. Принимая во внимание производственные потребности, они уменьшают количество пожаров, отдельные линии электропередачи обесточиваются, трубопроводы отключаются, а электрические установки отключаются. Из мест возможного возгорания удаляются все легко воспламеняющиеся и взрывоопасные вещества. Пополняют средства пожаротушения.

Большое значение в снижении возможных травм во время торнадо имеет разъяснение правил безопасности для населения. Находясь в здании, желательно переместиться в самое прочное помещение. При сильных порывах ветра необходимо отойти от окон и дверей под защитой опор. Лучше всего пройти внутрь первого этажа здания, находясь под сильным порывом ветра или торнадо, укрыться в подвале. Нельзя быстро покидать помещение, так как ветер



ослабевает, потому что через несколько минут может возникнуть новый, не менее сильный порыв ветра. Если обстоятельства вынуждают быть в дороге, вам следует держаться подальше от наземных зданий и сооружений, высоких заборов, столбов, деревьев, проводов и т.д. Не оставайтесь на мостах, путепроводах или вблизи объектов, которые представляют собой легковоспламеняющиеся или мощные токсичные вещества.

Находясь на улице с очень сильными порывами ветра или во время торнадо, вы должны укрыться в ближайших раскопках - канаве, овраге, ущелье и лежать там, крепко прижимаясь к земле. Разорванные и обесточенные электрические провода особенно опасны.

К основным группам заблаговременных предупредительных мероприятий относятся:

- оценка и проверка прочности относительно слабых элементов конструкций и их укрепление с целью обеспечения сохранности при воздействии ураганных ветров;

- подготовка и проведение предупредительных мероприятий, направленных на предотвращение и локализацию возникающих пожаров при разрушении зданий, печей, технологических установок открытого горения, а также пыльных бурь и затопления местности.

Защитные меры, принимающиеся при подготовке и ликвидации последствий торнадо, при ликвидации чрезвычайных ситуаций:

1. прогнозирование возможной обстановки с торнадо;
2. проверка готовности защитных сооружений, подвалов и других заглубленных сооружений, оповещение и укрытие населения;
3. подготовка сил и средств ГСЧС (сбор, проверка оснащения и готовности к действиям), органов управления и служб к действиям по предупреждению и ликвидации последствий ЧС;
4. закрепление дымовых труб, порталных кранов путем установки растяжек и подпорок;
5. проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ и

мероприятий по локализации и тушению пожаров, защите населения и сельскохозяйственных животных от опасных факторов ЧС;

6. безаварийная остановка производства на взрыво-, газо- и пожароопасных объектах, снижение объема хранимых опасных веществ;

7. восстановление разрушенных систем электроснабжения, связи, управления и информирования населения и подготовка к восстановительным работам в зоне ЧС;

8. эвакуация населения из районов разрушений, пожаров, затоплений и других опасных зон, его жизнеобеспечение.

## Заключение

Торнадо представляет из себя вращающуюся воздушную колонну, в нижней части кучево-дождевого облака. Он выглядит, как большая колонна, которая достигает поверхности Земли. Торнадо считается, как малый атмосферный вихрь.

Торнадо возникает практически на всех континентах земли, за исключение Антарктиды. Территория США подвержена больше других континентов земной поверхности. Главными причинами, которой являются географическое положение и столкновение воздушных масс с сильно различающейся температурой. Теплый влажный воздух с Мексиканского залива сталкивается на территории США с холодным воздухом из Канады и сухим воздухом со Скалистых гор.

В результате проделанной работы можно сделать выводы:

1. Поступление влажного тропического воздуха со стороны Мексиканского залива и Атлантического океана на территории США наблюдается до пятисот торнадо в год. При этом 90% всех торнадо приходятся на штаты центрального региона: Техас, Небраска, Айова, Канзас, Оклахома, Колорадо, Южная Дакота и Миннесота. За последние 20 лет с 1991 до 2010 годы среднее количество их превысило более 1000.

2. По результатам многолетних данных за 1985-2014г.г., возникновение торнадо на территории штата Оклахома приходится на весенне-летний период. При этом в среднем за год в штате Оклахоме их количество составляло от 12 до 24с максимумом до 145случаев, а в иные годы до 90 образований в отдельные месяцы.

3. Анализ данных после 2014 года указывает на некоторые изменения их возникновения, так они стали чаще встречаться в весенний период до среднемесячных значений - 13 - 58 раз с максимумом - 149 за год.

4. Результаты анализа двух периодов в штате Техас (прибрежный) указывают на значительно меньшее количество от 1.5 и 0.86 образований , а

пик образования приходится на май и июнь с максимумом в отдельные годы до 23.

5. Для снижения последствий от торнадо предусмотрены общеизвестные требования: ограничение размещения объектов с опасными производствами; создание материальных резервов технические работы по укреплению наземных зданий и построек.

## Список использованной литературы

1. National Weather Service. Storm Prediction Center [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spc.noaa.gov/climo/online/monthly/newm.html> (дата обращения: 17.05.2020)
2. National Weather Service. The Onlain Tornado [Электронный ресурс]. URL: <http://www.spc.ncep.noaa.gov/faq/tornado/#Research> (дата обращения 23.04.2020)
3. National Weather Service [Электронный ресурс]. URL: <http://www.weather.gov/ict/kstorfacts> (дата обращения: 20.05.2020)
4. Torna dorecords: JesseRussell. – СПб.: Книга по Требованию, 2013. 127 с
5. TORRO scale: Jesse Russel. – СПб.: Книга по Требованию, 2012. – 172 с.
6. Алексеева А.А. Распознавание конвективных стихийных явлений погоды на основе цифровой информации с ИСЗ с целью их сверх краткосрочного прогноза // А.А. Алексеева // Труды Гидрометцентра России. – 2000. –335. – С. 59 – 73.
7. Алексеева, А.А. Оценка максимальной скорости конвективного потока, характеристик ливневых осадков и града по радиолокационной информации // А.А. Алексеева, Б.Е. Песков // Труды Гидрометцентра России. – 2016. – Вып. 360. – С. 135 – 148.
8. Алексеенко, С.В. Введение в теорию концентрированных вихрей //С.В. Алексеенко, П.А. Куйбин, В.Л. Окулов. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. – 503 с.
9. Андрущенко, В.А. Интенсивные атмосферные вихри: Проблема оценки и управления рисками. Методы предотвращения // В.А. Андрущенко, И.В. Мурашкин, Ю.Д. Шевелев. – М: Ленанд, 2017. – 304 с.
10. Аргучинцев, Валерий Куприянович. Динамическая Метеорология. - Москва: Мир, 2009. - 179 с.

11. Арсеньев С. Смерчи и торнадо. – М.: Наука, 2005. – 112 с.
12. Атлас океанов. – М.: Главное управление навигации и океанографии Министерства обороны СССР, 1974. – 364 с.
13. Атмосфера. Справочник: под редакцией Ю.С. Седунова. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 510 с.
14. Бендат, Д. Прикладной анализ случайных данных: пер. с англ. // Д. Бендат, А. Пирсол. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
15. Богаткин, О.Г. Авиационные прогнозы погоды.: учеб. пособие. – 2-е изд., стереотипное / О.Г. Богаткин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 288 с.
16. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология // учебник. Л. Гидрометиздат. 1991 — 612 с.
17. Даниленко Н.В. Науки о земле. Торнадо // Вестник ИрГТУ. – 2004. – №2. - С. 48-54.
18. Ермакова Л.Н., Тимофеева А.Г., Толмачева Н.И. // Основы метеорологии и климатологии: учеб. пособие. М., ИПК Росгидромета — 2017 — 332 с.
19. Зверев А.С. Синоптическая метеорология // учеб. пособие. Л. Гидрометиздат, 1977 — 712 с.
20. Кукол З. Природные катастрофы. – М.: Изд. «Знание», 1985. – 242 с.
21. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы: учеб. пособие. Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
22. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. Гидрометеиздат, 1965. – 875 с.
23. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. –Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 296 с.
24. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы: Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению «Гидрометеорология» и специальности «Метеорология» – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – 778 с.
25. Наливкин Д.В. Смерчи; Отв. ред. М. И. Будыко. - М. : Наука, 1984. -

111 с.

26. Официальный сайт Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат\\_США](https://ru.wikipedia.org/wiki/Климат_США) (дата обращения: 25.04.2020)

27. Петтерссен, С. Введение в метеорологию // С. Петтерссен. - М.: Гостехиздат, 2005. - 278 с.

28. Руководство по краткосрочным прогнозам. Часть 1. под ред. Белоусова Л.С. // Л., Гидрометиздат. —1986. — 704 с.

29. Халтинер Мартин Мартин Дж. Ф. Динамическая и физическая метеорология - М.: Издательство иностранной литературы, 2002. - 436 с.

## Приложение 1

### Ежемесячная / годовая статистика возникновения торнадо в Оклахоме

ГОД	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
1985	0	2	5	10	6	5	1	0	3	0	4	0	36
1986	0	0	2	4	25	1	0	2	7	6	0	0	47
1987	0	3	9	0	5	0	1	0	1	0	4	0	23
1988	0	0	5	0	2	3	0	0	2	0	5	0	17
1989	0	0	2	1	7	6	0	1	1	2	0	0	20
1990	0	0	10	3	10	6	1	0	0	0	0	0	30
1991	0	0	17	24	20	4	1	0	0	7	0	0	73
1992	0	0	2	9	25	9	2	0	16	1	0	0	64
1993	0	0	6	17	20	13	0	0	5	2	1	0	64
1994	0	0	1	15	11	2	6	2	0	3	0	0	40
1995	0	0	2	22	17	28	6	0	0	4	0	0	79
1996	0	0	1	18	9	6	0	6	7	0	1	0	48
1997	0	1	1	1	41	5	1	1	2	2	0	0	55
1998	0	0	1	1	22	22	2	1	3	27	4	0	83
1999	0	1	6	19	90	14	0	1	2	4	5	3	145
2000	0	2	15	6	11	3	0	0	0	7	0	0	44
2001	0	0	0	10	25	1	0	0	6	19	0	0	61
2002	0	0	0	7	7	2	0	0	2	0	0	0	18
2003	0	0	4	15	59	0	0	0	0	0	0	0	78
2004	0	0	12	13	26	4	0	0	0	1	6	0	62
2005	0	0	8	7	0	10	0	0	1	1	0	0	27
2006	0	0	7	8	4	5	0	0	3	0	0	0	27
2007	0	0	5	3	29	5	1	5	0	1	0	0	49
2008	4	0	13	9	42	5	0	0	2	0	1	1	77
2009	0	6	1	17	4	3	0	1	0	2	0	0	34
2010	0	0	2	1	91	4	1	0	3	0	0	1	103
2011	0	1	0	50	46	7	0	1	3	0	11	0	119
2012	0	0	5	54	3	0	0	0	0	1	0	0	63
2013	2	0	2	12	63	0	2	1	0	0	0	0	82
2014	0	0	0	4	4	5	0	0	1	1	0	1	16
2015	0	0	7	5	83	1	3	0	0	0	9	0	111
2016	0	0	5	28	24	0	1	0	0	0	0	0	58
2017	0	0	3	10	57	2	0	4	0	9	0	0	85
2018	0	0	0	0	23	2	0	2	0	12	4	0	43
2019	0	0	0	22	105	11	0	3	0	6	0	2	149



Ежемесячная / годовая статистика для торнадо Техас

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Всего
1986	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1988	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	3
1989	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	4
1990	0	0	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5
1991	0	0	2	1	5	0	0	0	0	1	0	0	9
1992	0	1	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	6
1993	0	0	0	6	3	14	0	0	0	0	0	0	23
1994	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	6
1996	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1997	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	2
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	5
2000	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2001	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	5
2002	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
2003	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	0	0	5
2004	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
2005	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
2006	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2
2010	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	5
2011	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5
2012	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3
2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2015	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2016	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2017	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2018	0	0	0	0	1	10	0	0	0	0	0	0	11
2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0