

Глава 5. ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ

Атмосфера (от др. греч. «атуос» – пар и «сфера» – шар) - газовая оболочка (геосфера), окружающая планету Земля (рис. 5.1). Внутренняя её поверхность покрывает гидросферу и частично кору, внешняя граничит с околоземной частью космического пространства.

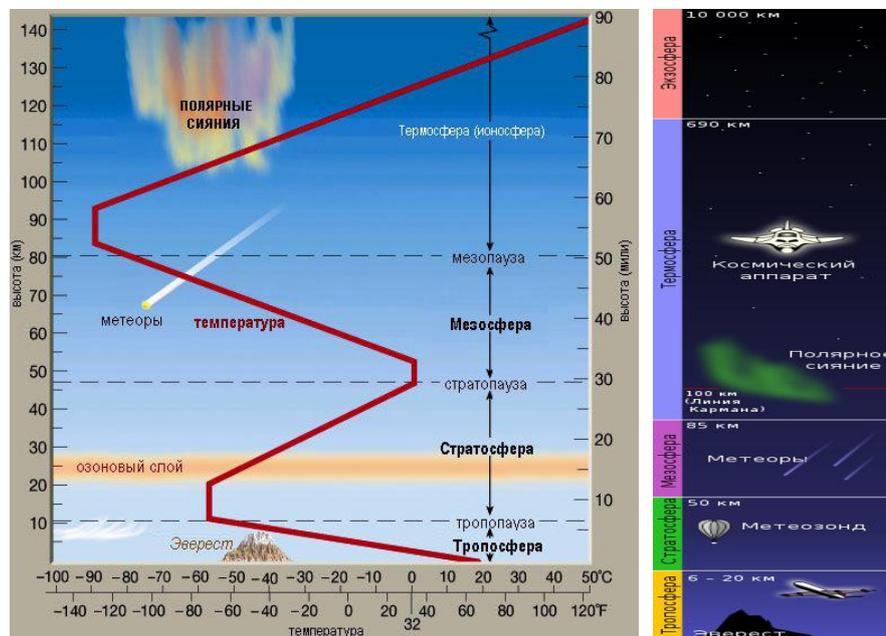


Рис. 5.1. Строение атмосферы

Атмосфера по характеру изменения температуры с высотой, делится на несколько сфер: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера (таблица 5.1).

Таблица 5.1

Сферы атмосферы по характеру изменения температуры с высотой

Название слоя	Высота верхней границы	Характеристика слоя
Тропосфера	8-10 км в полярных, 10-12 км в умеренных и 16-18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом	Нижний основной слой атмосферы. Содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты, со средним вертикальным градиентом 0,65/100 м
Тропопауза	—	Переходной слой между тропосферой и стратосферой; толщина колеблется от нескольких сотен метров до 1-2 км. Зимой тропопауза ниже, чем летом; кроме того, высота тропопаузы колеблется при прохождении циклонов и антициклонов. Средняя температура над полюсом зимой около -65°C, летом около -45°C; над экватором весь год около -70°C и ниже
Стратосфера	50-55 км	Температура с ростом высоты возрастает до уровня 0°C. Малая турбулентность, ничтожное содержание водяного пара, повышенное по сравнению с ниже- и вышележащими слоями содержание озона

		(максимальная концентрация озона на высотах 20-25 км)
Стратопауза	—	Пограничный слой атмосферы между стратосферой и мезосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место максимум (около 0°C)
Мезосфера	80—85км	Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом (0,25-0,3)/100 м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т. д. обуславливают свечение атмосферы
Мезопауза	—	Переходной слой между мезосферой и термосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место минимум (около -90°C)
Термосфера	Ок. 800 км	Температура растёт до высот 200 — 300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород
Экзосфера (сфера рассеяния)	-	Внешний слой атмосферы, из которого, быстро движущиеся лёгкие атомы водорода могут вылетать (ускользать) в космическое пространство. Температура достигает уровня более 3000 К. На больших расстояниях от Земли (2 - 3 тыс. км и более) нейтральную экзосферу образуют почти исключительно атомы водорода, на более низких высотах заметную долю составляют атомы гелия, а ещё ниже — также и атомы кислорода

Атмосферные процессы порождают опасные природные явления метеорологического характера (рис. 5.2).

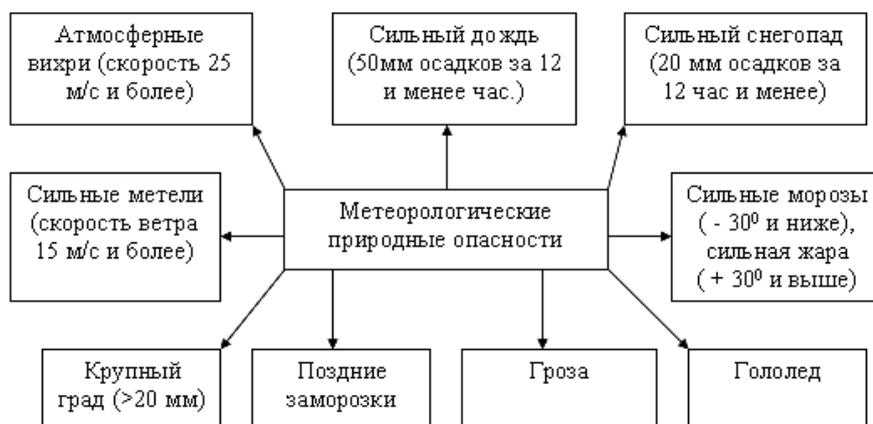


Рис. 5.2. Опасные природные явления метеорологического характера

5.1. Общая характеристика опасных процессов в атмосфере

Сильные ветры, значительные перепады атмосферного давления и большое количество осадков могут вызвать разрушения и человеческие жертвы. Опасные атмосферные явления связаны с возможностью образования циклонов, ураганов и торнадо, кинетическая энергия E которых дана в таблице 5.2.

Таблица 5.2

Энергия катастрофических атмосферных явлений

Опасные явления	E , Дж
Пылевые смерчи	$4 \cdot 10^7$
Торнадо	$4 \cdot 10^{10}$
Шквалы	$4 \cdot 10^{12}$
Ураганы	$4 \cdot 10^{16}$
Циклоны	$4 \cdot 10^{17}$

Опасные атмосферные вихри. В порядке уменьшения энергии и размеров к ним относятся циклоны, тайфуны, шквалы, смерчи (торнадо). Они зарождаются вокруг мощных восходящих потоков теплого влажного воздуха (циклоны и тайфуны – над океанами), быстро вращаются против часовой стрелки в Северном и по часовой стрелке в Южном полушариях, при этом смещаются вместе с окружающей воздушной массой. По пути в благоприятных условиях подпитки влагой они могут усиливаться, но раньше или позже теряют энергию и гаснут.

Циклон – общее название вихрей с пониженным давлением в центре. Это вихревое движение вызывается сочетанием двух сил:

- контрастом между низким давлением в центре или осью атмосферного давления и повышенным давлением вокруг него;

- силой Кариолиса, которая представляет собой стремление любого движущегося тела на Земле или на ее поверхности отклоняться в сторону из-за вращения Земли. В Северном полушарии отклонение идет вправо от направления движения, а в Южном – влево. Сочетание этих двух сил образует циклоническую модель.

Особенности систем низкого давления способствуют усилению разрушительных сил центра циклонов. На движущийся над земной поверхностью воздух оказывают влияние рельеф местности и встречающиеся на его пути предметы. Например, непосредственно на земной поверхности и близ нее существует сила трения, которая заставляет потоки воздуха завихряться внутрь к области низкого давления. Это создает циклонические формы. Они компенсируются воздушными потоками, поднимающимися вверх из центра области низкого давления. Эти восходящие потоки на высоте охлаждаются, что увеличивает влажность воздуха. Таким образом, в любом регионе низкого давления возникают облака и высокая влажность, являющиеся характерной чертой не только циклонов, но и вообще ураганов.

Циклоны могут иногда достигать в поперечнике 800 км и больше, хотя такие размеры являются редкими.

Циклоны обычно делят на две главных категории: среднеширотные и тропические (тайфуны).

Среднеширотные циклоны могут формироваться как над сушей, так и над водой. Иногда их связывают с волнами или возмущениями вдоль полярных фронтов, и они движутся с преобладающими ветрами с запада на восток.

Тропические циклоны встречаются над теплыми тропическими океанами, в стадии формирования обычно движутся на запад с потоком пассатов (ветры), а после окончания формирования изгибаются к полюсам. Тропический циклон, достигший необычной силы, называется ураганом, если он рождается в Атлантическом океане и примыкающим к нему морям; тайфуном – если в Тихом океане (или его морях); циклоном – если в регионе Индийского океана.

Факторами опасности при различных атмосферных вихрях являются, прежде всего, сильные ветры и интенсивные осадки.

Разрушительная способность ветра выражается в условных баллах и зависит от скорости.

5.2. Циклоны и бури

Для циклонов средних широт (ураганы) характерен диаметр порядка 1000 км, максимум 4000 км, существуют они до 3–4 недель, за которые проходят расстояния до 10 тыс. км, в том числе до 5–7 тыс. км над сушей со скоростью обычно 30–40 км/ч, редко до 100 км/ч. Над Северной Атлантикой циклоны рождаются круглый год и движутся в Евразию. Ежегодное их число – несколько сотен, но лишь в единичных циклонах скорость ветра достигает ураганной на побережьях Западной Европы и снижается до штормовой в Восточной Европе; на дальнейшем пути они проявляются в виде обильных осадков. Наиболее вредоносны циклоны в зимнее время, когда, помимо прочего, они сопровождаются тяжелыми снегопадами. Длительность штормового ветра при прохождении циклонов в Евразии – от немногих часов до трех суток в Западной Европе.

По среднему многолетнему числу создаваемых ими стихийных бедствий ураганы занимают второе место после наводнений; по числу жертв – первое место (в 1947–1977 гг. – почти 70% жертв), лишь в отдельные периоды, уступая его иным видам природных ЧС; по наибольшей разовой величине экономического ущерба (десятки млрд долл.) ураганы входят в ведущую группу чрезвычайных ситуаций вместе с наводнениями, землетрясениями, засухами. Число жертв при ураганах достигает сотен тысяч (300 тыс. в Бангладеш, 1970 г., когда гребни волн достигали отметок 50 м, и было залито более 2/3 площади страны), чаще измеряется сотнями – тысячами в густонаселенной Азии, десятками – сотнями в других районах.

Ураган – ветер большой разрушительной силы и значительной продолжительности. Ураган – атмосферные вихри больших размеров со скоростью ветра до 120 км/ч, а в приземном слое – до 200 км/ч. Скорость ветра является важной характеристикой урагана, которая для удобства выражается в баллах (таблица 5.3). Важными характеристиками, необходимыми для прогнозирования ураганов, являются скорость и путь перемещения циклона, являющегося источником ураганного ветра.

Ураганы обусловлены некоторой неустойчивостью атмосферы, связанной с притоком теплого влажного воздуха. Восходящее его движение приводит к конденсации влаги в верхних слоях атмосферы и образованию центра урагана. Считается, что возникновение урагана связано с наличием области низкого давления, а его поддержание – с некоторым постоянным источником энергии, который представляет влажный воздух, поднимающийся над водной поверхностью. Выделяющееся при конденсации воды тепло питает ураганы энергией.

Разрушительное действие ураганов определяется, в основном, энергией скорости ветра, т.е. скоростным напором (g), пропорциональным произведению плотности атмосферного воздуха (ρ) на квадрат скорости (v^2) воздушного потока ($g = 0,5\rho v^2$).

Максимальное нормативное значение ветрового давления для территории России составляет 0,85 кПа, что при плотности воздуха 1,22 кг/м³ соответствует скорости ветра:

$$\frac{2g}{\rho} = \sqrt{\frac{2 \cdot 850}{1,22}} = 37,3 \text{ м/с (134 км/ч)}.$$

Для сравнения: приведем расчетные значения скоростного напора, использованные при проектировании атомной станции в районе Карибского бассейна: для сооружений I категории – 3,44 кПа, II и III категории – 1,75 кПа и для открытых установок – 1,15 кПа.

Шкала ветров

Баллы	Скорость ветра		Характеристика ветра (название ветрового режима)	Признаки
	м/с	км/час		
0	0	0	Штиль (полное затишье)	Дым идёт прямо
1	0,9	3,24	Тихий	Дым изгибается
2	2,4	8,64	Лёгкий	Листья шевелятся
3	4,4	15,84	Слабый	Листья двигаются
4	6,7	24,12	Умеренный	Листья и пыль летят
5	9,3	33,48	Свежий	Тонкие деревья качаются
6	12,3	43,30	Сильный	Качаются толстые ветки
7	15,5	55,8	Крепкий	То же
8	19,1	68,8	Буря	Стволы деревьев изгибаются
9	22,9	79,41	Шторм, буря	Ветви ломаются
10	26,4	95,0	Сильный шторм	Черепица и трубы срываются
11	30,5	110	Жестокий шторм	Деревья вырываются с корнем
12	34,8	122	Ураган	Везде повреждения
13	39,2	145	Сильный ураган	Большие разрушения
14	43,8	158	Сильный ураган	Большие разрушения
15	48,6	175	Жестокий ураган	Большие разрушения
16	53,6	193	Жестокий ураган	Большие разрушения
17	>58	<200	Жестокий ураган	Большие разрушения

Большую опасность представляет действие обильных дождевых осадков. Как правило, действие урагана сопровождается сильными ливнями, иногда опаснее его самого. Велика также разрушительная сила ударов от предметов, уносимых ураганным ветром. Разрушения и человеческие жертвы связаны также со штормовыми волнами, обрушивающимися на прибрежные участки суши. Основными разрушительными факторами урагана являются высокая скорость ветра, скоростной напор воздушного потока, его сила и продолжительность. На величину ущерба оказывают влияние также огромные массы приливных вод на морском побережье и продолжительные ливневые дожди, вызывающие обширные наводнения. Частотным анализом годового числа ураганов установлена возможность его описания распределением Пуассона

$$f(x) = \mu^x \exp(-\mu) / x \quad (5.1)$$

где $f(x)$ – функция распределения;

x – ежегодная частота;

μ – средняя ежегодная частота (для всех ураганов Атлантического побережья США $\mu=2$).

Функция распределения (5.1) вероятностей образования урагана может быть положена в основу прогноза риска возможных разрушений.

Непосредственная опасность надвигающегося урагана может фиксироваться слежением за его перемещением радиолокаторами, а также спутниками, что позволяет определить направление движения путем краткосрочного прогноза.

Пути движения тропических циклонов с ураганным ветром определяются вращением Земли и местными условиями. Вращение Земли придаёт им вид параболы, всегда открытой на восток. Двигается циклон как единое целое, независимо от его системы ветров. Движение циклона определяется движением его центра.

Во время холодной погоды бывают зимние метели, представляющие проявление циклонов (зона низкого давления). Крупные скопления снега, сопровождаемые сильным ветром, могут затруднить или парализовать движение автотранспорта.

В пустынях сильные ветры являются причиной пыльных и песчаных бурь. В течение песчаной бури, возможно, нарушение нормального электрического поля в атмосфере.

Имеющиеся в настоящее время средства позволяют зафиксировать возникновение, развитие, перемещение урагана. Правильное определение времени подхода урагана к данному району имеет решающее значение для своевременного проведения мероприятий, направленных на обеспечение безопасности населения и на уменьшение возможного ущерба.

Приближение урагана характеризуется резким падением атмосферного давления. Кроме того, источником информации о надвигающемся урагане являются сообщения о направлении и скорости его движения, передаваемого из тех районов, где он набрал полную силу. Эта информация служит основой для уточнения прогноза гидрометеоцентров.

Прогнозирование последствий урагана возможно лишь на основании прогноза пути движения и основных характеристик урагана, зная которые можно заранее оценить возможные разрушения зданий, сооружений, опор линий электропередач, мостов и т. п. Заблаговременность прогноза ураганов, как правило, невелика и измеряется часами. Долговременные прогнозы, осуществляемые на основе данных о ранее происшедших ураганах, отличаются небольшой точностью.

Тропические циклоны (тайфуны) отличаются от среднеширотных меньшими размерами, меньшим давлением в центре, большим запасом влаги, более сильными ветрами. Скорость в 3/4 тропических циклонов достигает штормовой, в 10–40% – ураганной. Диаметр зоны с ураганскими скоростями ветра в атлантических тропических циклонах 20–150 км, в тихоокеанских 20–200 км, редко до 300 км, диаметр зоны штормовых ветров и ливней 100–400 км, максимум до 600 км в атлантических, 200–900 км и до 1500 км в тихоокеанских циклонах.

В урагане диаметром 700 км ежесекундно выделяется энергия, эквивалентная взрыву пяти атомных бомб хиросимского типа, а за сутки эквивалентная той, которую выработала бы Братская ГЭС за тысячелетие. Тропические циклоны смещаются со скоростью 400–700 км/сут., существуют 5–15 дней, максимум до 5 недель, проходят за это время до 15–20 тыс. км, в том числе над сушей до 500 км, реже до 2000–2500 км, максимум – до 4000 км (от Мексиканского залива в Канаду). В Северной Америке и Евразии разрушительные ураганы могут проникать до 60° с. ш., иногда до 70° с. ш. Продолжительность штормовых и ураганских ветров над некоторой точкой побережья – от немногих часов до 4 суток.

Тропические циклоны зарождаются над поверхностью океанов преимущественно в полосах между широтами 5 и 30°, при температуре поверхности воды не ниже 27°C. Ежегодно возникает около 50 тропических циклонов, достигающих ураганной силы, в том числе около 20 в западной части Тихого океана с движением циклонов к восточным берегам Азии, вплоть до Камчатки, 14 – в Индийском океане с движением к южным берегам Азии и восточным берегам Африки, 7–8 – в Атлантике с движением к берегам Центральной Америки и США, вплоть до полуострова Лабрадор, 6 – в восточной части Тихого океана с движением к западным берегам США. От года к году число тропических циклонов, зарождающихся в каждом районе, колеблется в пределах 50%, среднее за ряд лет – в пределах 30% с приблизительно 11-летней и более длинной ритмичностью.

Территории России разрушительные циклоны Атлантики достигают относительно редко. Наиболее сильное воздействие западных циклонов проявляется в обильных осадках, ливневых наводнениях, буранах, снегозаносах и ощущается преимущественно в европейской части страны. Случаются жертвы: разовый экономический ущерб достигает многих десятков миллионов рублей (в ценах 1980-х г.). Камчатка, Сахалин, Курильские острова в Приморье посещаются сильными тайфунами раз в несколько лет, слабыми – до

2–4 раз в год. Рекордная скорость ветра во Владивостоке – 65 м/с, довольно частая – более 40 м/с.

Шквальные бури и смерчи (торнадо) – это вихри, возникающие в теплое время года на мощных атмосферных фронтах, но, иногда и при особо интенсивной местной циркуляции.

Шквалы – горизонтальные вихри под краем наступающей полосы мощных кучево-дождевых облаков. Ширина шквала отвечает ширине атмосферного фронта и достигает сотен километров. Скорость движения воздуха в вихре складывается со скоростью движения фронта и местами достигает ураганной (до 60–80 м/с). Так образуются шквальные бури или штормы. Их ширина – первые километры, редко до 50 км, длина пути 20–200 км, редко до 700 км, длительность в каждой точке пути – от нескольких до 30 мин. Они сопровождаются мощными ливнями и грозами. Шквалы и местные шквальные бури характерны для всех территорий, охватываемых циклонической деятельностью. Их повторяемость и сезонность зависят от некоторых характеристик сталкивающихся воздушных масс и различны от места к месту. Для европейской части России представительна статистика по Нижегородской области: сезон шквальных бурь – апрель – сентябрь, максимальная повторяемость (более 1 дня из 5) – с 26 мая по 10 июня; число дней за сезон со шквалами быстрее 15 м/с – 18,1; 20 м/с – 9,3; 25 м/с – 2,4; быстрее 30 м/с – 0,8 дня.

Разрушительное воздействие шквалов определяется скоростью ветра, а также грозами и ливневыми наводнениями. На европейской части России одним шквалом могут быть повреждены посевы на площади до нескольких десятков тысяч гектаров, десятки домов и хозяйственных построек с разовым ущербом до нескольких миллионов рублей.

Шквалам подобны потоковые или струевые бури. Они связаны с атмосферными фронтами, но не имеют вертикальной конвективной составляющей, как при шквалах, и создаются потоками воздуха в долинах и по краям возвышенностей. Бури этого типа достигают скорости 40–50 м/с и длятся 12–24 часа, максимум до недели. К их числу принадлежат: новоземельская, новороссийская, адриатическая бора, ороси в Японии, сарма и баргузин на Байкале, мистраль в долине Роны (Франция), трамонтана в Италии, чинук со Скалистых гор в Канаде, хазри вдоль восточного края Кавказа у Каспия и другие местные бури.

Вызванные ими опасные явления разнообразны в зависимости от времени года и местных условий. Назовем некоторые примеры: новороссийская бора зимой – шторм в Цемесской бухте, забрызгивание и обледенение (толщина льда – до 4 м) портовых строений; балхашская бора с хр. Чингиз – зимой буран, летом пыльная буря; фен в Альпах зимой и весной – экстремальное снеготаяние, наводнения, сели, оползни, а при недостаточно высокой температуре воздуха – жестокие бураны и т.д.

Смерч – это восходящий вихрь, состоящий из чрезвычайно быстро вращающегося воздуха, а также частиц влаги, песка, пыли и других взвесей. Он представляет собой быстро вращающуюся воронку, свисающую из кучево-дождевого облака и ниспадающую как «воронкообразное облако».

Смерчи, называемые в Северной Америке торнадо – мощные сконцентрированные вихри с вертикальной осью вращения, порождаемые грозowymi облаками высотой до 12–15 км. Процесс образования смерча протекает иногда лишь за 20–30 мин и начинается с появления восходящей струи теплого влажного воздуха, порождающей особо крупное и высокое грозовое облако. Из него начинается выпадение дождя и града в кольце вокруг восходящей струи. В некоторый момент завеса дождя закручивается в спираль в форме цилиндра или конуса, касающегося земли.

В полном развитии смерч достигает земли и движется по ней, принося большие разрушения. Смерч – это наименьшая по размерам и наибольшая по скорости вращения форма вихревого движения воздуха. Цилиндр (конус) стремится расширяться вследствие центробежной силы, что создает пониженное давление в трубке. Для поддержания смерча

требуются продолжение подачи влажного воздуха вверх (что облегчается пониженным давлением в трубе) и определенная плотность вращающейся стенки дождя и града.

Смерчи образуются во многих областях земного шара, как над водной поверхностью, так и над сушей, возникая чаще всего вдоль фронта встречи двух воздушных течений: тёплого и холодного. Начальное условие – мощное грозовое облако и обильные осадки из него достигается при комбинировании тепловой конвекции и поднятия теплого воздуха подтекающим под него клином холодного. Поэтому 90% смерчей связаны с холодными фронтами, остальные – с экстремально сильной внутримассовой конвекцией.

Среднее время существования смерча – 10–30 мин, а при наилучших условиях подпитки по пути – до 1 ч на Русской равнине, 5 ч в Великобритании, 7,5 ч в США. Смерчи движутся со скоростью атмосферного фронта, на котором они родились (в среднем 50–60 км/ч, редко более 150 км/ч), и проходят путь длиной до 50 км на Русской равнине, 300 км в Великобритании, 500 км в США, в среднем 10–30 км. Средний диаметр смерча у земли – 200–400 м, максимальный зарегистрированный – до 2,5 км, на Русской равнине – до 1 км. Площадь разрушений менее 1 км², максимум до 400 км². По силе и площади разрушений крупный долгоживущий смерч сравним с атомной бомбой.

Основная составляющая смерча его воронка, которая представляет собой спиральный вихрь. По существу, это мелкомасштабный ураган. Внутренняя полость воронки – в поперечнике от нескольких метров до нескольких сотен метров – обладает резко пониженным давлением. В стенках смерча движение воздуха направлено по спирали вверх и достигает скорости 200 м/с. Подъём и перенос различных предметов и материалов происходит в стенках смерча, ширина которых колеблется от нескольких метров (у плотных смерчей) до сотен метров (у расплывчатых смерчей). У очень тонких смерчей ширина всей воронки не превышает 3 м, а ширина стенок измеряется десятками сантиметров.

Главное оружие смерча – огромная скорость вращения стенок; измеренные скорости достигали 115 м/с (420 км/ч), рассчитанные по разрушениям – более 300 м/с. Второе оружие – перепад давления от нормального с внешней стороны трубки до половины нормального внутри нее, на расстоянии в несколько метров, которыми измеряется толщина стенки. Удар вращающейся стенки (давление – до десятков тонн на 1 м²) способен разрушить капитальные строения; перепад давления вызывает «взрывы» зданий, к которым прикасается смерч; восходящий поток воздуха (скорость до 70–90 м/с) способен поднять и перенести на значительные расстояния частицы почвы, людей, животных, автомашины, «бомбардировка» поднятыми смерчем предметами опасна для прочных крыш. Большая разность давления между периферией и внутренней частью воронки в связи с возникновением огромной центробежной силы вызывает эффект мощного всасывания всего, что находится на пути смерча.

Смерчи могут отсасывать водоемы (например, пруды-охладители при АЭС); зафиксирован случай, когда смерч, пересекавший р. Рейн, создал на несколько мгновений в речной воде траншею глубиной до дна (до 7 м), шириной 80 м и длиной 600 м, захватив из реки не менее 300 тыс. т воды.

Чаще всего смерч хорошо виден со стороны. Одной из особенностей движения смерча является его прыгание. Холмы, леса, водные бассейны не являются преградой для движения смерча. Чаще всего смерчи подразделяют по строению на плотные (резко ограниченные) и расплывчатые (неясно ограниченные). Кроме того, различают:

- смерчи – пылевые вихри;
- малые смерчи – короткого действия (до километра по длине пути);
- малые смерчи – длительного действия;
- смерчи – ураганные вихри;
- водные смерчи.

В практических целях используется классификация интенсивности смерчей Фуджиты-Пирсона, сходная с шкалой Бофорта:

– классы 0, 1 и 2 – максимальные скорости ветра 18–32, 33–49 и 50–69 м/с, длина пути до 16 км, ширина до 160 м; повреждения отвечают ветру 8–10, 10–12, 2 и 12,2 – 12,5 баллов по шкале Бофорта;

– класс 3 – 70–92 м/с, длина пути 16–51 км, ширина 160–510 м; серьезные разрушения: некоторые здания разрушены полностью, перевернуты автомобили и железнодорожные поезда, большинство деревьев в лесу вырвано с корнем;

– класс 4 – 93–116 м/с, 51–160 км, 510–1600 м; опустошительные повреждения: от домов остались груды обломков, сильно разрушены стальные конструкции, автомобили и поезда отброшены в сторону, с деревьев сорвана кора, в воздухе летят крупные предметы;

– класс 5 – 117–142 м/с, 161–507 км, 1600–5070 м; потрясающие повреждения: сильно повреждены железобетонные конструкции, в воздухе летят предметы размером с автомобиль;

– класс 6 – скорости ветра и другие показатели – еще выше; невообразимые разрушения; в т. ч. вторичные – от падающих тяжелых предметов.

В горизонтальном сечении торнадо представляет ядро, окруженное вихрем, причем имеются точки всасывания, которые движутся вокруг ядра и способны приподнимать железнодорожные вагоны массой до 13 т. Этот эффект соответствует скорости ветра порядка 100 м/с. В пределах торнадо имеются также сильные нисходящие потоки, способные вдавливать в грунт отдельные доски на глубину до 45 см. Средняя скорость движения центра торнадо относительно земли – 27 м/с.

Катастрофические торнадо наблюдаются редко, поэтому для их прогноза затруднительно использовать статистический подход. Обычно ориентируются на то, что торнадо могут возникнуть в любом из тех районов, где они уже происходили раньше, и следует принять соответствующие меры предосторожности. Если ведутся атмосферные наблюдения и если торнадо обнаружен, делается соответствующее предупреждение.

Поскольку вероятность появления торнадо в каком-либо конкретном районе весьма мала при проектировании обычных промышленных и гражданских зданий и сооружений нагрузки от торнадо строительными нормами не учитываются (по экономическим соображениям). Нагрузки от торнадо учитываются при выборе площадок для атомных электростанций как в России, так и за рубежом. При этом учитываются скорость ветра (скоростной напор ветра), изменение атмосферного давления при прохождении торнадо над сооружением, удары летящих предметов.

Разрушения, причиняемые торнадо, как и ураганами, определяются давлением скоростного напора ветрового потока, но, кроме того, взрывным эффектом от быстрого падения давления в центре торнадо. Железобетонные сооружения обычно являются устойчивыми к действию торнадо. Наилучшим укрытием от торнадо являются убежища гражданской обороны, а при их отсутствии – прочные подвалы зданий.

Смерчи распространены повсеместно, где происходят столкновения влажных воздушных масс со значительно более холодными и где зародившиеся вихри могут получать подпитку влагой с подстилающей поверхности в течение хотя бы несколько минут. Этим условиям отвечают равнины и моря в климатических поясах от субэкваториального до умеренного (южнее 60–65° с. ш.), а в их пределах более всего – равнины субтропического пояса США.

На территории бывшего СССР смерчи возможны повсеместно южнее 65–66° с.ш., кроме пустынь Средней Азии и горных районов. Наблюдения за ними отрывочны. С 1844 по 1986 г. зарегистрировано 248 смерчей, от 2 до 18 в год, в среднем 8–10 в год. Наибольшее количество наблюдений приходится (в порядке убывания) на побережья Черного моря, Центрально-Черноземный район, Белоруссию, Прибалтику. Фактическое же территориальное распределение, возможно, иное; в частности, по повторяемости разрушительных смерчей на единицу площади ведущим может оказаться Волго-Вятский

район или Прибайкалье. Наиболее сильны (известны) смерчи в Московской, Ярославской, Нижегородской и Ивановской областях. Наиболее вероятны они в июне – августе в 12–18 часов. В средствах массовой информации встречаются сообщения о смерчах с площадью разрушений и повреждений до сотен гектаров, с силой, губительной для зданий, ЛЭП и т. п.

В настоящее время каких-либо методов прогнозирования времени и места возникновения смерчей, а также их параметров не существует. Крайне сложно также прогнозировать пути перемещения смерчей.

Анализируя случаи возникновения смерчей, можно сделать вывод о том, что наиболее благоприятны для образования смерчевых облаков обширные равнины, над которыми происходит встреча теплых и холодных воздушных течений. Мероприятия, направленные на снижение негативных последствий смерчей такие же, как и при ураганах.

Пыльная буря является разновидностью суховея, отличающаяся сильным ветром, переносащая на большие расстояния огромные массы частиц почвы и песка. Пыльные или песчаные бури засыпают сельскохозяйственные угодья, здания, сооружения, дороги и т. п. слоем пыли и песка, достигающим нескольких десятков сантиметров. При этом площадь, на которой выпадает пыль или песок, может достигать сотен тысяч, а иногда миллионов квадратных километров.

В разгар пыльной бури воздух бывает так насыщен пылью, что видимость ограничивается тремя – четырьмя метрами. После такой бури нередко там, где зеленели всходы, расстилается пустыня. Песчаные бури – не редкость на бескрайних просторах Сахары, величайшей пустыни мира. Обширные пустынные области, где также случаются песчаные бури, есть в Аравии, Иране, Средней Азии, Австралии, Южной Америке и в других районах мира. Песчаная пыль, поднимаемая высоко в воздух, затрудняет полеты самолетов, покрывает тонким слоем палубы кораблей, дома и поля, дороги, аэродромы. Выпадая на воду океана, пыль погружается в его глубины и осаждается на океаническом дне.

Пылевые бури не только вздымают огромные массы песка и пыли в тропосферу – наиболее «беспокойную» часть атмосферы, где постоянно дуют сильные ветры на разных высотах (верхняя граница тропосферы в экваториальной зоне находится на высотах примерно 15–18 км, а в средних широтах – 8–11 км). Они перемещают по Земле колоссальные массы песка, который может перетекать под действием ветра наподобие воды. Встречая небольшие препятствия на своем пути, песок образует величественные холмы, называемые дюнами и барханами. Они имеют самую разнообразную форму и высоту. В пустыне Сахаре известны дюны, высота которых достигает 200–300 м. Эти гигантские волны песка на самом деле перемещаются на несколько сотен метров в год, медленно, но неуклонно наступая на оазисы, засыпая пальмовые рощи, колодцы, поселения.

В России северная граница распространения пыльных бурь проходит через Саратов, Уфу, Оренбург и предгорья Алтая.

Вихревые бури представляют собой сложные вихревые образования, обусловленные циклонической деятельностью и распространяющиеся на большие площади.

Потоковые бури – это местные явления небольшого распространения. Они своеобразны, резко обособлены и по своему значению уступают вихревым бурям. Вихревые бури подразделяют на пыльные, беспыльные, снежные и шквальные (или шквалы). Пыльные бури характерны тем, что воздушный поток таких бурь насыщен пылью и песком (обычно на высоте до нескольких сот метров, иногда у больших пыльных бурь – до 2 км). В беспыльных бурях, благодаря отсутствию пыли, воздух остается чистым. В зависимости от пути своего движения беспыльные бури могут превращаться в пыльные (при движении воздушного потока, например, над пустынными районами).

Зимой вихревые бури нередко превращаются в снежные бури. В России такие бури называют пургой, бураном, метелью.

Особенностями шквальных бурь являются быстрое, почти внезапное, образование, крайне непродолжительная деятельность (несколько минут), быстрое окончание и нередко значительная разрушительная сила. Например, в течение 10 мин скорость ветра может возрасти с 3 м/с до 31 м/с.

Потоковые бури подразделяются на стоковые и струевые. При стоковых бурях поток воздуха движется по склону сверху вниз. Струевые бури характерны тем, что поток воздуха движется горизонтально или даже вверх по склону. Стоковые бури образуются при стоке воздуха с вершин и гребней гор вниз, в долину или к берегу моря. Нередко в данной, характерной для них местности, они имеют свои местные названия (например, Новороссийская бора, Балхашская бора, Сарма, Гармсилъ). Струевые бури характерны для природных коридоров, проходов между цепями гор, соединяющих различные долины. Они также часто имеют свои местные наименования (например, Норд, Улан, Санташ, Ибэ, Урсатьевский ветер).

Прозрачность атмосферы в значительной степени зависит от процентного содержания в ней аэрозолей (понятие «аэрозоль» в данном случае включает пыль, дым, туман). Увеличение содержания аэрозолей в атмосфере уменьшает количество приходящей к поверхности Земли солнечной энергии. В результате этого возможно охлаждение поверхности Земли. А это вызовет понижение средней планетарной температуры и возможность, в конечном счете, начала нового ледникового периода.

Ухудшение прозрачности атмосферы способствует созданию помех для движения авиации, судоходству и других видов транспорта и нередко является причиной крупных транспортных чрезвычайных ситуаций. Загрязнение воздуха пылью оказывает вредное воздействие на живые организмы и растительный мир, ускоряет разрушение металлоконструкций, зданий, сооружений и имеет ряд других отрицательных последствий.

Пыль содержит твердые аэрозоли, которые образуются в процессе выветривания земной породы, лесных пожаров, вулканических извержений и других природных явлений; твердые аэрозоли промышленных выбросов и космическую пыль, а также частицы в атмосфере, образующиеся в процессе дробления при взрывах.

По происхождению пыль подразделяется на космическую, морскую, вулканическую, золовую и промышленную. Постоянное количество космической пыли составляет менее 1% от общего содержания пыли в атмосфере. В образовании пыли морского происхождения моря могут участвовать только путем отложения солей. В заметной форме это проявляется изредка и на небольшом удалении от берега. Пыль вулканического происхождения – один из наиболее значительных загрязнителей атмосферы. Золовая пыль образуется вследствие выветривания земной породы, а также при пыльных бурях.

Промышленная пыль – одна из основных составляющих воздуха. Ее содержание в воздухе определяется развитием индустрии и транспорта и имеет выраженную тенденцию к росту. Уже сейчас во многих городах мира создано опасное положение вследствие запыленности атмосферы промышленными выбросами.