МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ

ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

Уральский институт Государственной противопожарной службы

***А.Р.Заец***

**ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ**

КУРС ЛЕКЦИЙ

**Екатеринбург**

**2006**

###### *А.Р.* *Заец.* ОПАСНЫЕ ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ. Курс лекций – Екате­рин­­­бург.: Ураль­ский институт Государственной противопожарной службы МЧС России, 2006. – 132 с.

В курсе лекций изложены сведения о причинах возникновения и характере развития опасных природных процессах. Особое внимание уделено действиям населения и спасательных служб во время стихийных бедствий. Курс лекций предназначен для слушателей очного и заочного обучения факультетов по подготовке инженеров пожарной безопасности учебных заведений МЧС России при изучении курса «Опасные природные процессы».

**Рецензенты:**

Заместитель начальника Екатеринбургского филиала Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по учебной работе, кандидат педагогических наук ***Г.М.*** ***Мичуров.***

Заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности Уральского Государственного педагогического университета,

кандидат педагогических наук ***Ю.В. Репин.***

Курс лекций одобрен на заседании методического совета филиала и рекомендован к использованию при изучении курса «Опасные природные процессы»

© Уральский институт

Государственной противопожарной

службы МЧС России, 2006

# Введение

Как известно из школьного курса «Основы безопасности жизнедеятельности» все опасные явления и процессы можно подразделить по причинам возникновения на природные, техногенные и социальные. Предметом изучения в рамках данной дисциплины будут опасные процессы природного происхождения.

*Целью дисциплины* является усвоение обучаемыми теоретических знаний и привитие им умений и навыков, необходимых для служебной деятельности в чрезвычайных ситуациях.

*Основными задачами дисциплины* являются:

1. изучение причин возникновения, закономерностей развития и характеристик опасных природных явлений и процессов;
2. изучение особенностей опасных природных процессов и их воздействия на население, объекты экономики и среду обитания;
3. изучение способов действий по защите населения во время стихийных бедствий.

Опасные явления и процессы в природе являются результатом действия стихийных сил. Как отмечает директор Института геоэкологии РАН академик В.И.Осипов: «На поверхности Земли и прилегающих к ней слоях атмосферы идет развитие множества сложнейших физических, физико-химических и биохимических процессов, сопровождающихся обменом и взаимной трансформацией различных видов энергии. Источниками энергии являются процессы реорганизации вещества, происходящие внутри Земли, физические и химические взаимодействия ее внешних оболочек и физических полей, а также гелиофизические воздействия. Эти процессы лежат в основе эволюции Земли и природной обстановки на ней».

Таким образом, стихийные бедствия и катастрофы являются таковыми лишь для отдельных видов живых существ на Земле, в частности для человека. Поэтому, мы называем ***опасными природными процессами такие природные явления, потоки вещества или энергии в которых превышают предельно допустимые для человека или техносферы***.

Под **природной катастрофой** понимается ***потеря устойчивости природной, природно-антропогенной или антропогенной системы, происходящая в результате изменения ее внутренних и/или внешних характеристик (параметров).***

За последние 35 лет от природных катастроф в мире погибло 3,8 млн. человек, пострадало 4,4 млрд. человек, а только прямой материальный ущерб составил 400 млрд. долларов.

Как следует из вышеизложенного, опасные природные процессы возникают в системе «человек – природа», а основным системообразующим фактором будет солнечная энергия.

Несмотря на различия в причинах возникновения природных опасностей, им присущи некоторые общие закономерности.

1. ***Системность***, так как развитие различных процессов в природе есть неотъемлемое свойство системы «человек – природа», иными словами, стихийные бедствия на Земле были, есть и будут.
2. ***Неизбежность,*** иными словами, если какой-либо природный процесс существует, то при определенных условиях он может приобретать параметры катастрофы.
3. ***Приуроченность,*** так как стихийные бедствия происходят только в определенных природно-географических условиях.
4. ***Повторяемость,*** так как стихийные бедствия происходят с определенной периодичностью.
5. ***Частотность,*** так как существует зависимость частоты стихийных бедствий и их интенсивности, иными словами, чем сильнее стихийное бедствие, тем реже оно происходит.
6. ***Предсказуемость,*** так как все стихийные бедствия имеют специфических предвестников, указывающих на его приближение, иными словами любые стихийные бедствия можно предсказывать на основании многолетних научных наблюдений за природой, но не по всем опасным природным процессам такие наблюдения достаточны.

Классификация опасных процессов природного происхождения разработана давно и достаточно полно. В настоящее время они подразделяются на следующие группы:

**1. Сейсмические и геокриологические опасности:**

* землетрясения;
* извержение вулканов;
* оползни;
* сели;
* обвалы и осыпи;
* снежные лавины;
* просадка (провал) земной поверхности в результате карста;
* эрозия плодородного слоя почвы.

**2. Гидрометеорологические опасности:**

* бури, ураганы, тайфуны, смерчи и шквалы;
* цунами;
* крупный град;
* интенсивные осадки в виде дождя или снега;
* сильный гололед;
* засуха;
* наводнения:

**3. Природные пожары:**

* лесные пожары;
* пожары степных и хлебных массивов;
* торфяные пожары;
* подземные пожары горючих ископаемых.

**4. Биологические опасности:**

* эпидемии;
* пандемии;
* эпизоотии;
* панзоотии;
* эпифитотии;
* панфитотии;
* массовое распространение вредителей растений.

Количество опасных природных явлений на Земле в историческом масштабе практически не изменяется, но ввиду развития человеческого общества, количество жертв и материальный ущерб от стихийных бедствий постоянно увеличиваются. Количество погибших от природных стихийных бедствий возрастает ежегодно в среднем на 4,3%, количество пострадавших – на 8,6%, материальные потери – на 6%.

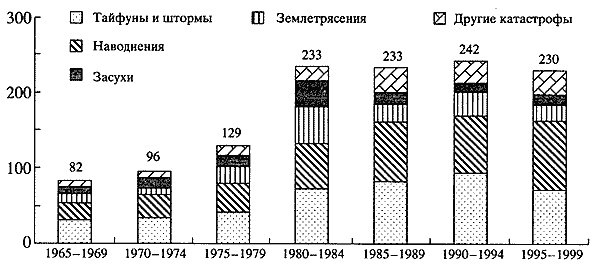


Рис.1. Рост количества крупных природных катастроф в мире в 1965-1999 гг.

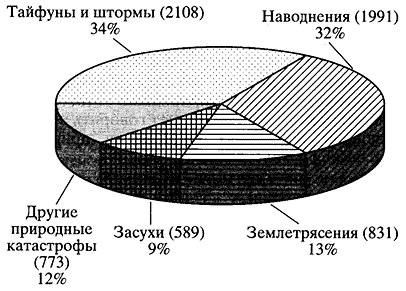


Рис.2. Наиболее распространенные природные катастрофы в мире в 1965-1999 гг.

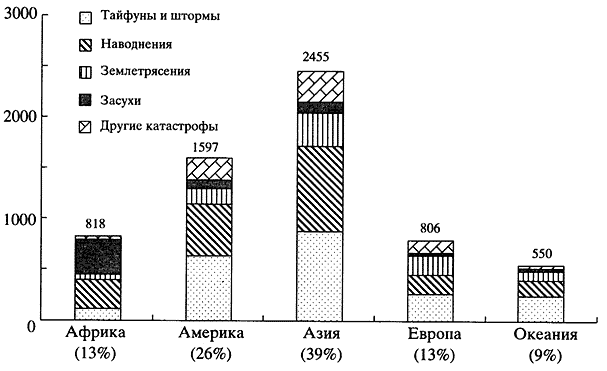


Рис.3. Распределение крупных катастроф по континентам мира в 1965-1999 гг.

Ежегодно из каждых 100 тыс. жителей Земли один человек погибает в результате воздействия природных опасностей.

Таблица

Количество жертв стихийных бедствий на миллион жителей в период 1947 – 1981 гг.

|  |  |
| --- | --- |
| Государство | Количество жертв на 1 млн. жителей |
| Бангладеш  Гватемала  Никарагуа  Гондурас  Иран  Перу  Новая Гвинея  Гаити  Южная Корея  Япония  Великобритания  США  Франция  Канада  Австралия  Западная Германия  Швейцария  Южная Африка | 3958  3174  2590  1995  1539  1309  1283  1189  1021  276  89  51  19  12  11  10  9  1 |

Территория Российской Федерации также не может оставаться в стороне от общемировых процессов. В течение 1990 – 1999 гг. МЧС России было зарегистрировано 2877 чрезвычайных ситуаций природного характера. В среднем, в 1990-е гг. происходило 288 природных катастроф, в то время как в 1980-х гг. это количество не превышало 130 катастроф в год. Наиболее быстрое увеличение количества ЧС природного характера отмечалось в 1997-1998 гг., что было связано с экстремальным подъемом среднегодовой температуры воздуха. Однако в 1999 г. последовал значительный спад общего числа природных катастроф.

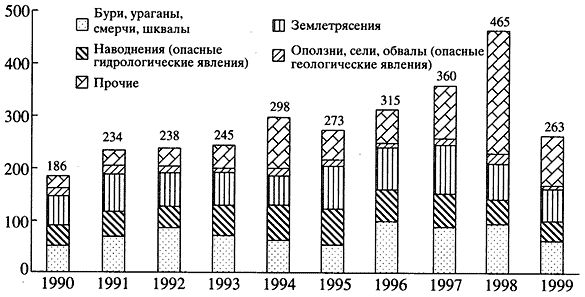


Рис.4. Изменение количества крупных природных катастроф в России в 1990-1999 гг.

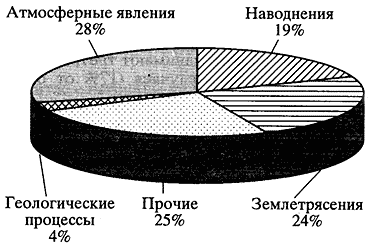


Рис.5. Наиболее распространенные природные катастрофы в России в 1990-1999 гг.

Таблица

Распределение чрезвычайных ситуаций природного характера в России в 1991-1999 гг.

|  |  |
| --- | --- |
| Чрезвычайная ситуация | % |
| Наводнения  Ураганы, бури, тайфуны, смерчи  Сильные или особо длительные дожди  Землетрясения  Сильные снегопады и метели  Оползни, обвалы, сели, лавины  Сильные морозы  Засухи  Гололед  Подтопления  Карстовые провалы  Извержения вулканов | 34  19  14  8  8  8  3  2  1  1  1  1 |

Таким образом, специалист Государственной противопожарной службы, как одной из основных служб по спасению людей, должен четко представлять себе характер, факторы опасности и последствия возможных стихийных бедствий. Подготовка населения и спасательных служб к действиям при угрозе природных катастроф и во время их развития является одной из основных задач Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

# Лекция 1.

# Землетрясения, извержения вулканов и их ха­рак­теристика. Причины землетрясе­ний

В данной лекции мы рассмотрим причины сейсмических опасностей и возможности их предсказания. По своим разрушительным последствиям, количеству жертв и материальному ущербу землетрясения занимают одно из первых мест среди катастроф природного характера. Особую опасность землетрясениям придает их внезапность. Несмотря на успехи современной науки, точно предсказать, а тем более предотвратить землетрясение невозможно. В тоже время, последствия землетрясений, даже очень мощных, могут быть минимизированы путем проведения в сейсмоопасных районах разумной долговременной государственной политики, основанной на повышении уровня осведомленности населения и органов власти об угрозе землетрясений и умении противостоять подземной стихии.

В истории человечества зафиксировано достаточно много землетрясений катастрофического характера, повлекших огромные жертвы среди населения. Достаточно назвать землетрясения в Египте в 1201 и в Иордании в 1202 г., когда погибло около одного миллиона человек! В Китае во время землетрясения в Шаньси 1556 г. погибло 850 тыс. человек, в Японии во время землетрясения 1923 г. – 400 тыс. человек, в Индии в районе Калькутты в 1737 г. погибло 300 тыс. человек.

Таблица 1

Наиболее сильные землетрясения в мире в 1905 – 2005 гг.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место землетрясения | Год | Магнитуда | Количество погибших |
| Италия  Китай  Япония  Китай  Перу  Китай  Иран  Китай  Турция  Индия  Иран  Пакистан | 1908  1920  1923  1927  1970  1976  1990  1996  1999  2001  2003  2005 | .  8,6  8,3  8,3  .  8,2  .  6,0  7,8  .  6,7  8,0 | 300 000  200 000  142 800  200 000  66 000  242 000  50 000  300 000  40 000  150 000  50 000  53 000 |

По подсчетам специалистов, за последнюю тысячу лет от землетрясений погибло 3-5 млн. человек. В среднем на Земле от землетрясений погибает один человек из 8 тыс., а 10 человек из этих 8000 так или иначе страдают от землетрясений.

Таблица 2

Землетрясения – аналоги ядерных взрывов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Место землетрясения | Год | Выделенная энергия, Мт |
| Китай  Эквадор  Япония  Марокко  Индия  Чили  Япония  Япония  США | 1556  1906  1933  1775  1950  1960  1891  1923  1906 | 6500  5000  5000  3500  2000  1500  1000  800  700 |

Не обходили землетрясения и территорию России. В Ашхабаде в 1948 г. произошло землетрясение с магнитудой 7,3 балла, на о-ве Итуруп Курильской гряды в 1958 г. – 8,2 балла, на Камчатке в 1959 г. – 7,6 балла, на о-ве Шикотан Курильской гряды в 1969 г. – 8,2 балла, в Петропавловске-Камчатском в 1971 г. – 7,3 балла, в Газли в 1976 г. – 7,3 балла.

Катастрофическими последствиями сопровождалось землетрясение 7 декабря 1988 г. на территории Армении у г.Спитак. Магнитуда землетрясения составила 6,9 балла, но 7-балльная зона на поверхности охватила 4000 км2, а длина разрывов на поверхности земли достигала 35 км. В результате этого землетрясения погибло 24854 человека, тяжелые травмы получили еще 10 тыс. человек, а 500 тыс. лишились крова.

С середины 1990-х гг. наблюдается сейсмическая активизация на тихоокеанской окраине Евразии, в том числе и на территории российского Дальнего Востока. Если в 1991-93 гг. здесь ежегодно регистрировалось 5-6 землетрясений с магнитудой 6,5 баллов и выше, то в 1994 г. таких землетрясений было уже 14, в том числе Шикотанское, магнитуда которого достигла 8,4 балла. Землетрясение на Шикотане сопровождалось многочисленными повторными толчками, а также образованием цунами. В результате катаклизма остров погрузился в море на 50-60 см.

В 1995 г. произошло 20 землетрясений с магнитудой 6,5 баллов и выше, в том числе и катастрофическое Нефтегорское на о-ве Сахалин 27 мая 1995 г. Магнитуда Нефтегорского землетрясения достигла 7,7 баллов, эпицентр находился вблизи самого города, который был полностью разрушен, так как интенсивность толчков составила 8-9 баллов. Разрывы земной коры достигли поверхности и имели протяженность до 40 км, во время землетрясения погибло более 2 тыс. человек. В 1996 г. сейсмическая активность несколько снизилась, было зафиксировано 14 землетрясений с М=6,5 баллов и выше, однако в 1997 г. произошло сильнейшее Кроноцкое землетрясение на Камчатке.

## 1.1. Геологическое строение Зем­­ли

Для того чтобы понять причины сейсмических опасностей, мы должны вспомнить геологическое строение Земного шара, а также процессы, происходящие на поверхности и в глубине Земли.

Из курса географии мы помним, что Земля представляет собой геоид со сред­ним диаметром 12740 км и длиной окружности по экватору порядка 40 тыс. км. Масса Земли составляет 5,976 х 1027 г, объем – 1,0832 х 1027 см3, сред­няя плотность земного вещества находится в пределах 5,517 г/см3.

В строении Земли выделяется несколько оболочек, которые сформи­ро­ва­лись вследствие гравитационной дифференциации веществ в процессе фор­миро­вания планеты.

Наружная твердая оболочка называется земной корой, толщина ее колеблется довольно значительно, от 43 км в пределах континентов до 7 км на дне морей и океанов. Наибольшей толщины, более 60 км, земная кора достигает в горных континентальных районах, зато в узких зонах рифтовых долин срединно-океанических хребтов кора утончается практически до нуля. В среднем, на поверхности материков до глубины 3-5 км находится слой осадочных пород, затем до глубины 10 км простирается так называемый гранитно-гнейсовый слой земной коры, под ним до глубины 20-25 км находится слой базальта. О строении нижнего слоя земной коры достоверных сведений нет. Средняя плотность земной коры составляет 2,8 г/см3, температура на нижней границе земной коры составляет примерно 500оС.

Под земной корой находится так называемая мантия, которая в свою очередь подразделяется на несколько зон. Верхняя мантия простирается до глубины 670 км, затем следует переходная зона до глубины 840 км, далее – средняя мантия до глубины 1700 км. Еще глубже, до 2200 км находится вторая переходная зона, и, наконец, до отметки 2900 км простирается нижняя мантия.

Верхняя мантия состоит из кремния, алюминия, железа, магния, кальция, кислорода и некоторых других элементов. Температура верхней мантии составляет 500-1000оС при давлении свыше 20 Кбар. Плотность верхней мантии порядка 3,3 г/см3, вещество в основном находится в твердом состоянии, однако наблюдается область частичного плавления, в которой температура достигает 1200оС.

Плотность вещества средней мантии составляет 4 г/см3, температура достигает 2800оС, а давление – 300 Кбар. Плотность нижней мантии порядка 5,9 г/см3, температура около 3000-4000оС, а давление достигает 1000 Кбар.

В центре Земли находится ядро, состоящее из двух частей. Внешнее ядро продолжается до глубины 5146 км, внутреннее – до геометрического центра геоида на глубине 6371 км. Плотность внешней оболочки составляет 10 г/см3, состоит она вероятно из железа и никеля и находится в жидком состоянии при температуре около 4300оС и давлении 1300 Кбар. Плотность внутренней железисто-никелевой части ядра составляет 12,5 г/см3, при температуре более 4000оС и давлении 3000 Кбар она находится в твердом состоянии.

Верхний слой Земли, включающий кору и верхнюю мантию до глубины 100 км, ведет себя как единое жесткое тело, поэтому его принято называть литосферой. Литосфера разбита внутренними разломами на отдельные блоки, называемые литосферными плитами. Каждая плита реагирует на внешнее воздействие как более или менее связное целое и вовлекается в горизонтальные и вертикальные движения.

Литосферные плиты, располагаясь на пластичном веществе мантии и обладая разной массой, находятся в неустойчивом состоянии. Кроме того, за счет разности температур и давлений в самой мантии наблюдаются восходящие и нисходящие потоки, под действием которых плиты перемещаются относительно друг друга. Наблюдается три вида перемещений литосферных плит.

1. расхождение или дивергенция.
2. сближение или конвергенция.
3. перемещение относительно друг друга или трансформация.

Если при сближении плит одна из них начинает погружаться под другую, образуется так называемая зона субдукции, четко прослеживаемая по глубоководным океаническим желобам и островным дугам. Классическим примером зоны субдукции является тихоокеанское побережье Евразии. В зонах субдукции очаги землетрясений имеют наибольшую глубину – свыше 650 км.

При сближении двух материковых плит сначала островные дуги сближаются с материком, затем океанская кора полностью уходит под материковую и возникает зона реликтовой субдукции, хорошо прослеживаемая по образующимся горным цепям. Примером зоны реликтовой субдукции на территории Евразии является Кавказ. В зонах реликтовой субдукции очаги землетрясений находятся на промежуточной глубине – 150 – 300 км.

При расхождении литосферных плит первоначально образуются так называемые рифты – разломы в материковой коре. Примером такого разлома может служить озеро Байкал, дно которого при землетрясениях постоянно опускается.

На следующем этапе дивергенции в рифтовой зоне образуются магматические очаги, и начинается вулканическая деятельность. Примером этой стадии развития является зона Большого Рифта в Восточной Африке.

На заключительном этапе в материковой коре образуется сплошная цепь разломов, через которые изливается магма, компенсирующая образующееся расширение. Между расходящимися материками начинает разрастаться новый океан. Примером этой стадии дивергенции являются срединно-океанические хребты.

Во всех случаях движение литосферных плит сопровождается трением и накапливанием упругих напряжений в горных породах. Разрядка этого напряжения и будет восприниматься как землетрясение.

*Таким образом, именно внутреннее строение Земли является причиной различных сейсмических опасностей. Опасности эти неизбежны и неустранимы, так как обусловлены глобальной эволюцией литосферы. Они приурочены к относительно узким, но довольно протяженным участкам в зонах контакта литосферных плит.*

## 1.2. Причины землетрясений

***Землетрясение*** это внезапная разрядка накопившихся механических напряжений в глубинах Земли, лавинообразное распространение трещины в земной коре

Как было сказано выше, вследствие взаимодействия литосферных плит земная кора и верхняя мантия испытывают постоянное напряжение. Деформация, медленно накапливающаяся в земной коре, создает запас упругой энергии. Разрядка напряжения протекает, как правило, в форме разрыва (разлома) в глубинах литосферы, который распространяется со скоростью 2-3 км/с, в виде ряда беспорядочных смещений, обусловленных неодинаковой прочностью пород на пути распространения разрыва. Образовавшийся разлом может протягиваться на несколько десятков км. Энергия землетрясения черпается из горных пород, окружающих разрыв и разгружающихся во время разрыва от упругих напряжений. Деформации в самом очаге носят необратимый характер, а в областях, примыкающих к нему, они будут сплошными, упругими и преимущественно обратимыми.

Большинство землетрясений происходит на глубине до 70 км и называется поверхностными. Землетрясения на глубине от 70 до 300 км называют промежуточными, с глубже 300 км – глубокими. До сих пор не зарегистрировано ни одного землетрясения глубже 720 км, т.к. на этой глубине под действием высокой температуры и давления горные породы приобретают пластичность, и упругие напряжения при их перемещении перестают накапливаться.

Кроме того, землетрясения могут вызываться:

* обвалами на поверхности или в глубинах Земли;
* взрывами большой мощности на поверхности или в грунте;
* заполнением крупных водохранилищ.

***Обвальные землетрясения*** возникают:

* при обвалах и оползнях, наносящих удар по поверхности Земли;
* подземных обвалах в шахтах;
* проседаниях грунта в полости, из которых выкачивается нефть или природный газ;
* обвалах сводов карстовых полостей.

***Взрывные землетрясения*** возникают:

* при наземных и подземных ядерных взрывах большой мощности;
* взрывах вулканов;
* взрывах метеоритов у поверхности или на поверхности Земли.

Землетрясение также может возникнуть как следствие напряжений в земной коре, которые вызываются давлением больших масс воды, собираемых в обширных водохранилищах.

Независимо от причин, которыми было вызвано землетрясение, его основным ***опасным фактором*** являются сейсмические волны, возникающие в очаге землетрясения. Выделяют три типа сейсмических волн.

1. продольные или волны *Р*;
2. поперечные волны или волны *S*;
3. поверхностные двух видов: волны Лява *LQ* и волны Рэлея *LR*.

***Продольные волны*** являются самыми быстрыми, и проходят так же, как звуковые волны, при этом происходит сжатие и разрежение передающего вещества. Образно эти волны можно представить, как реакцию вещества на внезапное изменение объема, поэтому они распространяются как в твердых, так и в жидких и газообразных средах. В осадочных породах скорость продольных волн составляет 6,1 км/с, в граните – 7 км/с и в базальте – 8 км/с. В земном ядре скорость достигает 11,2 км/с, и в веществе нижней мантии – 12,5 км/с.

***Поперечные волны*** распространяются в горных породах, при этом частицы движутся в направлении, поперечном к пути волны. Поперечные волны представляются реакцией вещества на внезапное изменение формы, а так как жидкости и газы не сопротивляются изменению формы при неизменном объеме, поперечные волны распространяются только в твердой среде. Скорость поперечных волн в осадочных породах равна 3,5 км/с, в граните – 3,9 км/с и в базальте – 4,5 км/с. Наибольшей скорости – 7 км/с, поперечные волны достигают в веществе нижней мантии.

***Поверхностные волны*** являются вторичными, возникают в результате отражения продольных и поперечных волн от границы твердого и газообразного вещества, и проходят по свободной поверхности Земли. Скорость поверхностных волн составляет от 0,65 до 1,2 км/с в глинистых грунтах, от 0,95 до 1,35 км/с в песчаных грунтах, до 1,7 км/с в крупнообломочных осадочных породах и до 6,6 км/с в граните.

Возникающие при разрыве упругие волны через несколько секунд после разрыва достигают поверхности Земли, вызывая разрушения материальных объектов. При сильных землетрясениях образовавшийся разрыв может выйти на поверхность, образуя трещины и провалы. Относительное смещение краев провала по горизонтали и вертикали может достигать нескольких метров.

При землетрясении может наблюдаться два вида разломов. Если края разрыва сдвигаются параллельно его простиранию, то разлом называется *сбросом по простиранию*. В зависимости от того, в какую сторону сдвигается край разлома относительно наблюдателя, находящегося на противоположном краю, сбросы по простиранию могут быть *правосторонними* и *левосторон­ними.* Если края разрыва сдвигаются относительно друг друга вверх или вниз, разлом называется *сбросом по падению*. Сбросы по падению могут быть *нормальными*, если край разрыва сдвигается вниз или *обращенными*, если край разрыва сдвигается вверх.

Размеры разломов при выходе на поверхность могут быть достаточно большими. Так при катастрофическом землетрясении 4 декабря 1957 г. в Монгольском Алтае возник разлом Богдо длиной около 270 км, а общая длина образовавшихся разломов достигла 850 км. Во время Камчатского 1952 г. и Чилийского 1960 г. землетрясений протяженность разломов составила более 500 км, а смещение краев достигало 10 м.

Разрыв или система разрывов в земной коре, ставшая причиной землетрясения, называется ***очагом землетрясения***, а точка в глубине Земли, откуда началось движение разрыва – ***гипоцентром землетрясения***. Проекцию этой точки на земную поверхность принято называть ***эпицентром землетрясения***.

На основании измерений специальными приборами амплитуды и периода сейсмических колебаний определяется магнитуда землетрясения (М), характеризующая количество высвобожденной в ходе подземного разрыва энергии.

***Магнитуда*** *– это десятичный логарифм амплитуды наибольшей сейсмической волны, записанной стандартным сейсмографом на расстоянии 100 км от очага землетрясения*. Шкала магнитуд была предложена сейсмологом Калифорнийского института ***Ч.Ф.Рихтером*** (1900 – 1985) в **1935** г. В основе понятия магнитуды лежит высказанная Рихтером идея об эмпирической количественной связи между силой землетрясения, расстоянием от очага до [сейсмографа](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1159450&words=%F1%E5%E9%F1%EC%EE%E3%F0%E0%F4%E0) и максимальной амплитудой колебания, зарегистрированной этим сейсмографом.

Магнитуда является расчетной величиной и рассчитывается по так называемой калибровочной функции σ – эмпирическому закону изменения максимальной амплитуды сейсмической волны или скорости колебаний в зависимости от расстояния до эпицентра землетрясения.

*М = lgA+ σA(σ)* (1)

*М = lg(A/T)+σA/T(σ)*, где (2)

*А* – амплитуда волны;

*Т* – период волны;

σ – расстояние до эпицентра.

В настоящее время, с появлением высокочувствительных цифровых сейсмографов, магнитуда землетрясения определяется непосредственно по выделенной энергии:

, где (3)

Е – энергия землетрясения, эрг.

Увеличение магнитуды на одну единицу соответствует десятикратному увеличению амплитуды волны или 32-кратному увеличению выделившейся энергии. Землетрясение по шкале Рихтера будет носить разрушительный характер, если его магнитуда равна 5,5 баллам, магнитуда сильнейших землетрясений теоретически достигает 9 баллов, но на практике, видимо, невозможна, т.к. магнитуда 8,9 балла характеризует предел деформации горных пород перед их разрушением. Максимальная упругая энергия, которую может накопить горная порода перед разрушением, составляет 103 эрг/см3. Зафиксировано лишь два землетрясения с магнитудой 8,9 балла – в 1933 г. у берегов Японии и в 1906 г. у берегов Эквадора, выделившаяся при этом энергия составляла порядка 1025 эрг.

Связь между магнитудой землетрясения и освободившейся энергией показана в таблице.

Таблица 3

Соотношение магнитуды и энергии землетрясения

|  |  |
| --- | --- |
| Магнитуда землетрясения, баллов | Энергия землетрясения, эрг |
| 4  4,5  5  5,5  6  6,5  7  7,5  8  8,5 | 6,3 х 1017  3,6 х 1018  2,0 х 1019  1,1 х 1020  6,3 х 1020  3,6 х 1021  2,0 х 1022  1,1 х 1023  6,3 х 1023  3,6 х 1024 |

Магнитуда характеризует очаг землетрясения, однако нас на практике интересует в первую очередь масштаб и характер разрушений на земной поверхности. Интенсивность сейсмических колебаний на поверхности земли (J) напрямую связана с магнитудой и определяется по специальной шкале интенсивности. В СССР для определения интенсивности землетрясений в 1952 г. принята 12-балльная шкала Меркалли, модифицированная в 1964 г. в вариант MSK-64.

Таблица 4

Шкала интенсивности землетрясений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Условное наи­ме­но­ва­ние землетрясения | J,  баллов | Последствия землетрясения |
| Незаметное | 1 | Регистрируется только сейсмографами |
| Очень слабое | 2 | Ощущаются отдельными людьми в состоянии покоя |
| Слабое | 3 | Ощущаются некоторыми людьми на первых этажах |
| Ощутимое | 4 | Дребезжание стекол, скрип дверей |
| Умеренное | 5 | Сотрясение зданий, раскачивание висящих предметов |
| Значительное | 6 | Замечается многими людьми, трещины в штукатурке |
| Сильное | 7 | Тонкие трещины в несущих стенах |
| Очень сильное | 8 | Сквозные трещины в стенах, падение дымовых труб |
| Разрушительное | 9 | Обрушение стен, перекрытий, кровли |
| Опустошительное | 10 | Обвалы многих зданий, трещины в грунте, оползни |
| Катастрофическое | 11 | Разрушение подавляющего числа зданий и сооружений |
| Абсолютное | 12 | Полное разрушение зданий и сооружений, частичное изменение рельефа местности |

Чем ближе очаг землетрясения к поверхности, тем больше интенсивность колебаний в эпицентре, но тем быстрее интенсивность убывает с удалением от него. Соответственно, чем глубже расположен очаг землетрясения, тем меньше интенсивность колебаний в эпицентре, но тем большую площадь захватывает землетрясение. Так, при землетрясении в Карпатах с очагом на глубине 100 км, толчки силой до 5 баллов ощущались на территории г. Москвы.

В любом случае, чем выше магнитуда, тем сильнее будут колебания на поверхности и тем большую площадь они охватят. Условные линии, соединяющие точки на земной поверхности с одинаковой интенсивностью колебаний называются ***изосейтами***.

Интенсивность землетрясения в заданной точке земной поверхности можно определить по следующей формуле:

 , где (4)

*J* – интенсивность землетрясения, баллов;

*M* – магнитуда землетрясения, баллов;

*R* – расстояние до эпицентра землетрясения, км;

*h* – глубина очага землетрясения, км.

Как говорилось выше, очаги землетрясений не рассыпаны хаотично по земной поверхности, а приурочены к определенным зонам. Наибольшая вероятность землетрясений наблюдается в зонах контакта литосферных плит, однако, и в самих плитах имеются местные напряжения и разломы, которые могут быть источниками землетрясений. Сейсмичность Северной Евразии обусловлена взаимодействием целого ряда литосферных плит: Евразийской, Африканской, Аравийской, Индо-Австралийской, Китайской, Тихоокеанской, Охотоморской и Северо-Американской.

С геологической точки зрения Северная Евразия включает четыре крупные платформы разного возраста с относительно низкой и рассеянной сейсмичностью: Восточно-Европейскую или Русскую, Западно-Сибирскую, Туранскую и Сибирскую. Кроме того, сейсмичность Северной Евразии определяется и регионами с высокой сейсмоактивностью: Ирано-Кавказ-Анатолийский, Центрально-Азиатский, Алтай-Саяно-Байкальский, Курило-Камчатский и другие.

Таким образом, более 20% территории России находится в семибалльной зоне сейсмической опасности, более 15% - в девятибалльной зоне. Наиболее сильные землетрясения могут произойти на территории Дальнего Востока, Южной Сибири и Северного Кавказа, землетрясения силой до 7 баллов – на территории Предуралья, Среднего Урала, Приазовья, Поволжья и Кольского п-ова.

С другой стороны, статистика говорит о том, что значительные землетрясения происходят достаточно редко. За 1975 – 1997 гг. во всем мире произошло только 308 землетрясений с магнитудой более 7.

Таблица 5

Среднегодовое количество землетрясений

|  |  |
| --- | --- |
| Магнитуда землетрясения | Среднегодовое количество |
| 8 и более  7,0 – 7,9  6,0 – 6,9  5,0 – 5,9  4,0 – 4,9  3,0 – 3,9  2,0 – 2,9  1,0 – 1,9 | 1  18  120  800  6 200  49 000  около 1 тыс. ежедневно  около 8 тыс. ежедневно |

*Таким образом, мы можем констатировать, что причиной землетрясений служат напряжения, накапливающиеся в земной коре и верхней мантии, разрядка которых происходит за короткий промежуток времени. Сила землетрясения зависит от освобожденной энергии и характеризуется магнитудой сейсмических волн в очаге землетрясения и интенсивностью колебаний на поверхности Земли.*

## 1.3. Прогнозирование зем­ле­тря­се­ний

Во все времена человечество пыталось предсказывать опасные сейсмические явления, однако, лишь с изобретением в 1890-х гг. сейсмографа дело предсказания землетрясений было поставлено на научную основу. ***Сейсмограф****, это прибор, который записывает движение грунта при землетрясении*. Движущаяся часть сейсмометра называется сейсмометром. Обычно это маятник или груз, подвешенный на пружине, и оснащенный механизмом затухания. Движение сейсмометра преобразуется в сейсмограмму одним из следующих способов:

* пером по бумаге, надетой на барабан;
* лучом света по фотопленке;
* электронным устройством на магнитную ленту.

В результате работы сейсмографа образуется сейсмограмма, по горизонтальной оси которой отложено время в секундах и долях секунды, а по вертикальной – смещение почвы, обычно в миллиметрах.

В России первые сейсмические станции были открыты в 1906 г. в Пулково близ С.-Петербурга и в Екатеринбурге. В 1912 г. было начато создание в России сети сейсмических станций, которая к 2000 г. насчитывала более 140 станций и 9 центров сбора и обработки данных.

В настоящее время создано три уровня регистрации и анализа сейсмической информации. На местном уровне локальные сейсмические сети собирают информацию о землетрясениях с магнитудой свыше 1, при этом контролируется территория до 10 тыс. км2. На территориальном уровне региональные сейсмические сети регистрируют землетрясения начиная с М=2. Такие сети развернуты на Камчатке, Сахалине, Северном Кавказе, Прибайкалье и в других сейсмоопасных регионах РФ. Наконец, телесейсмическая сеть РАН контролирует всю территорию страны, регистрируя землетрясения с М=4,5 и выше.

Землетрясения по своей величине и частоте повторяемости подчинены очень важной для исследований по сейсмическому районированию и долгосрочному прогнозу фундаментальной закономерности: чем больше масштаб явления, тем реже оно возникает. Наиболее крупные сейсмические события происходят в одном и том же очаге сравнительно редко – один раз в сотни или тысячи лет. Поэтому под сейсмическим режимом того или иного района понимается частота возникновения в их пределах землетрясений различной магнитуды. Ниже мы рассмотрим сейсмическое районирование территории Российской Федерации.

**Северный Кавказ**, будучи составной частью протяженной Крым-Кавказ-Копетдагской зоны Иран-Кавказ-Анатолийского сейсмоактивного региона, характеризуется самой высокой сейсмичностью в европейской части страны. Здесь известны землетрясения с магнитудой около 7 баллов и интенсивностью в эпицентре 9 баллов и выше. Наиболее активна восточная часть Северного Кавказа - территории Дагестана, Чечни, Ингушетии и Северной Осетии.

Таблица 6

Крупные землетрясения на Северном Кавказе

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место землетрясения | Год | Магнитуда, баллов | Интенсивность, баллов |
| Дагестан  Дагестан  Чечня | 1830  1971  1976 | 6,3  6,6  6,2 | 8 – 9  8 – 9  8 – 9 |

Очаг местной сейсмичности связан и со Ставропольским поднятием, частично захватывающим Адыгею, Ставропольский и Краснодарский края, однако магнитуды известных здесь землетрясений пока не превысили 6,5 баллов. Многочисленные ощутимые землетрясения отмечены в районе Анапы, Новороссийска, Сочи и на других участках Черноморского побережья, а также в акватории Черного и Каспийского морей. Имеются сведения и о произошедшем в 63 г. до н. э. Понтикапейском землетрясении, разрушившем ряд городов по обе стороны Керченского пролива.

**Восточно-Европейская равнина и Урал** характеризуются относительно слабой сейсмичностью и редко возникающими здесь местными землетрясениями с магнитудой 5,5 баллов и менее. Такие явления отмечены в районе городов Альметьевск (1914, 1986 гг.), Елабуга (1851, 1989 гг.), Вятка (1897 г.), Сыктывкар (1939 г.), Верхний Устюг (1829 г.). Не менее сильные землетрясения возникают на Среднем Урале, в Предуралье, Поволжье, в районе Азовского моря и Воронежской области. Слабые землетрясения с магнитудой менее 4 баллов возможны практически повсеместно.

Таблица 7

Периоды повторяемости землетрясений для Уральского региона

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Магнитуда, баллов | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 |
| Период повторяемости, лет | 4 | 10 | 20 | 50 | 100 | 250 | 550 |

На северо-западе России ощущаются землетрясения Скандинавии. В Калининградской и Ленинградской областей случаются и слабые местные землетрясения, обусловленные продолжающимся послеледниковым изостатическим поднятием Скандинавии. На обширной площади, в том числе в Москве и Санкт-Петербурге, неоднократно наблюдались сейсмические колебания интенсивностью до 3-4 баллов от заглубленных очагов крупных землетрясений, происходящих в Восточных Карпатах.

**Алтай** и **Саяны** один из наиболее сейсмоактивных внутриконтинентальных регионов мира. На территории Восточного Саяна известны землетрясения с магнитудой около 7 баллов и обнаружены древние геологические следы более крупных сейсмических событий. На российском Алтае и Западном Саяне до недавнего времени магнитуда землетрясений не превышала 6,6 баллов, однако 27 сентября 2003 г. в высокогорном Кош-Агачском районе Алтая произошло землетрясение с магнитудой 7,5 и интенсивностью 9-10 баллов.

Крупнейшие Хангайские землетрясения произошли в пределах Монгольского Алтая 9 и 23 июля 1905 г. Первое из них имело магнитуду 8,4 балла, а интенсивность в эпицентре составила 11-12 баллов. Магнитуда и сейсмический эффект второго землетрясения были близки к предельным величинам магнитуд и сейсмического эффекта – 8,7 и 11-12 баллов. Оба землетрясения ощущались на огромной территории России. В Иркутской, Томской, Енисейской губерниях и по всему Забайкалью интенсивность достигала 6-7 баллов, на Урале – 5 баллов.

**Байкальская рифтовая зона** представлена тремя сейсмоактивными котловинами - южной, средней и северной. Кроме того, восточнее озера Олекмо-Становая сейсмоактивная зона трассирует границу между Евроазиатской и Китайской литосферными плитами. На стыке Байкальской зоны и Восточного Саяна сохранились следы древних землетрясений с магнитудой 7,7 баллов и выше. В 1862 г. при землетрясении  в северной части дельты Селенги ушел под воду участок суши площадью 200 км2 и образовался залив Провал.

Последние крупные землетрясения в районе Байкала были в 1950-х гг., это Мондинское 1950 г. с магнитудой 7,1, Муйское 1957 г. с магнитудой 7,7 и Среднебайкальское 1959 г. с магнитудой 6,9 баллов. В результате последнего дно в средней котловине озера опустилось на 15-20 м.

**Верхояно-Колымский регион** принадлежит поясу Черского, протягивающемуся в юго-восточном направлении от устья р. Лены к побережью Охотского моря, Северной Камчатке и Командорским островам. Самые сильные в этом регионе землетрясения произошли в Якутии: Булунские 1927 и 1971 гг., с магнитудой 6,8 и 7,1 баллов и Артыкское 1971 г. с магнитудой 7,1 баллов. Менее значительные сейсмические события с магнитудой до 5,5 баллов наблюдаются на всей территории Западно-Сибирской платформы.

**Арктическая рифтовая зона** является северо-западным продолжением сейсмоактивной структуры Верхояно-Колымского региона, уходящей узкой полосой в Северный Ледовитый океан и соединяющейся на западе с аналогичной рифтовой зоной Срединно-Атлантического хребта. На шельфе моря Лаптевых в 1909 г. и 1964 г. произошли два землетрясения с магнитудой 6,8 балла.

**Курило-Камчатская зона** протягивается вдоль восточного побережья Камчатки, Курильских островов и о-ва Хоккайдо. Это зона самых крупных в Северной Евразии землетрясений с магнитудой более 8 баллов. Протяженность ее вдоль дуги около 2500 км, ширина составляет около 70 км. Сейсмический эффект на земной поверхности от глубоких очагов относительно невысок. Самые сильные землетрясения возникают на глубине до 80 км в сравнительно узкой полосе между океаническим желобом, Камчаткой и Курильскими островами (1737, 1780, 1792, 1841, 1918, 1923, 1952, 1958, 1963, 1969, 1994, 1997 гг. и др.). Большинство из них сопровождалось мощными цунами высотой 10-15 м и выше.

**Сахалин** представляет собой северное продолжение Сахалино-Японской островной дуги и трассирует границу Охотоморской и Евразиатской плит. До катастрофического Нефтегорского землетрясения здесь ожидались лишь землетрясения интенсивностью до  6-7 баллов. Однако Нефтегорское землетрясение 1995 г. имело магнитуду 7,5 баллов, и было самым разрушительным из известных за все время на территории России. Землетрясением был полностью уничтожен рабочий поселок Нефтегорск, погибло около 2000 чел.

Крупным сейсмическим событием стало Углегорское землетрясение 2000 г. с магнитудой 7,1 баллов. Возникнув в южной части острова, вдалеке от населенных пунктов, оно практически не принесло ущерба, но подтвердило повышенную сейсмическую опасность Сахалина.

**Приамурье и Приморье** характеризуются умеренной сейсмичностью. Из известных здесь землетрясений пока только событие 1967 г. на севере Амурской области достигло магнитуды 7 баллов. В будущем магнитуды потенциальных землетрясений на юге Хабаровского края так же могут оказаться не менее 7 баллов, а на севере Амурской области не исключены землетрясения с магнитудой 7,5 баллов и выше.

**Чукотка и Корякское нагорье** еще недостаточно изучены в сейсмическом отношении из-за отсутствия здесь необходимого числа сейсмических станций. В 1928 г. у восточного побережья Чукотки возник рой сильных землетрясений с магнитудами от 6,2 до 6,9 баллов. Самым сильным из известных в Корякском нагорье было Хаилинское землетрясение 1991 г. с магнитудой 7 баллов.

Таблица

Зоны различной интенсивности сейсмических воздействий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Регион | Площадь (тыс. км2) при интенсивности в баллах | | | |
| 6 | 7 | 9 | более 9 |
| Алтай и Саяны | 330 | 176 | 96 | 17 |
| Восточная Сибирь | 738 | 820 | 187 | 182 |
| Якутия и районы Магадана | 903 | 233 | 124 | - |
| Чукотка | 114 | 26 | - | - |
| Камчатка и Камчатские острова | 148 | 63 | 53 | 41 |
| Курильские острова | - | - | - | 16 |
| Сахалин | 30 | 46 | - | - |
| Приморье | 155 | 9 | - | - |
| Крым | 11 | 3 | 1 | - |

**Предсказание землетрясений** строится в три этапа. Долгосрочный прогноз выдается, когда землетрясение ожидается на достаточно большой площади, а время его ожидания растянуто на годы и десятилетия. Среднесрочный прогнозирование осуществляется в том случае, если землетрясение ожидается на относительно небольшой площади, а время ожидания измеряется месяцами и несколькими годами. Краткосрочный прогноз предсказывает момент возникновения землетрясения с точностью до нескольких суток и даже часов.

Основу ***долгосрочного прогноза*** составляет знание длительности сейсмического цикла для данной местности, опыт показывает, что он не определяется с точностью большей, чем несколько десятков лет, поэтому сейсмическое районирование в настоящее время носит вероятностный характер. Благодаря компьютерным технологиям, позволившим построить модель источников землетрясений, стало возможным составлять карты виртуальной сейсмичности на любой разумный интервал времени и изучать сейсмический эффект, создаваемый виртуальными очагами на земной поверхности. С учетом затухания сейсмического эффекта с удалением от сейсмических источников, были выполнены расчеты и построены карты для периодов повторяемости сейсмических воздействий в среднем один раз в 100, 500, 250, 1000, 2500, 5000 и 10000 лет.

Для проектирования и строительства гражданских и промышленных сооружений на территории Российской Федерации в качестве нормативного документа принят комплект ОСР-97, состоящий из трех карт, отражающих 10%- (карта А), 5%- (В) и 1%-ную (С) вероятность возможного превышения расчетной сейсмической интенсивности в течение 50-летнего интервала времени, что соответствует повторяемости сейсмического эффекта на земной поверхности в среднем один раз в 500, 1000 и 5000 лет.

Основу ***среднесрочного прогноза*** составляет изучение сейсмического цикла конкретного сейсмоактивного региона. Известно, что сейсмический цикл распадается на 4 основных стадии. До 80 % всего цикла занимает стадия сейсмического покоя, во время этой стадии происходит накопление сейсмических напряжений. После того, как они приблизятся к критическому уровню, сейсмичность оживает и наступает стадия активизации, которая занимает до 10 % всего цикла и характеризуется проявлением различных предвестников землетрясений, в том числе – ***форшоками***, т.е., более слабыми толчками, предшествующими основному землетрясению. Наконец, в течение нескольких секунд или минут совершается основное землетрясение, в ходе которого происходит разрядка накопившихся тектонических напряжений. За основным землетрясением следует стадия затухания сейсмической активности, которая занимает до 10 % всего цикла и характерна постепенно уменьшающимися по частоте и силе ***афтершоками***. Афтершоками завершается разгрузка области сейсмических напряжений, и цикл вновь переходит в стадию покоя.

В связи с вышеизложенным находит свое подтверждение теория ***сейсмической бреши***, согласно которой, наиболее сейсмоопасным будет тот сегмент границы тектонических плит, в котором сильных землетрясений не было в течение 30 и более лет.

По появлению предвестников землетрясений и составляется среднесрочный прогноз, точность которого колеблется от 5 лет до нескольких месяцев, при этом вероятность правильного предсказания составляет 70-80 %. В научной литературе зафиксировано более сотни среднесрочных предвестников, из которых 20 упоминаются наиболее часто.

**Предвестниками землетрясений** могут служить:

* + изменения геомагнитного поля;
  + изменения в распространении сейсмических волн;
  + падение уровень подземных вод и снижение их температуры;
  + изменение содержания радона в подземных водах и газах;
  + изменение электросопротивления горных пород;
  + изменение уровня подземных вод;
  + исчезновение постоянных слабых землетрясений;
  + регистрация электромагнитного излучения.

Сложность среднесрочного прогнозирования состоит в том, что вышеуказанные аномалии могут проявляться не только в зоне очага возможного землетрясения, поэтому ни один из известных среднесрочных предвестников нельзя отнести к универсальным.

При лавинообразном нарастании частоты и силы предвестников дается **краткосрочный прогноз**, однако, на современном этапе накопленного опыта не хватает для точного прогноза. Под влиянием многих трудно учитываемых факторов землетрясение может и не произойти в ближайшие часы или дни.

Краткосрочный прогноз землетрясения можно дать и на основе поведения животных. Очень чувствительны к предстоящему землетрясению рыбы, так как плавательный пузырь выполняет роль резонатора колебаний. Вследствие этого рыба чувствует нарастание инфразвука из зоны будущего разлома в земной коре, и стремится к поверхности воды, где уровень инфразвука ниже. Поэтому в прибрежных водах могут появляться глубоководные экземпляры, речная и озерная рыба начинает проявлять беспокойство, собираться стаями на поверхности воды и даже выбрасываться на берег. К примеру, по поведению аквариумных рыбок пытаются в домашних условиях предсказывать землетрясения японцы.

Животные и птицы также чувствуют нарастание напряжения в земной коре, и начинают проявлять необычное возбуждение. Домашние животные начинают реветь, биться в стойлах. Особенно чувствительны грызуны, в том числе домовые мыши и крысы. Перед землетрясением они покидают свои убежища днем, не обращая внимания на людей, бегают, пищат, бросаются друг на друга. Особенно важен тот факт, что непосредственно перед подземными толчками всеобщее возбуждение сменяется подавленностью, животные как бы замирают в ожидании катаклизма.

*Подводя итог вышесказанному, необходимо констатировать, что точное предсказание землетрясений на современном уровне научных знаний невозможно. Предсказанное землетрясение может не произойти или произойти в другие сроки. Тем большее значение приобретает готовность населения и специализированных служб к действиями во время, и после землетрясения.*

# Лекция 2.

# Землетрясения, извержения вулканов и их характеристика. Характеристика землетрясений

В предшествующей лекции мы познакомились с причинами и характером землетрясений, и выяснили, что землетрясения возникают в результате разрядки напряжений, накапливающихся в литосфере. В данной лекции мы рассмотрим факторы опасности, возникающие при землетрясениях и способы действий населения и спасательных служб во время землетрясения.

## 2.1. Характеристика очага земле­тря­сения

Землетрясения влекут за собой тяжелые, иногда катастрофические последствия, во многом тождественные последствиям ядерных взрывов.

***Очагом поражения*** называется территория с расположенными на ней зданиями, специальными сооружениями, инженерными сетями и коммуникациями, оборудованием, техникой и населением, подвергшаяся поражению при землетрясении. В очаге поражения могут наблюдаться:

* оползни и обвалы на горных склонах, в оврагах, котлованах и карьерах;
* обрушение подземных полостей естественного и антропогенного происхождения;
* образование селевых потоков и сход снежных лавин в горах;
* цунами на побережьях морей и океанов;
* разрушение и опрокидывание зданий и сооружений, нарушение инженерных сетей и коммуникаций, линий связи и путей сообщения;
* возникновение взрывов и пожаров в результате замыканий в энергетических сетях, разрывов газо- и нефтепроводов, других аварий;
* затопление населенных пунктов в результате подпруд на реках и разрушения гидротехнических сооружений;
* утечки и выбросы радиоактивных и химически опасных веществ.

Об оползнях, обвалах, селевых потоках, снежных лавинах и наводнениях мы еще поговорим в соответствующих разделах данного курса лекций. Пожары, утечки и выбросы опасных веществ рассматриваются специальными дисциплинами, поэтому нас в первую очередь интересует поведение зданий и сооружений в зоне землетрясения.

Степень **разрушения зданий и сооружений** зависит от их конструкции и расположения, характера грунта, расстояния от эпицентра землетрясения и его магнитуды.

При этом может наблюдаться:

* просадка здания;
* наклон здания;
* опрокидывание здания;
* смещение здания относительно фундамента;
* деформация и повреждение элементов здания;
* полное разрушение здания.

***Просадка, наклон*** и ***опрокидывание*** здания происходят при нарушении структуры грунта, на котором стоит здание. Многие рыхлые увлажненные грунты (песок, глина, суглинок) способны менять свои механические свойства при прохождении через них упругих волн, т.к. эти грунты состоят из мелких и мельчайших [минеральных частиц](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1159450&words=%EC%E8%ED%E5%F0%E0%EB%FC%ED%FB%F5%20%F7%E0%F1%F2%E8%F6), в промежутках между которыми находятся вода и газы. Все сопротивление такого грунта внешней нагрузке, например весу стоящего на нем здания, осуществляется за счет огромного числа контактов между этими частицами, многие из которых очень слабые. При прохождении упругой волны возбуждаются колебания частиц грунта с разными скоростями, и часть контактов разрывается. В результате прочность грунта снижается иногда в несколько раз, а стоящее на нем сооружение может осесть вглубь, перекоситься или опрокинуться.

Некоторые [водонасыщенные грунты](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1159450&words=%E2%EE%E4%EE%ED%E0%F1%FB%F9%E5%ED%ED%FB%E5%20%E3%F0%F3%ED%F2%FB), в особенности мелкие рыхлые пески, могут даже разжижаться при достаточно сильном сейсмическом воздействии. При исчезновении непосредственного контакта между песчаными зернами они в какой-то момент оказываются как бы взвешенными во вмещающей их воде. Вода при этом стремится отжаться, но процесс этот требует некоторого времени, поскольку ограничивается водопроницаемостью грунта. В результате сейсмическое разжижение грунтов обычно сопровождается тяжелыми авариями даже сейсмостойких сооружений: здания успевают «утонуть» или перекоситься, а дороги и коммуникации разрываются на поверхности разжиженных отложений.

Определяющим фактором в ***смещении, повреждении*** и ***разрушении*** зданий и сооружений будет сотрясение грунта, которое в свою очередь характеризуется временем сотрясения частиц грунта, скоростью и ускорением смещения, и абсолютной величиной смещения грунта.

Таблица 8

Смещение грунта при землетрясениях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Баллы | Скорость смещения,  см/с | Ускорение смещения, см/с2 | Величина горизонтального смещения, см |
| 6  7  8  9 | 3 – 6  6 – 12  12 – 24  24 – 48 | 30 – 60  60 – 120  120 – 240  240 – 480 | 1,5 – 3,0  3,0 – 6,0  6,0 – 12,0  12,0 – 24,0 |

В зависимости от угла подхода волн к поверхности, типа и жесткости сооружения, формы и глубины заложения фундамента и других факторов могут одновременно возбуждаться разные пространственные формы (или моды) колебаний как сооружения в целом, так и его конструктивных частей. В общем случае сооружение как свободное тело в пространстве имеет шесть степеней свободы и соответствующие им разные пространственные формы, или моды колебаний.

Простые поступательные перемещения происходят в вертикальной и горизонтальной плоскости, кроме того, возможны три вращательных перемещения. Маятниковые колебания или боковая качка – это колебания вокруг продольной оси; галопирование или продольная качка – колебания вокруг поперечной оси; виляние – колебания вокруг вертикальной оси. Вибрации произвольного сооружения с фундаментом являются результатом наложения разных мод колебаний, для каждой из которых существует собственная частота колебаний.

Характер разрушения зданий в значительной степени зависит от конструктивной схемы этих зданий. В ***каркасных зданиях*** преимущественно разрушаются узлы каркаса, вследствие возникновения в этих местах значительных изгибающих моментов и поперечных сил. Особенно сильные повреждение получают основание стоек и узлы соединения ригелей со стойками каркаса.

В ***крупнопанельных и крупноблочных зданиях*** наиболее часто разрушаются стыковые соединения панелей и блоков между собой и с перекрытиями. При этом наблюдается взаимное смещение панелей, раскрытие вертикальных стыков, отклонение панелей от первоначального положения, а в некоторых случаях обрушение панелей.

Для зданий с несущими стенами из местных материалов (сырцовый кирпич, глина, саманные блоки, туфовые блоки и др.) характерны следующие повреждения:

* появление трещин в стенах;
* обрушение торцовых стен;
* сдвиг, а иногда и обрушение перекрытий;
* обрушение отдельно стоящих стоек и особенно печей и дымовых труб.

Если в спектре сейсмической волны присутствуют колебания с частотами, близкими к собственной частоте сооружения, то возникает резонанс, при котором возрастают напряжения по контакту фундамента с грунтом и в конструкции сооружения. Особенно опасно резонансное усиление маятниковых колебаний – когда центр тяжести сооружения значительно удален от точки его опоры, что характерно для мостовых опор, труб и высотных зданий вообще. Так, во время землетрясения 1985 г. в Мехико, произошло 75-кратное резонансное усиление сейсмических колебаний с периодами около 2 секунд. Это привело к избирательному тотальному разрушению 15-25-этажных зданий с близкими резонансными периодами и к гибели 10 тыс. человек.

Из современных зданий и сооружений наиболее устойчивы к разрушению крупнопанельные дома за счет высокой прочности панелей и пластичности связей между ними. Высокую стойкость показывают также дома с несущими стенами из монолитного железобетона, возведенные методом заливки. При правильной технологии строительства 90% таких зданий выдерживает без обрушения 9-бальное землетрясение, и 50% - 10-бальное.

Большую устойчивость к сейсмическому воздействию показывают также деревянные рубленные и каркасные дома. Как правило, у таких зданий только при интенсивности 8 баллов и более наблюдается изменение геометрии здания, а в некоторых случаях обрушение крыш. Малоэтажные, до 4 этажей, здания более устойчивы к разрушению, чем многоэтажные, так как обладают большей жесткостью. Кроме того, величина нагрузки растет с увеличением этажности зданий, так как возрастают момент силы и амплитуда колебаний строительных конструкций.

Разрушения можно условно подразделить на пять видов – полные, сильные, средние, слабые и легкие. Зоны таких разрушений на картах и схемах принято обозначать буквами A, B, C, D и Е.

Таблица 9

Степень разрушения зданий и сооружений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Баллы | Зона разрушения | Характеристика разрушения |
| 11 – 12 | А | Обрушение несущих стен и перекрытия, полное обрушение здания с потерей его формы. Сохранение поврежденных подвалов и подземных инженерных сетей, образование сплошных тлеющих завалов |
| 9 – 10 | В | Частичные разрушения несущих конструкций: проломы и вывалы в несущих стенах; развалы стыков и узлов каркаса; нарушение связей между частями здания; обрушение отдельных панелей перекрытия; обрушение крупных частей здания. Здание подлежит сносу. |
| 7 – 8 | С | Разрушения неконструктивных элементов здания: обвалы частей перегородок, карнизов, фронтонов, дымовых труб. Значительные повреждения несущих конструкций: сквозные трещины в несущих стенах, значительные деформации каркаса, заметные сдвиги панелей, выкрашивание бетона в узлах каркаса. Возможен восстановительный ремонт здания. |
| 5 – 6 | D | Значительные повреждения материала и неконструктивных элементов здания, падение пластов штукатурки, сквозные трещины в перегородках, глубокие трещины в карнизах и фронтонах, выпадение кирпичей из труб, падение отдельных черепиц. Слабые повреждение несущих конструкций: тонкие трещины в несущих стенах, незначительные деформации и небольшие отколы бетона или раствора в узлах каркаса и в стыках панелей. Для ликвидации повреждений необходим капитальный ремонт зданий. |
| 4 – 5 | Е | Слабые повреждения материала и неконструктивных элементов здания: тонкие трещины в штукатурке; откалывание небольших кусков штукатурки; тонкие трещины в сопряжениях перекрытий со стенами и стенового заполнения с элементами каркаса, между панелями, в разделке печей и дверных коробок; тонкие трещины в перегородках, карнизах, фронтонах, трубах. Видимые повреждения конструктивных элементов отсутствуют. Для ликвидации повреждений достаточно текущего ремонта зданий. |

При разрушении жилой и промышленной зоны городов и поселков образуются завалы. ***Завалом*** называется хаотическое нагромождение камней, строительных материалов и конструкций, технологического оборудования, сантехнических устройств, мебели и т.п.

Объем завалов в зависимости от строительного объема здания составляет для жилых зданий 35 – 50 %, а для промышленных – 15 – 20 %. Высота завала в зависимости от первоначальной высоты сооружения составляет для жилых зданий – 1/5 – 1/7, для промышленных – 1/4 - 1/10. Средний угол откосов завала составляет примерно 300. Вынос завала за контуры здания при полном разрушении составляет, например, для 9-ти этажных зданий 7 – 9 метров.

В зависимости от материала, из которого было построено здание, различают железобетонные и кирпичные завалы. Железобетонные завалы характеризуются наличием большого количества крупных элементов, часто соединенных между собой, большой неустойчивостью и пустотностью. По опыту землетрясения в Армении в 1988 г., характер завала будет зависеть от степени разрушения здания.

Кирпичные завалы характеризуются большой плотностью, отсутствием крупных элементов и больших пустот, большой устойчивостью завала.

# Таблица

## Объемно-массовые характеристики завалов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип здания | Объем пустот на 100 м3 завала, м3 | Объем завала на 100 м3 стро­итель­ного объема, м3 | Объемный вес, т/м3 |
| Производственные здания | | | |
| одноэтажное легкого типа | 40 | 14 | 1,5 |
| одноэтажное среднего типа | 50 | 16 | 1,2 |
| одноэтажное тяжелого типа | 60 | 20 | 1 |
| многоэтажное | 40 | 21 | 1,5 |
| смешанного типа | 45 | 22 | 1,4 |
| Жилые здания бескаркасные | | | |
| кирпичное | 30 | 36 | 1,2 |
| мелкоблочное | 30 | 36 | 1,2 |
| крупноблочное | 30 | 36 | 1,2 |
| крупнопанельное | 40 | 42 | 1,1 |
| Жилые здания каркасные | | | |
| стены из навесных па­не­лей | 40 | 42 | 1,1 |
| стены из каменных мате­ри­алов | 40 | 42 | 1,1 |

Таблица

Структура завалов по весу обломков, %

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип здания | Более 5  тонн | 2 – 5  тонн | 0,2 – 2  тонн | До 0,2  тонн |
| Производственное одноэтажное:  стены из панелей  стены из кирпича | 60 | 10 | 20  5 | 10  25 |
| Производственное многоэтажное:  стены из панелей  стены из кирпича | 10 | 40 | 40  10 | 10  40 |
| Жилое здание бескаркасное | 0 | 30 | 60  10 | 10  60 |
| Жилое здание каркасное | 0 | 50 | 40  10 | 10  40 |

Таблица

## Структура завалов по составу элементов, %

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав элементов | Здания жилые | | Здания производственные | |
| из кирпича | из крупных панелей | из кирпича | из крупных панелей |
| Кирпичные глыбы,  битый кирпич | 50 | - | 25 | - |
| Обломки железобетонных и бетонных конструкций | 15 | 75 | 55 | 80 |
| Деревянные конструкции | 15 | 8 | 3 | 3 |
| Металлические конструкции | 5 | 2 | 10 | 10 |
| Строительный мусор | 15 | 15 | 7 | 7 |

Появление очагов горения при землетрясении следует ожидать в местах концентрации пожароопасных элементов. На количество пожаров, возникающих при землетрясении, особенно в жилой застройке, существенное влияние оказывает время года и суток. Землетрясение зимой более опасно в пожарном отношении, нежели летом, вечерние часы являются наиболее неблагоприятным временем по сравнением с дневными, а тем более утренними часами. Кроме того, вероятность возникновения очагов горения в разрушенных зданиях пропорциональна этажности и степени разрушения зданий. Анализ последствий землетрясений показывает, что в среднем в половине числа зданий, получивших частичные разрушения и обвалы, возможно возникновение пожаров.

Для пожаров, возникающих в завалах, характерны следующие особенности:

* горение происходит во внутренних полостях, расположенных в толще завала;
* средняя температура в толще завалов составляет от 300 до 4000С;
* высота факела пламени над завалом достигает 3-5 м;
* низкая эффективность при тушении водой в виде распыленных струй и воздушно-механической пеной;
* низкая эффективность тушения способом изоляции с применением воздушно-механических и быстротвердеющих пен;
* трудность в определении очага горения по интенсивности дымовыделения.

Исходя из вышеизложенного, наиболее эффективно тушение пожаров в завалах компактными струями воды, при высоте завала более 3 м тушение необходимо сочетать с разборкой завала.

*Таким образом, землетрясения влекут за собой тяжелые, иногда катастрофические последствия, во многом тождественные последствиям ядерных взрывов. Основной причиной разрушения зданий и сооружений являются сейсмические волны, продольные, поперечные и поверхностные. Соответственно, уменьшение масштабов и последствий разрушений возможно при сейсмостойком строительстве.*

## 2.2. Факторы опасности при зем­ле­трясении

Непосредственно подземными толчками убить человека практически невозможно. Гибель людей во время землетрясений обусловлена следующими факторами.

1. Разрушение сейсмическими толчками зданий и сооружений;
2. Инициирование землетрясением катастрофических изменений в природе – цунами, оползней, селей, наводнений и т.д.
3. Разрушение объектов техносферы, в результате чего возникают пожары, выбросы опасных веществ, прорывы гидротехнических сооружений.

Наиболее характерна гибель вследствие разрушения зданий и сооружений, при этом характер повреждений во многом сходен с повреждениями при ядерном взрыве. При этом количество пострадавших будет зависеть:

* от интенсивности землетрясения;
* степени и характера разрушения зданий и сооружений;
* характера размещения населения в момент землетрясения.

При этом необходимо отметить, что только 45% травм вызвано разрушением сооружения, а все остальные были получены пострадавшими вследствие возникшей паники, выпрыгивания из окон и с балконов, прочих неправильных действий.

В очаге поражения различают общие, безвозвратные и санитарные потери.

***Общие потери*** – это потери населения вследствие ранений, заболеваний и других причин, связанных с катастрофой.

***Безвозвратные потери*** – это потери населения при катастрофе погибшими, умершими и пропавшими без вести.

***Санитарные потери*** – это потери населения раненными и больными, потерявшими трудоспособность на срок не менее одних суток и поступившими в лечебные учреждения.

Таблица 10

Соотношение безвозвратных и санитарных потерь населения в крупнейших землетрясениях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Место землетрясения | Год землетрясения | Количество погибших | Количество раненых |
| Туркмения  Перу  Гватемала  Армения  Иран  Индия  Иран  Пакистан | 1948  1970  1976  1988  1990  2001  2003  2005 | 27 000  66 000  22 800  25 000  50 000  150 000  34 000  53 000 | 55 457  143 000  76 500  31 000  200 000  70 000  50 000  65 000 |

Гибель людей во время землетрясений вызвана тремя основными причинами:

1. Несовместимые с жизнью повреждения, нанесенные падающими конструкциями и предметами;
2. Компрессионная асфиксия, которая развивается при нахождении под обломками зданий и сооружений;
3. Термическое воздействие при развитии пожаров.

Так при Нефтегорском землетрясении 1995 г. компрессионная асфиксия стала причиной смерти в 58,86% случаев, черепно-мозговая травма – в 14,64% случаев, сочетанная тупая травма туловища – в 8,7% случаев, термическое воздействие – в 15,96% случаев и в 1,84% случаев причину смерти установить не удалось.

Гибель людей, находящихся в завалах от перегрева организма и ожогов наступает в течение 10-40 минут, в то же время, у людей, находящихся с подветренной стороны вблизи горящих завалов, уже через 6-10 часов может наблюдаться отравление оксидом углерода вплоть до летального исхода.

Травмы, полученные людьми, оставшимися в живых, характеризуются следующими соотношениями.

Повреждения конечностей наблюдались у 40% пострадавших, при этом в 26,6% отмечались переломы длинных костей.

Черепные травмы были отмечены у 23% пострадавших, при этом переломы костей черепа наблюдались в 8% случаев.

Позвоночник был поврежден у 4% пострадавших, грудная клетка – у 9%, органы брюшной полости – у 1,2%, таза – у 4,8% пострадавших.

В 18% случаев у пострадавших наблюдался синдром длительного раздавливания.

Таблица 11

Примерное распределение санитарных потерь

по степени травмирования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Интенсивность, баллов | Легкие травмы, % | Средние травмы, % | Тяжелые травмы, % |
| 5  6  7  8  9  10  11  12 | 100  87,83  75,87  74,88  36,74  32,24  26,88  22,07 | -  8,11  14,09  19,56  29,69  30,68  28,92  25,65 | -  4,06  10,04  10,56  33,58  37,08  44,2  52,28 |

Несмотря на множество входящих факторов, влияющих на масштабы потерь среди населения, существуют методики, позволяющие прогнозировать возможные потери. Базовой является таблица, определяющая возможные потери среди населения при 5 – 12-балльном землетрясении в населенных пунктах различного типа, с учетом того, что 60% населения в момент землетрясения находится внутри зданий и сооружений.

Таблица 12

Прогнозируемые потери в процентах от численности населения

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| J, баллов | Потери | Тип населенного пункта | | | |
| Крупный город | Средний город | Небольшой город | Среднее |
| 5 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 0,11  -  0,11 | 0,11  -  0,11 | 0,11  -  0,11 | 0,11  -  0,11 |
| 6 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 2,08  -  2,08 | 2,11  -  2,11 | 2,02  -  2,02 | 2,07  -  2,07 |
| 7 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 8,1  0,33  7,77 | 9,34  0,6  8,74 | 15,54  2,1  13,44 | 10,99  1,01  9,98 |
| 8 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 18,43  1,58  16,85 | 19,43  1,98  17,45 | 23,04  4,05  18,99 | 20,3  2,54  17,76 |
| 9 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 39,3  17,28  22,03 | 39,56  17,68  21,88 | 37,38  18,01  19,37 | 38,75  17,66  21,09 |
| 10 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 47,67  25,91  21,76 | 48,75  26,88  21,88 | 50,8  29,8  21,0 | 49,08  27,53  21,55 |
| 11 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 53,98  39,66  14,32 | 54,44  40,47  13,97 | 55,1  41,75  13,36 | 54,51  40,62  13,88 |
| 12 | Общие  Безвозвратные  Санитарные | 56,29  45,27  11,02 | 56,64  46,04  10,6 | 58,1  48,84  9,26 | 57,01  46,72  10,29 |

Следовательно, если в городе с населением 1 млн. человек произойдет землетрясение интенсивностью 10 баллов, возможные безвозвратные потери выразятся цифрой 259,1 тыс. человек, а санитарные могут достигнуть 217,6 тыс. человек.

В расчетах следует учитывать размещение населения в момент землетрясения, для чего вводится поправочный коэффициент, учитывающий каждые дополнительные 10% населения, находящиеся в зданиях и сооружениях.

Таблица 13

Коэффициент возрастания или уменьшения потерь на каждые 10% населения, находящегося во время землетрясения в зданиях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| J, баллов | Общие потери  % | Безвозвратные потери  % | Санитарные потери  % |
| 5  6  7  8  9  10  11  12 | 0,018  0,35  1,76  3,3  6,5  8,2  9,0  9,5 | -  -  0,16  0,4  3,0  4,6  6,7  7,7 | 0,018  0,35  1,6  2,9  3,5  3,6  2,3  1,8 |

Для использования поправочного коэффициента его необходимо отнять или прибавить к процентам, указанным в основной таблице. Например, если в предыдущем примере, в зданиях находилось не 60, а 80% жителей, необходимо при расчете безвозвратных потерь к 25,91% прибавить еще 4,6 х 2 = 9,2%, что даст 35,11%. В абсолютных цифрах для миллионного города это означает, что возможна гибель уже 351,1 тыс. человек.

*Таким образом, основные потери в очаге землетрясения возникают при разрушении зданий и сооружений. Гибель людей во время землетрясений вызвана: несовместимыми с жизнью повреждениями, компрессионной асфиксией и термическим воздействием. У раненых ведущими повреждениями будут механические травмы и синдром длительного раздавливания. Уменьшение потерь возможно при увеличении сейсмической стойкости зданий, а также правильных и своевременных действиях населения и спасателей в зоне катастрофического землетрясения.*

## 2.3. Способы действий населения и спасательных служб во вре­мя землетрясения

***Действия населения*** при землетрясении имеют определяющее значение, так как подземные толчки, как правило, внезапны, даже если они прогнозировались заранее. Реально в распоряжении человека будет не более 15 – 20 секунд, а иногда и меньше. Чем выше будет подготовка населения к действиям в чрезвычайной ситуации, тем меньше будут потери. Так 17 октября 1989 г. во время Калифорнийского землетрясения с магнитудой 7,1 балла из 4,7 млн. человек, проживавших в зоне землетрясения, погибло лишь 63 человека.

Как говорилось выше, основная опасность для человека при землетрясении заключается в повреждении элементами строительных конструкций. Поэтому, люди, находящиеся на нижних этажах, должны немедленно покинуть здание, используя для этого не только двери, но и окна. Покинув здание, необходимо отойти как можно дальше от сооружений, которые могут обрушится, а затем сесть или даже лечь на землю, чтобы не быть сбитым с ног очередным толчком.

Люди, застигнутые землетрясением выше второго этажа должны немедленно занять наиболее безопасное место – угол внутренних несущих стен, дверной проем, если возможно, подвиньте стол и укройтесь под ним от падающих кусков штукатурки. Наиболее опасным будут лестничные пролеты, балконы, застекленные проемы, угловые комнаты верхних этажей и особенно лифты. Как только толчки миновали, необходимо осторожно покинуть здание.

При попадании в завал необходимо не терять присутствия духа и помнить о том, что людей обязательно будут искать. В этой связи перед заваленным человеком, находящимся в сознании, встает две задачи: первая – выжить, вторая – подать спасателям известие о себе.

Для выживания в завале необходим воздух и вода. Без пищи человек может существовать очень долго. Если есть недостаток воздуха, необходимо с максимальной осторожностью попытаться обеспечить его доступ. Если такой возможности нет, максимально ограничьте физическую активность для уменьшения расхода кислорода.

Для питья можно использовать воду, которая находится в трубах водопровода, в том числе – из сливного бачка. Кроме того, вода конденсируется на металлических и каменных поверхностях. При полном отсутствии воды перенести жажду помогает небольшой предмет, который можно катать во рту, например, гладкий камешек или пуговица.

Подать сигнал спасателям можно голосом, но лучше всего – стуком каким-либо предметом, лучше всего – по полым металлическим частям, например радиаторам отопления или водопроводным трубам. Необходимо помнить, что при спасательных работах будут устраивать «минуты тишины» и стараться подать сигнал именно в такие моменты, когда стихает шум работы.

Если до вас добрались спасатели, необходимо информировать их о своем самочувствии и внутренней архитектуре завала. Обязательно надо предупредить, если у вас придавлены конечности, так как от этого будут зависеть способы действий спасателей.

***Действия спасателей*** включают:

1. Разведку очага поражения и маршрутов выдвижения к нему.
2. Тушение пожаров и спасение людей из поврежденных, но устоявших зданий.
3. Розыск и спасение людей из-под завалов.
4. Оказание первой медицинской и первой врачебной помощи пострадавшим и эвакуация их в лечебные учреждения.
5. Вывод населения в безопасные районы, обеспечение их временным жильем, одеждой, продовольствием, медицинской и психологической помощью.
6. Сбор и охрана материальных ценностей, охрана важных объектов, пресечение мародерства и грабежей.
7. Опознание, учет и захоронение погибших.

***Разведка очага поражения и маршрутов выдвижения к нему*** включает определение:

* границ зоны разрушений;
* путей подхода техники;
* состояния зданий и сооружений и наличия в них пострадавших;
* мест аварий на технологических линиях и коммунально-энергетических сетях;
* состояния устройств, отключающих воду, газ и электроэнергию;
* объема предстоящих работ.

Кроме общей разведки (рекогносцировки) может проводится разведка специальная – инженерная, пожарная, химическая и медицинская. При невозможности входа техники в очаг поражения, первоначально выдвигаются пешие группы спасателей и медицинские звенья, одновременно организуется работа по проделыванию проходов и созданию колонных путей для техники.

***Тушение пожаров и спасение людей из поврежденных зданий*** производится с помощью специальной пожарной, инженерной и строительной техники. Людей из поврежденных и горящих зданий с разрушенными выходами и лестницами спасают в первую очередь. Для этого обследуется сохранившаяся часть здания и выясняется наличие людей и их состояние. Для вывода людей могут устраиваться временные дощатые трапы, проделываться проемы в стенах и перегородках, используются балконы и оконные проемы. Для спасения применяются переносные и автомобильные лестницы, автоподъемники, спасательные веревки, брезент и другие подручные материалы. В первую очередь спасают детей, женщин, лиц престарелого возраста и раненых.

***Розыск и спасение людей в завалах*** начинается немедленно по прибытии в зону поражения. Завалы представляют собой хаотическое нагромождение крупных и мелких обломков строительных конструкций, санитарно-технического и технологического оборудования, мебели и личных вещей. Расчеты и практика показывают, что в зоне разрушений «А» практически все жители окажутся под завалами, а в зоне «Б» - не менее 50%.

В зависимости от конструкции здания завалы могут иметь различный характер. При обрушении современных крупнопанельных зданий образуется завал из крупных железобетонных плит и глыб, соединенных металлической арматурой с наличием большого количества пустот. В благоприятных условиях люди могут существовать в таком завале около недели. Пострадавшие в таком завале, как правило, имеют черепно-мозговые травмы и длительное раздавливание конечностей.

При обрушении кирпичного здания образуется завал из битого кирпича, смешанного с обломками перекрытий. Пустот в таком завале значительно меньше, а иногда нет совсем. Живые люди, извлеченные из такого завала, как правило, находятся без сознания и имеют многочисленные и обширные повреждения поверхности тела.

Для определения мест, в которых под завалом находятся люди в настоящее время осуществляется либо с помощью прослушивания завала, либо с использованием нюха служебных собак. После того, как местоположение пострадавшего в завале установлено, начинается операция по его извлечению. При этом целесообразно не разбирать завал сверху, а проделывать в завале штреки и галереи с использованием пустот между обрушившимися элементами. При этом особое внимание обращается на крепление штреков от обрушения. Оптимальная ширина лаза составляет 0,8 – 0,9 м, высота – 0,9 – 1,0 м. Галерея проделывается с учетом кратчайшего расстояния до пострадавших и в наиболее доступных местах. Не рекомендуется проводить галерею в непосредственной близости от больших глыб во избежание их смещения. При невозможности обхода крупных элементов завала, их разрушают или пробивают насквозь.

При невозможности или нецелесообразности проводки галереи, а также при отсутствии данных о точном местоположении пострадавших, завал разбирают сверху, последовательно убирая обломки. При этом особое внимание обращается на освобождение обломков от связи с другими элементами перед подъемом. Перемещение обломков по поверхности завала недопустимо, так как возможна его дальнейшая осадка.

Несмотря на то, что в первые трое суток под завалами погибает 50-55% из тех, кого можно было спасти, живых людей извлекают из-под завалов в течение примерно семи суток. Особую роль при этом приобретает немедленное оказание ***первой помощи пострадавшим***. Опыт показывает, что в течение первого часа можно спасти почти всех тяжелораненых, в течение первых трех часов – 60%, шести часов – 30%, более шести часов – 10%, позднее двух суток – единицы.

*Таким образом, правильные и своевременные действия населения и спасательных служб могут существенно сократить уровень безвозвратных потерь, и уменьшить тяжесть повреждений, полученных ранеными. Деятельность спасательных служб при ликвидации последствий землетрясения будет направлена в первую очередь на спасение людей из поврежденных и разрушенных зданий и сооружений. Подразделения Государственной противопожарной службы на первом этапе спасательных работ в очаге землетрясения будут заняты тушением возникших пожаров.*

# Лекция 3.

# Землетрясения, извержения вулканов и их ха­рак­теристика. Причины извержений вулканов

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами и характером землетрясений, и выяснили, что землетрясения возникают в результате разрядки напряжений, накапливающихся в литосфере. Однако землетрясения это не единственные стихийные бедствия, вызываемые движениями земной коры и мантии. Значительную опасность представляют также извержения вулканов и сопутствующие им явления. Учеными подсчитано, что, начиная с 1500 г., от вулканических извержений погибло около 200 тыс. человек.

Одним из самых катастрофических извержений был взрыв вулкана Кракатау в Индонезии в 1883 г. Освободившаяся при взрыве энергия была эквивалентна 11000 Мт тротила. Столб пепла над вулканом достиг высоты 80 км, звуковая волна трижды обогнула Земной шар, а ударной волной были выбиты окна и двери в домах на удалении до 80 км от вулкана. Возникшее цунами двигалось со скоростью 600 км/ч, высота волн достигала 50 м, а от их действия погибло более 36 тыс. человек. Извержение Кракатау после взрыва продолжалось еще полтора года.

Во время извержения вулкана Мон-Пеле на о-ве Мартиника в 1902 г. погибло 30 тыс. жителей г.Сен-Пьер. В марте 1963 г. при извержении вулкана Агунг на о-ве Бали в Индонезии погибло более 1200 человек.

При взрыве вулкана Безымянный на Камчатке в 1956 г. на расстоянии 25-30 км от кратера ударной волной были сломаны деревья, а пепел поднялся на высоту 40 км, и уже через четыре дня был замечен над Британскими о-вами – на другой стороне Земного шара. Лавовый поток при самом извержении имел толщину до 30 м и длину 18 км.

В данной лекции мы рассмотрим причины возникновения и способы прогнозирования извержений вулканов.

## 3.1. Причины извержений

***Вулкан****, (от лат. vulkanus – огонь, пламя) это геологическое образование, возникающее над каналами и трещинами в земной коре, по которым расплавленное внутрипланетное вещество – магма (от греч. magma – густая мазь) выходит из недр на поверхность Земли*.

Вулканизм представляет собой гигантское космическое явление, которое существует на всех планетах земной группы. В настоящее время на суше известно около 450 активных вулканов, из них ежегодно извергается от 20 до 30. Вулканы есть на всех континентах за исключением Австралии. Помимо вулканов на континентах, известно огромное количество подводных вулканов, так только на дне Тихого океана насчитывается от 2 до 5 тысяч вулканических гор. В расположении вулканических построек на поверхности Земли существует определенная закономерность, все они связаны с конвективным движением мантийного вещества. Конвекция мантийного вещества возникает в связи с большой разницей температур в верхней и нижней мантии, и представляет собой общепланетарное явление, с которым, как упоминалось выше, связан и дрейф континентов. Мантийная конвекция не является строго приуроченной к определенным зонам земной поверхности и с течением времени может менять вектор. Однако в пределах кайнозоя можно считать мантийные конвективные потоки неизменными.

В тех зонах, где существует восходящий поток вещества астеносферы к поверхности Земли, земная кора подвергается растяжению и общему относительному утоньшению. Различают линейные зоны мантийного подъема под континентальной и океанической корой, а также точечные мантийные плюмы.

Процесс горизонтального растяжения над линейной зоной мантийного подъема по-разному проявляется в разных частях континентальной коры. В нижней, более нагретой и пластичной части коры, происходит пластическое растяжение и общее утоньшение с образованием шейки. Образуется обширное овальное [сводовое подняти](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%F1%E2%EE%E4%EE%E2%EE%E3%EE%20%EF%EE%E4%ED%FF%F2%E8%FF)е [земной коры](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%E7%E5%EC%ED%EE%E9%20%EA%EE%F0%FB), под которым, в самой верхней части [мантии](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%EC%E0%ED%F2%E8%E8), вследствие уменьшения давления и повышенного теплового потока мантийного материала образуется очаг плавления, иногда называемый «рифтовой подушкой».

В результате постепенного выпучивания свода в более холодной и хрупкой верхней части коры развивается система трещин и разрывов, рассекающая ее на несколько блоков, взаимные перемещения которых в итоге также приводят к утоньшению верхней части коры и образованию четко выраженных в рельефе ее поверхности более или менее глубоких линейно-вытянутых впадин – рифтов.

Глубокие трещины и почти вертикальные разломы, которые проникают вплоть до магматических очагов в «рифтовой подушке» и служат каналами для поднимающихся из них и частично достигающих земной поверхности расплавов. Сводовое поднятие и особенно его приосевая зона становятся ареной мощных наземных [вулканических извержений](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%E2%F3%EB%EA%E0%ED%E8%F7%E5%F1%EA%E8%F5%20%E8%E7%E2%E5%F0%E6%E5%ED%E8%E9) продуктов преимущественно щелочно-основного состава. В настоящее время на Земле известна только одна такая зона – в Восточной Африке, где происходит постепенный разрыв континента, и уже образовался рифт, вдоль которого вытянулась цепочка из 40 вулканов от Гвинейского залива до Камеруна. В их число входит и высочайшая вершина Африки – гора Килиманджаро.

При образовании линейного мантийного подъема под океанической корой, которая гораздо тоньше континентальной, уже на глубине примерно 100 км, в результате понижения давления происходит частичное плавление вещества астеносферы. В океанической коре образуются протяженные разрывы, через которые изливается образовавшаяся магма. Соприкасаясь с водой океана, магма вновь затвердевает, постоянно наращивая океаническую кору в районе срединных океанических хребтов.

Созданные в процессе [спрединга](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%F1%EF%F0%E5%E4%E8%ED%E3%E0) [тектонические зоны](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%F2%E5%EA%F2%EE%ED%E8%F7%E5%F1%EA%E8%E5%20%E7%EE%ED%FB), выраженные в рельефе грандиозными подводными внутриокеаническими рифтовыми хребтами, занимают большую часть площади дна океанов или около половины поверхности Земли. В совокупности они образуют мировую систему спрединговых структур. Ее главными элементами являются почти непрерывное кольцо субширотных спрединговых зон, окаймляющих [Антарктиду](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%C0%ED%F2%E0%F0%EA%F2%E8%E4%F3), и четыре отходящих от него к северу примерно на равном угловом расстоянии друг от друга в целом субмеридиональных спрединговых пояса: Атлантический, Индоокеанский, Западно- и Восточно-Тихоокеанский. Близ [экватора](http://www.nature.ru/db/search.html?not_mid=1160516&words=%FD%EA%E2%E0%F2%EE%F0%E0) эти пояса резко коленообразно отклоняются к западу, а затем продолжают следовать в северном направлении.

К примеру, в составе Срединно-Атлантического хребта насчитывают 69 вулканов, вершины которых поднимаются над поверхностью океана. Из этого количества 40 вулканов приходится на о-в Исландия.

Кроме того, существуют зоны так называемых мантийных плюмов, которые могут не совпадать с границами литосферных плит. В мантийных плюмах магма образуется в недрах Земли в результате конвективных движений вещества мантии. Поднявшись достаточно близко к поверхности вещество мантии плавится в результате декомпрессии, и образует одиночный вулкан или группу вулканов.

При движении литосферной плиты ее поверхность постоянно смещается относительно мантийного плюма, что вызывает образование целой цепочки вулканов. Примером такой цепочки могут служить Гавайские острова, мантийный плюм под которыми существует на протяжении, по крайней мере, 70 млн. лет.

Помимо зон с восходящими мантийными потоками, вулканизм проявляется и в зонах конвергенции, где одна из литосферных плит пододвигается под другую под углом примерно 450. Движение по линии соприкосновения плит происходит сериями прерывистых толчков, что приводит к землетрясениям. По мере погружения в результате трения и других причин плита нагревается, а горные породы, ее слагающие, начинают частично плавиться и подниматься к поверхности, образуя узкую зону вулканов.

Вулканы такого типа образуют так называемое Тихоокеанское огненное кольцо, которое включает 526 вулканов, из которых 328 извергались в историческое время. К Тихоокеанскому кольцу относятся вулканы Камчатки и Курильских о-вов, 28 и 140 вулканов соответственно.

Второй вулканический пояс протягивается через Средиземноморье, Кавказ, Иранское плоскогорье к Индонезии. Пояс включает такие известные вулканы, как Везувий, Этна, Санторин, Эльбрус, Казбек, Арарат и др.

Вне зависимости от причин, которые приводят к плавлению, первая жидкость появляется в промежутках между зернами минералов. Возникает система микроскопических каналов, заполненных расплавом. После расплавления 5 % горной породы под действием давления вышележащих слоев жидкость начинает подниматься по системе каналов вверх, а кристаллы – опускаться вниз. Постепенно, при плавлении примерно 30 % горной породы, образуются целые линзы магмы, свободной от кристаллов, так называемые *диапиры*. Диапиры могут находиться на глубине от 10-20 до 200-250 км.

На границе земной коры магма останавливается в своем подъеме, т.к. ее плотность выше плотности коры. После осаждения тугоплавких кристаллов на дно камеры, менее плотная магма продолжает подъем, используя имеющиеся трещины и образуя сложную разветвленную систему. По мере подъема и уменьшения давления в магме начинается процесс дегазации, когда растворенные в ней газы начинают собираться в пузырьки. Когда находящая над камерой так называемая «крышка» становится слишком тонкой, чтобы удержать поднимающуюся магму, происходит извержение.

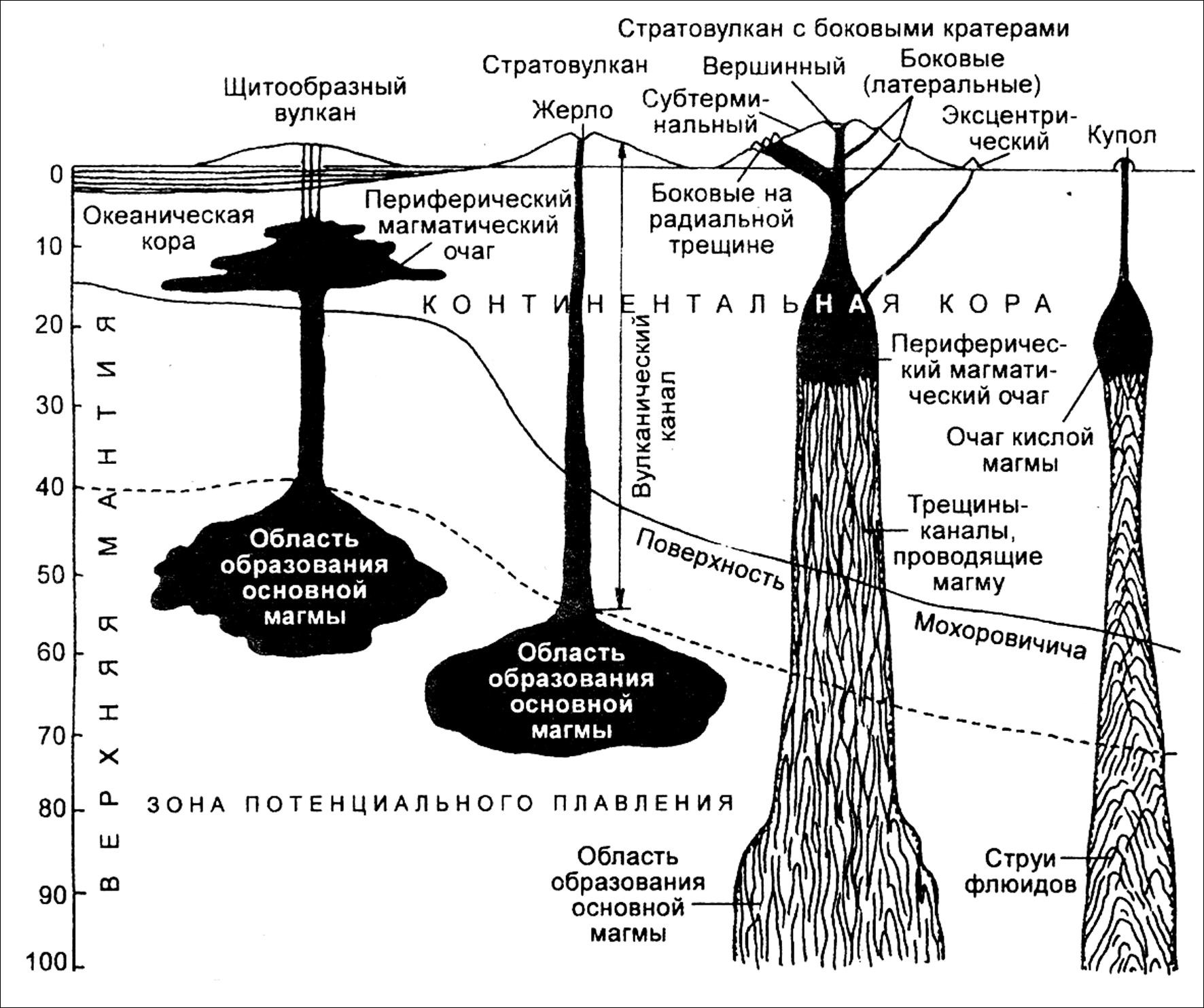


Рис. 6. Магматические очаги

Главной составляющей магмы является двуокись кремния. По ее содержанию магмы делятся:

* на ультраосновные магмы, в которых содержание окиси кремния менее 40%;
* основные магмы или базальты (40-52%);
* средние магмы или андезиты (52-65%);
* кислые магмы или граниты (65-75%).

Наиболее распространены основные или базальтовые магмы, имеющие температуру плавления 1200-1800оС и небольшую вязкость. Такая магма легко отдает растворенные в ней газы и водяные пары. Базальтовая лава далеко растекается, образуя обширные покровы, а также может давать фонтаны высотой несколько сотен метров. Сильных взрывов при извержениях базальтовых лав не происходит. Такие извержения называются эффузивными.

Средние и кислые магмы, иначе называемые андезитовыми и дацитовыми, имеют температуру плавления 800-1000оС, большую вязкость и с трудом отдают растворенные газы и водяной пар. При кристаллизации в глубинных слоях средние магмы образуют диориты, а кислые – граниты. При извержении на поверхность такие магмы могут давать сильные взрывы. Извержения, сопровождаемые взрывами, называются эксплозивными.

Таблица 14

Состав магматических пород, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Породы | SiO2 | TiO2 | Al2O3 | Fe2O3 | FeO | MgO | CaO | Na2O | K2O |
| Кислые  Средние  Основные  Ультраосновные | 70,8  60,6  50,0  40,5 | 0,4  0,9  1,4  0,02 | 14,6  17,5  16,0  0,9 | 1,6  1,2  5,4  2,8 | 1,8  6,1  6,5  5,5 | 0,9  2,0  6,3  46,3 | 2,0  4,0  9,1  0,7 | 3,5  4,0  3,2  0,1 | 4,1  2,7  1,5  0,04 |

Вулканическое извержение представляет собой период активной деятельности вулкана, когда он выбрасывает на земную поверхность твердые, жидкие или газообразные вулканические продукты. Извержение вулкана крайне непродолжительно по сравнению со временем существования самой вулканической постройки. Магматические камеры вновь заполняются магмой с различной скоростью, поэтому периоды покоя между извержениями могут достигать нескольких тыс. лет. Вследствие этого, вулканы подразделяются на действующие, уснувшие и потухшие.

К *действующим вулканам* относят вулканы, из которых в ближайшие 3,5 тыс. лет были зафиксированы извержения. Таких вулканов на Земле примерно 950. Вулкан Безымянный на Камчатке спал около 1000 лет, но в 1956 г. неожиданно дал мощное извержение, сопровождаемое взрывом.

К *уснувшим* относят вулканы, которые извергались в период от 3,5 до 13,5 тыс. лет назад, но которые сохранили свою форму, а в районе этих вулканов происходят периодические землетрясения. Таких вулканов насчитывается примерно 1350. Все они потенциально опасны. Так вулкан Хелгафел в Исландии считался потухшим, последнее его извержение произошло около 5 тыс. лет назад. Однако в 1973 г. он неожиданно проснулся и дал извержение.

Более того, специалисты пришли к выводу, что потенциально активными следует считать все вулканы, которые извергались за последние 25 тыс. лет.

К *потухшим* относят вулканы, не извергавшиеся в ближайшие 100 тыс. лет, и утратившие специфическую форму под действием сил выветривания. Вулканы возрастом от 25 до 100 тыс. лет принято считать *условно потухшими*.

В настоящее время известно три типа вулканических построек.

1. Трещинные извержения широко распространены в срединно-океанических хребтах, магма при этом изливается на большом фронте, образуя обширные лавовые покровы и потоки. Характерный вулканический конус при таких извержениях не формируется. Трещиновые вулканы действуют в Исландии и Новой Зеландии.
2. Щитовые вулканы образуются на материках и дне океанов при относительно спокойном излиянии базальтовой магмы. Такие вулканы имеют пологие склоны крутизной не более 100, широкое основание и центральный кратер. Щитовые вулканы могут достигать значительных размеров, формируя подчас острова в океане. Так основание вулкана Маун-Лоа на Гаваях имеет диаметр 200 км, а его высота от океанического дна достигает 9 км, при этом 4 км возвышается над уровнем океана. Самый крупный щитовой вулкан Солнечной системы Олимпус находится на Марсе и имеет основание диаметром 600 км.
3. Стратовулканы образуются при извержениях вязких магм, сопровождаемых взрывами. Они имеют склоны крутизной около 300 и значительно меньше по размерам. Примером стратовулкана является Ключевская сопка на Камчатке и Фудзияма на Японских о-вах.

*Завершая рассмотрение первого вопроса, мы можем констатировать, что причиной вулканических извержений служат глубинные процессы, происходящие в мантии Земли и связанные с подъемом к поверхности расплавленных горных пород. Извержение вулкана сопровождается выбросом газообразных, жидких и твердых продуктов. Без вулканов не было бы жизни на Земле, именно они поставляли в земную атмосферу водяной пар и углекислоту, формировали рельеф земной поверхности.*

## 3.2. Факторы опасности, возникающие при из­вер­жении вулканов

Во время извержения вулканов действуют следующие ***опасные факторы***:

* ударная волна вулканического взрыва;
* твердые, жидкие и газообразные продукты извержения.

В результате действия опасных факторов в зоне извержения вулкана может наблюдаться:

* поражение людей и разрушение зданий ударной волной вулканического взрыва;
* отравление людей вулканическими газами;
* поражение людей и разрушение зданий обломками вулканических горных пород;
* засыпка населенных пунктов, водоисточников и сельско­хозяй­ст­вен­ных угодий вулканическим пеплом и песком;
* затопление населенных пунктов в результате запруживания рек лавовыми массами;
* разрушение и затопление населенных пунктов в результате схода грязевых потоков – лахаров;
* поражение людей, возгорание населенных пунктов и растительности в результате воздействия раскаленной лавы;
* возникновение оползней, обвалов и снежных лавин;
* возникновение цунами.

Таблица 15

Смертность в результате извержений вулканов

в период с 1600 по 2000 год

|  |  |
| --- | --- |
| Причина смерти | Проценты |
| Голод и эпидемии  Ударная волна  Грязевые потоки  Цунами  Обломочные лавины  Пеплопады  Вулканические газы  Лавовые потоки | 30  27  17  17  4  4  0,7  0,3 |

Таблица 16

Случаи наиболее массовой гибели людей при вулканических извержениях

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вулкан | Государство | Год | Количество погибших |
| Тамбора  Кракатау  Мон-Пеле  Руис  Унзен  Келут  Санта-Мария  Везувий  Галунгунг  Везувий  Мерапи  Ламингтон | Индонезия  Индонезия  Мартиника  Колумбия  Япония  Индонезия  Гватемала  Италия  Индонезия  Италия  Индонезия  Новая Гвинея | 1815  1883  1902  1985  1792  1919  1929  1631  1822  79  1672  1951 | 60 000  36 000  29 000  23 000  14 300  5 100  5 000  4 000  3 600  3 500  3 000  2 900 |

По своему характеру извержения вулканов подразделяются на два вида:

* эксплозивные;
* эффузивные.

**Эксплозивное или взрывное извержение** происходит, как правило, с вязкими магмами, и связано с растворимостью газов в магме. Растворимость газов в магме растет с давлением и на большой глубине весь газ растворен. По мере подъема магмы давление на нее уменьшается, и часть газов начинает выделяться из раствора, образуя пузырьки. При дальнейшем подъеме пузырьки растут, сливаются, их количество увеличивается. Газ в свою очередь оказывает давление на магму, и если она обладает небольшой вязкостью, покидает ее. Но если магма вязкая, газ не может пробиться на поверхность магмы, и его высвобождение происходит в виде мощного взрыва. Расчеты показывают, что для возникновения эксплозивного извержения необходимо содержание газов в магме в пределах 5 – 6%, и глубина магматического очага в пределах 5 – 20 км.

Эксплозивное извержение проходит следующие **основные стадии:**

1. Газовая эмиссия с умеренными взрывами и выбросом пирокластов – продолжительность от часов до дней.

2. Умеренная эксплозивная активность с выбросом ювенильной пирокластики – от часов до лет.

3. Интрузия магмы в тело конуса вулкана при ослаблении эксплозивной активности – от дней до месяцев.

4. Взрыв и разрушение склона вулкана – минуты.

5. Плинианская стадия – квазистационарное истечение газопирокласти­чес­кой струи – от десятков минут до нескольких дней.

6. Рост экструзивного купола – до десятков лет.

Таблица

Наиболее мощные эксплозивные извержения

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вулкан | Шивелуч | Безымянный | Катмай | Кракатау | Тамбора | Санторин |
| Год извержения | 1964 | 1956 | 1912 | 1883 | 1815 | 1470 до н.э. |
| Энергия взрыва, Дж | 1014 | 1015 | 1018 | 1019 | 1020 | 1020 |
| Тротиловый эквивалент, Мт | 0,02 | 0,8 | 200 | 4000 | 40 000 | 40 000 |
| Размер кальдеры, км | 1,5 х 3,0 | 1,5 х 2,0 | 4,0 х 4,5 | 4,0 х 4,5 | 6,0 х 6,5 | 7,0 х 12,0 |
| Объем выброшенного материала, млн. м3 | 1,5 | 2 – 3 | 15 – 20 | 18 | 50 | 70 |
| Площадь пеплопада, км2 | 150 | 100 | 250 | 1000 | 1000 | 1000 |

При эксплозивном извержении магма дробится, и выбрасывается в воздух, образуя пирокласты. Термин «пирокласты» образован от двух греческих слов, обозначающих «огонь» и «раздробленный».

Пирокласты подразделяются на несколько видов:

* вулканические бомбы;
* лапилли;
* вулканический песок;
* вулканический пепел (тефра).

Выпадая вокруг вулкана, пирокласты могут разрушать здания и сооружения, наносить повреждения людям и животным, уничтожать растительный покров.

***Вулканические бомбы*** представляют собойкомки лавы, выброшенные во время извержения в жидком или пластическом состоянии и получившие во время полёта в воздухе ту или иную форму. Размеры бомб могут достигать семи метров. Форма бомб достаточно многообразна, но можно выделить несколько основных конфигураций. Для очень жидких лав, комки которых, падая на землю, расплющиваются при ударе, характерны бомбы лепешкообразной формы. Для маловязких базальтовых лав, которые успевают отвердеть в полёте, характерны витая, веретенообразная, грушеобразная, шаровая и лентообразная формы. Для вязких кислых и андезитовых лав характерны округлые или неправильно-многогранные бомбы, покрытые сетью трещинок (т.н. тип хлебной корки). Вулканические бомбы, несмотря на название, при ударе не взрываются.

***Лапилли*** представляют собой сравнительно мелкие обломки шлака диаметром от 2 до 30 мм, имеющие разнообразные формы.

***Вулканический песок*** состоит из сравнительно мелких частиц лавы диаметром от 0,1 до 2 мм. Еще более мелкие обломки, размером от 0,1 мм и менее образуют ***вулканический пепел***, который, оседая на склонах вулкана или на некотором расстоянии от него, образует впоследствии вулканический туф.

Падение бомб происходит, как правило, только на склонах самого вулкана, и за его пределами основную опасность представляет вулканический песок и пепел. При извержении Везувия в 79 г. твердыми частицами были полностью засыпаны два римских города – Геркуланум и Помпеи, причем толщина слоя составила 3 м. В наше время, при извержении вулкана Пинатубо в 1991 г. 10-см слой пепла выпал на площади 2000 км2, при этом около 300 человек погибло из-за обрушения под тяжестью пепла перекрытий зданий.

Пепел также негативно влияет на технические устройства, имеющие поверхности трения, особенно на двигатели внутреннего сгорания. Отмечено несколько случаев вынужденной посадки из-за отказа двигателей пассажирских самолетов, случайно влетавших в эруптивные колонны вулканов. Кроме того, обильные пепловые осадки уничтожают растительность, а слой тефры изолирует листья от солнечного света, прекращая процесс фотосинтеза.

В ***плинианской*** стадии извержения, когда жерло вулкана уже вскрыто, а давление в подводящем канале еще очень высоко, скорость истечения вулканических газов может достигать 400 м/с. При такой скорости пирокласты могут выбрасываться на высоту до 8 км, но реально поднимаются гораздо выше, до высоты 60 км за счет конвекции окружающего воздуха, который нагревается от контакта с раскаленными газами и пеплом. Таким образом, над жерлом вулкана поднимается так называемая ***эруптивная колонна*** или столб извержения. Эруптивная колонна состоит из зоны газового выброса у основания и зоны конвективного подъема, и заполнена пирокластами. Смесь воздуха и пепла на вершине колонны прекращает свой подъем, когда достигает высоты, где плотность смеси уравнивается с плотностью окружающего воздуха. При отсутствии ветра, на вершине колонны образуется так называемое «зонтичное облако». Вследствие заноса на большие высоты, вулканический пепел может выпадать на значительных расстояниях от места извержения.

В зависимости от объема извергнутого материала и высоты эруптивной колонны определяется степень вулканической эксплозивности, которая говорит о мощности извержения.

Таблица 17

Шкала вулканической эксплозивности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Баллы | Объем извергнутого материала, м3 | Высота эруптивной колонны, км |
| 0  1  2  3  4  5  6  7  8 | менее 104  104 – 106  106 – 107  107 – 108  108 – 109  109 – 1010  1010 – 1011  1011 – 1012  более 1012 | менее 0,1  0,1 – 1,0  1,0 – 5,0  3,0 – 15,0  10,0 – 25,0  свыше 25,0  свыше 25,0  свыше 25,0  свыше 25,0 |

Кроме того, при взрыве вулкана, обрушении свежих вулканических склонов или падении эруптивной колонны из пирокластов может сформироваться *палящая туча*, которая со стороны выглядит, как громадное, быстро растущее облако пыли, днем черное, а ночью светящееся тусклым красным светом. Основу тучи составляют пирокласты, погруженные в расширяющийся газ, что почти устраняет трение между частицами.

Палящая туча может двигаться со скоростью до 150 км/ч и пройти много километров. Движение ее в основном совпадает с понижениями рельефа, но вследствие большой скорости и инерции, палящая туча может вылетать по противоположным склонам на высоту несколько сотен метров.

Различают несколько типов палящих туч. При обрушении крутых склонов лавового купола и освобождении находящихся в нем газов формируется так называемое «сияющее облако» или ***nuee ardente***, состоящее из смеси пепла и плотных блоков в горячем газе. 8 мая 1902 г. такая туча, образовавшаяся при взрыве вулкана Мон-Пеле на о.Мартиника, уничтожила г.Сен-Пьер и 30 тыс. его жителей за несколько минут. Основная масса блочного и пеплового материала не достигла города, осев в долине реки Ривьер-Бланш, но самой волны раскаленного воздуха было достаточно, чтобы разрушались метровые каменные стены. Скорость порядка 100 км/ч и скачкообразное повышение температуры до 700-1000оС не оставило шансов на выживание практически никому. Из 30 тыс. человек уцелело лишь четверо, но и они имели серьезные ожоги тела.

При обрушении эруптивной колонны поток состоит из смеси пепла и пемзы в расширяющемся газе и называется ***игнимбритом*** (от лат. ignis – огонь и imber – ливень). Объем такого потока может достигать 10 км3, при этом частицы пепла имеют настолько высокую температуру, что при осаждении на поверхность сплавляются друг с другом. Подобное явление стало основной причиной гибели населения Помпеи и Герукланума при извержении Везувия в 79 г. Игнимбриты наблюдались также в 1982 г. при извержении вулкана Эль-Чичон и вулкана Пинатубо в 1991 г. При извержении Пинатубо пирокластические потоки опустошили местность на площади 400 км2, однако благодаря своевременной эвакуации населения, игнимбрит не вызвал человеческих жертв.

Наконец, при обрушении части целого вулкана с обнажением магматической камеры резкий перепад давления приводит к практически мгновенному высвобождению любых газов, содержащихся в магме. Возникает ***направленный удар*** плотных раскаленных газов с частицами магмы. Подобное явление наблюдалось при извержении вулкана Сент-Хеленс в США в 1980 г. Направленным ударом были повалены деревья на площади 600 км2, погибло 50 человек и все животные и птицы, выжили лишь суслики и кроты. Лишь благодаря малой населенности района удалось избежать больших человеческих жертв.

При **эффузивных извержениях** магма малой вязкости относительно спокойно поднимается к поверхности Земли, отдавая газы, которые в большинстве состоят из водяного пара, но вместе с тем могут включать в различной пропорции – СО2, СО, SO2, SO, H2S, HCl и HF. Все эти газы при определенной концентрации вредны для людей и животных, а некоторые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют кислоты, выпадающие на землю.

Газы могут выделяться через главное жерло вулкана, но часто выходят и через сравнительно узкие отверстия, через которые не извергаются лава и пепел. Такие отверстия называют фумаролами.

В большинстве случаев газы не достигают концентрации, опасной для человека, однако, в истории отмечены и более трагические случаи. Наиболее катастрофический выброс произошел 21 августа 1986 г., когда облако углекислого газа объемом 0,25 млн. тонн вырвалось из вулканического озера Ниос в Африке. За считанные минуты погибло около 1700 местных жителей.

Вслед за газами на поверхность выходит жидкая магма, называемая лавой. Отличие лавы от магмы в том, что лава уже дегазирована, она отдала в атмосферу растворенные в ней газы. Лава изливается из жерла и стекает по склонам, образуя лавовые потоки. Если по каким либо причинам верхняя часть лавового потока застывает и образует прочный свод, формируется так называемая лавовая труба, в которой поток имеет большую скорость и температуру, так свод является эффективным теплоизолятором.

Выделяют три основных типа лавовых потоков, морфология которых зависит от их химического состава и скорости истечения.

**1 тип** (***пахоэхоэ, канатная или веревочная лава***) образуется при движении базальтовой лавы со скоростью порядка нескольких сантиметров в секунду. Такая лава имеет сравнительно гладкую или волнистую поверхность. Форма потоков достаточно многообразна, но в любом случае для 1-го типа характерна блестящая стекловидная корка на поверхности в результате остывания.

**2 тип** (***аа***) образуется при движении базальтовой лавы со скоростью нескольких метров в секунду между двумя естественными дамбами, которые магма сама и строит, часто переливаясь через край. Поверхность потока при контакте с воздухом постепенно остывает, образуя твердую корку, но поток постоянно прорывает ее, и она превращается в массу, состоящую из очень грубых, острых и комковатых обломков, наползающих друг на друга над расплавленной внутренней частью.

Потоки 1-го и 2-го типов обычно имеют мощность 2-7 м, протягиваясь в длину на десятки километров.

**3 тип *(агломератовая или блочная*** ***лава***) образуется при движении вязкой андезитовой или риолитовой лавы со скоростью несколько метров в день, поэтому потоки лавы 3-го типа толще и короче. Толщина потока может составлять 15-40 м, а иногда достигает нескольких сотен метров. Длина потока редко превышает 10 км. Поверхность потока, в результате контакта с внешней средой, остывает и фрагментируется на блоки с трещиноватой поверхностью. Чем более вязкая магма изливается, тем крупнее могут блоки на поверхности.

Лавовые потоки движутся так же, как и любая другая жидкость, подчиняясь рельефу местности, поэтому обычно можно предсказать их движение. Однако необходимо учитывать, что из-за вязкости и способности к быстрому застыванию, лава часто образует запруды и меняет направление движения.

Основные факты гибели людей от лавовых потоков связаны с неосторожностью самих людей, пренебрегавших эвакуацией до последнего момента. Исключением является прорыв лавового озера вулкана Ньирагонго в Заире в 1977 г. Скорость лавового потока составила от 100 км/ч в начале движения до 30 км/ч в основной фазе, в результате чего были застигнуты врасплох жители нескольких поселков. Количество жертв составило, по различным оценкам, от 60 до 300 человек.

Кроме того, при соприкосновении лавового потока с водой или снегом за короткое время образуется большое количество перегретого пара, что приводит к физическому взрыву и гибели людей, находившихся на якобы безопасном расстоянии.

*Таким образом, мы изучили факторы опасности при извержениях вулканов. Несмотря на то, что продукты при вулканическом извержении представляют собой определенную опасность для населения, зданий, сооружений, сельскохозяйственных угодий, распространяются они на относительно незначительные расстояния. При своевременном оповещении и эвакуации населения может избежать человеческих жертв, а при активном воздействии на жидкие продукты извержения – существенно уменьшить материальный ущерб.*

## 3.3 Прогнозирование извержений. Способы действий населения и спасательных служб во время из­­вержения

Успешный прогноз вулканических извержений может значительно уменьшить риск для населения, проживающего в непосредственной близости от вулканов, а также для пассажиров авиарейсов, совершаемых в районах активного вулканизма. В отличие от прогноза землетрясений прогноз извержений вулканов в настоящее время имеет значительные успехи в мире. Это объясняется тем, что извержения, как правило, приурочены к вулканическим постройкам, поэтому их место известно.

Вулканическое извержение является сложным и многообразным природным явлением, поэтому можно прогнозировать или отдельные его характеристики или их совокупность. Для прогноза применяется один или несколько методов. Наиболее важным с практической точки зрения является прогноз времени, места и силы извержения.

Долгосрочный прогноз извержений строится на изучении истории развития вулкана, на повторяемости извержений в прошлом, и на исследовании связи извержений с космическими и общепланетарными явлениями. Такой прогноз носит статистический характер и его точность невелика.

Физической основой краткосрочного прогноза является постепенное и непрерывное возрастание давления в магматическом очаге и выводном канале вулкана перед извержением. Возрастание давления в выводном канале вызывает напряжения и упругие деформации в окружающих его твердых породах, изменение их физических свойств, что неизбежно отражается в физическом поле в районе вулкана. К числу наиболее характерных явлений, предваряющих извержение, относят:

* деформации земной поверхности;
* сейсмические толчки;
* изменения гравитационного, магнитного и электрического полей в окрестностях вулкана;
* разогрев вулкана, изменение температуры и химического состава газов и вод горячих источников.

Первым признаком начинающегося извержения служит выброс вулканических газов, в основном водяного пара и углекислоты.

В настоящее время в зонах активного вулканизма в Российской Федерации проживает несколько сот тысяч человек. Поэтому вопросы подготовки населения и спасательных служб к действиям в условиях катастрофического извержения заслуживают серьезного внимания.

Рассматривая вышеперечисленные факторы опасности при извержении вулкана, мы можем констатировать, что реальная защита населения возможна только от выпадения пирокластов и частично – от лавовых потоков. Противопоставить что-либо палящей туче в современных условиях вряд ли возможно.

Наилучшим способом защиты от выпадения пирокластов является своевременная эвакуация. Однако, как отмечают специалисты, в том случае, если извержение уже началось, эвакуация может быть затруднена, так как при выпадении пирокластов, особенно тефры, резко, иногда практически до нуля ухудшается видимость. В таких случаях, если зданиям не угрожают лавовые потоки, рекомендуется оставаться под крышей, сделав запасы воды и продовольствия. Для защиты органов дыхания от пепла можно использовать респираторы, ватно-марлевые повязки или даже кусок влажной ткани. В условиях обильного выпадения пепла необходимо периодически очищать крыши строений, балконы, водостоки, ветви деревьев.

Остановить лавовый поток практически невозможно, поэтому наилучшим способом для спасения людей и материальных ценностей будет являться эвакуация из угрожаемого района. Однако движение лавового потока можно задержать, а при благоприятных условиях – отвести в безопасную сторону.

Приостановка движения лавы возможна путем охлаждения фронта потока водой с расходом примерно 900 л/с. Такой метод был успешно опробован в Исландии в 1973 г., когда путем охлаждения лавового потока был спасен г.Вестманнаэйяр.

Другим способом является бомбардировка лавового потока, однако для применения этого способа существует много ограничений. Бомбардировка была опробована американцами в 1935 г. на Гавайских о-вах и дала обнадеживающий результат.

Кроме того, лавовые потоки можно отводить, используя искусственные барьеры, однако здесь многое будет зависеть от рельефа местности и от характера лавового потока. Как показал опыт американцев при извержениях вулканов на Гавайских о-вах, создаваемый барьер должен быть построен из тяжелого материала, иметь широкое основание и пологие склоны. Если материал стены будет менее плотен, чем жидкая лава, то она прорывает себе путь под стеной или сквозь нее, поднимая и унося на себе легкий материал. При узком основании лавовый поток способен просто сдвинуть сооружение своей массой. В 1992 г. при извержении вулкана Этна лава общим объемом 250 млн. м3 за несколько недель преодолела отпорную стену и несколько земляных дамб. Итальянская авиация пробовала сбрасывать в поток бетонные блоки, однако лава достаточно легко уносила их.

Если же основание широкое, а склоны пологи, поток как бы наваливается на основание стены, придавливая его и уменьшая возможность смещения. Пологий обратный скат обеспечивает небольшую скорость стекания лавы в случае перехлеста потока через гребень, что уменьшает опасность размывания.

При благоприятном рельефе возможно отведение лавового потока в сторону с помощью нового русла, созданного взрывным или другим механизированным способом. С целью целенаправленного стока лавы может применяться и взрыв одной из стенок кратера вулкана. Так в 1983 и 1992 гг. во время извержений вулкана Этна удавалось взрывами создавать безопасные выходы для лавовых потоков.

*Таким образом, возможен достаточно точный прогноз извержений вулканов путем использования современных инструментальных методов. Своевременный прогноз извержения позволяет эвакуировать из опасных зон население и материальные ценности, изменить маршруты самолетов, принять другие профилактические и защитные меры.*

*Особую важность приобретает обучение населения действиям при возникающих чрезвычайных ситуациях, связанных с деятельностью вулканов, а также своевременное оповещение о прогнозируемом извержении и организованная эвакуация из зоны опасности. Защита при извержении с помощью активных методов воздействия на продукты извержения в настоящее время практикуется достаточно редко, однако с ростом населения в зонах активной вулканической деятельности эти мероприятия будут приобретать все большую важность.*

# Лекция 4.

# Оползни, сели, лавины и их характеристика.

# Причины и характер оползней и обвалов

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами и характером извержений вулканов, с опасными факторами, действующими при извержениях, а также с прогнозированием извержений вулканов, и способами защиты при них.

Одним из опасных факторов, действующих при землетрясениях и извержениях вулканов, являются смещения горных пород, грунтов, масс снега и льда на склонах. Эти опасные явления называются оползнями, осыпями и обвалами. Однако не только землетрясения могут служить причинами образования подобных стихийных бедствий. В данной лекции мы рассмотрим причины возникновения и характер оползней и обвалов.

## 4.1. Причины и развитие оползней

***Оползнем*** *называется смещение части горных пород вниз по склону под действием силы тяжести при сохранении контакта с неподвижным основанием.*

По количеству человеческих жертв оползни, конечно, не могут идти ни в какое сравнение с пожарами или землетрясениями. Ежегодно в мире от оползней и селей погибает около 600 человек. Однако по совокупному материальному ущербу они оставляют далеко позади другие стихийные бедствия. Катастрофические извержения или землетрясения происходят не каждый год, в то время как ежегодные убытки от оползней и селей в США составляют от 1 до 1,5 млрд. долларов, в Японии – 1,5 млрд. долларов, в Италии – 1,14 млрд. долларов.

В тоже время, как правило, при землетрясениях, могут происходить катастрофические оползни. Так в Греции, в 372 г. до н.э., в результате оползня исчез с лица земли город Гелиос на северном побережье Пелопоннеса. В Иране в начале н.э. в долине реки Саидмаррех сошел оползень массой 50 млрд. тонн и объемом около 20 км3. Отделившись от материнского массива на высоте 900 м, оползень преодолел ближайший хребет высотой 450 м и прошел затем расстояние в 17 км.

В Китае в 1920 г. от оползней в провинции Консу погибло около 100 тыс. человек. Наконец, в Перу в 1970 г. во время землетрясения со склона горы Уаскеран сорвалась грунтовая масса, имевшая скорость 320 км/ч. Под оползнем оказались города Юнгай и Ранрахирка, количество погибших в которых достигло 18 тыс. человек. Гигантский по размерам оползень произошел 30 млн. лет назад на территории штата Вайоминг. Площадь оползня составила 2 тыс. км2, а скорость движения достигла 100 км/ч.

Оползни являются следствием работы сил гравитации, которые стремятся привести форму Земли к идеальному шару. Сопротивление оползню оказывают сцепление и внутреннее трение пород склона, а к сдвигающим силам относят вес горной породы и находящихся на склоне сооружений. Для развития оползня необходимо, чтобы сила гравитации превысила силы сцепления в горной породе. Это может произойти при следующих условиях:

* наличие неустойчивого склона достаточной крутизны;
* наличие в склоне двух и более слоев горной породы с падением в сторону склона;
* наличие горизонта скольжения или слоя выдавливания.

***Склоном***называется наклоненный в одну сторону участок земной поверхности природного происхождения.Крутизна склона в каждой его точке определяется углом наклона к горизонту плоскости, касательной к склону в данной точке. При прочих равных условиях, чем круче будет склон, тем больше равнодействующая сил гравитации и реакции опоры приближается к вертикали, и тем большую нагрузку испытывают породы склона. Склоны считаются устойчивыми, если они не подвержены разрушению гравитационными процессами. Неустойчивыми называются склоны, на которых под влиянием различных факторов ослабевают силы трения и сцепления внутри массива пород.

Склоны сложены горными породами, которые подразделяются на три группы:

1. ***Магматические***, образующиеся в результате внедрения магмы в земную кору или излияния лавы на поверхность;
2. ***Осадочные,*** образующиеся путем механического или химического осаждения продуктов разрушения ранее существовавших горных пород, а также в результате жизнедеятельности и вымирания живых организмов;
3. ***Метаморфические,*** образующиеся из любых горных пород при воздействии высоких температур и давления, а также различных газообразных или жидких растворов, проникающих из глубин Земли.

С точки зрения образования оползней нас более всего интересуют осадочные горные породы, которые покрывают 75% земной поверхности и которым свойственна пластовая система залегания. Относительно молодые пласты располагаются горизонтально или под небольшими углами к горизонту, древние пласты могут быть смяты в складки. Выделяются следующие виды осадочных пород:

1. Обломочные породы более чем на 50% образованы обломками минералов. Различают галечные, песчаные и пылевые породы. В галечных породах выделяют валуны и глыбы, которые имеют размер более 20 см, гальку и щебень, которые имеют размер от 1 до 20 см, гравий и дресву, которые имеют размер от 2 мм до 1 см. Песчаные породы сложены минеральными частицами размером от 0,05 до 2 мм, пылевые – частицами размером от 0,001 до 0,05 мм. Обломочные породы по месту отложения подразделены:
   * развалы щебня и глыб – элювий;
   * осыпи на склонах – коллювий;
   * ветровые накопления в виде дюн и барханов – эолювий;
   * отложения речных русел и поймы – аллювий.
2. Глинистые породы составляют около 50% всех осадочных пород и состоят из частиц минералов размером менее 0,001 мм. Различают:
   * глинистые илы – пористостью 80-90%;
   * глины – пористостью 40-80%;
   * уплотненные глины – пористостью 5-40%;
   * аргиллиты – пористостью 2-5%.
3. Карбонатные породы возникли частично биогенным, частично химическим способом. Они состоят:
   * известняк – СаСО3;
   * доломит – СаМg(СО3)2;
   * сидерит – FeCO3;
   * магнезит – MgCO3;
   * родохрозит – MnCO3.

Границы между слоями могут стать ***горизонтами скольжения*** для вышележащих блоков, особенно при наличии воды, которая играет роль смазки, уменьшая силы трения между частицами породы. Проникновение атмосферных или грунтовых вод в песчаные, глинистые или лессовые породы может привести к образованию слоев выдавливания или сплыва, т.к. вода разобщает мелкие частицы породы, резко уменьшая ее сопротивляемость гравитационным нагрузкам. Поступление и распределение воды в склоне зависит от целого комплекса внешних факторов, в частности, от наличия растительности на склоне, количества атмосферных осадков, уровня грунтовых вод и т.п.

***Увеличению гравитационных сил*** способствуют:

* давление на склон снега и льда;
* давление на склон лавовых масс;
* строительство на склоне зданий и сооружений;
* подрезка склона выемками дорог и карьерами;
* подмыв склона течением рек и волнами прибоя;
* гидростатическое и гидродинамическое давление подземных вод.

***Уменьшению сил сцепления*** горных пород способствуют:

* землетрясение;
* взрыв вулкана или взрывного устройства;
* насыщение склона водой.

По ***механизму протекания*** оползни подразделяются на следующие группы:

* 1. Оползни скольжения;
  2. Оползни выдавливания;
  3. Оползни выплывания;
  4. Оползни течения;
  5. Оползни проседания;
  6. Оползни разжижения.

***Оползни скольжения*** являются одним из самых распространенных типов оползней на земном шаре, встречаясь в горно-складчатых областях на всех континентах и во всех климатических зонах. Они связаны с различными по составу, возрасту и генезису скальными и полускальными породами, нередко нарушенными тектоническими и другими трещинами. Для них характерно блоковое строение, наличие наклонной поверхности, совпадающей с плоскостями напластования, крупными трещинами или другими ослабленными зонами в массивах горных пород.

Различаются две основные разновидности оползней скольжения. *Первая* из них характеризуется смещением блоков пород по наклонному контакту слоев горных пород. *Вторая* - смещением по ослабленным зонам, пересекающим слои горных пород.

Оползню предшествует длительная подготовка. По мере изменения конфигурации склона под влиянием современных тектонических движений, глубинной и боковой эрозии, техногенных и других факторов нарастает действие гравитационных, гидростатических и сейсмотектонических сил, которые стремятся сдвинуть свободную часть склона вниз, в результате чего на границах залегания пород формируется плоскость скольжения.

Элементы склона на плоскости скольжения испытывает силу сопротивления, которая пропорциональна скорости начинающегося движения. Сжатие и растяжение слоев при движении по плоскости скольжения, последовательное преодоление пикового сопротивления пород сдвигу вызывает упругие напряжения в склоне, под действием которых слои начинают разрушаться. Разрушение начинается при скоростях 6 см/год, ему способствует наличие дефектов в горных породах.

На завершающем этапе блоки пород смещаются по ослабленным зонам на более низкие уровни, нередко с большими скоростями. Известны случаи, когда оползни не только перемещались в пониженные части долин, но и поднимались на их противоположные склоны. В оползневый процесс могут вовлекаться все новые участки склона, расположенные выше или по бокам первичного оползня.

***Оползни выдавливания*** встречаются в условиях платформенных структур, где породы имеют залегание, близкое к горизонтальному, и встречаются выдержанные горизонты глинистых пород. Они широко распространены по берегам озер, рек, морей и водохранилищ, в бортах оврагов и карьеров, в дорожных выемках. Размеры их колеблются от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Оползень выдавливания формируется следующим образом. Под воздействием различных природных и техногенных факторов происходит постепенное увеличение напряжений в глинистых породах, что приводит к возрастанию скорости деформаций до критических значений. Глина как бы выдавливается более плотными слоями из склона, в результате чего он расчленяется трещинами на блоки, которые начинают смещение преимущественно в горизонтальном направлении с постепенным запрокидыванием. Скорость смещения в фазе подготовки не превышает 10-20 см в год, в активной фазе – до нескольких метров в сутки. Продолжительность полного оползневого цикла может варьироваться от десятков до сотен лет.

***Оползни выплывания*** по характеру размещения аналогичны оползням выдавливания и связаны с горизонтами песчаных тонкозернистых пород и вклинением подземных вод, нарушающих структурные связи в песчаной породе. Песок начинает выплывать из склона, при этом плотность данного горизонта резко уменьшается, что вызывает деформацию всех вышележащих пород с образованием многочисленных трещин, разбивающих пласты на блоки. Эти блоки начинают горизонтальное движение с запрокидыванием в сторону выпора.

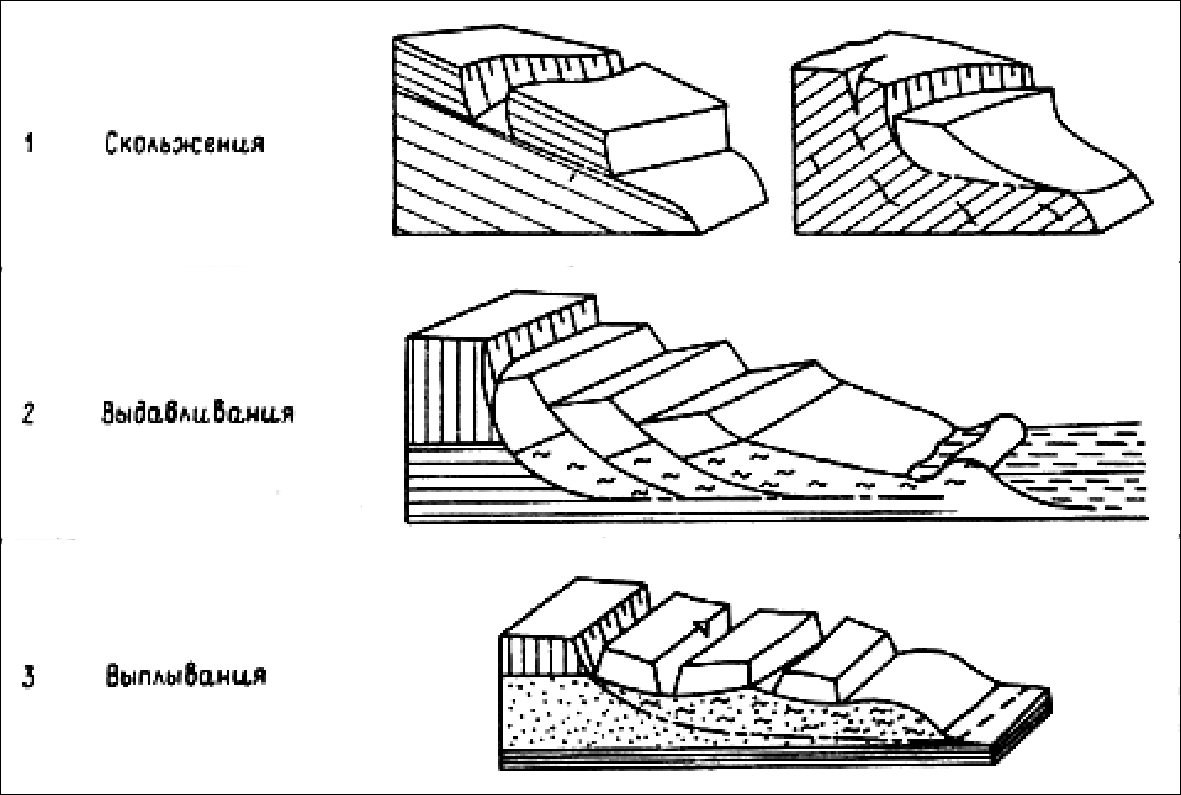


Рис.7. Оползни скольжения, выдавливания и выплывания

***Оползни течения*** встречаются практически повсеместно, и по числу проявлений занимают среди оползней первое место. Размеры их в большинстве случаев незначительны, и тогда их называют оплывинами и сплывами. В горно-складчатых областях оползни течения связаны с глинистыми элювиально-делювиальными и крупнообломочными образованиями на склонах. Нередко они образуются в отвалах горных выработок.

Типичной особенностью оползней течения является полная или частичная потеря первичной структуры пород в зоне смещения вследствие изменения их влажности. Другими словами, частицы грунта теряют связь между собой, так как промежутки заполняет вода. Под действием гравитационных и гидродинамических сил происходит водно-пластичное течение глинистых пород по заранее подготовленной (водонепроницаемой) или образовавшейся в процессе оползня поверхности. По мере движения давление быстро снижается, что обуславливает кратковременность развития данных оползней и их небольшое перемещение по склону.

***Оползни проседания*** локализуются в области распространения лессов и лессовидных пород. Механизм оползня определяется поведением лессовых пород, которые при увлажнении обладают способностью лавинного разрушения первичной структуры, сопровождающейся просадочными явлениями. На начальных этапах развития вследствие неравномерной просадки возникают трещины, облегчающие атмосферным осадкам доступ в более глубокие слои лессовых пород. В результате значительного увлажнения прочность лесса снижается в несколько раз, и происходит отчленение оползневой массы от склона. Смещение происходит в виде отдельных блоков, которые в процессе движения разрушаются, переходя в земляные потоки. При этом скорость оползня достигает нескольких метров в секунду, он может сопровождаться значительными разрушениями и человеческими жертвами.

***Оползни разжижения*** распространены в областях развития молодых глинистых отложений, обладающих высокой чувствительностью и способностью к переходу в текучее состояние при нарушении их первичной структуры. Оползни разжижения отличаются внезапностью проявления и часто возникают без видимых внешних воздействий. При этом быстро формируется оползневая депрессия диаметром несколько десятков метров, через узкую горловину которой вытекают разжиженные массы, перемещаясь в виде грязевого потока на расстояние в несколько километров.

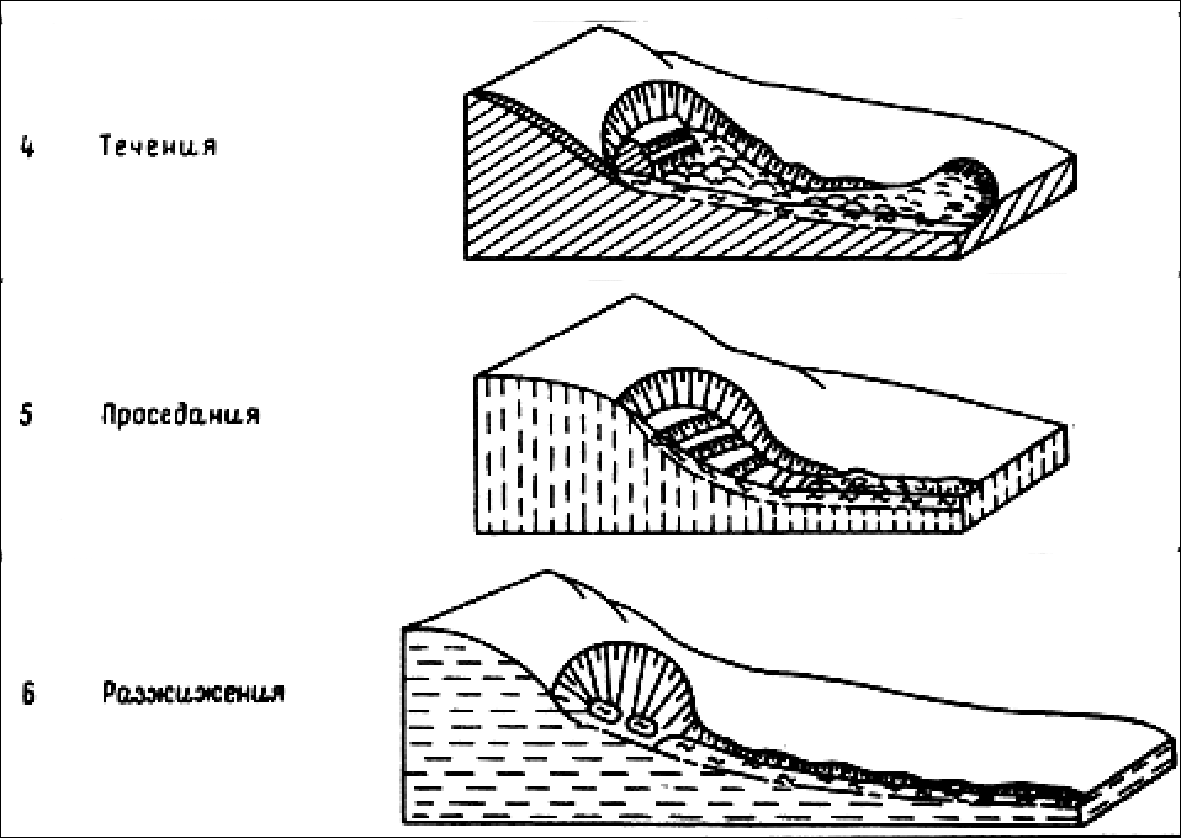


Рис.8. Оползни течения, проседания и разжижения

## 4.2. Факторы опасности, возникающие при опол­­з­нях и обвалах

Основным ***опасным фактором***, действующим при оползне, является сдвиг грунта. Чем выше скорость сдвига и чем больше масса сдвигаемых пород, тем опаснее будет оползень.

По своим ***масштабам*** оползни подразделяются на следующие группы:

1. Небольшие оползни – несколько сотен м3 грунта и горных пород;
2. Довольно большие оползни – несколько тысяч м3;
3. Большие оползни – десятки тысяч м3;
4. Очень большие оползни – сотни тысяч м3;
5. Огромные оползни – несколько миллионов м3;
6. Грандиозные оползни – десятки и сотни миллионов м3.

В зависимости от ***скорости перемещения*** оползни бывают:

1. Исключительно быстрые – скорость несколько метров в час;
2. Быстрые – скорость несколько метров в сутки;
3. Умеренные – скорость несколько метров в месяц;
4. Очень медленные – несколько метров в год;
5. Исключительно медленные – менее метра в год.

Нетрудно увидеть, что данная классификация отражает различные стадии развития оползня. Начинаясь, как медленный, по мере развития оползень ускоряет свое движение, достигая достаточно больших скоростей. Дополнительная опасность оползня заключается в том, что он может миновать стадии медленного и умеренного развития, набирая скорость от исключительно медленной до исключительно быстрой в течение короткого промежутка времени.

Основными последствиями оползня могут быть:

* разрушение и заваливание зданий и сооружений;
* разрушение и заваливание путей сообщения;
* разрушение гидротехнических сооружений с последующим наводнением;
* запруживание рек с последующим наводнением;
* вызов снежных лавин, селевых потоков и высоких волн;
* приведение в негодность сельскохозяйственных и лесных угодий.

Убытки от оползней подразделяются на прямые и косвенные. Прямые убытки – это стоимость уничтоженных или приведенных в негодность материальных ценностей, а также стоимость работ по ликвидации последствий оползней. Косвенные убытки – это все другие убытки, обусловленные прямым ущербом, например:

* потеря продуктивности сельскохозяйственных и лесных угодий;
* простой транспорта и промышленных предприятий;
* потери урожая вследствие разрушения ирригационной системы и т.д.

*Таким образом, в основе образования оползней лежат тектонические, геологические, гидрологические и метеорологические факторы. Развитие оползня неравномерно во времени и пространстве, активной фазе предшествует длительная подготовка, что делает возможным предсказание и предотвращение оползней.*

## 4.3. Способы действий на­се­ле­ния и спасательных служб во вре­мя развития оползня

Мероприятия по ***предотвращению оползней*** включают в себя:

* организационно-хозяйственные мероприятия;
* мелиоративные и агротехнические мероприятия;
* инженерные мероприятия.

*Организационно-хозяйственные мероприятия включают:*

* рациональное освоение территорий, подверженных оползням;
* регулирование вырубки лесов и выпаса скота;
* запрещение отвалов пустой породы на склоны и в русла рек.

*Мелиоративные и агротехнические мероприятия включают:*

* умеренный полив оползневых склонов и их рациональная распашка;
* восстановление прежних и посадка новых лесов на склонах.

*Инженерные мероприятия включают:*

* + отвод поверхностных вод, притекающих к оползневому участку путем устройства нагорных канав и дренажей;
  + разгрузка оползневых склонов (откосов), террасирование склонов;
  + посадка древесной и кустарниковой растительности в комплексе с посевом многолетних дернообразующих трав на поверхности оползневых склонов;
  + спрямление русел рек и периодически действующих водотоков, подмывающих основание оползневых склонов;
  + возведение берегоукрепляющих сооружений (буны, донные волноломы, струенаправляющие устройства, защитные насаждения и др.) в основании подмываемых оползневых склонов;
  + отсыпка (намыв) земляных (песчаных, гравийных, каменных) контрбанкетов у основания оползневых склонов;
  + устройство подпорных стенок;
  + возведение контрфорсов, свайных рядов и др.

Подпорные стенки устраиваются при сравнительно небольших оползнях на склонах, где нарушена их устойчивость путем подрезки, подмыва или пригрузки склона. Они возводятся, как правило, из сборного железобетона или хорошо обожженного кирпича и камня. Для повышения устойчивости подпорных стенок устраиваются застенные дренажи.

Контрбанкеты являются довольно эффективным мероприятием. Они устраиваются у подошвы оползней и своей массой препятствуют смешению оползневого грунта. Протяженность контрбанкета определяется размерами оползня, а ширина и высота - в зависимости от устойчивости оползневой массы. Устраиваются они, как правило, из грунта и камня. При возведении из недренирующих и слабодренирующих грунтов предусматривается каптаж грунтовых вод. На поверхности контрбанкетов проводятся мероприятия по отводу поверхностных вод и борьбе с эрозией почв, травосеяние и др.

Контрфорсы – это подпорные сооружения, удерживающие грунт склонов и откосов от смещения, и врезающиеся подошвой в устойчивые слои грунта. Возводятся из каменной кладки на цементном растворе, бетона или бутобетона. В основании, для дренажа, укладываются водоотводные трубы диаметром 150 – 200 мм.

Свайные ряды (сваи-шпонки) – применяются, как правило, в период временной стабилизации оползней, имеющих небольшую (до 4 м) мощность смещаемого тела. Сваи (железобетонные, бетонные, металлические) забивают в шахматном порядке в 2 – 3 ряда на глубину 2 м в не смещаемую породу. Во избежание нарушения устойчивости склона при забивке, сваи устанавливаются в предварительно пробуренные скважины. Размещаются свайные ряды в нейтральной или пассивной (контрфорсной) части оползня.

Эффективным противоселевым мероприятием является дренирование склонов. По конструкции дренажи бывают четырех типов: горизонтальные (трубчатые) дренажи-преградители, дренажные галереи, вертикальные и комбинированные дренажи.

Горизонтальные дренажи применяются при неглубоком залегании водоупора (до 4 – 8 м), и укладываются в открытые траншеи. Диаметр и тип труб определяется гидравлическим расчетом в зависимости от агрессивности подземных вод. Для проверки работы дренажа по его трассе устраивают смотровые колодцы. Такие дренажи устраиваются на остановившихся оползнях или в местах, где им не угрожают оползневые смещения. Для удаления воды, содержащейся в трещинах и пустотах движущегося оползневого тела, устраиваются простейшие конструкции фашинного дренажа.

В местах глубокого залегания водоносного горизонта, питающего оползневой склон водой применяются дренажные галереи. Они эффективны при значительной водообильности и хорошей водоотдаче грунтов.

Вертикальные дренажи (буровые скважины или шахтные колодцы) применяют при дренировании одного или нескольких водоносных горизонтов при большой глубине их залегания. Отвод воды из вертикальных дренажей производится в специальные водосборные галереи.

Комбинированные дренажи представляют сочетание горизонтальных и вертикальных дренажей, объединенных в одну систему. Они применяются на оползневых склонах с несколькими глубоко залегающими водоносными горизонтами, разделенными водоупорными пластами.

При строительстве подпорных стенок рассчитывается оползневое давление на стенку и временная нагрузка на откос (склон). Расчет подпорной стенки ведется на устойчивость против сдвига по основанию и устойчивость против опрокидывания.

В административных образованиях, на территории которых возможны оползни, предусматривается система наблюдения за склонами и соответствующее оповещение населения. Наилучшей защитой населения во время угрозы оползня является эвакуация. Если же эвакуироваться во время не удалось, во время движения оползня рекомендуется покинуть здание, отойти от него на безопасное расстояние, сесть, а лучше лечь на землю, во избежание падения. При остановке оползня немедленно покинуть тело оползня.

Действия спасательных служб сводятся к эвакуации населения из зоны бедствия. При катастрофически быстром сходе оползня производится спасение людей с тела и основания оползня, розыск и спасение пострадавших из-под завалов.

*Таким образом, основная защита населения и материальных ценностей заключается в пассивных мероприятиях по укреплению оползнеопасных склонов, а также эвакуации населения из опасной зоны при угрозе развития оползня. Эффективность активных мероприятий против оползней во многом зависит от самого оползня, и потому не является абсолютной.*

## 4.4. Причины и развитие об­ва­лов

***Обвалом*** называется отделение крупного блока от массива горных пород на крутом обрывистом склоне с последующим обрушением и скатыванием глыбово-щебнистой массы. Обвал может быть и ледовым, когда от ледника отделяется крупный массив льда, а также комбинированным. Как и оползни, обвалы являются следствием действия сил гравитации.

Причиной обвала может служить землетрясение или процессы, развивающиеся в самом горном массиве, и тогда его называют ***сейсмогравитационным***. В случае землетрясения за счет ускорения, полученного в момент сейсмического толчка, обвалы и каменно-земляные лавины могут преодолевать значительные расстояния. Обвалы могут возникать и в результате деятельности человека, и тогда их называют ***техногенными***.

Из наиболее известных катастрофических обвалов можно назвать следующие. В 1618 г. горный обвал уничтожил город Плурс в Италии, а в 1806 г. аналогичным образом был завален город Гольдау в Швейцарии. В 1911 г. во время Усойского обвала на Памире объем обломков составил 2,2 м3, при этом образовалась естественная плотина высотой 300 м и Сарезское озеро глубиной 500 м и длиной 60 км.

Предпосылкой к возникновению обвала является наличие склона крутизной более 500 с нарушенными внутренними связями. Чем больше относительная высота склона, тем больший объем может иметь обвал. Как правило, скальные обвалы имеют несколько фаз развития.

В ***первой фазе*** нарушается внутренняя связь между горными породами или частицами льда, и создаются предпосылки к обвалу. Различают следующие опасные участки горных склонов:

* трещиноватые и выветренные утесы и останцы;
* каменные осыпи на крутых, особенно выпуклых склонах;
* древние морены (валунники) горных ледников, отмытые от мелкозема и оказавшиеся на крутых участках склона.

Под ***выветриванием*** горной породы понимается изменение и разрушение горной породы под влиянием внешних факторов. Выветривание может быть физическим и химическим.

**Физическое выветривание** бывает температурным и механическим. *Температурное выветривание* вызвано расширением и сжатием горных пород при суточных и сезонных колебаниях температуры. *Механическое выветривание* происходит при непосредственном давлении воздушных струй и переносимого ими твердого материала, росте кристаллов в капиллярных трещинах и порах горной породы, расширении замерзающей в трещинах и порах воды, а также при воздействии корневой системы деревьев и роющих животных.

**Химическое выветривание** происходит при воздействии на горные породы воды, кислорода, углекислоты и органических кислот, под влиянием которых изменяются структура и состав минералов. Основными процессами, происходящими при химическом выветривании, будут: окисление, гидратация, растворение и гидролиз. В результате выветривания породы разрушаются, переходя в состав водных растворов и образуя обломки разных размеров. Разрушенный материал может оставаться на месте, собираться в виде осыпей на горных склонах, переноситься водой или ледниками.

Во ***второй фазе*** под действием сил гравитации или внешнего толчка, обычно сейсмического характера, блок отделяется от материнского массива и падает вниз. Выделяют следующие причины отделения каменных блоков:

* исчезновение сцепления блока и массива в результате выветривания;
* исчезновение сцепления в результате расклинивающего воздействия корней растений или льда;
* сейсмические толчки;
* сильные порывы ветра;
* внешние толчки от падающих обломков;
* гидростатическое воздействие воды;
* сотрясение при строительных работах, взрывах и т.п.

В ***третьей фазе*** блок дробится при ударе на мелкие обломки, и, попадая на достаточно крутой склон, движется по нему в виде каменной (ледяной, ледово-каменной, каменно-земляной) лавины. При этом часто мелкораздробленный обломочный материал захватывает воздух, сжимает его и начинает движение на воздушной подушке, что значительно повышает скорость и путь движения каменных лавин. Созданию воздушной подушки способствуют склоны долины, по которой движется лавина, так как они препятствуют утечке воздуха в боковых направлениях.

Так 14.12.1963 г. от вершины Литл-Таома на тихоокеанском побережье США с высоты 600 м оторвался каменный блок, упавший на поверхность ледника Эммонс. Образовавшаяся каменная лавина прошла по поверхности ледника 2 км со скоростью до 480 км/ч, а, дойдя до края ледника, взметнулась вверх с 90-м обрыва. Во время 600-метрового полета масса обломков развернулась широким шлейфом, при падении захватила и сжала воздух, а затем на воздушной подушке прошла еще почти 3 км.

В сентябре 2002 г. в Кармадонском ущелье с высоты 3800 – 4300 м сорвалась часть ледника Колка объемом 21 млн. м3. Раздробившись при ударе о склон, ледово-глыбовая масса сошла вниз со скоростью более 100 км/ч. В результате 120 человек пропало без вести, оказавшись под многометровым конусом выноса.

При падении блока в воду происходит возбуждение волны, высота и скорость которой будут зависеть от массы упавшего блока и глубины водоема. Например, 10 июля 1958 г. на Аляске во время землетрясения от скальной стены залива Джилберта откололся блок объемом 36,5 млн. м3. Срезав по пути часть ледника, скальная масса упала в воду, вызвав волну высотой 530 м, имевшую скорость до 200 км/ч. В 1963 г. в Италии 238 млн. м3 горной породы обрушились в водохранилище, в результате чего образовалась волна высотой 270 м. Было смыто четыре поселка и погибло 4400 человек.

В ***четвертой фазе*** каменная лавина выходит на пологий участок или участок с обратным уклоном и останавливается, образуя зону выноса горных пород (льда).

При обвалах перемещение горных пород происходит за очень короткий период времени. Чем больше оторвавшаяся масса горных пород и чем выше по отношению к точке падения находилось место отрыва обвала, тем выше его кинетическая энергия. К факторам опасности при обвалах относят:

* ударное действие обломков на людей, здания и сооружения;
* действие воздушной ударной волны на людей, здания и сооружения;
* действие сейсмической волны, возникающей при ударе каменной массы о поверхность земли;
* действие гидродинамических волн, возникающих при падении каменной массы в водоемы.

*Таким образом, в основе образования обвалов лежат сейсмогравита­цион­ные причины, усугубляемые в отдельных случаях деятельностью человека. В отличие от оползней, подготовку обвала заметить достаточно трудно, а при его развитии времени на адекватную реакцию практически не остается. Поэтому большую роль в предотвращении тяжелых последствий обвалов будут играть предупредительные мероприятия, проведенные заранее на опасных участках горных склонов.*

# Лекция 5.

# Оползни, сели, лавины и их характеристика.

# Причины и характер се­лей

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами и характером обвалов и оползней. При этом мы отмечали, что в отдельных случаях оползни приобретают характер грязекаменных потоков. В специальной литературе такие потоки получили наименование селей.

## 5.1. Причины формирования селя

***Сель,*** (от араб. *бурный поток*) это кратковременный бурный паводок на горных реках, имеющий характер грязекаменного потока. Сели занимают промежуточное положение между обычным паводком и оползнем-потоком.

***Причинами*** селя могут являться:

* извержения вулканов;
* оползни и обвалы;
* обильные снегопады и ливни;
* интенсивное таяние снежного покрова и ледников;
* прорыв искусственных и естественных плотин;
* хозяйственная деятельность человека.

Сели на территории России характерны для горных систем Кавказа и Восточной Сибири, однако их возникновение возможно и в некоторых районах Урала. Сели возникают на высотах 1000-2500 м над уровнем моря, чем выше исток селя, тем больше объем селевого выноса. Селевые потоки происходят внезапно, быстро нарастают и продолжаются обычно от 1 до 3 часов, иногда до 6-8 часов.

Слабые сели на горных реках наблюдаются несколько раз в году, мощные сели – один раз в 10-12 лет. Каждые 30-50 лет сила селя может достигать катастрофических размеров, а объем выноса достигать 1 млн. м3. Так в мае 1993 г. селевые потоки в Таджикистане за три дня разрушили 8200 зданий, 115 мостов, 520 км автомобильных дорог и 60 км линий электропередач. Пострадали сельскохозяйственные угодья на площади 112 тыс. га, общий материальный ущерб составил 100 млрд. рублей.

Селевыми или селеносными называются бассейны водотоков, в которых формируются селевые потоки. В селевом бассейне различают три основные зоны:

* зона формирования;
* зона транзита;
* зона выноса или затухания.

***Зона формирования*** – это часть бассейна, где расположены основные очаги зарождения селей. Как правило, она занимает верхнюю часть бассейна, и имеет вид амфитеатра, склоны которого прорезаны промоинами, сходящимися к центру амфитеатра.

Сели на горных реках формируются при сочетании трех условий:

* значительный уклон дна ущелья;
* наличие легко смываемого, рыхлого обломочного материала;
* резкое увеличение количества стекающей воды.

В зоне формирования, как правило, выделяется селевой очаг, который располагается в промоинах и может иметь вид селевой рытвины или селевого вреза. Кроме того, в зоне формирования возможно и рассредоточенное селеобразование.

**Селевой рытвиной** называется линейное морфологическое образование, заполненное рыхлым обломочным материалом и прорезающее склон. Рытвина имеет угол наклона дна более 150, протяженность до 500 – 600 м и глубину до 10 м. В отличие от рытвины, **селевой врез** имеет большие размеры, достигая глубины до 100 м и более. Селевой врез может давать до 6 млн. м3 обломочного материала в одном селевом потоке.

Под очагом **рассредоточенного селеобразования** понимается участок обнажения сильно разрушенных горных пород, имеющий густую разветвленную сеть борозд, в которых и скапливается рыхлый обломочный материал, выносимый затем в общее русло селевого потока.

При формировании селевого потока происходит взаимодействие жидкого и твердого компонентов потока, качественно отличное от взаимодействия воды и рыхлообломочного материала в обычном потоке. Это отличие заключается в том, что в селевом потоке энергия передается в основном через твердую составляющую, в то время как в обычном паводке – через жидкую.

Выделяется два основных типа зарождения селей: эрозионный и оползневый.

При ***эрозионном зарождении*** высвобождение твердой частицы, сдвиг ее с места и перенос осуществляются водой или суспензией. Твердая составляющая движется как во взвешенном, так и во влекомом состоянии. Мелкие взвешенные частицы переносятся быстрее, чем крупные, а влекомые обломки перекатываются или скользят по дну. Глубина размыва русла, а следовательно и наполненность потока твердыми частицами, определяется мощностью рыхлообломочного материала и временем прохождения селевого потока.

При ***оползневом зарождении*** первоначальный сдвиг твердой составляющей происходит в виде сплыва или оползня-потока без нарушения или со слабым нарушением структуры. По мере дальнейшего движения смещенного массива и поступления воды происходит нарушение структуры и оплывина превращается в селевой поток. При этом различают два вида оползневых селей:

* сдвиг рыхлообломочного материала, накопившегося в русле водотока;
* оползень в русло водотока со склона.

*По своему составу селевые потоки бывают:*

* водно-каменный сель, в котором преобладает крупнообломочный материал;
* водно-песчаный сель, в котором преобладает взвесь песка;
* грязевой сель, в котором преобладает взвесь глины или лесса;
* грязекаменный сель, в котором кроме глинистой взвеси находится и крупнообломочный материал;
* снежно-водяной сель, который представляет собой переходную фазу между селем и лавиной из мокрого снега.

*По мощности селевые потоки подразделяются на следующие группы.*

* 1. Катастрофические сели, которые выносят более 1 млн. м3 обломочного материала;
  2. Мощные сели, которые выносят от 100 до 1 млн. м3 обломочного материала;
  3. Средние сели, которые выносят от 10 до 100 тыс. м3 обломочного материала;
  4. Слабые сели, которые выносят менее 10 тыс. м3 обломочного материала.

***Зона транзита*** – это часть бассейна, где происходит движение уже сформировавшегося селевого потока. Зона транзита, как правило, имеет вид канала с V-образным сечением. В этой зоне на отдельных участках может происходить трансформация потока за счет поступления воды со склонов и из притоков, а также за счет рыхлообломочного материала, образующегося при размыве русла и склонов долины.

Характер русла в значительной степени определяет динамику селевого потока. Как правило, сель носит пульсирующий характер, двигаясь в виде последовательных валов. Это происходит вследствие задержек селевой массы в сужениях русла, на крутых поворотах и в местах уменьшения уклона. Количество валов может варьироваться в очень широких пределах – от нескольких до сотни и более. К примеру, в селевом потоке на р.Большой Алмаатинке в 1977 г. было зафиксировано 200-300 валов высотой от 20 до 30 м.

***Зона затухания*** обычно представлена в виде конусов выноса. Основная разгрузка селевых потоков происходит при выходе из ущелий в предгорья или долину крупной реки. Движение селевых потоков прекращается при крутизне 2-5 градусов.

*Таким образом, возникновение селевых потоков зависит как от природных причин, так и от хозяйственной деятельности человека. От характера зарождения селей и состава селевых потоков зависит и опасность, которую они несут для человека, зданий и сооружений.*

## 5.2. Факторы опасности при сходе се­ля

Основную опасность при селе представляет огромная ***кинетическая энергия*** грязеводных потоков, которая зависит от скорости, массы и плотности потока.

Скорость селевых потоков может составлять от 2 до 10 м/с. В своей головной части селевой поток представляет волну высотой до 25 метров, которая несет обломки горных пород массой до 200 тонн. Ширина потока может достигать 100 м, а плотность селевой массы – 1,2-2,0 т/м3, при этом содержание твердого материала составляет от 10 до 75% общей массы потока. Максимальные размеры обломков могут достигать 3-4 м. Сила удара селевого потока о препятствие составляет от 5 до 12 т/м2.

Селевой поток оказывает прямое разрушительное действие на природную и техногенную среду. К прямым последствиям селей относятся:

* гибель людей и животных в воде и от механических повреждений;
* разрушение зданий, сооружений, путей сообщения и линий связи;
* занос рыхлым материалом населенных пунктов, путей сообщения и т.п.;
* размывание плодородного слоя почвы.

Косвенный ущерб от селя связан с противоэпидемическими мероприятиями и восстановлением разрушенных объектов и инфраструктуры.

Гибель людей в селевых потоках возможна как в результате асфиксии, так и в результате травмирования обломками горных пород в потоке или при ударах о дно и берега селевого русла.

Таблица 19

Вероятность безвозвратных потерь среди населения,

находящегося в зоне выноса селевого потока, %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Размещение населения | Мощность селевого потока | | |
| до 100 тыс. м3 | 100 тыс. – 1 млн. м3 | более 1 млн. м3 |
| Открыто  Сооружения без фундамента  Сооружения на фундаменте | 75  70  0 | 100  100  90 | 100  100  100 |

Разрушение зданий и сооружений происходит как путем размывания водой, так и динамическим воздействием грязеводного потока, который имеет очень высокую кинетическую энергию.

Таблица 20

Воздействие селевых потоков на сооружения

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Объекты | Суммарное давление селя, кг/см2 | | | |
| Полное разрушение | Сильное повреждение | Среднее повреждение | Слабое повреждение |
| Деревянные здания  Кирпичные малоэтажные  Кирпичные многоэтажные  Железобетонные  Бетонные плотины | 0,3 – 0,45  0,68 – 1,0  0,53 – 0,68  0,6 – 0,9  150 | 0,18 – 0,3  0,53 – 0,7  0,4 – 0,53  0,45 – 0,6  75 – 140 | 0,12 – 0,2  0,3 – 0,53  0,23 – 0,4  0,3 – 0,45  30 – 75 | 0,09 – 0.12  0,2 – 0,3  0,15 – 0,23  0,15 – 0,3  15 – 30 |

*Таким образом, селевой поток оказывает прямое разрушительное действие на природную и техногенную среду, и может приводить к серьезным последствиям, в том числе и к гибели людей.*

## 5.3. Способы действий населения и спасательных служб при схо­де селя

К профилактическим противоселевым мероприятиям относятся:

* создание гидротехнических сооружений, задерживающих и направля­ю­щих селевые потоки;
* своевременный спуск талой воды;
* закрепление растительности на склонах.

Задержание селевых выносов осуществляется путем устройства запруд, селезащитных плотин и дамб или котлованов-наносоуловителей.

Запруды и селезащитные плотины предназначены для задержания выносов и больших объемов твердого стока, а также стабилизации и защиты русла. Они возводятся из камня, бетона, железобетона, металла в виде глухих или решетчатых стенок, перегораживающих русло. Наносоуловители предназначены для уменьшения скорости селевого потока, вследствие оседания в них твердой массы.

Для отвода селевого потока от объекта и его торможения возводятся селеотводящие сооружения (селерезы, стенки), селеспуски, селепропускные сооружения, селенаправляющие и селеотбойные сооружения, тормозящие и другие простейшие сооружения.

Селеотводящие сооружения (селерезы, стенки) предназначены для направления селевого потока в сторону от защищаемого объекта.

Селеспуски предназначены для переброски селей через защищаемые объекты (дороги, трубопроводы и т.д.) и представляют собой лоток, закрепленный на железобетонных рамах или каменноарочных опорах, и продолжающий русло селевого потока.

Селепропускные сооружения в виде бетонных лотков и каналов предназначены для пропуска селевых потоков под защищаемым объектом. При возведении селеспусков на одном уровне с защищаемым объектом их устраивают в виде канализированного русла. Такие сооружения наиболее эффективны при пропуске селевого потока через населенные пункты.

Селенаправляющие (подпорные стенки, опояски, дамбы), селеотбойные (полузапруды, буны, шпоры) сооружения предназначены для защиты объектов, расположенных вдоль русел. Селенаправляющие сооружения в виде стенок устраиваются вдоль берега в местах его наиболее интенсивного размыва. Селеотбойные сооружения устраиваются из камня, железобетона или бревен под углом 25° к оси потока, причем один конец сооружения закрепляется в защищаемый берег, что позволяет отклонить направление потока к противоположному берегу.

Тормозящие сооружения (надолбы, земляные и каменные холмы) предназначены для уменьшения скорости селя на склонах с крутизной до 15°. Расстояние между сооружениями в ряду составляет четыре высоты, а расстояние между рядами – шесть высот тормозящего сооружения.

Простейшие сооружения (валы-канавы и террасы с широким основанием) устраивают в балках. Валы-канавы располагают строго горизонтально на склонах крутизной не более 10°, иначе может произойти разрушение насыпного откоса. На склонах крутизной от 10° до 30° устраивают ступенчатые террасы с обратным уклоном 4°- 6° и шириной 3,5 – 4,0 м.

### Таблица

Коэффициент снижения давления потока селезащитными сооружениями

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Селезащитные сооружения | | Коэффициент |
| Запруды глухие из железобетона: | три дамбы | 0,25 |
|  | две дамбы | 0,35 |
|  | одна дамба | 0,4 |
| Запруды глухие из камня: | три дамбы | 0,3 |
|  | две дамбы | 0,4 |
|  | одна дамба | 0,5 |
| Запруды решетчатые металлические: | три стенки | 0,35 |
|  | две стенки | 0,45 |
|  | одна стенка | 0,5 |
| Селезадерживающая плотина | | 0,1 |
| Наносоуловитель | | 0,6 |
| Селеотводящие сооружения | | 0,05 |
| Селенаправляющие сооружения: | железобетонные | 0,15 |
|  | каменные | 0,25 |
|  | из бревен | 0,35 |
| Тормозящие надолбы: | четыре ряда | 0,6 |
|  | три ряда | 0,65 |
|  | два ряда | 0,7 |
| Каменные холмы: | два ряда | 0,7 |
|  | один ряд | 0,85 |
| Грунтовые холмы: | два ряда | 0,8 |
|  | один ряд | 0,9 |
| Простейшие сооружения: | валы-канавы | 0,8 |
|  | террасы | 0,7 |

В селеопасных районах создаются автоматические системы оповещения о селевой угрозе и разрабатываются соответствующие планы мероприятий. Как показывает практика, оповещение об опасности происходит лишь за десятки минут, реже – за 1-2 часа до прохода селя. Поэтому, при получении сигнала о селевой опасности, населению необходимо организованно покинуть свои дома, отключив при этом электричество и газ. Для эвакуируемых граждан будет назначено место сбора и определен порядок эвакуации, который необходимо строго соблюдать. С собой необходимо иметь стандартный набор предметов и продовольствие на сутки.

При попадании в селевой поток необходимо выбираться из него по направлению течения, постепенно смещаясь к краю потока. Выбраться из потока самостоятельно достаточно сложно, в связи с чем необходима помощь спасателей или окружающих. Спасение осуществляется, как правило, с помощью длинной и прочной веревки.

*Таким образом, при проведении соответствующих профилактических и защитных мероприятий можно существенно снизить или даже исключить вовсе опасные последствия схода селевых потоков.*

# Лекция 6.

# Оползни, сели, лавины и их характеристика.

# Причины и характер снежных лавин

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами формирования, характером, опасными факторами и способами предотвращения селевых потоков. В данной лекции мы рассмотрим другое опасное явление, также связанное с горными склонами и гравитационным воздействием – снежные лавины.

## 6.1. Причины формирования ла­вин

***Лавины или снежные обвалы –*** *это соскальзывание с поверхности горных склонов накоплений снега и льда*. Название происходит от латинского понятия ***labina*** – скольжение. Лавинными катастрофами называют случаи схода лавин, приведшие к материальному ущербу и гибели людей.

Лавины представляют серьезную опасность в горных районах. Первое письменное упоминание о лавинах встречается у римского историка Полибия, повествующего о переходе Ганнибала через Альпы в ноябре 218 г. до н.э. По словам Полибия, из 93 тыс. человек, вошедших в горы, через месяц в Италию спустилось лишь 26 тыс. человек. Остальные погибли от холода, метелей и лавин. Во время 1-й мировой войны в Альпах от снежных лавин погибло около 50 тыс. человек, больше, чем непосредственно в ходе боевых действий в данном районе. Наиболее массовая гибель людей произошла в Тибете в 1973 г., когда снежная лавина погребла под собой около 1000 солдат Китайской народной армии. В Европе каждый год под лавинами гибнет около 100 человек – альпинистов, горнолыжников, туристов, жителей горных селений.

В 1962 г. в Перу от главного ледника на пике Уаскеран отделился карниз из снега и льда шириной около 1 км и толщиной более 30 м, общим объемом 3 млн. м3. Очень большая крутизна склонов способствовала сильнейшему удару снега о склон, размельчению и сдвигу горных пород. Обрушившаяся на г.Ранраирка и соседние населенные пункты лавина состояла уже не столько из снега, сколько из обломочного материала, и имела объем 13 млн. м3. В результате удара этой массы, двигавшейся со скоростью 170 км/ч, населенные пункты были разрушены, а человеческие жертвы достигли 4 тыс. человек.

В России площадь лавиноопасных территорий составляет 3077,8 тыс. км2. Лавиноопасными считаются горные массивы Кавказа, Хибин, Сахалина, Саян, Чукотки и Камчатки. Массовый сход лавин в этих районах отмечается раз в 10-11 лет. На Кавказе в XX в. наиболее лавинными были зимы 1910/11, 1931/32, 1962/63, 1975/76 и 1986/87 гг. В 1999 г. на территории России зафиксировано 185 снежных лавин, в которых погибло пять человек.

Участок склона и долины, где зарождается, движется и останавливается снежная лавина, называют ***лавиносбором***. В лавиносборах обычно выделяют три зоны:

* зарождения лавины;
* транзита лавины;
* отложения лавины.

***Зона зарождения лавины*** или лавинный очаг располагается в верхней части лавиносбора и представляет собой участок горного склона, где накапливается неустойчивая масса снега. Чаще всего это чашеобразное углубление в привершинной части гор, однако лавина может образоваться и на ровном склоне.

***Зона транзита лавины*** может быть канализирована в четко выраженном русле или ложе, иначе называемом *лавинным лотком*, но может располагаться и на относительно ровном склоне. Длина зоны транзита у канализированных лавин больше, чем у неканализированных. Путь лавины может иметь несколько ветвей, когда в главный канал впадают боковые каналы. При прохождении слабоканализированных лавин через заросшие склоны возникают полосы, лишенные древесной растительности – *лавинные прочесы*.

***Зона отложения*** находится у подножия или на пологом склоне в нижней части лавиносбора. Канализированные лавины образуют характерные *конусы выноса*, расширяющиеся от лотка вниз. В узких долинах лавины могут проходить по дну и подниматься на противоположный склон.

Основная причина схода снежных лавин – это превышение силы гравитации над силами сцепления внутри снежного массива или силами трения между снежным массивом и склоном. Таким образом, для формирования лавины необходимо три фактора:

* 1. Наличие склона;
  2. Наличие снега;
  3. Превышение сил гравитации над силами трения.

Рассматривая подстилающую поверхность необходимо учитывать:

* относительную высоту склона;
* крутизну склона;
* ориентацию склона;
* конфигурацию поверхности склона;
* шероховатость поверхности склона.

***Относительная высота склона*** определяет потенциальную энергию формирующейся лавины. При прочих равных условиях, чем выше на склоне линия отрыва лавины, тем большую скорость она может набрать во время движения.

***Крутизна склона*** определяет направление равнодействующей реакции опоры и силы тяжести, а потому напрямую влияет на устойчивость снега. Экспериментально установлено, что лавины формируются на склонах крутизной от 150 до 600. Оптимальные условия для формирования лавины создаются при крутизне склона от 250 до 500, при крутизне более 500 снег осыпается к подножию и лавина не успевает сформироваться. На склонах крутизной менее 150 могут образовываться лавины из насыщенного водой снега.

***Ориентация склона*** рассматривается по отношению к Солнцу, и по отношению к преобладающему направлению ветра. При равных снегозапасах на затененных склонах наблюдается увеличение числа лавин из снежных досок, а на солнечных – увеличение количества мокрых лавин. Кроме того, на подветренных склонах происходит повышенное отложение снега.

***Конфигурация поверхности*** склона напрямую влияет на форму лавины и ее состав. В различных углублениях склона и под уступами формируются места концентрации снега. На выпуклых склонах располагается линия отрыва лавин из снежных досок, а на вогнутых склонах более вероятен сход лавин из рыхлого снега. Кроме того, наличие на склоне уступов делает возможным отрыв снежной массы от склона с формированием «прыгающей» лавины.

***Шероховатость поверхности*** склона влияет на величину сцепления снега. Различные выступающие препятствия: скалы, поперечные гряды, трава, кустарник и т.д., увеличивают силу сцепления и до определенного момента удерживают снег на склоне. Однако по мере того, как препятствие засыпается снегом, теряются и его удерживающие свойства. В связи с этим, наилучшими удерживающими качествами будет обладать достаточно густой лесной массив.

Основой лавины является ***снег***. Форма и размеры достигающих земной поверхности частиц твердых осадков зависит от термодинамических условий зарождения и роста кристаллов льда в атмосфере и температуры приземных слоев воздуха. Плотность образующегося снежного покрова составляет 0,05 г/см3, однако с течением времени и изменением внешних условий, плотность снега изменяется.

Снежный покров на склонах гор характеризуется значительной пространственной неоднородностью и изменчивостью. Неоднородность высоты, плотности и строения снежного покрова образуется с самого начала выпадения снега на поверхность склонов, увеличиваясь за счет процессов перекристаллизации, уплотнения и течения снега, а также формирования новых слоев снежного покрова.

При выпадении снега без ветра на склонах крутизной менее 500 формируется примерно одинаковый снежный покров, но толщина покрова на более крутых склонах будет меньше, так как часть снега скатывается на более пологие участки. Выпадение снега, сопровождаемое ветром, приводит к тому, что наветренные склоны получают его больше, нежели подветренные. Сильный ветер вызывает общую метель, резко меняющую снежный покров в зависимости от местных особенностей. При низовых метелях может создаваться очень большая неоднородность снежного покрова вследствие перераспределения ранее отложенного снега. Плотность снежного покрова после низовой метели может достигать 0,12 – 0,18 г/см3, а если сильный ветер дует непрерывно в течение нескольких суток, плотность увеличивается до 0,4 – 0,45 г/см3. Уплотнению покрова способствуют и новые слои снега. При уплотнении воздушные поры между снежинками уменьшаются. При достижении плотности порядка 55 г/см3 происходит интенсивный процесс изменения структуры зерен снега, называемый метаморфизмом. Снежинки ломаются, превращаясь в ограненные ледяные зерна и глубинную изморозь. При плотности 0,75 г/см3 воздушные поры между кристаллами льда замыкаются, и воздух уже не может покинуть снежную толщу. При дальнейшем увеличении давления, за счет упругого сопротивления воздуха происходит деформация ледяных кристаллов вплоть до слияния их в монолитную поликристаллическую породу – лед.

Во влажном снеге поры между кристаллами льда заполняются водой. Плотность снежной массы при пропитывании водой также постепенно возрастает от 0,35 до 0,6 г/см3.

Устойчивость снежного покрова нарушается вследствие двух причин:

* увеличение ***массы снега*** до критической величины в результате выпадения осадков и/или ветрового переноса снега;
* уменьшение ***сил сцепления*** в результате процессов метаморфизма и насыщения снега водой.

Нарушение устойчивости ***рыхлого сухого снега*** наступает при увеличении его толщины до критической, и происходит это чаще всего во время снегопадов на склоны крутизной 30-400. Критическим для свежего снега будет увеличение толщины слоя до 12 см при безветрии или до 6 см при сильном ветре.

Потерявшая сцепление с основанием масса начинает с ускорением перемещаться вниз по склону, оказывая дополнительное динамическое воздействие на расположенный ниже по склону участок. Это давление нарушает устойчивость всего массива снега и вовлекает его в движение. В результате возникает расширяющийся в плане поток, который на крутом склоне движется с все возрастающей скоростью, захватывая все новые порции снега. Объемы лавин из рыхлого сухого снега относительно небольшие.

Нарушение устойчивости ***снежных*** ***плит*** происходит вследствие процессов метаморфизма под основанием плиты. В нижней части снежной толщи на границе с почвой и в слоях рыхлого снега, залегающего между плотными слоями в течение времени и под действием ряда внешних факторов образуется так называемая ***глубинная изморозь***. Глубинная изморозь представляет собой крупные (до 10 мм) вторичные блюдцеобразные и кубкообразные ледяные кристаллы, образующиеся в толще снега в слоях температурных скачков. Плотность снега в слоях глубинной изморози обычно 200-300 кг/м3, и они очень воздухопроницаемы. Разрушаясь под давлением вышележащей толщи, слои глубинной изморози формируют горизонты скольжения.

При наличии горизонта скольжения плита удерживается на склоне только за счет своей целостности, опираясь на более надежные точки опоры, как правило только краями. Для схода лавины в этих условиях достаточно нарушения целостности снежной плиты. Причиной этого может быть:

* резкая неоднородная просадка нижерасположенных слоев;
* механический излом плиты;
* образование в зоне растяжения плиты трещины при быстром понижении температуры.

При движении плита быстро разрушается, дробится и превращается в снежный поток с наиболее плотной нижней частью.

Нарушение устойчивости ***влажного снега*** происходит вследствие замены механической связи между частицами снега водяными пленками, что приводит к уменьшению сил сцепления и сопротивления снега сжатию. При увеличении увлажненности снега на 20% величина сцепления внутри снежной массы уменьшается в 5 раз, поэтому лавины из мокрого снега могут формироваться даже на склонах с крутизной менее 150.

Начальным импульсом нарушения устойчивости снега служит механическое воздействие на один из участков, в результате чего образуется зона неустойчивого состояния. Масса снега в этой зоне начинает сползать вниз, оказывая дополнительное силовое воздействие на расположенный под ней и ниже по склону снежный покров. Если напряжение сжатия превышает сопротивление снега, происходит его скачкообразное уплотнение и нарушенная масса снега соскальзывает вниз.

*Таким образом, для формирования снежной лавины должны соблюдаться определенные специфические условия, что делает возможным предсказание снежных лавин и определение лавиноопасных склонов. Разработана международная классификация лавин, которая используется при взаимодействии спасателей разных стран.*

## 6.2. Факторы опасности при сходе ла­вины

Находящийся на склоне снег всегда обладает определенной потенциальной энергией, которая зависит от массы накопившегося снега и высоты, на которой он находится. При движении лавины потенциальная энергия начинает превращаться в энергию кинетическую, благодаря чему лавина и обладает большой разрушительной силой. В любом случае, чем больше масса лавины и чем выше ее скорость, тем большей энергией она обладает. Скорость лавины будет зависеть не только от высоты и крутизны склона, но и от многих других факторов.

Объем лавин рассчитывается по формуле:

V = S⋅h, где

V – объем лавины, м3;

S – площадь лавиносбора, м2;

h – максимальная высота снега, м.

Лавина обычно начинается с ускоряющегося движения массы снега, которая вовлекает в движение снег на своем пути. Потенциальная энергия снежной массы при этом расходуется на ускорение движения и на работу по преодолению сил сопротивления. Силы сопротивления проявляются неравномерно, в результате чего скорости перемещения снежной массы в различных частях лавинного потока могут существенно отличаться. Наибольшее сопротивление поток испытывает в головной части, из-за чего создаются условия для перемешивания снежной массы и пульсации скоростей перемещения фронта лавины. В зависимости от состояния и свойств лавинного снега выделяют шесть форм движения лавин.

1. Движение облака из пылеватого снега, которое может сопровождать или обгонять более плотное ядро.
2. Турбулентное движение сухого малосвязанного снега наподобие движения сыпучих материалов.
3. Движение обломков снежных плит, при котором между нижней поверхностью обломков и поверхностью скольжения может возникать эффект воздушной смазки.
4. Движение комьев снега в виде скольжения, качения и перемешивания.
5. Движение консолидированной массы влажного или мокрого снега наподобие течения пластического вещества или вязкой жидкости.
6. Турбулентное движение снежно-водяной смеси с примесью грунта и камней наподобие движения селевых потоков.

Скорость лавины определяется графоаналитическим способом с помощью специальных графиков, учитывающих профиль склона и другие факторы. Приблизительно скорость лавины определяется по формуле

, где

U – скорость лавины, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с2;

hc – высота снега в лавине, м.

Скорость движения снежной массы может составлять от 30 до 100 м/с. Плотность снега в лавине ориентировочно равна:

* + для свежевыпавшего снега – 300 кг/м3;
  + для старого снега – 400 кг/м3;
  + для мокрого снега – 500 кг/м3.

Высота фронта лавины будет тем больше, чем больше площадь зоны зарождения лавин. Для лавиносбора площадью 50-100 га максимальная высота фронта лавины из сухого снега может достигать 70 м, лавины из мокрого снега – 25 м. Для площади 30-40 га максимальная высота фронта лавины из сухого снега может достигать 20-25 м, лавины из мокрого снега – 12-15 м. При сужении фронта лавины, например, при входе в лоток, скорость лавины снижается, но высота фронта увеличивается.

Таблица 21

Характеристика лавин с разным типом движения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип снега в лавине | Скорость,  м/с | Плотность, г/см3 | Давление,  МПа |
| Сухой, с движением в воздухе  Сухой, с движением по поверхности  Мокрый | 30 – 100  20 – 40  10 – 20 | 0,02 – 0,15  0,05 – 0,3  0,3 – 0,4 | 0,25  0,18  0,08 |

Сход лавины сопровождается потоками воздуха, которые иногда называют лавинным ветром или лавинным вихрем. Воздушная волна может распространяться далеко за пределы действия основного лавинного потока и производить разрушения на своем пути. Наибольшей разрушительной силой обладают воздушные волны, возникающие при сходе пылеобразных лавин из сухого рыхлого снега. По данным экспериментальных измерений и расчетов, избыточное давление во фронте воздушной волны может достигать 0,01 Мпа.

Таким образом, на людей, транспорт, здания и сооружения, оказавшиеся на пути движения лавины будет воздействовать несколько поражающих факторов. Первоначальное ударное воздействие окажет воздушная волна, а затем удар нанесет снежный фронт лавины. В 1950-х гг. в СССР были проведены измерения силы удара лавин на Военно-Грузинской дороге с помощью специальных буферов. Опыты показали, что давление лавины составляет от 5 до 50 т/м2.

Таблица 22

Зависимость давления от объема лавины

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Превышение лавиносбора,  м | Объем лавины  м3 | Давление лавины,  тс/м2 (Па) | Разрушительный эффект |
| 10 | 10 | 0,1 (103) | Может сбить и частично засыпать человека |
| 100 | 100 | 0,1 (103) | Ломает ветви деревьев, выдавливает окна |
| 100 | 1 тыс. – 10 тыс. | 1,0 (104) | Ломает молодые деревья, деревянные здания, автомашины |
| 1000 | 100 тыс. – 1 млн. | 10 (105) | Разрушает каменные сооружения и металлические конструкции |
| 5000 | 10 млн. | 100 (106) | Разрушает железобетонные сооружения |

Максимальная нагрузка на препятствие достигается через 10-30 мкс, а затем в течение первых 10 мкс она постепенно снижается. Особенно разрушительны прыгающие лавины, получающие дополнительную кинетическую энергию. Помимо этого, объект может получить дополнительные удары находящимися в снежном потоке глыбами льда, обломками горных пород, деревьев, зданий и сооружений. Лавина способна скручивать металлические опоры ЛЭП, сбрасывать с дороги автомобили и тракторы, разрушать деревянные, кирпичные и железобетонные сооружения. Если жилое здание оказывается способным противостоять удару лавины, снежная масса выдавливает окна и двери, заполняя внутренний объем помещения.

При нахождении в лавинном потоке, человек может получить повреждения и от ударов о неровности рельефа. Однако, даже не получив смертельных повреждений в момент удара, человек может погибнуть от асфиксии в снежной массе, а при длительном в ней нахождении – получить общее переохлаждение организма. Исследования ученых Швейцарского института снеголавинных исследований показали, что непосредственными причинами смерти в лавинах явились:

асфиксия – 46,2% случаев;

смертельные повреждения – 42,9%;

переохлаждение – 6,6%.

Асфиксия может наступить как вследствие прекращения доступа воздуха в органы дыхания, так и вследствие общего сдавливания тела человека снежной массой. При остановке лавинного потока снег откладывается настолько плотно, что человек становится беспомощным и не может двигать руками и ногами. В самом снегу содержится достаточно воздуха для сохранения жизни человека, однако в течение двух часов вокруг лица образуется ледяная маска, препятствующая дыханию. По данным статистики, через 30 минут пребывания в лавине в живых остается лишь 50 % пострадавших, три часа обычно являются пределом времени, в течение которого засыпанный лавиной человек может оставаться живым.

## 6.3. Прогнозирование и способы борьбы с лавинами

Прогноз лавинной опасности включает в себя указание места и времени схода лавин.

На начальном этапе изучения лавин на определенной территории выявляются места возможного схода лавин, рассчитываются их параметры и определяется лавинный режим. Для этих целей используются материалы снеголавинных наблюдений, косвенные признаки лавинной опасности, статистические зависимости, математические модели, изучаются архивы и проводятся опросы местных жителей. По полученным и рассчитанным данным составляются карты лавинной опасности. Результат исследований определяется как ***пространственный прогноз*** лавинной опасности – прогноз лавинного «климата». По охвату территории он может быть локальным (для отдельного лавинного очага или их группы) и фоновым (для горного региона или их совокупности). Соответственно для представления локального прогноза используются крупномасштабные карты, для фонового прогноза: средне- и мелкомасштабные.

В состав регулярных снеголавинных наблюдений входят:

изучение стратиграфии снежной толщи, замеры толщины снежного покрова,

определение физико-механических свойств снега: плотности, временного сопротивления сдвигу и разрыву, твердости, предела прочности.

Измерения проводятся в непосредственной близости от лавинных очагов на безопасных участках, имеющих по мере возможности, сходные с лавиноопасными склонами параметры по крутизне и экспозиции. Простейшая статистическая обработка данных наблюдений позволяет установить эмпирические зависимости, позволяющие используя результаты измерений, определить возможность обрушения лавин

Противолавинные мероприятия подразделяются на *активные* и *пассивные*.

***Пассивные мероприятия*** включают:

* искусственное удержание снега на лавиноопасных склонах;
* непосредственную защиту от лавин.

## Искусственное удержание снега производится следующими способами:

1. Восстановлением лесов в зонах зарождения лавин.
2. Строительством снегоудерживающих сооружений на склонах. К таким сооружениям относятся:

* земляные террасы и террасы с подпорными стенками – устаревший способ удержания снега на склонах крутизной до 300;
* свайные заграждения из рядов деревянных, металлических или железобетонных свай – для удержания снега на склонах крутизной до 300;
* деревянные, металлические, железобетонные и комбинированные снегоудерживающие щиты – для удержания лавин всех типов на любых склонах. Щит, на который опирается снег, устанавливается на опорах перпендикулярно к склону или с отклонением по верху на 10-15, и имеет решетчатую конструкцию с зазорами в пределах 30 см. Размещение щитов на склоне осуществляется с учетом локальных характеристик рельефа, уклона и характера поверхности склона в зоне зарождения лавин.

Непосредственная защита от лавин обеспечивается строительством защитных сооружений. К таким сооружениям относятся:

* + лавинорезы;
  + отбойные дамбы;
  + направляющие стенки;
  + лавинотормозящие клинья, надолбы и холмы;
  + противолавинные галереи.

***Лавинорезы*** представляют собой клинообразные в плане конструкции, направленные острием против движения лавины. Они предназначены для разделения лавинного потока на две части и направления их в обход какого-либо участка или сооружения. Лавинорезы часто строят в виде оснований для опор ЛЭП.

***Отбойные дамбы*** располагаются под углом к возможному лавинному потоку и служат для изменения направления движения лавины. Угол между дамбой и направлением движения потока задается в пределах 200, иногда 300, так как при увеличении этого угла лавина будет перепрыгивать дамбу. Рабочую поверхность дамбы делают в виде вертикальной или слегка наклонной стенки из камня или бетона, основное тело отсыпают из грунта или камней.

***Направляющие стенки*** строят в местах, где нельзя допустить растекания лавинного потока и необходимо нарпрявлять его по фиксированному руслу. Они могут служить продолжением лавинорезов и отбойных дамб. Рабочая поверхность стенки должна быть гладкой, и выполняется она, как правило, из железобетона. С внутренней стороны стенка усиливается насыпью.

***Лавинотормозящие сооружения*** представляют собой железобетонные пирамиды, каменные и бетонные надолбы, а также конусообразные каменные и земляные насыпи, расположенные в шахматном порядке в верхней части зоны выброса, там где крутизна склона становится меньше 200. Эти сооружения рассекают поток лавины и направляют его струи друг на друга, что приводит к торможению лавины и уменьшению зоны выброса снега на защищаемые участки. В тылу лавинотормозящих сооружений для окончательной остановки лавины может сооружаться выемка с защитной дамбой.

***Противолавинные галереи*** сооружаются для пропуска лавин над железными и автомобильными дорогами. В настоящее время применяются галереи из железобетона рамочной, балочной и консольной конструкций.

***Активные противолавинные мероприятия*** заключаются в искусственном провоцировании схода лавины в заранее выбранное время. В 1934 г. Э.Циммерман, директор Бернской железной дороги в Швейцарии, впервые в мире начал обстрел лавиноопасных участков из миномета, заставляя снег сходить раньше времени и малыми порциями. С 1940 г. обстрелы лавиноопасных участков начались и в СССР.

В настоящее время в России для активной борьбы с лавинами применяются минометы калибра 120 мм и выше, зенитные орудия калибра 57 мм и выше, взрывы направленного действия. Взрывы используют для оценки и ликвидации лавинной опасности. Выделяется три варианта воздействия взрыва на снежный покров на лавиноопасном склоне.

1. Образуется воронка, за пределами которой целость снежного покрова не нарушается, что указывает на небольшую лавинную опасность;
2. Снежный покров разламывается, происходит оседание и стабилизация снега, или он соскальзывает на некоторое расстояние, после чего приобретает устойчивое положение. В таком случае проводят серию взрывов на других участках, которая либо вызывает сход небольшой лавины, либо временно стабилизирует снежный покров;
3. Формируется лавина. Взрыв в снежном покрове вызывает сотрясение массива снега, при котором могут нарушаться связи между частицами снега и уменьшаться сцепление между снежными плитами, плитой и ее основанием. Это приводит к повышению скорости вязкого течения снега в зоне действия взрыва и может привести к потере устойчивости снежного пласта и зарождению лавины. Потеря устойчивости может произойти сразу же после взрыва или по истечении нескольких минут.

Таким образом, в современных условиях предпринимаются все возможные меры для уменьшения лавинной опасности, однако люди продолжают гибнуть при сходе лавин. Как показывает анализ лавинных катастроф, большинство лавин, сопровождавшихся гибелью людей, было вызвано самими жертвами.

Следует избегать выхода на безлесные покрытые снегом склоны крутизной более 300, после крупных снегопадов с приростом снежного покрова на 20 – 30 см, после продолжительных резких похолоданий и потеплений, после выпадения дождя на снежные склоны. Дополнительными сигналами к увеличению лавинной опасности являются далеко выступающие снежные наддувы и карнизы, вспучивание и проседание снежного покрова, возникновение трещин отрыва на горных склонах, появление на снежных склонах следов скатывания комков снега. Особую осторожность надо соблюдать в туман или в солнечную погоду во второй половине дня.

При необходимости пересечь лавиносбор, лучше сделать это в зоне выброса, если же пересекается зона зарождения лавины, то желательно делать это как можно выше по склону. Пересечение лавиноопасного склона производится поочередно, с выставлением наблюдателя. В случае если лавина застигнет одного из группы, другие смогут быстро откопать его или привести спасателей. Перед выходом всей группы надежность склона необходимо проверить со страховкой.

Выходя на лавиноопасный склон, необходимо застегнуть одежду, распустить лавинные шнуры, освободить руки от петель на лыжных палках, ослабить ремни рюкзака или нести его на одной лямке. Склон пересекается без криков и шума, след в след.

Признаком начинающейся лавины является проседание снега и характерный свистящий звук. Захваченному лавиной человеку необходимо немедленно освободиться от рюкзака, лыж и лыжных палок и пытаться удержаться на поверхности лавинного потока, одновременно продвигаясь к его краю. В лавине из рыхлого снега целесообразно делать плавательные движения руками, пытаясь «плыть» по поверхности. Если же человек все же погружается в лавинный поток, то рекомендуется закрыть лицо руками, создавая пространство для дыхания, а при остановке потока попытаться взломать снег и поднять одну руку.

Необходимо помнить, что в толще снега звук распространяется достаточно легко и на большие расстояния, но на границе сред звуковая волна почти полностью отражается обратно в снежную толщу и услышать пострадавшего из-под снега без специальных приборов спасатели не в состоянии.

При поиске и извлечении пострадавшего из снега спасатели должны помнить, что при откапывании человека в течение 10 мин после схода лавины в живых остается около 70% пострадавших, в течение 1 часа – 30%, а после 2 часов – менее 20%. Два часа являются обычно пределом для выживания в толще снега из-за образования ледяной маски вокруг лица, однако, могут создаваться какие-либо особые обстоятельства, например, воздушные карманы, поэтому спасательная операция продолжается не менее 24 ч, а при возможности – до отыскания всех, кто попал в лавину, живых и мертвых.

Поиск производится исхода из возможной траектории движения тела пострадавшего. Как правило, человек находится на линии между местом исчезновения и местом расположения наиболее легких предметов снаряжения. Любые выступы на поверхности лавинного потока, где задерживается снег, деревья, скалы и другие препятствия могут задержать пострадавшего. После выявления наиболее вероятных мест нахождения пострадавшего производят поиск признаков засыпанного лавиной человека, а если их нет, приступают к зондированию завала с помощью металлических щупов. К поиску могут привлекаться специально обученные собаки, а также использоваться специальные приборы.

Когда пострадавший будет найден, в первую очередь необходимо освободить его голову и очистить органы дыхания от снега. Затем пострадавшего полностью откапывают из снега, и при необходимости проводят реанимационные мероприятия, восстанавливая дыхание и сердечную деятельность. При общем переохлаждении организма проводятся мероприятия, которые мы подробно разберем, говоря об утоплении. После оказания первой помощи пострадавший доставляется в лечебное учреждение.

*Таким образом, в современных условиях предпринимаются все возможные меры для уменьшения лавинной опасности, однако люди продолжают гибнуть при сходе лавин. Как показывает анализ лавинных катастроф, большинство лавин, сопровождавшихся гибелью людей, было вызвано самими жертвами.*

# Лекция 7.

# Интенсивные атмо­сфер­ные вихри и их характеристика. Формирование ат­мо­сфер­ных вихрей

В предшествующих лекциях мы познакомились с опасными факторами, сопровождающими сели и лавины. В данной лекции мы рассмотрим опасные для человека метеорологические явления и процессы. Определения опасных метеорологических явлений даны в ***ГОСТ Р.22.0.03-95 «Опасные метеорологические явления и процессы»***. Данный Государственный стандарт указывает нам предмет, который мы рассмотрим в лекции. Согласно данному в стандарте определению, ***опасными метеорологическими явлениями***называются природные явления и процессы, возникающие в атмосфере под действием различных природных факторов или их сочетаний, оказывающие поражающее воздействие на людей, животных, сельскохозяйственные растения, строения и окружающую природную среду. Однако прежде чем переходить к рассмотрению опасных метеорологических явлений, необходимо вспомнить, что же представляет собой земная атмосфера.

## 7.1. Строение атмосферы Зем­ли

***Атмосферой*** называется внешняя газовая оболочка Земли. Она состоит из воздуха, состав которого несколько меняется с высотой. До высоты 100 км воздух состоит из 78% азота, 21% кислорода и 1% аргона, на все остальные газы приходится не более 0,03%. С высоты 100 км в воздухе появляется атомарный кислород, который с высоты 300 км становится преобладающим. Выше 1000 км атмосфера состоит из водорода и гелия.

Масса атмосферы составляет 5,3 х 1015 тонн. Воздух удерживается силой притяжения Земли, плотность его уменьшается с высотой. В слое до 5,5 км содержится 50% всей массы атмосферы, в слое до 25 км – 95%, и в слое до 30 км – 99%.

Нижний слой атмосферы называется тропосферой, верхняя ее граница располагается над полюсами на высоте около 8 км, над экватором – на высоте до 17 км. Выше до высоты 50 – 55 км размещается стратосфера, а над ней, до высоты 80 – 85 км – мезосфера. Еще выше, до 300 км находится так называемая термосфера, и на высоте до 700 км – экзосфера. Верхняя граница атмосферы крайне неопределенна, сейчас ее проводят на высоте 2 – 3 тыс. км над поверхностью Земли, но уже на высоте 200 – 300 км плотность атмосферы настолько мала, что практически не препятствует полету космических объектов, находящихся на орбите.

При рассмотрении опасных природных процессов нас будет интересовать главным образом нижний слой – тропосфера, так как все опасные природные явления, связанные с атмосферой, формируются именно в этом слое.

Тропосфера содержит практически весь водяной пар атмосферы, температура в тропосфере понижается с высотой. Кроме того, в тропосфере наблюдается постоянное и интенсивное перемещение воздуха по горизонтали и вертикали.

Движение воздуха будет главным образом связано с его температурой. Нагретый воздух увеличивается в объеме, становится менее плотным, и как следствие этого, начинает подниматься в верхние слои тропосферы. Этот процесс называется в физике конвекцией. Дойдя до слоев тропосферы, в которых плотность мала, воздух растекается, его количество уменьшается и над участком земной поверхности образуется область пониженного давления. В свою очередь, в тех областях, куда переместился воздух, возникает область повышенного давления. Естественно, что у поверхности земли воздух начинает выдавливаться из области повышенного давления в область давления пониженного, в результате чего возникает ветер. Чем выше перепад давления, тем выше будет и скорость ветра.

Как было сказано выше, в верхних слоях тропосферы воздух расширяется, а, следовательно, и охлаждается, что приводит к конденсации влаги воздуха и образованию облаков. Высота, на которой водяной пар становится насыщенным, называется уровнем конденсации или точкой насыщения.

Напротив, попадая в плотные слои атмосферы, воздух сжимается, нагревается и удаляется от точки насыщения, что препятствует образованию облаков.

Таким образом, мы можем говорить о теплых и холодных массах воздуха, а также об областях с повышенным и пониженным давлением. Область пониженного давления принято называть ***циклоном***, область повышенного давления – ***антициклоном***. В циклонах преобладают восходящие токи воздуха, а потому, влажная, с осадками погода, зимой теплая, а летом прохладная. Размеры внетропических циклонов достигают 2000 км в диаметре. В антициклонах преобладают нисходящие токи воздуха, и, следовательно, сухая, малооблачная погода, морозная зимой и жаркая – летом. Диаметр антициклона может составлять до 4000 км.

Границы между теплыми и холодными массами воздуха принято называть фронтами. Если теплый воздух наступает на холодный, говорят о теплом фронте, если же наоборот – о холодном фронте. Теплый фронт сопровождается обложными дождями или снегопадами, холодный – грозовыми ливнями или обильным снегопадом.

*Таким образом, формирование опасных явлений в атмосфере обусловлено строением самой атмосферы, разностью температур на поверхности и в атмосфере Земли, вращением земли вокруг своей оси, разной теплоемкостью воды и суши и другими факторами.*

## 7.2. Формирование циклонов в ат­­­­­­мо­сфере

С точки зрения опасных природных процессов нас более всего будут интересовать циклоны. ***Циклоном называется гигантский атмосферный вихрь с убывающим к центру давлением воздуха и циркуляцией воздуха вокруг центра.*** В переводе с греческого слово циклон означает «кольцо змеи».

Районом зарождения тропических циклонов является зона пассатов между 10-м и 20-м градусами широты в обоих полушариях. Тропические циклоны зарождаются над теплыми участками океана с температурой воды до 28оС. Чаще всего они возникают в конце лета или начале осени, когда температура морской воды достигает максимума. Тропические циклоны, приходящие из Атлантического океана, обычно называют ураганами, приходящие из Тихого океана – тайфунами, в Индийском океане они именуются орканами, у побережья Австралии – вили-вилли. До Тихоокеанского побережья России ежегодно добирается в среднем 4 тайфуна, но иногда их количество увеличивается до 8-12 в год.

Таблица 23

Средняя годовая повторяемость тропических циклонов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Район | Северное полушарие | Южное полушарие |
| Атлантический океан  Тихий океан  Индийский океан | 15  45  30 | -  12  18 |
| Всего | 90 | 30 |

Наиболее ураганоопасными районами на Земном шаре являются Японские и Курильские о-ва, остров Сахалин, Тихоокеанское побережье России, Кореи и Китая, Бангладеш, Большие и Малые Антильские о-ва, остров Куба, Атлантическое побережье США.

Тайфуны и ураганы называются именами собственными, и, кроме того, имеют международный четырехзначный номер, причем первые две цифры означают год, а последние две – порядковый номер урагана в этом году. Например, ураган с номером 8903 является третьим по счету ураганом в 1989 году.

Тропические циклоны начинаются с возникновения в атмосфере слабого вихря, в центре которого давление меньше, чем на периферии. ***Вихрем*** *называется атмосферное образование с вращательным движением воздуха вокруг вертикальной или наклонной оси.* Появление вихря связано с проникновением в тропики холодного воздуха из умеренных широт или столкновением противоположно дующих пассатов. Циркуляция в вихре осуществляется против часовой стрелки в северном полушарии и по часовой стрелке – в южном полушарии. В результате, образуется огромная воронка диаметром 200-800 км и высотой до 10 км.

Центральная часть циклона, иногда называемая «глаз бури», обладает низким давлением, слабым ветром и низкой облачностью. Диаметр «глаза бури» составляет обычно 8 – 15 км, но отмечен диаметр и в 320 км. Центральная часть окружена кольцом плотных облаков с большими скоростями движения воздуха. Чем ниже давление в центре урагана, тем выше скорость ветра. Воздух, подойдя к центру циклона, начинает подниматься вверх, образуя «стену глаза». Движение воздуха здесь происходит по параболической кривой, достигая более 250 км/ч. Тропический циклон, находясь над океаном, начинает раскручивать и воду, вызывая огромные волны высотой 30-40 м. Кроме того, в облаках тайфуна конденсируется огромное количество водяного пара, и при прохождении циклона может выпадать до 2500 мм осадков.

Существует ураган в период от 3 до 20 суток, но энергия, выделяемая им, очень велика, порядка 150 – 190 Мт в тротиловом эквиваленте. Расчеты показывают, что энергия, эквивалентная энергии сильного урагана, может быть выработана такой электростанцией, как Братская ГЭС, лишь в течение 30 тыс. лет! Вследствие высокой энергетической нагруженности, ураганы и тайфуны способны производить большие разрушения и приводить к человеческим жертвам.

Таблица 24

Наиболее разрушительные ураганы ХХ века

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Регион | Год | Количество погибших |
| Индия | 1996 | Более 1 тыс. |
| Бангладеш | 1991 | 139 тыс. |
| Бангладеш | 1970 | 300 тыс. |
| Япония | 1959 | 4,4 тыс. |
| Бенгальский залив | 1942 | 40 тыс. |
| Гонконг | 1906 | 10 тыс. |

29 – 30 августа 2005 г. ураган «Катрина» стал причиной самой крупной в истории США природной катастрофы. Высота волн достигла 9 метров, в трех местах была прорвана защитная дамба, отгораживающая реку Миссисипи. В результате урагана г.Новый Орлеан был затоплен на 80%, высота воды местами достигала 7 метров. В городе и окрестностях погибло более 500 человек, 160 тыс. домов стали непригодными для жилья. Только прямой материальный ущерб от урагана составил около 150 млрд. долларов.

Таблица 25

Классификация тропических циклонов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование циклона | Скорость ветра,  км/час | Высота ветрового нагона воды, м |
| Тропический шторм  Тропический ураган 1-й категории  Тропический ураган 2-й категории Тропический ураган 3-й категории Тропический ураган 4-й категории  Тропический ураган 5-й категории | 62 – 116  117 – 150  151 – 175  176 – 208  209 – 250  более 250 | до 1,0  1,5  2,5  4,0  5,5  более 5,5 |

Циклоны умеренных широт имеют меньший перепад давлений, больший диаметр и меньшую силу ветра, нежели тропические циклоны. Внетропический циклон в средних широтах Евразии как правило движется с запада на восток со скоростью порядка 20 км/ч летом и до 50 км/ч зимой, и может иметь диаметр до 3000 км. Однако сезонные и суточные колебания температур над сушей и морем, прохождение теплых и холодных фронтов циклонов может вызывать образование устойчивых сильных ветров, называемых на суше ***бурями,*** а на море - ***штормами.*** В зависимости от времени года и подстилающей поверхности, бури могут быть пыльными, песчаными, снежными. Снежные бури также могут называться буранами и пургой.

***Снежной бурей*** (метелью, бураном) называется перенос снега над поверхностью земли сильным ветром. Сила метели зависит от скорости ветра, интенсивности снегопада, температуры и влажности воздуха, характера поверхности снега, формы и размеров частиц снега. Снежная буря может быть низовой и общей. Для образования снежной бури необходимо наличие сухого, не слежавшегося снега и скорость ветра не менее 7-10 м/с. При скорости 5-6 м/с и подъеме частиц снега до высоты 10 – 20 см возникает только поземка. Длительные затяжные бури возникают при прохождении теплых атмосферных фронтов, короткие и сильные снежные бури – при прохождении холодных фронтов. Буря начинает принимать опасный характер при скорости ветра более 14 м/с.

Если ветер поднимает только поверхностный снег, буря будет называться низовой. При этом снегом насыщается приземный слой воздуха на высоты до 2 м. Если же буря возникает при выпадении снега из облаков, то она называется общей. Низовая метель возникает, как правило, при антициклоне, а общая – при прохождении циклона.

Видимость при снежной буре иногда уменьшается до нуля, а снег, благодаря интенсивному перемешиванию воздуха, может удерживаться во взвешенном состоянии до высоты в несколько десятков метров. Движущиеся в потоке частицы снега благодаря механическому разрушению и испарению постепенно принимают практически одинаковые размеры – 0,2 – 0,3 мм. Основная масса снежных частиц движется путем сальтации, т.е. скачкообразных движений, при которых частицы сначала подпрыгивают почти вертикально вверх, а затем снижаются по отлогой траектории. Энергия частицы, находящейся в полете, при падении передается следующей. Одна летящая с большой скоростью частица способна оторвать от снежной поверхности несколько других, поэтому при возрастании скорости ветра нарастает и насыщенность снегового потока.

При общей метели снег отлагается практически равномерным слоем, а при низовой метели в местах ветровой тени повсеместно возникают снежные сугробы, достигающие подчас огромной высоты. Особенно опасны заносы на путях сообщения. При интенсивных метелях на каждый километр дороги за час может быть принесено до 5 – 6 тыс. м3 снега.

***Пыльной бурей*** называется перенос больших количеств пыли сильным ветром. Пыльная буря может возникнуть на рыхлой, сухой, лишенной растительного покрова почве уже при скорости ветра 15 м/с. Наблюдаются пыльные бури чаще всего ранней весной, после сухой осени и малоснежной зимы. Вместе с верхним слоем почвы могут выдуваться и озимые посевы. Переносимый грунт оседает и накапливается в районах, где ветер ослабевает.

В апреле 1928 г. на Украине ветер поднял с площади 1 млн. км2 более 15 млн. тонн чернозема, при этом высота пыльных облаков достигала 750 м. Пыль была перенесена на запад и осела на площади 6 млн. км2 в Прикарпатье, Румынии и Польше.

Зимой 1969 г. в Краснодарском крае бурей был поднят 4-см слой почвы, который засыпал каналы, артезианские скважины и колодцы. У лесополос и дорог образовались насыпи из земляной пыли.

***Песчаная буря*** переносит не только пыль, но и песок, и даже мелкий щебень. Над самой землей при этом летит щебень и грубый песок, на высоте несколько десятков метров – мелкий песок, а еще выше – темное, плотное облако пыли. Ширина такого потока может составлять несколько сот километров, а скорость перемещения – 40-60 км/ч.

К достаточно интенсивным ветрам относятся ***потоковые*** или ***струевые бури***, как теплые, так и холодные. Теплые потоковые бури, известные как ***фён***, возникают в горных районах в результате пересечения воздушным потоком горного хребта и уплотнения с одновременным разогревом воздуха при падении с гор в долины. Известны такие теплые ветры типа фена, как афганец в Средней Азии, сирокко – в Италии и чинук – в Скалистых горах.

Известны и холодные потоковые бури, обычно называемые ***бора.*** Они возникают при приближении сформированного в холодной воздушной массе антициклона к невысокому горному хребту с севера. При переваливании через хребет тяжелый холодный воздух устремляется вниз с большой скоростью, вытесняя вверх теплый воздух. При таком распределении температур по высоте возникает очень сильная турбулентность, порождающая множество вихрей у поверхности земли. Если горный склон обращен к водоему, на нем возникает сильное волнение, воздух наполняется водяной пылью, что при отрицательной температуре вызывает быстрое замерзание льда на местных предметах. На территории России наиболее известен новороссийский бора, но такие ветры возникают и на Байкале (сарма и баргузин), на побережье Новой Земли, в Баку (хазри), в долине реки Рона во Франции (мистраль) и других местах. Шквалы способны причинить существенный ущерб. Так в Новороссийске в период с 10 ноября по 2 декабря 1993 г. при 10-12-градусном морозе скорость ветра достигала 30-40 м/с. Ветер вырывал деревья, валил опоры ЛЭП, обрывал якорные цепи. В Новороссийской бухте 10 судов потерпело крушение, погибло пять человек.

***Шквал*** – это резкое кратковременное усиление ветра до 20-30 м/с и выше, сопровождающееся изменениями его направления. Шквалы возникают под краем наступающей полосы мощных кучевых облаков, при этом скорость ветра может достигать 60 – 80 м/с, ширина фронта – 50 км, а путь шквала составляет от 20 до 200 км.

Шквал может возникнуть на короткое время и во время грозы, когда встречаются холодные и теплые массы воздуха. При этом образуется вихревое движение воздуха с горизонтальной осью в передней по ходу движения части облака. Такой шквал продолжается до получаса, имеет скорость в порывах до 30 м/с, и проходит в узкой полосе шириной от 200 м до 6 км.

Разновидностью циклонов, возникающей в грозовых облаках, являются смерчи. ***Смерч*** – *это сильный маломасштабный атмосферный вихрь, в котором воздух вращается со скоростью до 100 м/с.* В течение года на Земле возникает 1000-1500 смерчей, из них половина – в США. Наиболее часты смерчи в тропиках, в умеренных широтах их частота меньше в десятки раз, в высоких широтах смерчи совсем редки. На территории России зафиксировано за последние 100 лет два особо разрушительных смерча – в 1904 и 1984 гг.

Смерч порождается сильно развитыми по вертикали кучево-дождевыми облаками, несущими огромные запасы избыточной тепловой энергии, выделяющейся при конденсации водяного пара. Если мощность слоя термодинамически неустойчивого воздуха, богатого влагой, составляет несколько километров, удельная влажность в приземном воздухе - не менее 10 г/кг, а температура с высотой уменьшается не менее чем на 100С на каждый километр, то возникает интенсивный обмен воздушных масс. Теплый влажный воздух забрасывается вверх на высоту до 10 – 15 км, а холодный воздух, также насыщенный льдом и водой, стремительно уходит вниз. Особенностью процесса является одновременное существование двух потоков: восходящего и нисходящего, разгоняющихся до скорости 100 м/с. В кучевом облаке начинает закручиваться гигантская воронка, которая пока вращается в горизонтальной плоскости. Воронка эта состоит из вращающегося потока дождя и града, свернутого в спираль в виде относительно тонкой стенки. Плотность стенок смерча значительно превышает плотность окружающего воздуха и составляет 50 и более кг/м3. При столь большой плотности смерч начинает «тонуть» в окружающем воздухе, его воронка опускается от облака к земной поверхности. Вращение массивных стенок смерча, заставляет воронку расширяться под действием центробежных сил, при этом расширение происходит до тех пор, пока перепад давления внутри и снаружи воронки не уравновесит действие центробежных сил.

Сформировавшийся смерч имеет диаметр от 50 до нескольких сотен метров и высоту порядка 800-1500 м, скорость вращения воздуха в нем выше, чем в тайфуне и достигает нескольких сотен км/ч. За время своего существования смерч может пройти путь в 40-60 км, а наиболее выдающиеся вихри передвигались по земной поверхности на расстояние до 500 км при скорости до 150 км/ч.

Восходящими потоками воздуха, которые идут вне воронки смерча, у основания воронки создается так называемый «каскад». Каскад представляет собой облако или столб пыли, брызг воды, обломков разрушенных сооружений и т.п. В 1955 г. в штате Небраска диаметр одного из каскадов достиг 1100 м, высота – 260 м, при этом диаметр воронки составлял всего 70 м. Зафиксирован также каскад диаметром в 1700 м при диаметре воронки 220 м.

*Таким образом, в зависимости от действия различных климатических факторов, в атмосфере могут образовываться интенсивные вихри различных размеров и мощности. Основной характеристикой интенсивного атмосферного вихря при этом будет скорость, продолжительность и направление ветра.*

## 7.3. Методы активного воз­дей­ст­вия на погоду

## Предсказание ураганов и других опасных явлений в атмосфере в настоящее время осуществляется с помощью искусственных спутников Земли. При подходе урагана к берегу на расстояние до 300 км, его скорость и направление движения начинают отслеживать с помощью РЛС.

## Однако целенаправленное искусственное воздействие человека на климат Земли в настоящее время невозможно ввиду разности энергетических потенциалов человечества и климатообразующих факторов. Так, энергия солнечного излучения достигает 3,86 х 1023 кВт, в то время как энергетические ресурсы человечества составляют примерно 109 кВт. Но локальное воздействие на опасные природные процессы возможно.

Основной путь искусственного изменения погоды – воздействие на облака. Засевание облаков определенными химическими реагентами позволяет либо усилить выпадение осадков, либо предотвратить градообразование, либо вовсе рассеять облачный покров. Первые лабораторные опыты в нашей стране по воздействию на облака были проведены еще в 1921 г., а в 1931 г. в Москве был образован Институт искусственного дождевания с филиалами в Ленинграде, Одессе и Ашхабаде. Были проведены эксперименты с засеванием облаков электрически заряженным и обычным песком, пылью, радиоактивными элементами, хлористым кальцием и размельченным льдом.

Подобные исследования были развернуты и за рубежом. В 1946 г. в США были установлены наиболее эффективные реагенты воздействия на переохлажденные облака – йодистое серебро и твердая углекислота. Первая попытка активного воздействия на ураган была осуществлена в США в 1961 г. путем засева облачной системы йодистым серебром. В 1969 г. этим способом удалось снизить силу ветра урагана «Дебби» на 15-30%. Уже во время Вьетнамской войны американская авиация совершила около 3000 вылетов с йодистым серебром над джунглями, искусственно продляя период дождей над Вьетнамом, что вызывало размыв дорог и троп, прорыв плотин и заболачивание участков местности. Напротив, в войне против Югославии в 1999 г. войска НАТО искусственно поддерживали над Балканами ясную погоду для создания наилучших условий применения высокоточного оружия.

С помощью засевания облаков твердой сухой измельченной углекислотой искусственно улучшается погода в больших городах во время проведения массовых и зрелищных мероприятий. Испарение твердой углекислоты в облаках приводит к сильному охлаждению – до минус 400С, что вызывает смерзание мелких капелек тумана, и они выпадают в виде дождя в окрестностях города. Таким же образом, начиная с 1972 г. производится тушение лесных пожаров в труднодоступных районах.

В настоящее время предложено засевание циклонов полимерными молекулами полиакриловых кислот. В присутствии влаги молекулярные цепочки разворачиваются, образуя сеть, к которой прилипают молекулы воды. В результате, образуются комочки сероватого студня, которые при падении в океан растворяются под воздействием содержащегося в морской воде натрия и кальция.

*Таким образом, уже сейчас возможно активное воздействие на интенсивные атмосферные вихри, как при их зарождении, так и в процессе развития. Однако последствия такого воздействия, особенно отдаленные еще недостаточно изучены для того, чтобы сделать такое воздействие постоянным.*

# Лекция 8.

# Интенсивные атмо­сфер­ные вихри и их характеристика. Факторы опасности при интенсивных атмосферных вих­рях

В предшествующих лекциях мы познакомились со строением атмосферы Земли и формированием интенсивных атмосферных вихрей, а также рассмотрели их классификацию. При этом мы затронули и опасные факторы, возникающие при различных интенсивных вихрях, однако подробно их не рассматривали. В данной лекции мы рассмотрим как действует на здания и сооружения сильный ветер, а также порядок действий населения и спасательных служб во время стихийных бедствий, связанных с интенсивными атмосферными вихрями.

## 8.1. Опасные факторы ураганов и смерчей

К опасным факторам урагана (тайфуна) относят:

* сильный ветер;
* ливневые осадки;
* штормовой нагон воды

Так ураган «Камилла», вторгнувшись на территорию США 17 августа 1969 года, принес на уже насыщенную влагой почву еще 790 мм осадков. Выпав в течение 5 часов, ливень вызвал катастрофическое наводнение, во время которого погибло 256 человек, 5 тыс. голов скота, было разрушено и повреждено 16,8 тыс. зданий. Штормом в прибрежной зоне было потоплено или повреждено 126 судов. Общие убытки составили 1,4 млрд. долларов.

Давление ветра на здания и сооружения будет пропорционально плотности воздуха и квадрату скорости ветра.

 , где (5)

*g* – ветровое давление, кПа;

*p* – плотность воздуха, кг/м3;

*v* – скорость ветра, м/с.

При плотности воздуха 1,3 кг/м3 и скорости 50 м/с давление ветра на плоскую преграду составит около 4 кПа, при скорости 100 м/с давление увеличится до 15,5 кПа.

Давление ветра на какое-либо сооружение принято разделять на среднюю и пульсационную составляющие. Пульсационной составляющей называется разница между истинной и средней скоростями ветра в данной точке.

Таблица 26

Разрушающая сила ветра, м/с

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Здания и сооружения | Степень разрушения | | | |
| слабая | средняя | сильная | полная |
| Промышленные здания  Кирпичные здания малоэтажные  Кирпичные здания многоэтажные  Здания с металлическим каркасом  Крупнопанельные здания  Трансформаторные станции  Водонапорные башни  Металлические резервуары  Подъемные краны  Наземные трубопроводы  Воздушные линии электропередачи | 25 – 30  20 – 25  20 – 25  20 – 35  20 – 30  35 – 45  30 – 35  30 – 40  35 – 40  35 – 45  25 – 30 | 30 – 50  25 – 40  25 – 35  35 – 50  30 – 40  45 – 70  35 – 55  40 – 55  40 – 55  45 – 60  30 – 45 | 50 – 70  40 – 60  35 – 50  50 – 60  40 – 50  70 – 100  55 – 85  55 – 70  55 – 65  60 – 80  45 – 60 | Более 70  Более 60  Более 50  Более 60  Более 50  Более 100  Более 85  Более 70  Более 65  Более 80  Более 60 |

Градация скорости ветра ранее давалась по 12-балльной шкале, предложенной в 1806 г. английским адмиралом Бофортом. В 1946 г. шкала была расширена за счет введения дополнительной градации для 12-го балла. В 1963 г. шкала уточнена в метрической системе и принята Всемирной метеорологической организацией.

Таблица 27

Шкала определения силы ветра

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Баллы | Скорость ветра, м/с | Название ветра | Внешние признаки |
| 0 | 0-0,5 | Штиль | Полное отсутствие движения воздуха, дым из труб поднимается вертикально вверх, вода зеркально гладкая. |
| 1 | 0,5-1,7 | Тихий | Дым отклоняется от вертикального положения, на воде появляется рябь. |
| 2 | 1,7-3,3 | Легкий | Движение воздуха ощущается лицом, шелестят листья, волны на воде короткие, гребни волн не опрокидываются. |
| 3 | 3,3-5,2 | Слабый | Непрерывно колышутся листья и тонкие ветви, развеваются легкие флаги, гребни волн начинают опрокидываться, образуя пену. |
| 4 | 5,2-7,4 | Умеренный | Ветер поднимает пыль и мелкий мусор, на волнах во множестве появляются длинные белые барашки |
| 5 | 7,4-9,8 | Свежий | Раскачиваются тонкие стволы деревьев, формируются длинные, но не очень крупные волны, повсюду видны белые барашки. |
| 6 | 9,8-12,0 | Сильный | Раскачиваются толстые сучья деревьев, гудят телеграфные провода, образуются крупные волны с белыми пенистыми гребнями и брызгами. |
| 7 | 12,0-15,0 | Крепкий | Раскачиваются стволы деревьев, идти против ветра трудно, гребни волн начинают срываться и пена ложится полосами по ветру. |

Продолжение табл. 27

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 8 | 15,0-18,0 | Очень крепкий | Начинают ломаться ветви деревьев, образуются высокие длинные волны, с гребней которых взлетают брызги. |
| 9 | 18,0-22,0 | Шторм | Деревья сгибаются, срывается черепица и дымовые колпаки, гребни высоких волн начинают опрокидываться, рассыпаясь в брызги, пена ложится широкими плотными полосами. |
| 10 | 22,0-25,0 | Сильный шторм | Деревья ломаются и вырываются с корнем, строения подвергаются значительным разрушениям, образуются очень высокие волны с длинными загибающимися вниз гребнями, поверхность воды белая от пены, слышен сильный грохот волн. |
| 11 | 25,0-29,0 | Жестокий шторм | Срываются крыши домов, исключительно высокими волнами скрываются суда малых и средних размеров. |
| 12 | Более 29,0 | Ураган | Разрушаются деревянные здания, огромные волны наполняют воздух пеной и брызгами. |

Самый сильный ветер на Земле зафиксирован 12 апреля 1934 г. на горе Вашингтон в штате Нью-Гемпшир, его скорость составила 371 км/ч.

Серьезные разрушения могут причинить смерчи. Одиночный смерч, опускаясь к земле, производит опустошение в полосе шириной несколько сот метров и длиной до нескольких десятков километров. Энергия смерча колоссальна, он способен опрокидывать здания и мосты, поднимать в воздух автомобили, закручивать железнодорожные рельсы. При смерче разрушения определяются не только огромной скоростью ветра, но и мгновенным скачком атмосферного давления порядка нескольких десятков гектопаскалей. Дома с запертыми окнами и дверями при прохождении над ними смерча разрушаются изнутри за счет перепада давления. Фактически при этом происходит физический взрыв. Большую опасность представляют поднятые в воздух и разлетающиеся в разные стороны с огромной скоростью твердые предметы – доски, щепа, листы кровли, куски кирпича, шифера, камни и т.п.

Расчеты показывают, что смерч с плотностью стенок 50 кг/м3 и скоростью их вращения 150 м/с, может разогнать камень с плотностью 2500 кг/м3 до скорости 22 м/с, а человеческое тело – до скорости 30 м/с. В тоже время относительно легкие предметы с небольшой плотностью: ветки, щепки, соломинки, разгоняются практически до скорости звука, а потому отмечены случаи, когда эти предметы проникали в человеческое тело на глубину до 5 см.

Опасен и удар вращающейся стенки смерча, которая оказывает давление порядка нескольких десятков тонн на метр квадратный, и способна разрушать капитальные стены.

Таблица 28

Шкала смерчей Фуджиты-Парксона

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс смерча | Скорость ветра, м/с | Длина пути смерча, км | Ширина смерча, м | Разрушения |
| 0 | до 35 | 15 | 150 | Ломаются стволы деревьев |
| 1 | 35 – 50 | 15 | 150 | Деревья вырываются с корнем |
| 2 | 50 – 70 | 15 | 150 | Повреждения зданий и сооружений |
| 3 | 70 – 90 | 15 - 50 | 150 – 500 | Перевернуты ж/д составы |
| 4 | 90 – 115 | 50 - 150 | 500 – 1500 | Ж/д вагоны отброшены с рельсов |
| 5 | 115 - 140 | 150 – 500 | 1500 – 5000 | Автомобили поднимаются в воздух |
| 6 | 150 и выше | 500 и более | 5000 и более | Рельсы ж/д скручиваются в узлы |

В США в 1925 г. так называемый «смерч трех штатов» унес жизни 700 человек, более 2000 человек получили повреждения различной степени тяжести. Во время смерча в г.Иваново 9 июня 1984 г. пострадало свыше 800 человек, из них 72 – погибло, и 200 человек было госпитализировано. У погибших в 65,3% случаев были повреждены голова, шея и позвоночник, в 32% случаев – грудь, живот и таз, в 48,6% случаев – конечности, при этом множественные поражения наблюдались в 72,2% случаев.

Основными причинами смерти стали:

* переломы костей свода и основания черепа;
* кровоизлияния в мозг;
* переломы позвоночника;
* переломы ребер с разрывом легких, плевры, диафрагмы и сердца;
* разрывы печени, селезенки и почек.

Из числа раненных тяжелые повреждения имели 17,7%, повреждения средней тяжести – 26% и легкие – 56,7%. При этом голова, шея и позвоночник были повреждены в 52,8% случаев, конечности – в 31,7% , грудь – в 12,1%, и живот – в 3,4% случаев. Кроме того, у большинства людей, попавших в зону смерча, наблюдались нарушения психической деятельности.

*Таким образом, факторы опасности при развитии интенсивных атмосферных вихрей достаточно разнообразны и приводят к различным повреждениям людей и животных, а также многофакторно действуют на здания и сооружения.*

## 8.2. Способы действий населе­ния и спасательных служб

## во время ураганов и смер­чей

В отличие от землетрясений и извержений вулканов, интенсивные атмосферные вихри возможно предсказывать уже на стадии формирования, и отслеживать путь движения сформировавшегося вихря. Предсказание ураганов сводится к трем задачам: предсказанию возникновения циклона, определению времени его перехода в ураган и прогнозу пути его перемещения.

При составлении долгосрочных прогнозов учитывается обнаруженная обратная связь между солнечной активностью и повторяемостью ураганов: в годы с повышенной солнечной активностью число ураганов уменьшается, и наоборот.

Количество тропических циклонов является косвенным показателем запаса энергии в атмосфере. Если сезон ураганов начинается рано, то число ураганов велико, сила их больше, пути длиннее. Если первый ураган возник рано, то можно предположить, что и сезон будет «ураганным».

Появление области пониженного давления в тропиках в большинстве случаев является признаком зарождения тропического циклона. Задача синоптика заключается в том, чтобы не пропустить момент превращения тропического циклона в ураган. В начале своего пути ураган перемещается параллельно экватору. Трудность прогноза его траектории заключается в том, чтобы заранее указать, где ураган повернет на полярный курс, и каковы будут его направление и скорость в дальнейшем.

Существует несколько признаков приближения циклона:

* + появляется зыбь, направление которой не совпадет с направлением ветра;
  + нарушается свойственный тропическим широтам правильный суточный ход давления, и оно начинает быстро падать;
  + появляются перистые нитеобразные или перисто-кучевые облака, идущие с той стороны, откуда приближается циклон;
  + устанавливается удушливая погода, затишье, наблюдается зловещие красные закаты и восходы, часто в красный цвет окрашивается все небо.

Из всех этих признаков наиболее постоянным и надежным является нарушение правильного суточного хода давления, остальные признаки могут отсутствовать.

Население и спасательные службы в большинстве случаев будут заблаговременно получать сигнал о грозящей опасности.

При получении штормового предупреждения необходимо:

* плотно закрыть двери, окна, люки с наветренной стороны, окна по возможности закрыть ставнями, щитами, матами, другим подручным материалом;
* с подветренной стороны окна открыть и закрепить;
* убрать с балконов и лоджий вещи, которые могут быть сброшены вниз;
* погасить огонь в печах, закрыть газовые краны, отключить электроприборы за исключением радиоприемников;
* собрать аварийный запас, взять документы и деньги и укрыться в подвальном помещении или убежище ГО;
* при невозможности такого укрытия, занять наиболее безопасное место в квартире, как можно дальше от окон, для этой цели хорошо подходит ванная комната;
* если ураган или смерч застали на улице или в транспорте, необходимо укрыться в заглубленных сооружениях, например, подземном магазине или автостоянке, в метро и т.д., или хотя бы в подъезде жилого дома на первом этаже, как можно дальше от окон;
* при невозможности такого укрытия, спрятаться в любой канаве, кювете, траншее как можно дальше от зданий и сооружений, следует избегать мостов, эстакад, линий ЛЭП и трубопроводов, не располагаться под деревьями, столбами, рекламными щитами и другими местными предметами, которые могут быть повалены ветром.

При ликвидации последствий бурь, ураганов и смерчей выполняются следующие мероприятия:

* восстановление мостов на подъездных дорогах;
* расчистка путей сообщения;
* спасение пострадавших из под завалов, из полуразрушенных зданий и сооружений, расчистка входов в убежища и вывод из них людей;
* тушение пожаров и устранение других аварий на производстве, магистралях и путях сообщения;
* доставка пострадавшим воды, продуктов питания, теплой одежды и палаток или эвакуация из зоны разрушений;
* расчистка завалов на улицах, укрепление поврежденных зданий и сооружений, и обрушение конструкций, не подлежащих восстановлению;
* восстановление работы органов власти и управления, систем жизнеобеспечения населения.

*Таким образом, несмотря на разнообразие поражающих факторов, возникающих при развитии интенсивных атмосферных вихрей, правильные и своевременные действия населения и спасательных служб способны существенно уменьшить или даже исключить совсем человеческие жертвы, минимизировать материальный ущерб от ураганов, шквалов, смерчей и других стихийных бедствий, связанных с атмосферными явлениями.*

# Лекция 9.

# Наводнения, цунами и их характеристика.

# Причины наводнений и цунами

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами и характером сейсмических, геологических и атмосферных стихийных бедствий. Однако имеется еще одна группа стихийных бедствий, которая связана с водой. Человек не может жить без воды, вся человеческая цивилизация построена на ее использовании. Те участки земной поверхности, где нет естественных водоемов, где очень мал уровень атмосферных осадков, считаются рискованными для существования человека. Жизнедеятельность в таких районах возможна только при проведении специальных мероприятий.

Однако, несмотря на то, что человеческий организм на 90% состоит из воды, люди все же являются существами, которые дышат атмосферным воздухом и не могут продолжительное время находится в воде. Поэтому даже относительно небольшой подъем уровня воды может привести к катастрофическим последствиям. В данной лекции мы и рассмотрим причины возникновения наводнений.

## 9.1. Причины и развитие на­вод­­не­ний

***Наводнением***называется наносящее материальный ущерб временное значительное затопление местности водой в результате подъема ее уровня, а также образование временных водотоков. Наводнения могут возникать в результате природных явлений или техногенных аварий. Затопление местности, не приносящее материального ущерба, называется *разливом*.

Уровень воды – это высота поверхности воды в водоеме над условной плоскостью сравнения (нулем поста). За нуль поста принимается плоскость на 30-50 см ниже самого низкого уровня.

На территории России наводнения занимают первое место по повторяемости, площади охвата и суммарному годовому ущербу среди других чрезвычайных ситуаций природного характера, но они значительно уступают землетрясениям и пожарам по количеству человеческих жертв. По данным ЮНЕСКО, в период с 1947 по 1967 гг. от речных наводнений в мире погибло около 200 тыс. человек.

***Природные наводнения*** происходят в результате процессов, происходящих в атмосфере и на поверхности Земли. В зоне природных наводнений находится 746 городов и несколько тысяч более мелких населенных пунктов. По своим масштабам природные наводнения подразделяются на четыре группы:

Низкие наводнения, их средняя периодичность составляет раз в 5-10 лет;

Высокие наводнения, с периодичностью раз в 20-25 лет;

Выдающиеся наводнения, с периодичностью раз в 50-100 лет;

Катастрофические наводнения, с периодичностью раз в 100-200 лет.

*Причины природных наводнений* могут быть сведены в три группы.

1. Гидрологические.
2. Гидродинамические.
3. Тектонические.

Большинство ***гидрологических наводнений*** зависит от условий формирования стока. *Сток* – это процесс стекания дождевых и талых вод в водоемы и понижения рельефа. Сток бывает поверхностный и подземный. ***Речной сток*** – это перемещение воды по руслу или количество воды, протекающее через поперечное сечение (створ) русла за определенный период времени. Отсюда вытекают понятия годового и месячного стока рек. Речной сток имеет три фазы: половодье, паводок и межень.

***Половодье*** характеризуется наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, выходом ее на пойму реки. Поймой называется периодически затапливаемая часть речной долины. Поймы бывают одно и двухсторонние, а также чередующиеся. Половодье повторяется ежегодно в один и тот же сезон с различной интенсивностью. На равнинных реках России половодье вызывается весенним снеготаянием, на горных реках с истоками в высокогорье - летним таянием снега и ледников.

Основными факторами, влияющими на высоту половодья, являются:

* запас воды в снежном покрове перед началом таяния снега;
* наличие и количество атмосферных осадков в период таяния снега и половодья;
* характер осенне-зимнего увлажнения грунта;
* глубина промерзания грунта;
* наличие ледяной корки на грунте;
* интенсивность таяния снега;
* сочетание волн половодья крупных притоков реки.

При половодье уровень подъема воды зависит от скорости стаивания снежного покрова. Интенсивность снеготаяния определяется коэффициентом стаивания, который приведен в таблице.

Таблица 29

Коэффициенты стаивания

|  |  |
| --- | --- |
| Природная зона | Слой талой воды в мм на градус положительной температуры воздуха в сутки |
| Поле  Смешанный лес  Хвойный лес | 5,0  2,5  1,5 |

Уровень воды первоначально поднимается медленно, а затем со скоростью 0,3-0,5 м в сутки достигая максимума через 3-5 дней на малых реках, и через 20-30 дней – на крупных. Уровень воды на малых и средних реках максимально повышается на 2-3 м, на крупных – на 15-20 м.

Разлив может достигать 10-30 км в ширину. Спад воды продолжается в 3-5 раз медленнее, чем подъем. Наибольший подъем воды при половодье зафиксирован в Китае в 1876 г. на реке Янцзы в районе Инчана.

***Паводок*** характеризуется кратковременным, непериодическим и интенсивным увеличением расхода воды в результате обильных дождей или быстрого таяния снега зимой во время оттепели. Паводки не приурочены к определенным временам года.

Паводки, вызванные сильными ливнями, имеют небольшую продолжительность, высокий и резкий подъем воды и такой же быстрый спад. Катастрофическим ливнем считается такой, который дает более 150 мм осадков в сутки. При таком ливне приток воды в русло может составить с 1 м2 водосбора – 12 – 20 м3/с. Максимальное количество осадков – 1000 мм в сутки, было зафиксировано в Индии 14 июня 1876 г.

Таблица

Наиболее значительные наводнения в мире за последние 100 лет

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Место наводнения | Площадь затопления, км2 | Количество погибших, человек |
| 1911  1931  1954  1970  1998  2004 | Китай, Янцзы  Китай, Янцзы  Китай, Янцзы  Индия, Ганг  Китай, Янцзы  Индия, Ганг | 300 000  300 000  300 000  20 000  300 000  ? | 200 000  140 000  40 000  1 000 000  5 500  3 000 |

Паводки, вызванные продолжительными дождями, характеризуются постепенным подъемом воды. При частом выпадении обильных дождей вслед за весенним половодьем может сформироваться сложный многопиковый паводок продолжительностью несколько месяцев.

Большую роль в формировании паводков играет антропогенный фактор. При сведении лесов в зоне формирования паводка поверхностный сток увеличивается на 250 – 300 %. Так в Китае в период до 200 г. до н.э. средний интервал катастрофических паводков на р.Хуанхэ составлял примерно 50 лет, с 200 г. до н.э. – уже 20 лет, с 600 г. – 9 лет. В период с 1644 по 1911 г. было зафиксировано 480 крупных наводнений с периодичностью 6 месяцев.

***Межень*** характеризуется устойчивыми низкими уровнями и малым расходом воды.

Реки России по причинам максимального стока делятся на четыре типа:

1 тип – максимальный сток в период весеннего таяния снега. К 1-му типу относятся реки Европейской части России и Западной Сибири – Волга, Кама, Дон, Иртыш, Обь.

2 тип – максимальный сток в период летнего таяния ледников. Ко 2-му типу относятся реки Северного Кавказа – Терек, Кубань, Лаба, Кума.

3 тип – максимальный сток в период обильных дождевых осадков. К 3-му типу относятся реки Урала, Восточной Сибири и Дальнего Востока – Белая, Енисей, Лена, Амур.

4 тип – максимальный сток в период весеннего таяния снега и одновременного выпадения обильных дождевых осадков. К 4-му типу относятся реки Северо-западной части России – Северная Двина, Печора, Пинега, Мезень

***Затор*** представляет собой скопление битого льда в русле при ледоходе, стесняющее живое сечение реки и вызывающее подъем уровня воды в месте скопления льда и выше него по течению. Главную опасность при заторе представляет резкий и значительный подъем воды, а также давление массы льда на мосты, гидротехнические сооружения и постройки на берегах.

Наиболее мощные заторы льда, приводившие к гибели людей и значительному материальному ущербу, были зафиксированы на Енисее у Красноярска в 1941 г., на Северной Двине у Архангельска в 1953 г., на Лене у Ленска в 1998 г. и у Якутска в 2001 г., на Кубани в 2002 г.

Так, во время Ленского наводнения 1998 г. погибли 11 человек, в зоне затопления оказалось 92% жилого фонда г.Ленска, причем уровень воды составил несколько метров.

Ледоход на малых реках продолжается в течение 3-5 суток, на больших реках он увеличивается до 10-15 дней. Затор возникает при столкновении раздробленного льда, идущего с большой скоростью с верховьев реки с ненарушенным ледовым полем. В результате остановки ледохода возникает нагромождение битых льдин, который наращивается как сверху, так и снизу подходящими массами льда.

Наиболее характерными местами заторов являются:

* места перелома генерального профиля реки от большого уклона к малому с перепадом скорости течения;
* крутые повороты русла (100-110о) в сочетании с сужением русла;
* многорукавные участки русла реки;
* место впадения крупного притока, если он вскрывается раньше самой реки.

Затор, как правило, состоит из трех участков.

1. Замок затора, т.е., ледяная перемычка, заклинившая русло.
2. Голова затора, т.е., многослойное хаотичное скопление льдин, примыкающее к замку затора, его длина может превышать ширину реки в 3-5 раз.
3. Хвост затора, т.е., однослойное скопление льдин перед головой затора, которое может достигать длины в несколько десятков километров.

Заторы преодолеваются рекой самостоятельно, при этом может образоваться огромная масса воды и льда, оставляющая по берегам ледовые нагромождения высотой до 10 м. Чем быстрее будет вскрыт затор, тем менее значимыми будут его последствия. Процесс вскрытия может быть радикально ускорен бомбардировкой ледового поля ниже затора. В качестве профилактической меры применяется взрывное дробление льда в местах возможных заторов.

Кроме заторов в северных районах могут наблюдаться ***наледи***, т.е. промерзание реки до самого дна. При этом прибывающая с верховьев к наледи вода намерзает поверх наледи, образуя громадное скопление монолитного льда, иногда до 3-5 м высотой. Наледь также может являться причиной наводнения, т.к. препятствует нормальному стоку, причем наводнение может быть как зимой, так и при таянии снега.

***Зажор*** представляет собой скопление рыхлого ледового материала во время ледостава, стесняющее живое сечение реки и вызывающее подъем уровня воды в месте скопления льда и выше него по течению. Зажоры происходят только на тех реках, где ледостав идет снизу вверх по течению, скорость течения достаточно высока и имеются сужения, в которых ледовые поля появляются раньше, чем на остальных участках.

Большая скорость течения при значительных отрицательных температурах способствует охлаждению воды по всей глубине. В результате, начинает образовываться внутриводный лед, который всплывает на поверхность, создавая рыхлые скопления – шугу. Кроме того, в воде формируется и донный лед, примерзающий к камням и выступам речного дна.

С появлением сплошного ледяного покрова ниже по течению, шуга, приносимая с верховьев, начинает скапливаться под ледяным покровом, особенно в узостях у кромки поля. Задержавшаяся шуга постепенно смерзается, все более сокращая речной сток.

Зажоры вызывают длительные, в течение 1,5-2 месяцев, наводнения с подъемом воды на 3-4, а иногда на 6-7 м и более. Выходя на пойму, где глубина резко уменьшается, вода замерзает, образуя нагромождения льда. Здания и сооружения, оказавшиеся в зоне зимнего затопления, даже после ухода воды продолжают оставаться в аварийном состоянии, т.к. не могут просохнуть.

***Гидродинамические наводнения*** связаны с механическим перемещением воды силой ветра. Основным видом гидродинамических наводнений являются ветровые нагоны.

***Ветровой нагон*** представляет собой подъем уровня воды, вызванный воздействием ветра на водную поверхность. Нагоны возникают в морских устьях рек, в тот период, когда сильный ветер дует с моря на сушу. Для образования нагона необходимо пологое побережье и глубина моря в прибрежной зоне менее 20 м. Нагон может осложняться приливом, а нагонная волна, в зависимости от силы ветра и особенностей русла реки может подниматься вверх по течению на расстояние до 100 км. На территории России наиболее известные нагонные наводнения периодические происходят в устье Невы, когда затоплению подвергается С-Петербург. В 1824 г. уровень воды в городе поднялся на 4 метра выше уровня ординара.

Кроме того, нагоны периодически возникают в устье Северной Двины, и в устьях равнинных рек, впадающих в Азовское и Каспийское моря. В Западной Европе нагонные наводнения возникают в эстуариях Рейна, Мааса, Шельды и других рек, впадающих в Северное море. В 1953 г. штормовой ветер с моря поднял уровень воды на 3 – 4 метра. В Нидерландах было затоплено 8% территории, погибло около 2 тыс. человек.

Самый высокий нагон воды был зафиксирован в 1970 г. в дельте индийской реки Ганг. Высота нагонной волны достигла 11 метров, было затоплено 20 тыс. км2 суши. В результате затопления, последовавшего голода и эпидемии холеры погибло 1,5 млн. человек

Кроме того, нагон воды возникает при выходе ураганов (тайфунов) на сушу, если берег океана достаточно низкий и пологий.

***Тектонические наводнения*** возникают в результате подпруживания рек при сходе в их русло оползней и обвалов, а также при таянии ледников во время извержений вулканов. Наиболее известным тектоническим наводнением является образование в 1911 г. Сарезского озера на Памире, когда река Мургаб была перегорожена обвалом и глубина нового водоема составила 500 м. Наводнения в результате оползней в русло горных рек чреваты образованием мощных селевых потоков.

Потоки, образовавшиеся при таянии ледников под действием вулканического извержения, носят общее название – *лахары*, и могут проходить большие расстояния, приобретая характер селя.

***Техногенные наводнения*** происходят в результате разрушения гидротехнических сооружений напорного типа.

***Гидротехническими сооружениями напорного типа*** называются сооружения, создающие напор воды за счет разницы уровней до сооружения (верхний бьеф), и после него (нижний бьеф). К таким сооружениям относятся плотины, дамбы (запруды) и гидроузлы.

***Дамба*** (запруда) создает подъем воды, но сток воды через такое сооружение отсутствует или весьма ограничен и, как правило, не регулируется.

***Плотина*** создает подъем воды и имеет специальные конструкции, обеспечивающие постоянный регулируемый пропуск воды из верхнего в нижний бьеф.

***Гидроузел*** – система сооружений и водохранилищ, связанных единой системой водоперетока.

Всего в мире насчитывается около 44 тыс. высоких плотин, которые регулируют почти 8000 км3 речных стоков. В зоне катастрофического затопления с 4-часовым добеганием волны при прорыве 200 наиболее крупных гидроузлов России находится 2,8 тыс. городов и населенных пунктов с населением 9 млн. человек. При этом 1/6 часть гидросооружений по данным на 1999 г. находилась в аварийном состоянии. Достаточно вспомнить прорыв Серовского водохранилища в 1993 г. в Свердловской области или прорыв Тирлянского водохранилища в 1994 г. в Башкирии. В Серове при прорыве дамбы в ночь на 14 июня 1993 г. площадь затопления составила 60 км2, при этом 12 человек погибло, более 100 пропало без вести. В Тирляне 7 августа 1994 г. при прорыве дамбы образовался селевой кулак высотой в 7 м и длиной 60 м, за которым прошли миллионы м3 воды. В результате 17 человек погибли, 76 – пропали без вести, общий материальный ущерб составил более 10 млрд. рублей.

Всего же в мире с 1800 по 1999 г. зафиксировано более 1500 аварий на гидросоружениях. За рубежом с 1956 по 1977 г. подверглись разрушению 49 больших плотин и дамб, что составило 1% от всех построенных за этот период.

Самая крупная катастрофа произошла 22 февраля 1972 г. на реке Буффало в Западной Виржинии, когда напора воды не выдержала земляная дамба высотой 100 м. В условиях отсутствия дренажа дамба пропиталась водой и начала расплываться, оседая вниз. Когда через верх дамбы хлынула вода, произошло окончательное разрушение. Масса воды и грязи смыла еще две дамбы и уничтожила г.Сандер вместе с несколькими поселками ниже по течению. За три часа волна прошла 24 км, при этом погибло 125 человек, еще около 1000 получили повреждения различной тяжести. Были повреждены 936 зданий и сооружений, а 551 оказалось разрушенным полностью. Материальный ущерб составил 50 млн. долларов.

Основной фактор опасности при прорыве гидротехнического сооружения заключается в том, что плотина или дамба создают так называемый напорный фронт, удерживающий воду в чаше водохранилища. Высота напорного фронта определяет энергию массы воды и ее давление на силовые элементы сооружения. По своей конструкции высоконапорные гидротехнические сооружения подразделяются на четыре класса:

Таблица 30

Классификация плотин

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Сооружения | Тип основания | Высота сооружения, м | | | |
| I класс | II класс | III класс | IV класс |
| Плотины из грунтовых  материалов | Скальное  основание | Более 100 | 75-100 | 25-70 | Менее 25 |
| Твердое глинистое (песчаное) | Более 75 | 35-100 | 15-35 | Менее 15 |
| Пластичное глинистое | Более 50 | 25-50 | 15-25 | Менее 15 |
| Плотины  бетонные и  железобетонные | Скальное  основание | Более 100 | 60-100 | 25-60 | Менее 25 |
| Твердое глинистое (песчаное) | Более 50 | 25-50 | 10-25 | Менее 10 |
| Пластичное глинистое | Более 25 | 20-25 | 20-25 | Менее 10 |

Плотины и дамбы строятся из различных материалов, и в зависимости от этого распределяется частота гидродинамических аварий:

Таблица 31

Частота аварий на плотинах и дамбах

|  |  |
| --- | --- |
| Тип плотины (дамбы) | Частота аварий |
| Земляная дамба  Земляная дамба, усиленная камнем  Бетонная гравитационная  Бетонная арочная  Плотины других типов | 53 %  4 %  23 %  3 %  17 % |

Статистические данные, собранные за несколько сотен лет эксплуатации различных гидротехнических сооружений показывают распределение ***причин разрушения*** плотин:

Разрушение основания плотины – 40 %;

Перелив воды через плотину – 23 %;

Недостаточная прочность плотины – 12 %;

Неравномерная осадка плотины – 10 %;

Превышение расчетного давления воды – 5 %;

Взрывы – 3 %;

Оползание откосов – 2 %;

Дефект материала плотины – 2 %;

Неправильная эксплуатация плотины – 2 %;

Землетрясения – 1 %.

Таблица 32

Разрушение плотин и дамб при переливе воды

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Объект | Превышение воды над телом плотины, м | Длительность перелива, час |
| Каменная плотина с защитным покрытием  Каменная плотина с обычным покрытием  Земляная дамба с защитным покрытием  Земляная дамба без покрытия | 4,0  2,5  2,0  1,5 | 3,0  2,0  2,0  1,0 |

При разрушении плотины или другого сооружения образуется про­ран, от размеров которого зависят объем и скорость падения воды. Вода, выходящая через проран, образует волну прорыва, которая является основным поражающим фактором при техногенном наводнении.

Тяжесть последствий техногенных наводнений возрастает пропорционально объемам водохранилища. Рассчитано, что при прорыве плотины Саяно-Шушенской ГЭС на р.Енисей 31 млрд. м3 воды образует волну, которая сметет расположенную ниже по течению плотину Майнской ГЭС, а уровень воды в реке поднимется на 20 м. В свою очередь, такой подъем вызовет разрушение плотины Красноярской ГЭС, при этом высота волны прорыва достигнет 200 м, а объем освободившейся воды – 100 млрд. м3, что равноценно половине годового стока такой реки, как Волга. Волна пройдет до самого устья Енисея, опустошая берега реки, а затем вырвется в северный Ледовитый океан, вызвав цунами на его берегах.

*Таким образом, причины наводнений достаточно разнообразны, но могут быть сведены в определенные группы. От причины наводнения во многом зависит характер его развития и важнейшие параметры, а, следовательно – меры по профилактике наводнений и ликвидации их последствий.*

## 9.2. Причины и развитие цу­на­ми

***Цунами*** (от японского – волна в гавани) – *это длиннопериодные колебания воды, возникающие при взрывах подводных и островных вулканов, подводном землетрясении, подводном или береговом оползне, обвале горных пород или льда, а также при подводных и надводных ядерных взрывах*.

Так при взрыве вулкана Кракатау в 1883 г. цунами на о-вах Ява и Суматра достигли 30-метровой высоты и послужили причиной гибели 36 тыс. человек. Подводный оползень вызвал цунами в бухте Сугами в Японии в 1933 г., а лавина, сорвавшаяся в море – в бухте Литуя на Аляске в 1958 г. Цунами возникали и при проведении американцами испытаний ядерного и термоядерного оружия на атолле Бикини.

При землетрясении 1755 г. близ Пиренейского п-ова высота волны достигла 15 м, при этом был практически уничтожен г.Лиссабон. Катастрофа сопровождалась гибелью 70 тыс. человек. При землетрясении 1896 г. на о-ве Хонсю высота цунами составила 24 м, при этом погибло 27 тыс. человек. В 1953 г. на Аляске высота волны достигла 35 м, и лишь благодаря малой плотности населения в районе катастрофы потери ограничились несколькими десятками погибших. Наконец, 26 декабря 2004 г. 9-бальное землетрясение в районе о-ва Суматра вызвало цунами высотой до 10 м на побережьях Индонезии, Шри-Ланки, Малайзии, Индии и Таиланда. Количество погибших превысило 170 тысяч человек.

Таблица 33

Крупнейшие цунами в истории человечества

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Год | Место цунами | Высота волны, м | Количество погибших, человек |
| 1755  1868  1872  1883  1896  1906  1908  1937  1952  2004 | Лиссабон  Новая Зеландия  Бенгальский залив  Индонезия  Япония  Япония  Сицилия  Япония  Камчатка, Япония  Индонезия, Таиланд | 15  ?  20  35 – 40  15  ?  10  8  18  10 | 70 тысяч  25 тысяч  20 тысяч  36 тысяч  27 тысяч  30 тысяч  80 тысяч  3 тысячи  несколько сотен  170 тысяч |

На территории России опасность цунами имеется для полуострова Камчатка, Курильских и Командорских о-вов, о-ва Сахалин. Всего с начала XVII в. по 1990 г. на Тихоокеанском побережье России было зафиксировано более 60 цунами, из них около 30 имели разрушительную силу. В среднем, цунами возникало раз в пять лет. Наиболее мощное цунами сформировалось во время 7-балльного землетрясения 5 ноября 1952 г. в районе Северо-Курильска. Через 45 минут после толчка к берегу пришла первая волна, а через 15-20 минут – вторая, наиболее мощная, высотой от 4 до 10 м. Затем в течение всего дня приходили более слабые волны.

В общемировом масштабе опасность цунами распределяется следующим образом:

Тихий океан – 75%;

Атлантический океан – 9%;

Индийский океан – 3%;

Средиземное море – 12%4

Прочие акватории – 1%.

Цунами отличается от ветровых волн вовлеченностью в формирование всего слоя воды. При развитии ветровых волн в движение приходят лишь верхние слои воды. Чем выше скорость ветра, тем большие слои воды приводятся в волнение, однако уже на глубине нескольких десятков метров царит полное спокойствие.

Цунами возникают лишь после тех землетрясений, которые связаны с быстрым образованием на дне океана сбросов, обвалов, оползней. Возникновение значительных цунами, как правило, связано с землетрясениями, очаги которых расположены на глубине не более 40 – 60 км. При таком землетрясении в движение приводится весь столб воды, находящийся над смещающимся участком дна. Тот же процесс происходит при подводном взрыве – в движение приходят все слои воды окружающие точку взрыва.

На основе многолетних наблюдений выявлено, что землетрясения с магнитудой более 7,5 почти всегда вызывают цунами. При магнитуде от 7,0 до 7,2 балла цунами возникали в 67 % случаев, при 6,7 – 6,9 балла – в 17 % случаев и при 5,8 – 6,2 балла – лишь в 14 % случаев.

В открытом океане волны цунами по своей длине во много раз превосходят все другие морские волны. Расстояние между гребнями волн цунами может достигать 100 км, но в открытом море высота волны не достигает и одного метра, поэтому обнаружить ее с корабля очень трудно.

Энергия цунами характеризуется магнитудой. За магнитуду цунами принимают натуральный логарифм амплитуды колебаний уровня воды в метрах, измеренный стандартным мореографом у береговой линии на расстоянии от 3 до 10 км.

Магнитуда цунами отличается от магнитуды землетрясения. Сейсмическая магнитуда характеризует энергию землетрясения в целом, а магнитуда цунами – только часть этой энергии. Существует статистическая зависимость между сейсмической магнитудой, магнитудой цунами и высотой волны цунами.

Таблица 34

Соотношение между магнитудой землетрясения и цунами

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Магнитуда землетрясения | Магнитуда цунами | Высота главной волны, м |
| 7,5  8,0  8,25  8,5 | 1  2  3  4 | 2 – 3  4 – 6  8 – 12  14 – 20 |

Скорость цунами выражается следующей зависимостью:

, где (6)

V – скорость волны, км/ч;

h – глубина воды, м.

Таким образом, в глубоководных районах Мирового океана, где глубина превышает 5000 м, скорость волны может достигать 700 км/ч, но при выходе на мелководье скорость волны резко падает. Одновременно во много раз возрастает амплитуда, фронт волны искривляется за счет разности глубин, благодаря чему цунами может огибать выступы берега, попадая в бухты, защищенные от других волн. Особую опасность представляют суживающиеся и уменьшающиеся в глубине проливы, бухты и заливы. На таких участках происходит особенно резкое увеличение высоты и ударной силы волн. С другой стороны, в закрытых расширяющихся бухтах с узкой горловиной происходит уменьшение высоты и силы волн.

По мере распространения волны цунами обычно формируется несколько волн, которые достигают берега с периодом от 5 до 90 минут. Так в 1946 г. на Гавайские о-ва обрушилось восемь волн цунами. Наибольшей является одна из первых трех волн.

Выход волн цунами на берег может осуществляться в виде «прилива – отлива» или «крутого фронтом». При накате «крутым фронтом» скорость волн на урезе воды составляет 5,7 м/с и более. На удалении 1 км от уреза воды скорость составит 4,3 м/с, и на удалении 2 км – 1,8 м/с. Высота волн и подъем воды может изменяться от 2 до 4 метров при «приливе - отливе», и от 4 до 18 м при обрушении «крутым фронтом».

Давление потока и степень разрушения сооружений зависит, главным образом, от высоты волны, скорости ее движения и уклона берега. Ширина зоны затопления берега зависит от уклона местности и высоты волн.

Таблица

Давление потока и границы зоны разрушений в зависимости от высоты волны

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Высота волны, м | Давление потока на преграду, кПа | Удаление границы зоны разрушений от уреза воды, км |
| 3,0 | 40 | 2,5 – 3,0 |
| 2,5 | 30 | 2,0 – 2,5 |
| 2,0 | 20 | 1,0 – 2,0 |
| 1,5 | 10 | 0,5 – 1,0 |
| 1,0 | 5 | 0,5 – 1,0 |
| менее 1,0 | менее 5 | 0,5 |

Сила цунами определяется в баллах.

Таблица 35

Шкала цунами

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Баллы | Наименование | Высота подъема воды, м | | Последствия цунами |
| средняя | максимальная |
| 1 | Очень слабое | 0,5 | 1,0 | Без последствий |
| 2 | Слабое | 1,0 – 2,0 | 2,0 | Разрушены здания, стоящие на берегу, малые суда выброшены на берег |
| 3 | Среднее | 2,0 – 4,0 | 8,0 | Отдельные смертельные случаи, разрушения зданий на некотором удалении от берега |
| 4 | Сильное | 4,0 – 8,0 | 23,0 | Существенные разрушения даже в глу­бине суши, многочисленные че­ло­веческие жертвы |
| 5 | Очень сильное | 8,0 – 16,0 | Свыше 23,0 | Затопление берегов, сплошные разрушения, массовая гибель людей |

Признаком приближающегося цунами является внезапное отступление воды от берега с обнажением морского дна на несколько десятков, а иногда сотен и тысяч метров. Пауза между отходом воды и ударом цунами составляет от 5 до 35 минут, которые необходимо использовать для выхода на наиболее возвышенные места побережья. В случае невозможности такого перемещения необходимо уйти с улицы в наиболее надежное здание, подняться на верхние этажи, в помещения, не имеющие окон или с окнами, выходящими на противоположную цунами сторону. В помещении необходимо занять место в углах капитальных стен, как можно дальше от тяжелых предметов, которые могут упасть.

Оказавшись во время прихода цунами вне помещения необходимо найти наименее подверженное удару воды место и закрепиться. С приходом волны набрать воздух в легкие, сгруппироваться, закрыть голову руками. После отхода волны воспользоваться интервалом между волнами (от 3 минут до 3 часов) для перемещения в более безопасное место.

*Таким образом, цунами представляет собой достаточно опасное природное явление, однако его связь с землетрясениями делает данное стихийное бедствие достаточно редким и в определенных случаях – прогнозируемым.*

## 9.3. Прогнозирование навод­не­ний и цунами

Гидрологический прогноз – это научно обоснованное предсказание развития, характера и масштабов наводнения. Прогноз включает:

* время начала подъема воды;
* предполагаемый максимум наводнения;
* ожидаемая продолжительность наводнения;
* прогноз скорости течения;
* вероятные зоны подтопления и затопления.

Гидрологические прогнозы бывают:

* краткосрочные – на 10-15 суток;
* долгосрочные – на период до трех месяцев;
* сверхдолгосрочные – на период свыше трех месяцев.

Масштабы наводнений, вызываемых талыми водами можно прогнозировать за месяц и более до их начала. Для гидродинамических наводнений и паводков время предупреждения составляет от нескольких суток до нескольких часов.

Для прогнозирования и оповещения об опасности цунами в конце 1940-х гг. создана и функционирует международная служба предупреждения цунами, штаб-квартира которой расположена в г.Гонолулу на Гавайских о-вах. Служба обрабатывает записи 31 сейсмической станции и выдает прогноз о вероятности возникновения цунами на берегах материков, омываемых Тихим океаном. В рамках программы развития данной службы, рассчитанной до 2007 г. администрация США планирует выделить 37,5 млн. долларов, увеличить в четыре раза количество датчиков на Тихом океане и дополнительно разместить датчики на Атлантическом побережье США, в районах Мексиканского залива и Карибского моря.

С 1952 г. в работе этой службы участвует национальная служба СССР. Служба оповещения о цунами Росгидромета в настоящее время объединяет усилия станции цунами Камчатского территориального управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, сейсмической станции института физики Земли РАН и аналогичных служб Приморского края и Сахалинской области.

*Таким образом, существуют специальные методики, позволяющие достоверно предсказать характер предполагаемого природного наводнения. Наводнения тектонического характера предсказать трудно, а техногенные наводнения предсказать точно невозможно, хотя можно спрогнозировать их последствия.*

# Лекция 10.

# Наводнения, цунами и их характеристика.

# Факторы опасности во время наводнений и цунами

В предшествующей лекции мы разобрали причины и характерные черты наводнений и цунами. В силу различного происхождения различные наводнения имеют разные факторы опасности, поэтому сегодня мы рассмотрим как общие последствия наводнений, так и их характерные особенности, а также рассмотрим действия населения и спасательных служб как по предупреждению наводнений, так и во время стихийного бедствия.

## 10.1. Факторы опасности во время наводнений и цу­на­ми

Наводнения характеризуются следующими ***опасными факторами***:

* максимальный уровень подъема воды;
* максимальный расход воды;
* скорость подъема (интенсивность подъема) воды;
* площадь затопления местности;
* скорость течения воды;
* продолжительность затопления местности;
* температура воды и воздуха;
* наличие в воде льда и различных обломков.

Кроме того, на величину ущерба и количество жертв при наводнении повлияют:

* рельеф местности, временя года и суток, состояние погоды;
* своевременность прогноза и оповещения о наводнении;
* подготовленность государственных органов власти и управления, спасательных служб и населения к действиям в возникшей ситуации.

В любом случае, не бывает наводнений, не наносящих ущерб. Каждое наводнение имеет первичные и вторичные последствия. К первичным последствиям относятся:

* гибель людей и сельскохозяйственных животных;
* разрушение или повреждение зданий, сооружений и коммуникаций;
* утрата материальных и культурных ценностей;
* гибель урожая;
* эрозия плодородного слоя почвы.

К вторичным последствиям относятся:

* размыв (подмыв) грунта под зданиями и сооружениями;
* перенос вредных веществ из различных хранилищ;
* осложнение санитарно-эпидемической обстановки;
* заболачивание местности.

Основной причиной разрушения зданий при затоплениях является водонасыщение грунта основания. Водонасыщение приводит к разжижению грунта, потере им прочности и вымыванию. В случае обнуления прочности здание разрушается, а если прочность частично сохранилась, то следствием затопления будет неравномерная осадка зданий, появление трещин и разрывов коммуникаций. Повреждение газовых и электрических коммуникаций, в свою очередь, может вызвать взрывы и пожары.

Особенно сильно сказывается затопление и подтопление на состоянии грунтов, предрасположенных к пучению и просадке. Пучение вызывается увеличением объема воды при замерзании влагоемких грунтов и может достигать 25 – 30 см. Пучению могут подвергаться блочные и свайные фундаменты, что приводит к выпучиванию свай, подъему и деформации опор, наружных стен зданий.

При размыве оснований и непрерывном углублении промоин от замывающего действия текущей воды кирпичные здания разрушаются за 5 – 10 суток. Более устойчивы блочные бетонные здания с фундаментами из бетонных или железобетонных плит. Такие сооружения с заполненными водой подвалами сохраняют общую устойчивость до нескольких месяцев. Предельная продолжительность устойчивости различных древесных пород при хорошей проточности колеблется от одного до трех месяцев. Разрушение деревянных зданий и сооружений, в основном, связано с недостаточной прочностью фундаментов.

Сохранившиеся затопленные здания теряют капитальность. Деревянные здания повреждаются гнилью, штукатурка отваливается, в кирпичных зданиях происходит разрушение кладки с выпадением кирпичей. Металлические конструкции и арматура железобетона подвергаются коррозии.

В крупнопанельных зданиях с ограждающими конструкциями из двухслойных стеновых панелей, изготовленных из неавтоклавного железобетона, происходит отслаивание пенобетонного утеплителя. В сплошных стеновых панелях разрушается слой легкого бетона. Долговечность бетонных и железобетонных элементов, фундаментных блоков, оголовков свай и ростверков под действием воды уменьшается, что приводит к уменьшению капитальности зданий. Замачивание двух- и трехслойных стеновых панелей также ведет к снижению капитальности сооружений. При недостаточной плотности бетона в защитном слое железобетонных элементов интенсивно коррозирует арматурная сталь. Так при увлажнении бетона до 70 – 90 % и небольшой толщине защитного слоя коррозия арматуры достигает 1 мм в год. Особенно интенсивно коррозируют закладные детали и сварные швы наружных несущих стеновых панелей.

Таблица 36

Разрушения зданий и сооружений при затоплении в зависимости

от высоты подъема и скорости воды

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Объект | Степень разрушения | | | | | |
| Сильная | | Средняя | | Слабая | |
| высота, м | скорость, м/с | высота, м | скорость, м/с | высота, м | скорость, м/с |
| Кирпичные здания  Панельные здания  Мост металлический  Мост железобетонный  Мост деревянный  Дорога асфальтовая  Дорога гравийная | 4,0  7,5  2,0  2,0  1,0  4,0  2,5 | 2,5  4,0  3,0  3,0  2,0  3,0  2,0 | 3,0  6,0  1,0  1,0  1,0  2.0  1,0 | 2,0  3,0  2,0  2,0  1,5  1,5  1,5 | 2,0  3,0  0  0  0  1,0  0,5 | 1,0  1,5  0,5  0,5  0,5  1,0  0,5 |

Таблица 37

Вероятность разрушений на затопленной территории

при скорости течения 3-4 м/с

(при скорости 1,5-2,5 м/с значения умножаются на 0,6, при 4,5 – 5,5 м/с – на 1,4)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Событие | Время затопления, часов | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 24 | 48 |
| Затопление подвалов  Нарушение дорожного движения  Разрушение дорожного покрытия  Смыв деревянных зданий  Разрушение кирпичных зданий  Прекращение электропитания  Прекращение телефонной связи  Повреждение коммуникаций  Гибель урожая | 0,1  0,15  0  0  0  0,75  0,75  0  0 | 0,15  0,3  0  0,7  0  0,9  0,85  0  0 | 0,4  0,6  0,03  0,7  0,1  0,95  1,0  0,07  0 | 0,6  0,75  0,06  0,9  0,4  1,0  1,0  0,1  0 | 0,85  0,95  0,3  1,0  0,5  1,0  1,0  0,3  0,03 | 0,9  1,0  0,45  1,0  0,6  1,0  1,0  0,7  0,8 |

Наиболее сложная обстановка складывается при наводнении в результате прорыва естественных и искусственных плотин.

В результате аварии образуется так называемая ***волна прорыва***, которая и является основным поражающим фактором. *Волна прорыва – это волна, образующаяся в нижнем бьефе в результате стремительного падения воды из верхнего бьефа при прорыве сооружения, имеющая, как правило, значительную высоту гребня и скорость движения и обладающая большой разрушительной силой.*

Волна прорыва, с гидравлической точки зрения, является волной перемещения, которая, в отличие от ветровых волн, возникающих на поверхностях больших водоемов, обладает способностью переносить в направлении своего движения значительные массы воды. По своей физической сущности волна прорыва представляет собой неустановившееся движение потока воды, при котором глубина, ширина, гидравлический уклон, скорость течения в любом рассматриваемом створе изменяются во времени. Поэтому она имеет зоны подъема и зоны спада.

При скорости волны порядка 40 – 50 м/с и более, она превращается в аэрированный поток – смесь воды и воздуха.

Передняя часть дви­жущейся массы воды называется ***фронтом* *волны*** прорыва. Она может быть очень крутой вблизи прорана и относительно пологой – на значительном удалении от него. Зона наибольшей высоты волны называется ***гребнем волны***, который движется, как правило, медленнее, чем ее фронт. Еще медленнее движется конец волны - ***хвост волны***. Вследствие различия скоростей этих трех характерных точек волна постепенно растягивается по длине реки, соответственно уменьшая свою высоту и увеличивая длительность прохождения. При этом, в зависимости от высоты волны и уклонов реки на различных участках, а также неодинаковой формы и шероховатости русла и поймы, может наблюдаться некоторое временное ускорение движения гребня, с «перекашиванием» волны, т.е. с относительным укорочением зоны подъема по сравнению с зоной спада.

Вслед за фронтом волны прорыва, за счет опорожнения водохранилища и увеличения прорана, высота воды начинает интен­сивно увеличиваться, достигая через некоторый промежуток вре­мени максимума, который называется ***гребнем* *волны****.* Гребень волны часто превышает высоту берегов реки, в результа­те чего и начинается затопление прилегающих территорий.

После прекращения подъема уровней по всей ширине потока на­ступает более или менее длительный период, близкий к установившемуся движению, которое называется ***хвостом волны***. Хвост волны соответствует объему во­дохранилища и продолжается до его полного опорожнения.

Разрушительное действие волны прорыва заключается в движении с высокой скоростью больших масс воды и таранного действия перемещаемых водой камней и различных обломков. После прохождения волны прорыва остается переувлажненная пойма и сильно деформированное русло реки.

Основными оценочными параметрами волны прорыва являются:

* + максимальная в данном створе высота волны и глубина потока;
  + скорость движения фронта, гребня и хвоста волны, а также время добегания характерных точек волны до различных створов, расположенных ниже гидроузла;
  + длительность прохождения волны в выделенных створах, равной сумме времени подъема и спада в них уровня воды;
  + средние и поверхностные скорости течения в различных створах;
  + наибольшая ширина затопления речной долины.

Высота и скорость волны прорыва зависят от гидрологических и топографических условий реки. Высота волны прорыва зависит от глубины водохранилища перед плотиной и глубины реки ниже плотины. Определяется высота волны по следующей формуле:

Н = 0,6Нп - hб,где

Н – высота волны прорыва, м;

Нп – глубина водохранилища у плотины, м;

hб – глубина реки ниже плотины, м.

Таблица

Расход воды и начальная скорость движения волны прорыва

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Высота падения, м | 5 | 10 | 25 | 50 |
| Расход воды, м3/с | 10 | 30 | 125 | 350 |
| Скорость волны, км/ч | 20 | 40 | 90 | 180 |

Таблица

## Средняя скорость движения волны прорыва, км/ч

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика русла и поймы | Уклон русла | | |
| i=0,01 | i=0,001 | i=0,0001 |
| Реки с широкими затопленными поймами | 4 - 8 | 1 - 3 | 0,5 - 1 |
| Извилистые реки с заросшими или каменистыми не­ров­ны­ми поймами, с расширениями и сужениями поймы | 8 - 14 | 3 - 8 | 1 - 2 |
| Реки с хорошо разработанным руслом, с узкими и сред­ни­ми поймами без больших сопротивлений | 14 - 20 | 8 - 12 | 2 - 5 |
| Слабоизвилистые реки с крутыми берегами и узкими пой­мами | 24 - 18 | 12 - 16 | 5 - 10 |

Помимо поражающих факторов, характерных для других наводнений (утопление и переохлаждение), при авариях на гидротехнических сооружениях основное значение имеют механические повреждения в результате действия волны прорыва, а именно:

* непосредственное динамическое воздействие на тело человека волны прорыва;
* травмирующее действие обломков сооружений, разрушаемых волной прорыва;
* повреждающее действие различных предметов, вовлекаемых в движение волной прорыва.

Выделяют четыре зоны катастрофического затопления:

**1 зона** примыкает непосредственно к разрушенному гидротехническому сооружению, время прохождения волны прорыва может достигать 30 минут;

**2 зона** иногда называется «зоной быстрого течения», время прохождения волны прорыва здесь составляет 50-60 минут;

**3 зона** или «зона среднего течения», время прохождения волны прорыва составляет 2-3 часа;

**4 зона** или «зона слабого течения», здесь время прохождения волны прорыва составляет 4-6 часов.

Таблица 38

Зависимость потерь от зоны затопления и времени суток

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Зона затопления | Общие потери, % | | В том числе | | | |
| Днем | Ночью | Безвозвратные, % | | Санитарные , % | |
| Днем | Ночью | Днем | Ночью |
| 1 зона  2 зона  3 зона  4 зона | 60  13  5  2 | 90  25  15  10 | 40  10  7  5 | 75  20  15  10 | 60  90  93  95 | 25  80  85  90 |
| В среднем | 20 | 35 | 15 | 30 | 85 | 70 |

Если катастрофа происходит при температуре воды ниже 10оС, потери возрастают на 10-20%.

Действие цунами аналогично воздействию волны прорыва и зависит от характера береговой линии, наличия и характеристики зданий и сооружений вблизи берега, наличия пониженных мест, в которых вода может задержаться после отхода волны в море. Удар волны топит и выбрасывает на берег суда, разрушает здания и сооружения, изменяет рельеф береговой линии, вызывает затопление низменных мест. Люди во время удара волны могут погибнуть как от механических повреждений, так и от асфиксии при утоплении. При отходе волны в море уносятся люди, животные, материальные ценности.

Вторичные последствия цунами может проявиться в загрязнении местности при разрушении радиационно и химически опасных объектов, смыв плодородного слоя, оползни и обвалы, заболачивание низменных участков местности.

При природных наводнениях уровень воды может подниматься достаточно быстро, но волны, движущиеся с большой скоростью, как правило, не образуются, и основной опасностью для людей будет утопление. Шансы на выживание уменьшаются при низкой температуре воды.

***Утопление*** бывает:

1. ***«Истинное»*** утопление – вследствие прекращения процесса дыхания при попадании воды в легкие.
2. ***Асфиксическое*** утопление – вследствие рефлекторной остановки дыхания и ларингоспазма при попадании воды в верхние дыхательные пути.
3. ***Синкопальное*** утопление – вследствие рефлекторной остановки сердца при контакте кожи и верхних дыхательных путей с холодной водой.

При длительном нахождении даже в достаточно теплой воде может наблюдаться ***общее переохлаждение организма***. При этом главную опасность представляет гипотермия, т.е., нарушение теплового баланса, сопровождаемое снижением температуры тела ниже критических значений. Среди внешних факторов, вызывающих гипотермию, главным является температура окружающей среды. Общее охлаждение в воде наступает значительно быстрее, чем на воздухе, так как теплопроводность воды в 1000 раз превышает теплопроводность воздуха. Интенсивность отдачи тепла телом человека в воде в 25 раз больше, чем на воздухе. Если при температуре от 0 до +40С при условии полного обездвиживания человека смерть от переохлаждения на воздухе наступает через 8-12 часов, то при нахождении в воде – уже через 25-30 минут.

Таблица 39

Влияние температуры воды и времени пребывания в ней на состояние человека

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Температура воды, С0 | Время потери сознания | Время смерти |
| 0  10  15  20  25  30 | 15 минут  от 30 минут до 1 часа  от 2 до 4 часов  от 3 до 7 часов  до 12 часов  до 70 часов | от 25 минут до 1 часа  от 1 до 2 часов  от 6 до 8 часов  не ограниченно  не ограниченно  от 72 до 75 часов |

*Таким образом, при всем многообразии опасных факторов, воздействующих на человека во время наводнения, спасателям в основном придется иметь дело с сильно переохлажденными людьми. Лица, получившие механические травмы, на воде, как правило, не держатся и быстро гибнут. Невелико будет и число спасенных из утонувших, так как смерть наступает очень быстро и шансы на спасение человека будут лишь при немедленном извлечении его из воды. Наибольшее количество из тех, кому придется оказывать помощь, составят люди с общим переохлаждением организма. При чем общее переохлаждение возможно и при положительных температурах воздуха, чему способствует нахождение в воде, переутомление, ранения и травмы, алкогольное опьянение.*

## 10.2. Способы действий насе­ле­ния и спасательных служб во время наводнений и цу­на­ми

Предупредительные мероприятия бывают долговременные и непосредственные. Долговременные мероприятия проводятся регулярно в течение года и составляют единую систему, направленную на предупреждение наводнений и уменьшение их последствий. Они включают:

* посадку лесозащитных полос в бассейнах рек;
* распашку земли только поперек склонов;
* сохранение по берегам древесной и кустарниковой растительности;
* устройство террас на склонах;
* строительство искусственных водоемов для перехвата талых и дождевых вод;
* сооружение ограждающих дамб и валов;
* спрямление и углубление русла рек;
* укрепление берегов и дна;
* регулирование стока рек с помощью водохранилищ.

Непосредственные мероприятия после получения гидрологического прогноза включают:

* принятие решения на подготовку к наводнению;
* разработка порядка эвакуации населения, санитарно-эпидемических и инженерно-технических мероприятий;
* организация взаимодействия между силовыми структурами;
* организация материально-технического снабжения и создание необходимых резервов;
* информирование и оповещение населения, ограничение или прекращение работы предприятий, организаций и учебных заведений.

Важнейшими мероприятиями при угрозе природного наводнения будут сооружение защитных дамб и расчистка русла реки ото льда.

***Земляные дамбы,*** как правило имеют треугольное сечение с усилением каменной наброской, фашинами, земленосными мешками, металлической сеткой. Дамба может сооружаться вручную, механизированным или взрывным способом. Вблизи сооружения на случай просачивания воды сосредотачивают аварийный строительный материал. Кроме того, при устойчивой минусовой температуре дамбы могут сооружаться из снега и льда путем последовательного намораживания.

***Борьба с заторами и зажорами*** в руслах рек ведется с помощью взрывов. Взрывание может производится зарядами ВВ, устанавливаемыми непосредственно на льду, артиллерийским и минометным обстрелом, бомбометанием. Дробление льда взрывами производится ниже затора по течению, при этом разрушается ледовое поле, которое и держит затор.

Бомбометание осуществляется в часы максимальной солнечной радиации, когда прочность льда снижается. При этом используются бомбы калибра 100-500 кг с таким расчетом, чтобы взрыв происходил на глубине 2-6 м. Заход на бомбометание выполняется с нижней кромки затора, первая бомба укладывается примерно на расстоянии 60 м от кромки, последующие – вглубь затора с такими же интервалами по оси затора. Аналогично производится артиллерийский и минометный обстрел.

При подрыве льда саперами они высаживаются на лед только в случае предварительного дробления льда. При ликвидации затора подрывные заряды раскладываются и приводятся в действие с вертолета.

Таблица

Масса зарядов для взрывания льда и наиболее выгодная глубина их погружения

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса заряда, кг | Глубина погружения заряда м | Диаметр полыньи при толщине льда, м | | | | | | | | |
| 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 2,0 |
| 1 | 1,2 | 6,0 | 6,0 | 6,0 | 5,8 | 5,6 | - | - | - | - |
| 3 | 1,6 | 12,0 | 8,9 | 8,6 | 8,4 | 8,0 | 7,5 | - | - | - |
| 5 | 1,8 | 17,0 | 10,5 | 10,0 | 10,0 | 9,5 | 9,3 | - | - | - |
| 10 | 2,0 | - | 13,0 | 12,5 | 12,5 | 12,0 | 11,5 | 10,5 | - | - |
| 20 | 2,3 | - | - | - | 15,8 | 15,2 | 14,5 | 13,5 | 12,5 | 11,0 |

Для ориентировочного определения количества ВВ, необходимого для взрывания льда, принимают на один квадратный метр ледяной поверхности 0,075 кг тротила или аммонита при толщине льда до 0,5 м.

По получении сигнала гражданской обороны о наводнении, необходимо:

* отключить газ, воду и электричество;
* погасить огонь в печах;
* перенести на верхние этажи и чердаки ценные предметы и вещи;
* закрыть окна и двери, при возможности обить окна и двери первых этажей досками, фанерой и т.п.
* подготовить предметы первой необходимости, теплую удобную одежду, сапоги, одеяла, деньги и документы;
* собрать трехдневный запас продуктов питания;
* собрать аптечку;
* уложить все собранное в рюкзак или дорожную сумку;
* выдвинуться в указанный район;
* пройти регистрацию для постановки на питание и возможных компенсационных выплат.

Если подъем воды начался неожиданно и происходит катастрофически быстро, необходимо быстро собрать все указанное выше и как можно быстрее выходить к безопасному возвышенному месту. Пускаться вплавь, особенно при высокой скорости течения, не следует до последнего момента. Пока ваше укрытие – крыша, дерево, возвышенность обеспечивают возможность оставаться сухим, уходить с него нельзя. Для сигнализации спасателям необходимо в светлое время использовать белое или цветное полотно, ночью – световые сигналы.

Переходить в плавательное средство спасателей необходимо по одному, без спешки и паники. Первыми эвакуируются дети, старики и пострадавшие. При определении приблизительной вместимости плавательного средства планируется 0,3 м2 площади на человека, 1,5 м2 – на одно крупное рогатое и 0,3 м2 – на одно мелкое рогатое животное или свинью.

Во время движения спасательного средства не разрешается ходить по нему, меняться местами, садится на борта, отвлекать или мешать действиям спасателей.

Если принято решение плыть или человек неожиданно оказывается в воде, необходимо использовать подручные средства, здесь пригодится все, что может удержать человека на воде: бочки, бревна, двери, автомобильные камеры и т.п. Подручные средства необходимо использовать даже в том случае, если человек хорошо плавает. При нахождении в воде необходимо держать голову сухой, так как именно с головы идет 50-75% суммарной теплопотери человека.

Если быстро достичь суши невозможно, рекомендуется резко снизить двигательную активность и не снимать всю одежду, так как между одеждой и телом человека образуется слой относительно теплой воды. Активные движения уничтожают этот слой, и теплопотеря увеличивается на 35-50%.

При проведении спасательных работ во время наводнения следует соблюдать следующие меры безопасности:

* экипаж спасательной машины должен состоять не менее чем из четырех человек, экипаж лодки – не менее чем из двух;
* при скорости ветра свыше 4 баллов использование лодок запрещается;
* все лица, участвующие в спасении на воде, должны быть обеспечены спасательными средствами (поясами, кругами и т.п.), средствами связи, сигнализации и оказания первой медицинской помощи;
* расхождение плавательных средств в узких местах производится левыми бортами на малой скорости;
* следует избегать постановки плавательного средства бортом к волне;
* к полузатопленным сооружениям, на которых находятся люди, подходить на малой скорости, против течения, убедившись в отсутствии подводных препятствий;
* при погрузке людей на плавательное средство обязательно закрепить его страховочным тросом, посадку осуществлять по одному, при обязательной помощи одного из спасателей;
* после посадки на спасенных надеваются спасательные средства и разъясняются правила поведения на спасательном средстве;
* спасатели размещаются вдоль бортов и на корме плавательного средства;
* к тонущему человеку вплавь необходимо приближаться со спины, на плавательном средстве: против течения или с наветренной стороны;
* извлекать человека из воды со стороны кормы или с подветренной стороны лодки.

Оказание первой помощи начинается, при возможности, уже на плавательном средстве, и продолжается на берегу. Оказывая медицинскую помощь при утоплении, следует помнить о необходимости очистить полость рта от ила, слизи и т.п. Если кожа утонувшего бледна, то произошло асфиксическое утопление и в легких воды нет. Требуются лишь реанимационные мероприятия. Если кожные покровы пострадавшего имеют характерный синий оттенок – произошло истинное утопление и необходимо удалить воду из верхних дыхательных путей. Для удаления воды кладут спасаемого на свое колено так, чтобы голова его была ниже уровня туловища, и энергично нажимают между лопатками один-два раза. Затем проводятся реанимационные мероприятия по общим правилам – то есть искусственная вентиляция легких (ИВЛ) и непрямой массаж сердца. После восстановления самостоятельного дыхания и сердечной деятельности пострадавшего необходимо согреть и доставить в лечебное учреждение.

Если у спасенного человека наблюдаются признаки общего переохлаждения организма, необходимо сменить мокрую одежду, согреть его в теплом помещении, дать горячее питье или пищу, алкоголь. При тяжелом состоянии пострадавшего необходимо поместить в теплую ванну (35-370С), постепенно повышая (за 15-20 мин.) температуру воды до 39-400С. Согревание необходимо прекратить при ректальной температуре 350С. Одновременно проводят энергичное растирание тела. Внутривенно необходимо ввести 40-60 мл 40% глюкозы (подогретой) с 1 мл 1% димедрола.

При очень тяжелом состоянии общее согревание будет противопоказано, требуется локальный обогрев области сердца, вдыхание теплого воздуха и введение в вену подогретой глюкозы.

Важное значение в ликвидации медицинских последствий наводнений играет санитарно-эпидемическое состояние зоны бедствий. В зонах катастрофического затопления могут разрушаться (размываться) системы водоснабжения, канализации, сливных коммуникаций, банно-прачечных сточных вод, места сбора мусора и прочих отбросов. Все эти нечистоты, мусор и отбросы загрязняют зоны затопления и распространяются по течению затапливаемой волной. В этих зонах возрастает опасность возникновения и распространения инфекционных заболеваний. Этому будет способствовать также и скопление населения на ограниченной территории при значительном ухудшении материально-бытовых условий жизни.

*Таким образом, снижение материального ущерба от наводнений и отсутствие человеческих жертв зависит от своевременного прогнозирования, проведения предупредительных мероприятий перед наводнением, своевременного оповещения и эвакуации населения, правильной организации спасательных работ и своевременного оказания первой и специализированной помощи пострадавшим.*

# Лекция 11.

# Эпидемии, эпизоотии, эпи­фи­то­тии и их характеристика. Причины и характер эпи­демий, эпизоотий и эпифи­то­тий

В предшествующих лекциях мы познакомились с причинами и характером наводнений. В данной лекции мы рассмотрим биологические природные опасности, уделив основное внимание условиям возникновения и характерным чертам развития эпидемий, эпизоотий и эпифитотий.

Само понятие эпидемия происходит от греческого *epidemia* – повальная, массовая болезнь. Изучением эпидемий на современном этапе занимается раздел медицины, называемый эпидемиологией. Предметом изучения эпидемиологии является не заболевание, как таковое, а заболеваемость, т.е. причины возникновения и условия распространения болезней среди населения и меры их профилактики.

Необходимость в изучении массового заражения определенными инфекционными заболеваниями возникла уже в древности в связи с опустошительными эпидемиями чумы, холеры, оспы и других болезней. Так в XIV в. во время эпидемии чумы на Земном шаре погибло более 50 млн. человек. В XVII-XVIII вв. ежегодно только в Европе болело натуральной оспой около 10 млн. человек. По мере роста населения Земли и расширения контактов между различными частями света, эпидемии начали приобретать катастрофический характер, становясь на пути развития человеческой цивилизации. Так пандемия гриппа (испанка) в 1917-19 гг. поразила 500 млн. человек, при чем 20 млн. человек умерло.

## 11.1. Возбудители заболеваний

***Инфекционные болезни*** – это обширная группа заболеваний человека, вызываемых микроорганизмами. Инфекция представляет собой сложный комплекс взаимодействия возбудителя и организма человека в определенных условиях внешней среды.

***Возбудителями инфекций*** являются микроорганизмы. Микроорганизмы, существующие в природе, в настоящее время объединяются в три царства:

1. Eucaryotae – простейшие и грибы;
2. Procaryotae – бактерии;
3. Vira – вирусы.

***Грибы*** – это одно- и многоклеточные микроорганизмы растительного происхождения. Очень устойчивы к воздействию физико-химических факторов, хорошо переносят высушивание, воздействие солнечных лучей и дезинфицирующих средств. Грибы вызывают заболевания гистоплазмозом, никардиозом.

***Бактерии*** – это микроорганизмы растительного происхождения, преимущественно одноклеточные. Размеры их составляют от 2 до 5 микрон, по форме бывают шарообразными (кокки), палочковидными (палочки) и извитыми (вибрионы и спириллы). При благоприятных условиях бактерии через каждые 20-30 минут размножаются простым делением клеток. Отдельные виды бактерий способны давать споры. В виде спор бактерии находятся в «недеятельном» состоянии и покрыты плотной оболочкой. При попадании в благоприятные условия споры прорастают в полноценные бактерии. Бактерии быстро погибают от воздействия солнечных лучей, дезинфицирующих веществ и при высокой температуре. Но некоторые виды бактерий (сибирской язвы, столбняка, бруцеллеза) могут превращаться в споры, обладающие большой устойчивостью к указанным факторам. К низким температурам бактерии малочувствительны и переносят даже замораживание. В споровой форме бактерии окружены плотной оболочкой, предохраняющей их от воздействия внешних факторов.

В зависимости от строения, бактерии подразделяются на следующие группы:

1. Бактерии с тонкой клеточной стенкой – грамотрицательные (кокки, палочки, извитые, риккетсии, хламидии);
2. Бактерии с толстой клеточной стенкой – грамположительные (кокки, палочки, актиномицеты);
3. Бактерии без клеточной стенки или микоплазмы

***Вирусы*** представляют собой мельчайшие микроорганизмы (менее 200 нм), которые не имеют клеточного строения и содержат только один тип нуклеиновой кислоты – ДНК или РНК. Это внутриклеточные генные паразиты с особым способом размножения, которые не могут жить и размножаться вне клеток хозяина.

Микроорганизмы характеризуются патогенностью, вирулентностью, инвазивностью и токсикогенностью.

*Патогенность* или болезнетворность – способность вида микроорганизмов вызывать инфекционный процесс, закрепленная генетически. Наличие или отсутствие этого признака позволяет классифицировать микроорганизмы на патогенные, условно-патогенные и непатогенные (сапрофиты).

*Вирулентность* – индивидуальная мера патогенности в конкретном штамме, которая измеряется минимальной смертельной дозой. Вирулентность не является абсолютно стабильным свойством и может существенно варьироваться у различных штаммов одного вида, и даже у одного и того же штамма.

*Инвазивность* – способность микроорганизма к проникновению в ткани и распространению в них.

*Токсикогенность* – способность микроорганизмов синтезировать и выделять токсины, которые являются сильнейшими ядами. Экзотоксины вырабатываются микроорганизмами и выделяются во внешнюю среду при жизни, эндотоксины освобождаются только при разрушении микробной клетки. Экзотоксины могут вызывать такие заболевания, как столбняк, дифтерия, газовая гангрена.

В зависимости от этиологического фактора, вызывающего заболевание, инфекционные болезни делятся на следующие группы:

* вирусные;
* микробные;
* протозойные;
* микотические;
* гельминтозы.

В зависимости от основной среды обитания возбудителя заболевания, инфекционные болезни делятся на следующие группы:

* антропонозы, при которых резервуаром возбудителя является организм человека;
* зоонозы, при которых резервуаром возбудителя является организм животных;
* сапронозы, при которых резервуаром возбудителя является объекты окружающей среды (вода, почва и т.д.).

Ниже мы кратко рассмотрим наиболее опасные инфекционные болезни, которые отличаются высокой контагиозностью, тяжелым течением, высокой летальностью, выраженной тенденцией к распространению и приобретению характера эпидемий.

**Чума (Pestis)** *–* острое инфекционное заболевание людей и животных, характеризующаяся тяжелейшей интоксикацией, лихорадкой, поражением кожи, лимфоузлов, легких. Природные очаги чумы повсеместно встречаются между 500 с.ш и 400 ю.ш. На территории России, в Астраханской области, Калмыкии, на Северном Кавказе, Алтае и Тыве известно 11 природных очагов чумы, в которых проживает более 20 тыс. человек.

В истории человечества зафиксировано несколько пандемий чумы. Пандемия 527-80 гг. унесла жизни около 100 млн. человек, пандемия 1347-51 гг. – около 75 млн. человек, пандемия 1380 г. – около 25 млн. человек только в Европе, наконец, пандемия чумы 1894 – 1904 гг. привела к гибели 12 млн. человек.

Чума вызывается короткой палочкой яйцевидной формы (Yersinia pestis), не образующей спор, основные хранители инфекции в природе – более чем 200 видов грызунов и зайцеобразных (крысы, суслики, полевки, зайцы, тушканчики и т.д.). Передача чумы внутри популяции грызунов осуществляется блохами и клещами примерно 70 видов. Блохи – переносчики чумы могут жить и на таких домашних животных, как верблюды и кошки.

Бактерия обладает высокой устойчивостью во внешней среде, хорошо переносит низкие температуры и замораживание, в почве живет до 7 месяцев, на одежде – 6 месяцев, в молоке – 3 месяца, в трупах – 2 месяца, в гное бубона – до месяца. В организме зараженной блохи бактерия чумы существует до года, в организме клеща – более 500 суток. С другой стороны, бактерия чувствительна к высушиванию, нагреванию, при кипячении погибает через несколько секунд, уничтожается дезинфицирующими растворами.

Первоначально болезнь передается укусом зараженной блохи, прямым контактом с зараженными грызунами или предметами. После заражения больные люди сами являются опасными источниками инфекции. Особенно опасны больные легочной формой чумы. Эти больные вместе с мокротой выделяют в воздух множество микробов. Заражение чумой в этом случае происходит через органы дыхания, пищеварения, кожу, глаза. Восприимчивость людей к чуме очень высокая, иммунитет, образовавшийся после выздоровления, не предохраняет в случае повторного массового заражения.

Инкубационный период продолжается от нескольких часов до 8 дней. Обычно заболевание чумой начинается с общей слабости, озноба, головной боли. Температура быстро повышается, сознание затемняется. Различают легочную, бубонную, септическую, кишечную и кожную формы чумы.

Наиболее опасна септическая форма, характеризующаяся тяжелой общей интоксикацией с возможным менингоэнцефалитом. Признаком заболевания человека легочной формой чумы являются боль в груди и кашель наряду с тяжелым общим состоянием. Кашель перерастает в мучительный, с выделением большого количества мокроты. При бубонной форме воспаляются лимфатические узлы, и в паху, под мышками, на шее появляются болезненные опухоли – бубоны, которые гноятся и переходят в язвы. При кишечной форме наблюдается частый слизисто-кровянистый стул, а при кожной развиваются чумные карбункулы.

При септической форме чумы погибают все заболевшие. При легочной и кишечной формах силы больного быстро падают, наступает потеря сознания и смерть в результате сердечно-сосудистой слабости. Смертность без лечения достигает 90 %. Кожная чума без лечения переходит в кожно-бубонную, смертность при бубонной чуме без лечения составляет от 30 до 50 %.

Для прививок против чумы разработана специальная вакцина, которая обеспечивает иммунитет длительностью до одного года. Лечение чумы ведется антибиотиками, наиболее эффективным средством является стрептомицин. При использовании антибиотиков бубонная и кожная форма вылечиваются, а при легочной и кишечной формах смертность существенно снижается.

**Холера (Cholera)** *-* острое инфекционное заболевание, характеризующееся поражением тонкого кишечника, нарушением водно-электролитного обмена, сгущением крови, расстройством функции печени и почек. Возбудителем холеры является так называемый холерный вибрион (Vibrio cholera), имеющий под микроскопом вид запятой. Родина холеры, ее природный очаг – дельта реки Ганг, с 1817 г. и до наших дней по земному шару прокатилось семь пандемий холеры. В 1831 г. от холеры только в Европе погибло 900 тыс. человек, около 700 тыс. человек погибло в 1848 г. во время эпидемии холеры в Российской империи.

Возбудитель холеры в чистых естественных водоемах способен жить в течение нескольких месяцев, в сточных водах – до 30 часов, устойчив к низким температурам, хорошо размножается в свежем молоке и на мясных продуктах. Холерный вибрион быстро погибает при высушивании и на солнечном свете, моментально погибает при кипячении, чувствителен к хлорсодержащим веществам.

Из организма человека возбудитель выделяется в большом количестве с испражнениями и рвотными массами. Больной человек в первые 4-5 дней выделяет во внешнюю среду до 20 л испражнений в сутки, при этом в 1 мл содержится до 109 вибрионов. Механизм передачи возбудителя – фекально-оральный, пути передачи – водный и пищевой, реже – контактный. Восприимчивость людей к заболеванию холерой высокая, но на одного больного приходится до 1000 здоровых носителей. Инкубационный период составляет от нескольких часов до 5 дней.

Признаками заболевания холерой являются рвота, понос, постепенно приобретающий вид белесоватой водянистой жидкости, в тяжелых формах – интоксикация, падение сердечно-сосудистой деятельности, судороги. Человек быстро худеет, температура тела у него сначала повышается до 38оС, а затем снижается до 35оС, наступает обезвоживание организма. Наступает полная неспособность к движению из-за мышечной слабости, голос становится беззвучным, пульс прощупывается с трудом, дыхание частое и поверхностное. Если не оказывается неотложная помощь, больной погибает. Смертность при заболевании холерой без лечения составляет до 60 % от заболевших.

Тяжелые заболевания холерой распознаются сравнительно легко, но во время эпидемий встречаются и легкие заболевания, диагностика которых затруднительна. Единственным признаком заболевания в таких случаях может быть более или менее выраженный понос.

**Сибирская язва (Antrax)**– острое инфекционное заболевание, которое поражает как животных, так и людей, и характеризуется преимущественным поражением наружных покровов, реже – легких и кишечника. Сибирская язва издревле сопутствует скотоводству на просторах евразийских степей, в наше время заболевания ежегодно регистрируются в 11 – 13 регионах России. Наиболее известными инцидентами последних лет, связанными с сибирской язвой, является гибель 60 человек в Свердловске в 1979 г. и попытка биологического терроризма в США в 2001 г.

Возбудитель сибирской язвы – крупная палочка, хорошо растущая в простых питательных средах. Во внешней среде образует споры, и может столетиями сохраняться в почве. В литературе описаны случаи заражения сибирской язвой в XIX в. на Каталаунских полях во Франции, где в 451 г. произошла «битва народов» с гуннами. Споры сибирской язвы попали в почву в результате разложения трупов убитых лошадей гуннов, и спустя 14 столетий проявляли жизнеспособность.

Вегетативные формы бактерии погибают при температуре 55оС в течение 40 минут, а при кипячении – мгновенно. Споры выживают при 10-минутном кипячении, под действием сухого жара при температуре 120-140оС погибают только через 3 часа, дезинфицирующие растворы убивают споры за 2 часа. Для полного уничтожения спор сибирской язвы в воде необходимо 60-минутное кипячение с последующим добавлением формалина до 4 % концентрации и экспонированием при дневном свете в течение часа.

Источниками возбудителя являются больной крупный и мелкий рогатый скот, лошади, верблюды, свиньи, а резервуаром возбудителя – почва. В период заболевания скот выделяет возбудителя с испражнениями, в течение недели заразен невскрытый труп животного, павшего от сибирской язвы, а шерсть, шкура, волос и изготовленные из них предметы представляют собой опасность в течение многих лет. На территории России в настоящее время зарегистрировано около 35 тыс. могильников, в которых захоронен скот, погибший от сибирской язвы. Из этого количества на Урале известно 1659 захоронений, однако лишь 189 из них оборудованы в соответствии с ветеринарно-санитарными правилами.

В организм человека возбудитель проникает через дыхательные пути, пищеварительный тракт, раны на коже при контакте с зараженными животными, почвой и при укусах слепней и мух-жигалок. Заболевание протекает в трех формах – кожной, легочной и кишечной. Инкубационный период составляет от нескольких часов до 8 дней. При контактном пути заражения заболевает до 20% зараженных, при воздушно-пылевом – практически все.

При кожной форме сибирской язвы поражаются чаще всего открытые участки рук, ног, шеи и лица. На месте попадания микробов возбудителя появляется зудящее красное пятно, которое превращается в пузырек с мутной или кровянистой жидкостью. Пузырек вскоре лопается, образуя черный струп, вокруг которого возникают новые пузырьки, и развивается сибиреязвенный карбункул. При этом температура повышается до 40-41оС. Возможно заражение крови и смерть, которая наступает в 5-15 % случаев. При благоприятном течении на седьмой день температура снижается до нормы, отек пропадает, язвы рубцуются.

При легочной форме развивается воспаление легких с очень тяжелым течением и признаками сильного отравления микробными ядами. Температура поднимается до 40оС, появляется стеснение в груди, кашель с выделением жидкой кровянистой мокроты, колющие боли в боку, голос становится хриплым. Смертность при легочной форме достигает 100 %.

При кишечной форме наблюдается тяжелое воспаление кишечного тракта с образованием язв. Появляются сильные режущие боли в животе, рвота желчью с примесью крови, частый кровавый жидкий стул, высокая температура. Летальность кишечной формы также близка к 100%.

**Сыпной тиф** *–* острое инфекционное заболевание, которое вызывается риккетсией Провачека. Тиф, как правило, сопровождает войны и другие социальные катаклизмы. Так в 1921 г. в России от сыпного тифа погибло 33 тыс. человек, и еще 3 тыс. человек умерли в результате заболевания возвратным тифом.

Возбудитель сыпного тифа является внутриклеточным паразитом, и в испражнениях вшей, которые являются переносчиками риккетсии Провачека, сохраняет жизнеспособность в течение 3 и более месяцев. При кипячении погибает в течение 30 с, быстро гибнет под действием хлорамина, формалина, фенола, лизола.

Источником инфекции является больной человек, заражение происходит при попадании экскрементов вшей в ранку укуса или в расчесы на теле. Возможно заражение воздушно-пылевым путем при вдыхании высохших фекалий вшей. Восприимчивость людей к тифу высокая, все, не болевшие ранее, заболевают при наличии условий, обеспечивающих заражение.

Первыми признаками заболевания являются озноб, головная боль, слабость, боль во всем теле. После 3-го дня болезни температура поднимается до 39-41оС и держится до смерти или начала выздоровления. Усиливается головная боль, на 4-6-й день болезни появляется сыпь. На 2-3 неделе наступает кризис, сознание затемняется, нарушается сердечная деятельность, наступает бред. Летальность тифа без лечения составляет 20 %.

*Таким образом, существует достаточно широкий круг острых инфекционных заболеваний, которые при соответствующих условиях переходят в эпидемии. Условия возникновения и характерные черты эпидемического процесса мы и рассмотрим ниже.*

## 11.2. Условия возникновения эпи­де­мий

***Эпидемический процесс*** представляет собой непрерывную цепь следующих друг за другом, возникающих непосредственно одно из другого специфических инфекционных состояний или эпидемических очагов. Первичным элементом эпидемического процесса является эпидемический очаг.

***Эпидемический очаг*** – это место пребывания источника инфекции с окружающей его территорией в тех пределах, в которых он способен в данной конкретной обстановке при данной инфекции передать заразное начало окружающим людям.

***Эпидемический процесс*** обусловливается непрерывностью взаимодействия трех его составных элементов:

* источника возбудителя инфекции;
* механизма передачи возбудителей;
* восприимчивого организма.

К эпидемиологически значимым социальным факторам относятся:

* демографическая характеристика населения, его численность, плотность, возрастно-половой состав, наличие и характер миграций;
* благоустройство населенных мест: характер жилищ и плотность населения в них, водоснабжение и водопользование, удаление нечистот, характер быта и образ питания, этнические особенности;
* структура народнохозяйственной деятельности и производственные условия;
* состояние здравоохранения, качество и эффективность профилактических и противоэпидемических мероприятий;
* уровень санитарной культуры и личной гигиены населения.

К эпидемиологически значимым природным факторам относятся:

* водные, почвенные и климатические условия окружающей среды и их сезонная изменчивость;
* ареалы расселения и численность животных и насекомых – источников и переносчиков инфекционных заболеваний;
* природные катастрофы, активизирующие природные очаги инфекции.

Механизмом передачи возбудителей инфекции называется способ перехода возбудителя из зараженного (источника инфекции) в здоровый восприимчивый организм. Механизм передачи возбудителей состоит из трех стадий, следующих одна за другой.

1. Выведение возбудителя из зараженного организма во внешнюю среду.
2. Временное пребывание его во внешней среде.
3. Внедрение возбудителя в здоровый организм очередного хозяина.

Выведение возбудителя из зараженного организма осуществляется в процессе физиологических отправлений (дефекация, мочеиспускание, потоотделение, дыхание), патологической их интенсификации при заболевании (понос), а также при некоторых патологических актах (рвота, кашель, чихание, язвы на коже и слизистых оболочках). При локализации возбудителя в замкнутой системе кровообращения он выводится из организма кровососущими членистоногими.

Временное пребывание во внешней среде обеспечивает факторы передачи, а совокупность этих факторов – путем передачи. Факторами передачи служат вода, воздух, пищевые продукты, почва, предметы обихода. Членистоногие, участвующие в передаче возбудителей, называются переносчиками.

Внедрение возбудителя в здоровый организм происходит в результате вдыхание воздуха, содержащего возбудителей, употребления зараженной воды или пищи, а также через переносчиков.

Механизм передачи определяется локализацией возбудителя в организме. Выделяются четыре основных механизма передачи возбудителей инфекции:

* фекально-оральный;
* аэрозольный (аспирационный);
* трансмиссивный;
* контактный.

При ***фекально-оральном механизме*** возбудитель заболевания локализуется в желудочно-кишечном тракте и выделяется из зараженного организма с фекалиями. Заражение здорового организма происходит через рот при употреблении зараженной воды или пищи, и возбудитель вновь локализуется в желудочно-кишечном тракте. Этот механизм реализуется водным, пищевым и бытовым путями.

При водном пути фактором передачи служит загрязненная возбудителями вода. Заражение воды происходит при попадании сточных и снеговых вод, купании людей и животных. Заражение здорового организма происходит при питье зараженной воды, использовании ее в хозяйственно-бытовых целях, купании в загрязненных водоемах. Водный путь является основным для холеры, брюшного тифа, гепатитов А и Е, дизентерии.

При пищевом пути заражение пищевых продуктов бывает первичным и вторичным. Первично зараженным называют продукты, полученные от больных животных, вторичное заражение продукта происходит при попадании в него возбудителя болезни с рук больного, загрязненной посуды, посредством мух или грызунов.

При бытовом пути задействованы загрязненные руки и предметы обихода. Эпидемиологическое значение имеют денежные купюры, посуда, кухонный инвентарь, дверные ручки, особенно в туалетах, детские игрушки.

При ***аэрозольном механизме*** возбудитель локализуется на слизистой оболочке дыхательных путей и выводится из зараженного организма с выдыхаемым воздухом при кашле, чихании, разговоре. С зараженным воздухом возбудитель при вдыхании попадает в здоровый организм, вновь обретая локализацию в дыхательных путях. Аэрозольный механизм реализуется воздушно-капельным и воздушно-пылевым путем.

При воздушно-капельном пути возбудитель выводится из организма и попадает в воздух. Крупные капли быстро оседают на различных предметах, а мелкие – длительно остаются во взвешенном состоянии в виде аэрозоля. Длительность нахождения аэрозоля в воздухе зависит от его температуры, влажности, скорости движения. Таким путем передается грипп, ОРВИ, корь.

При воздушно-пылевом пути фактором передачи служит сухой аэрозоль, т.е., высохшее во время пребывания во внешней среде содержимое капелек слизи. Инфицированная пыль может образовываться из высохших выделений больных животных при обмолоте зерна, обработке шерсти, пуха и т.п. Воздушно-пылевым путем передаются туберкулез, дифтерия, туляремия, Ку-лихорадка.

При ***трансмиссивном механизме*** возбудитель локализуется в кровеносной системе и выводится из зараженного организма в результате укуса кровососущего членистоногого. Внедрение в организм здорового организма происходит при взаимодействии с зараженным членистоногим. Такой механизм реализуется двумя путями: инокуляционным и контаминационным.

При инокуляционном пути возбудитель вводится в организм через ротовой аппарат переносчика во время кровососания. Так передается малярия, японский и клещевой энцефалиты. При контаминационном пути переносчик загрязняет наружные покровы своими выделениями, содержащими возбудителя, после чего он попадает в организм через расчесы на коже. Так передается сыпной и возвратный тиф.

При ***контактном механизме*** возбудитель локализуется на кожных покровах и слизистых оболочках, поэтому возможна передача к здоровому организму при соприкосновении. Такой механизм передачи реализуется прямым и непрямым путями.

При прямом пути передача происходит при тесном контакте кожи или слизистых оболочек, а также при укусах, поцелуях, половых актах. Так передаются венерические заболевания, бешенство. При непрямом пути передача идет через объекты внешней среды, например через почву и загрязненные ею объекты. Так происходит заражение газовой гангреной, столбняком, сибирской язвой.

В зависимости от механизма передачи инфекции человеку, эпидемии делятся на следующие группы:

* водные эпидемии;
* пищевые эпидемии;
* воздушно-капельные эпидемии;
* контактно-бытовые эпидемии;
* трансмиссивные эпидемии.

***Водные эпидемии*** характеризуются практически одномоментным массовым заражением населения через общие источники воды, что приводит к появлению большого количества заболеваний в короткий промежуток времени. Водные эпидемии возникают внезапно и развиваются очень быстро, как правило, на обширных территориях. Ввиду того, что в водной среде патогенные микроорганизмы, как правило, не размножаются, в организм человека проникает сравнительно небольшое количество возбудителя заболевания. Это приводит к удлинению инкубационного периода и сдвигает максимум эпидемии на более поздние сроки.

***Пищевые эпидемии*** имеют много общих черт с водными, однако в пищевых продуктах бактерии могут размножаться, и в организм человека поступает большое количество возбудителя. Это приводит преобладанию более тяжелых клинических форм заболевания и достижению максимума эпидемии в короткие сроки. Обязательным признаком пищевой эпидемии является общность источника питания и общность возбудителя у заболевших.

***Воздушно-капельные эпидемии*** отличаются последовательным заражением, легкостью передачи возбудителя, его высокой контагиозностью и коротким инкубационным периодом, вследствие чего эпидемия быстро достигает максимума. Характерной чертой воздушно-капельных эпидемий является волнообразный характер течения.

***Контактно-бытовые эпидемии*** в первую очередь определяются последовательностью, эстафетностью передачи возбудителя. Каждый вновь заразившийся может стать источником инфекции по истечении инкубационного периода, поэтому одно заболевание от другого может быть отделено достаточно большим промежутком времени. Интенсивность нарастания таких эпидемий зависит от санитарно-коммунального благоустройства населенных пунктов, санитарного состояния и содержания помещений, условий общения между людьми и уровнем их санитарной культуры. При прочих равных условиях контактно-бытовые эпидемии более ограничены по масштабам, нежели водные и воздушные.

***Трансмиссивные эпидемии*** определяются территориальной и сезонной рас­прост­­раненностью переносчика заболевания, его активностью в природе. По­этому двукрылые членистоногие способны в короткое время вызвать большие вспышки ряда заболеваний среди людей. Кроме того, они переносятся ветром на значительные расстояния, что способствует расширению территориальных масштабов эпидемии. С другой стороны, клещи представляют опасность только при посещении территорий очагов и уходе за домашними животными.

Кроме эпидемий, на Земле могут наблюдаться эпизоотии и эпифитотии.

***Эпизоотия***, это одновременное прогрессирующее во времени и пространстве в пределах определенного региона распространение инфекционной болезни среди большого числа одного или многих видов животных. К наиболее распространенным и опасным заболеваниям, вызывающим эпизоотии относят чуму, сап, энцефалит, ящур, туберкулез, грипп, сибирскую язву и бешенство. Так в 1996 г. в Великобритании свыше 500 тыс. голов скота было заражено чумой и погибло.

По своим масштабам эпизоотии бывают частные, объектовые, местные и региональные. Массовое и одновременное распространение болезни животных в пределах государства или целого материка называют ***панзоотией***.

***Эпифитотия,*** это массовое, прогрессирующее во времени и пространстве инфекционное заболевание сельскохозяйственных растений или резкое увеличение численности вредителей, сопровождающееся массовой гибелью сельскохозяйственных культур и снижением их продуктивности. К наиболее опасным заболеваниям растений относят ржавчину хлебных злаков (40 – 70 % потери урожая), пирокулариоз риса (90 % потери урожая) и фитофтороз (картофельную гниль).

*Таким образом, мы рассмотрели условия возникновения и характерные черты эпидемий, которые могут возникать на территории России. Знание механизмов возникновения и развития эпидемий необходимо для организации профилактических и специальных мероприятий в эпидемическом очаге.*

# Лекция 12.

# Эпидемии, эпизоотии, эпи­фи­то­тии и их характеристика. Профилактика и ликвидация эпидемий

В предшествующих лекциях мы познакомились с наиболее опасными инфекционными болезнями и их возбудителями, а также с причинами и характером эпидемий. В данной лекции мы рассмотрим способы профилактики, ограничения и ликвидации эпидемий.

## 12.1. Профилактика эпидемий

Нормативно-правовой основой деятельности по профилактике и борьбе с инфекционными болезнями служат:

«Международные медико-санитарные правила»;

Закон РФ № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г.;

Закон РФ № 157-ФЗ «Об иммунопрофилактике инфекционных болезней» от 17 сентября 1998 г.;

Постановление Правительства РФ № 554 «Об утверждении Положения о Государственной санитарно-эпидемиологической службе Российской Федерации и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании» от 24 июля 2000 г.;

Санитарные правила и гигиенические нормативы.

Профилактические мероприятия по отношению к территории страны можно подразделить на *внешние и внутренние*. ***Внешние профилактические мероприятия*** направлены на своевременное выявление за рубежами РФ очагов опасных эпидемий и предотвращение их завоза на территорию России. Согласно международных медико-санитарных правил, к особо опасным инфекционным болезням относятся:

* чума, холера, желтая лихорадка, натуральная оспа;
* вирусные гемморагические лихорадки (Ласса, Марбург и Эбола);
* лихорадки (денге, Чикугунья, долины Рифт, Западного Нила, малярия);
* энцефалиты (японский, калифорнийский, Сент-Луис, долины Муррея);
* ВИЧ-инфекция.

Для предотвращения распространения этих заболеваний, государство в лице санитарно-эпидемиологической службы вправе проводить медицинский досмотр прибывающих из-за рубежа транспортных средств, медицинский опрос и осмотр прибывших на нем пассажиров, а также проведение в случае необходимости дезинфекции, дезинсекции и дератизации транспортных средств. Как показала реальная проверка, при вспышке эпидемии атипичной пневмонии в 2002-03 гг. на территории соседнего Китая, санитарно-эпидемиологическая служба России действует достаточно эффективно. Несмотря на очень тесные и множественные контакты со странами Юго-восточной Азии заболеваний атипичной пневмонией на территории РФ практически не было.

***Внутренние профилактические мероприятия*** направлены на предотвращение эпидемий опасных инфекционных заболеваний непосредственно на территории России. Опасность такая существует постоянно, т.к. в РФ наблюдаются природные очаги таких тяжелых заболеваний, как чума, холера, сибирская язва.

***Профилактические мероприятия*** направлены на три составных части эпидемического процесса: источник инфекции, механизм передачи инфекции и организм, восприимчивый к инфекции. Устранение или значительное ослабление любого из этих звеньев исключает возможность возникновения эпидемии.

Мероприятия, направленные на источник инфекции, зависят от самого источника. Дикие животные и грызуны могут в очаге инфекции истребляться, домашние животные либо уничтожаются, либо изолируются, зараженные люди подлежат изоляции и лечению.

Мероприятия, направленные на разрыв механизма передачи инфекции, состоят в дезинфекции, дезинсекции и дератизации.

***Дезинфекция*** (обеззараживание) – это уничтожение или удаление возбудителей инфекционных заболеваний в окружающей человека среде. Различают очаговую и профилактическую дезинфекцию.

*Очаговая дезинфекция* проводится в эпидемических очагах, т.е., там, где болезнь себя уже проявила. При этом очаговая дезинфекция бывает текущей, когда источник инфекции находится в эпидемическом очаге и заключительной, когда источник инфекции уже удален – госпитализирован, выздоровел или умер.

*Профилактическая дезинфекция* проводится, когда источник инфекции не выявлен, но возбудители заболеваний могут накапливаться во внешней среде. Профилактическая дезинфекция постоянно проводится:

* на объектах водоснабжения и канализации;
* предприятиях общественного питания;
* предприятиях по изготовлению, переработке, перевозке и реализации пищевых продуктов и продовольственного сырья;
* детских и подростковых учреждениях;
* местах массового скопления граждан.

Для дезинфекции применяют механические, физические и химические способы. К *механическим* способам относятся чистка, вытряхивание, выколачивание, стирка, фильтрование, вентиляция. К *физическим* способам относятся кипячение и камерная дезинфекция паровым, паровоздушным и пароформалиновым методами. Химический способ заключается в использовании различных химических веществ – дезинфектантов. В качестве таких веществ используют:

1. Галоидсодержащие вещества:

* хлор и хлорную известь;
* хлорамин;
* йод и йодофоры;
* сульфохлорантин;

2. Кислородсодержащие вещества:

* перекись водорода;
* рецептура С-4 с муравьиной кислотой;
* рецептура «Дезоксон» с уксусной кислотой;

3. Поверхностно-активные вещества;

4. Раствор хлоргексидина глюканата;

5. Формальдегид (альдегид муравьиной кислоты);

6. Фенолы;

7. Спирты;

8. Четвертичные аммониевые соединения.

***Дезинсекция*** – это уничтожение насекомых, являющихся переносчиками возбудителей инфекционных заболеваний. Дезинсекция также подразделяется на очаговую и профилактическую. Режимы и кратность обработки, выбор средств и способов дезинсекции зависят от видового состава насекомых, их численности, санитарного состояния объекта. Для уничтожения насекомых используют механические, физические, химические, биологические и комбинированные методы. Как и при дезинфекции, основным методом является химический.

Таблица 40

Методы и средства дезинсекции

|  |  |
| --- | --- |
| Методы | Способы и средства |
| Механический | Вылов в различные ловушки:  в световые - комаров, с сухим льдом – клещей;  на липкую ленту (бумагу) - мух, блох, москитов. |
| Физический | Применения огня, кипящей воды, водяного пара, горячего воздуха |
| Биологический | Применение препаратов: бактокулицида, бактолервицида, сферолервицида |
| Химический | Опрыскивание помещений - 50-100 мл;  Опрыскивание местности - 20-30 мл жидкого препарата на 1 м2;  Опыление местности - 2-3 г на 1 м2;  Аэрозолирование местности - 2-5 мл на 1 м2 |

***Дератизация*** – это комплекс мероприятий по борьбе с мышевидными грызунами. Мероприятия подразделяются на профилактические и истребительные. *Профилактические* мероприятия предусматривают создание условий, препятствующих проникновению, заселению и размножению грызунов в жилых домах и хозяйственных постройках, а также способствующих снижению численности популяции грызунов в естественных условиях. Истребительные мероприятия осуществляются с помощью механического, химического и биологического методов.

Механический метод состоит в вылове грызунов специальными орудиями лова. Химический метод заключается в отравлении грызунов ядовитыми веществами – ратицидами, которые применяются в виде отравленных приманок. Биологический метод состоит в применении патогенных для грызунов микрорганизмов, которыми обрабатывают пищевые приманки, а также естественных биологических врагов грызунов.

Мероприятия, направленные на организм, восприимчивый к инфекции, состоят в вакцинации и иммунопрофилактике инфекционных болезней. ***Вакцинация*** − это метод создания активного иммунитета против инфекционного заболевания путем введения вакцины в организм человека или животного. Она является составной частью ***иммунопрофилактики***, имеющей целью предупредить возникновение инфекционного заболевания путем создания у привитых продолжительного поствакцинального иммунитета после предварительного введения в организм вакцинных препаратов.

На сегодняшний день приказом Минздрава РФ № 229 от 27.06.2001 г. предусмотрены следующие прививки:

Таблица 41

Национальный календарь профилактических прививок

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст | Наименование прививки |
| 12 часов | Первая вакцинация против вирусного гепатита В |
| 3-7 дней | Вакцинация против туберкулеза |
| 1 месяц | Вторая вакцинация против вирусного гепатита В |
| 3 месяца | Первая вакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита |
| 4,5 месяца | Вторая вакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита |
| 6 месяцев | Третья вакцинация против гепатита В, дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита |
| 12 месяцев | Вакцинация против кори, краснухи, эпидемического паротита |
| 18 месяцев | Первая ревакцинация против дифтерии, коклюша, столбняка, полиомиелита |
| 20 месяцев | Вторая ревакцинация против полиомиелита |
| 6 лет | Ревакцинация против кори, краснухи, эпидемического паротита |
| 7 лет | Ревакцинация против туберкулеза, вторая ревакцинация против дифтерии и столбняка |
| 14 лет | Третья ревакцинация против полиомиелита, дифтерии и столбняка, ревакцинация против туберкулеза |
| Взрослые | Ревакцинация против дифтерии и столбняка – каждые 10 лет от момента последней ревакцинации |

При возникновении чрезвычайных ситуаций и по профессиональным показаниям могут проводится прививки и от других опасных инфекций.

*Таким образом, мы рассмотрели вопросы профилактики эпидемий. Как следует из вышеизложенного, профилактика эпидемий направлены на три составляющие эпидемического процесса. При правильном и своевременном проведении этих мероприятий на территории страны в сочетании с эпидемическим контролем на границах позволяют избежать вспышек наиболее опасных инфекционных заболеваний. Однако полностью исключить возможность заболеваний различными инфекциями на сегодняшний день невозможно. Ниже мы рассмотрим противоэпидемические мероприятия, проводимые в эпидемических очагах.*

## 12.2. Организация противоэпидемических мероприятий

Эпидемический очаг, в котором имеется один источник инфекции, называется единичным, а в котором несколько больных или носителей – множественным. Первое заболевание в очаге называется первичным, а возникающие потом – вторичными. Каждый эпидемический очаг имеет временные и пространственные границы.

В целях разработки мер, направленных на ограничение дальнейшего распространения и ликвидацию очага, проводится эпидемиологическое обследование. Обследование должно быть проведено не позднее первых 24 часов после получения извещения об опасном инфекционном заболевании. В ходе обследования решаются следующие задачи:

* выявление источника инфекции;
* установление факторов передачи возбудителя;
* определение границ очага.

Эпидемиологическое обследование включает:

* опрос больного и окружающих его лиц;
* осмотр очага инфекции;
* изучение медицинских документов;
* лабораторные и инструментальные исследования.

На основе проведенного обследования принимается решение на проведение противоэпидемических мероприятий. В качестве таковых могут использоваться:

* лечебные и лечебно-эвакуационные мероприятия;
* медицинское наблюдение;
* разобщение;
* карантин;
* обсервация;
* экстренная профилактика;
* санпросветработа.

***Лечебные мероприятия*** направлены на изоляцию заболевших от окружающих и их лечение. Обязательной госпитализации подлежат больные и лица с подозрением на опасное инфекционное заболевание. Выписка больных из стационара проводится после клинического выздоровления и окончания заразного периода.

***Лечебно-эвакуационные мероприятия*** организуются и осуществляются в целях оказания квалифицированной и специализированной помощи больным и предупреждения выноса инфекции за пределы эпидемического очага на этапах медицинской эвакуации.

***Медицинское наблюдение*** устанавливается за лицами, общавшимися с источником инфекции или подвергшиеся риску заражения через факторы передачи возбудителя в очаге. Срок наблюдения устанавливается в соответствии с максимальным инкубационным периодом данной инфекции. При подозрении на начало заболевания, наблюдаемый подлежит немедленной госпитализации.

***Разобщение*** заключается в недопущении контактов между лицами, находящимися под медицинским наблюдением.

***Карантин*** – это система временных организационных, режимно-ограничительных, административно-хозяйственных, санитарно-противоэпидемических, санитарно-гигие­ни­чес­ких и лечебно-профилактических мероприятий с целью обеспечения локализации эпи­де­ми­чес­кого, эпизоотического или эпифитотического очагов и последующей их ликвидации.

Ка­ран­тин устанавливается при особо опасных инфекционных заболеваниях. При необходимости, режим карантина обеспечивается вооруженным оцеплением по границам эпидемического очага, организацией комендантской службы.

Действие карантина прекращается по истечении срока максимального инкубационного периода установленного инфекционного заболевания, исчисляемого с момента изоляции последнего больного и завершения дезинфекции в очаге.

***Обсервация*** – это режимно-ограничительное мероприятие, предусматривающее ограничение перемещения и передвижения людей или сельскохозяйственных животных во всех сопредельных с зоной карантина административно-территориальных образованиях, которые создают зону обсервации. Продолжительность обсервации устанавливается после определения вида возбудителя и исчисляется с момента изоляции последнего больного и окончания дезинфекционных мероприятий на срок максимального инкубационного периода для данного заболевания.

Таблица 42

Сроки режимно-ограничительных мероприятий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование  заболевания | Сроки, сутки | |
| обсервации | карантина |
| Чума | Не устанавливается | 9 |
| Сибирская язва | 8 | Не устанавливается |
| Туляремия | 6 | Не устанавливается |
| Бруцеллёз | 50 | Не устанавливается |
| Сап | 5 | Не устанавливается |
| Мелиоидоз | 5 | Не устанавливается |
| Эпидемический сыпной тиф | 14 | 23 |
| Ку-лихорадка | 21 | Не устанавливается |
| Лихорадка Марбург | Не устанавливается | 21 |
| Лихорадка Эбола | Не устанавливается | 21 |
| Жёлтая лихорадка | 16 | 12 |
| Лихорадка денге | 8 | 12 |
| Лихорадка Ласса | Не устанавливается | 21 |

***Экстренная профилактика*** – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение заболевания людей в случае их заражения или подозрения на заражение возбудителями инфекционных болезней. Длительность курса экстренной профилактики определяется защитными свойствами препаратов, а также продолжительностью инкубационного периода инфекционного заболевания и колеблется от 5 до 10 суток и более.

Таблица 43

Схема экстренной профилактики

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Препарат | Разовая доза, г | Кратность применения в сутки | Средняя доза на курс, г | Средняя продолжительность приема, сутки |
| Доксициклин | 0,1 | 1 | 0,3 – 0,6 | от 2 до 5 |
| Тетрациклин | 0,5 | 3 | 3,0 – 7,5 | от 2 до 5 |
| Рифампицин | 0,3 | 2 | 1,2 – 3,0 | от 2 до 5 |
| Рифаметоприм | 0,3 | 2 | 1,2 – 3,0 | от 2 до 5 |
| Сульфатон | 1,4 | 2 | 5,6 – 14,0 | от 2 до 5 |

***Санпросветработа*** проводится в эпидемическом очаге с целью повышения уровня осведомленности населения о данной инфекционной болезни, ее начальных клинических признаках и мерах индивидуальной профилактики. Такая работа является важнейшим средством своевременного выявления заболевших и предупреждения новых заболеваний.

*Таким образом, в процессе борьбы человечества с эпидемиями выработан целый комплекс мероприятий, которые проводятся в целях ограничения масштабов эпидемий. Правильное и своевременное выполнение таких мероприятий позволяет избежать больших человеческих жертв и материальных потерь при вспышке опасных и особо опасных инфекционных заболеваний.*

# Литература

*Основная*

1. ***Баринов А.В.*** Чрезвычайные ситуации природного характера и защита от них. Учеб. пособие для вузов. – М.: Издательство ВЛАДОС-ПРЕСС, 2003. – 496 с.
2. ***Мазур И.И., Иванов О.П.*** Опасные природные процессы. Вводный курс. Учебник. – М.: Экономика, 2004. – 702 с.
3. Природные опасности России. Монография в 6 т. / Под общ. ред. В.И.Осипова и С.К.Шойгу. – М.: КРУК, 2000.
4. Учебник спасателя / Под ред. Ю.Л.Воробьева. – М.: МЧС РФ, 1997. – 520 с.

***Дополнительная***

1. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн.4. – М.: АСВ, 1998. – 208 с.
2. ***Алтунин А.Т.*** Формирования гражданской обороны в борьбе со стихийными бедствиями. – М.: Стройиздат, 1978. – 245 с.
3. Анализ последствий землетрясений. Сб. науч. трудов. – М.: ЦНИИСК, 1982. – 131 с.
4. ***Апродов В.А.*** Вулканы. – М.: 1982.
5. ***Вандышев А.Р.*** Медицина катастроф. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 384 с.
6. ***Войтковский К.Ф.*** Лавиноведение. – М.: 1989.
7. География лавин. – М. 1992.
8. ***Гинко С.С.*** Катастрофы на берегах рек. – М.: Гидрометеоиздат, 1977. – 128 с.
9. ***Головков В.П.*** Современные движения земной коры и сейсмичность. – М.: 1990.
10. ***Гостюшин А.В.*** Человек в экстремальной ситуации. – М.: Армада, 2001. – 384 с.
11. ***Залесов С.В.*** Лесная пирология. Учебное пособие. – Екатеринбург: УГЛТА, 1998. – 296 с.
12. Землетрясение: как правильно себя вести. – М.: 1991.
13. Интенсивные атмосферные вихри. – М.: 1985.
14. Катастрофы и человек. – М.: 1997.
15. ***Карлович И.А.*** Геология. – М.: Академический Проект, 2003. – 704 с.
16. ***Кипайкин В.А., Рубашкина Л.А.*** Эпидемиология. – Ростов н/Д: Феникс, 2002. – 480 с.
17. ***Котляков В.*** В мире снега и льда // Наука и жизнь. – 1996. – №12.
18. ***Кукал З.*** Природные катастрофы. – М.: 1985.
19. ***Линьков Е.М.*** Сейсмические явления. – М.: 1987.
20. ***Малышев А.И.*** Жизнь вулкана. – М.: 2000.
21. ***Моргунов В.***К. Основы метеорологии, климатологии. Метеорологические приборы и методы наблюдений. Учебник. – Ростов/Д.: Феникс, 2005. – 331 с.
22. ***Нежиховский Р.А.*** Наводнения на реках и озерах. – М.: 1988.
23. Опыт работы противопожарной службы при ликвидации последствий землетрясения в Армянской ССР. – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1989. – 115 с.
24. ***Петров Н.Ф.*** Оползневые системы. В 2-х кн. – М.: 1988.
25. ***Платов Н.А.*** Основы инженерной геологии. Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 174 с.
26. ***Пясковский Р.В.*** Наводнения. – М.: 1975.
27. ***Резанов И.А.*** Великие катастрофы в истории Земли. – М.: Наука, 1980. – 176 с.
28. ***Ротери Д.*** Вулканы. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2004. – 384 с.
29. ***Свиточ А.А., Сорохтин О.Г., Ушаков С.А.*** Палеогеография: Учебник для студ. вузов. – М.: Издательский центр Академия, 2004. – 448 с.
30. ***Святковский А.Е.*** Цунами не будет неожиданным. – М.: 1975.
31. ***Степановский Б.С.*** Механика селей. – М.: 1991.
32. Технологии гражданской безопасности. Научно-технический журнал.
33. Формирование оползней, селей и лавин. – М.: 1987.
34. ***Шейдегер А.*** Физические аспекты природных катастроф. – М.: 1981.

***Содержание***

[Введение 3](#_Toc128711438)

Лекция 1. [Причины землетрясений 8](#_Toc128711440)

Лекция 2. [Характеристика землетрясений 23](#_Toc128711442)

Лекция 3. [Причины извержений вулканов 34](#_Toc128711444)

Лекция 4. [Причины и характер оползней и обвалов 48](#_Toc128711447)

[Лекция 5.](#_Toc128711448) [Причины и характер селей 59](#_Toc128711450)

[Лекция 6.](#_Toc128711451) [Причины и характер снежных лавин 64](#_Toc128711453)

[Лекция 7.](#_Toc128711454) [Формирование атмосферных вихрей 75](#_Toc128711455)

[Лекция 8.](#_Toc128711456) [Факторы опасности при интенсивных атмосферных вихрях 83](#_Toc128711457)

[Лекция 9.](#_Toc128711458) [Причины наводнений и цунами 89](#_Toc128711460)

[Лекция 10.](#_Toc128711461) [Факторы опасности во время наводнений и цунами 100](#_Toc128711463)

[Лекция 11.](#_Toc128711464) [Причины и характер эпидемий, эпизоотий и эпифитотий 110](#_Toc128711465)

[Лекция 12.](#_Toc128711466) [Профилактика и ликвидация эпидемий 121](#_Toc128711467)

[Литература 128](#_Toc128711468)

**А.Р.Заец**

Опасные природные процессы

Курс лекций

Редактор М.И.Бруева

Подписано в печать\_\_\_\_\_\_\_ Формат\_\_\_\_\_ Тираж\_\_\_\_\_ Заказ №\_\_\_\_\_

Объем печ.л.\_\_\_\_\_ Усл. печ.л.\_\_\_\_\_\_\_ Печать офсетная. Бумага писчая.

Отпечатано в копировально-множительном бюро

Уральского института ГПС МЧС России

Екатеринбург, ул. Мира, 22.