

# Методы инженерной защиты от ЧС

- *Инженерная защита населения в ЧС* – комплекс мероприятий по обеспечению укрытия и жизнедеятельности населения в ЗС ГО при угрозе и возникновении ЧС военного, природного и техногенного характера с целью предотвращения и максимального снижения людских потерь.

# ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ НАВОДНЕНИЙ

**Выживаемость человека в воде в зависимости от ее температуры**

Температура воды, °С	Длительность выживания, ч	
	в спасательном жилете	в обычной одежде
+ 15 ... 20	до 12	до 5–6
+ 10 ... 15	6	2–3
+ 4 ... 10	3	0,5–1
+ 2 ... 4	1,5	10–15 мин
ниже + 2	менее 45 мин	2–3 мин

- В практике строительства в зонах наводнений получили применение в основном две принципиально различные схемы обвалования – *схема общего обвалования и схема обвалования по участкам.*
- *Схема общего обвалования* характеризуется устройством одной дамбы обвалования, полностью отгораживающей всю защищаемую территорию. Эта дамба обычно бывает непрерывной, но может быть и прерывистой, если по ее трассе имеются отдельные повышения рельефа местности.

- *Схема обвалования по участкам* характерна для территорий, пересекаемых большими оврагами или реками со значительным расходом воды и объемом годового стока.
- **Основными недостатками этой схемы являются:**
  - большая протяженность дамб обвалования и фронт фильтрации (из водоема на защищаемую территорию);
  - необходимость строительства на каждом участке защиты независимых дренажных систем и насосных станций.

# Инженерная защита и наводнения

- **Плотина - лотина** — гидротехническое сооружение, перегораживающее водоток для подъёма уровня воды, также служит для сосредоточения напора в месте расположения сооружения и создания водохранилища.
- **Судоходный шлюз** — гидротехническое сооружение на судоходных и **водных** путях для обеспечения перехода судов из одного **водного** бассейна (бьефа) в другой с различными уровнями воды в них.

- **На́сыпь** — сооружение из насыпного и уплотненного грунта. Используется, как правило, для сооружения автомобильных дорог, железнодорожных линий и каналов, чтобы избежать сильного перепада высот на транспортных линиях.
- **Да́мба** (от нидерл. dam) — гидротехническое сооружение, представляющее собой грунтовую насыпь трапецеидального сечения для регулирования водных потоков, иногда для защиты от снежных лавин и т. п.

- По условиям работы и назначения дамбы обвалования делятся на *незатопляемые* и *затопляемые*.
- *Незатопляемые дамбы* предназначены для постоянной защиты от затопления территории городов, поселков, промышленных предприятий, железных дорог, а также ценных земель интенсивного сельскохозяйственного использования.



*Затопляемые дамбы* предназначаются в основном для временной защиты от затопления сельскохозяйственных земель в летне-осенний период, то есть во время сельскохозяйственного использования этих земель, при относительно невысоких колебаниях уровня воды. В период половодий такие дамбы затапливаются вместе с защищаемой ими территорией.

В поперечном сечении защитные дамбы имеют обычно **трапецеидальную форму**, по существу мало чем отличающуюся от профиля земляных плотин. Наиболее типичные профили незатопляемых дамб показаны на рисунке. Первый из этих профилей (рис. 1 а), имеющий **правильную трапецеидальную форму** принимается при постоянном напоре и относительно небольших повышениях горизонта воды (1–1,5 м), когда превышение гребня дамбы над нормальным подпорным горизонтом (НПГ) определяется в основном высотой волны.

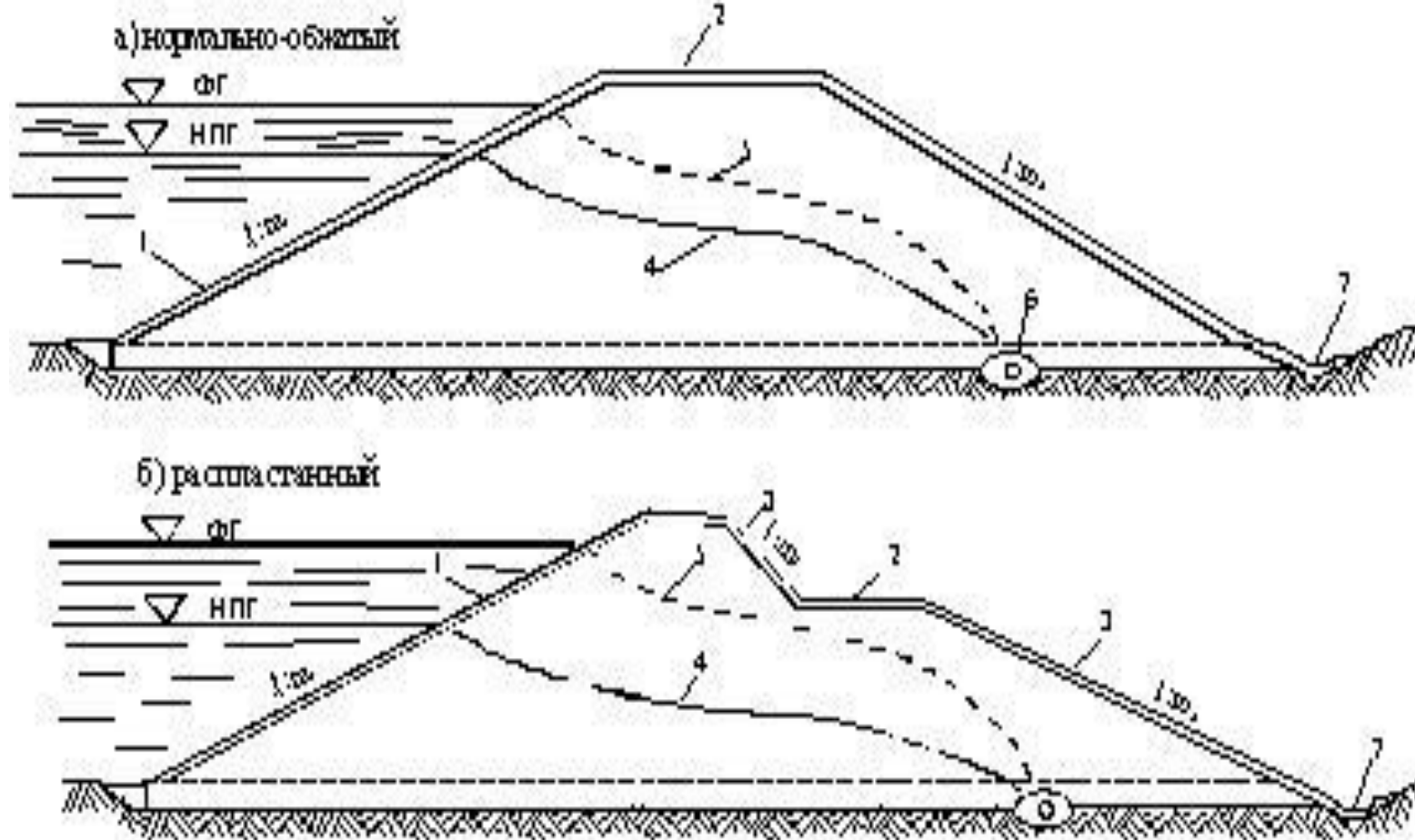


Рис. 1. Схематические профили незатопляемых дамб:

- 1 – защитные покрытия откосов; 2 – одежда проезжей части дороги; 3 – одерновка или посев трав; 4 – кривая депрессии при НПГ; 5 – кривая депрессии в половодье; 6 – трубчатый дренаж дамбы; 7 – кювет; (ФГ – фактический горизонт)

- Второй (рис. 1 б), распластанный трапецеидальный профиль дамбы более целесообразен при **значительных подъемах уровня воды над НПГ (2 м и более)**, когда отметка этого гребня дамбы диктуется в основном величиной этого подъема. Дамбы распластанного профиля в указанных условиях позволяют **уменьшать объем насыпи или при том же объеме насыпи уширять тело дамбы в нижней рабочей части и тем самым удалить береговую дренаж на большее расстояние от уреза воды, а следовательно, и уменьшить приток в нее из водоема.**

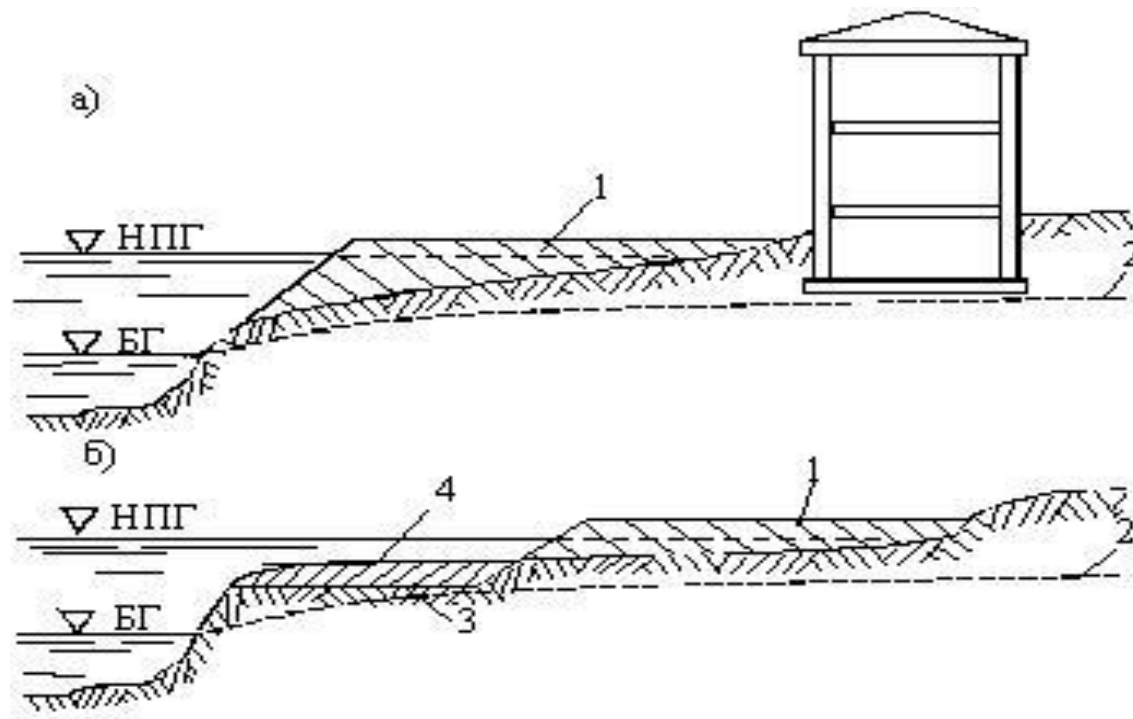
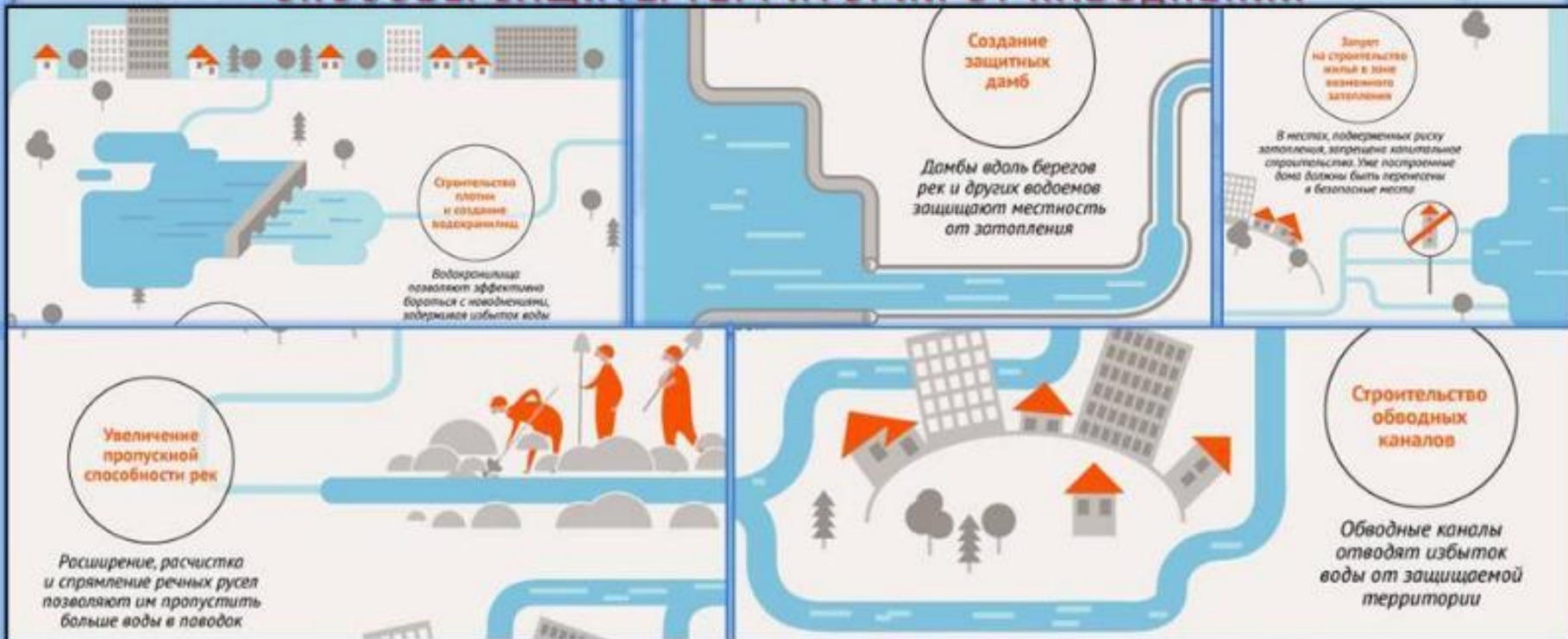


Рис. .2. **Схема искусственного повышения территорий**

На рисунке обозначено: а – при защите от затопления городских и промышленных территорий; б – при защите от затопления мелководных участков; 1 – подсыпка или намыв; 2 – уровень грунтовых вод в естественных условиях; 3 – линия срезки; 4 – выемка; (БГ – береговой горизонт).

# СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ТЕРРИТОРИЙ ОТ НАВОДНЕНИЙ



## Меры защиты от наводнений

### Инженерные (предупредительные)

- регулирование стока в русле реки;
- отвод паводковых вод;
- регулирование поверхностного стока на водосборах;
- обвалование русла рек и морских побережий;
- спрямление русел рек и дноуглубление;
- строительство берегозащитных сооружений (дамб, насыпей, валов, стенок);
- подсыпка застраиваемой территории;
- ограничение строительства в зонах возможных затоплений

### Оперативные (срочные)

- прогнозирование максимальных уровней наводнений;
- оповещение о возможных опасных уровнях;
- организация эвакуации населения и материальных ценностей;
- помощь пострадавшим;
- откачка воды из подтопленных территорий;
- уничтожение продуктов, имевших контакт с водой;
- очистка колодцев;



ВО ВРЕМЯ ПЛОВОДЬЯ ВОДОХРАНИЛИЩЕ НАКАПЛИВАЕТ ВОДУ И ЗАЩИЩАЕТ НАСЕЛЕННЫЕ ПУНКТЫ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ

**Полезный объем** – свободная емкость водохранилища, определяющая их способность к накоплению воды



КОГДА ВОДОХРАНИЛИЩА НЕТ, ПЛОВОДЬЕ МОЖЕТ ПРИВЕСТИ К НАВОДНЕНИЮ







# Дамба Ишим



# ИШИМ





# Дренажная система от затопления



# ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЗАТОРНОГО ПОДЪЕМА УРОВНЯ ВОДЫ

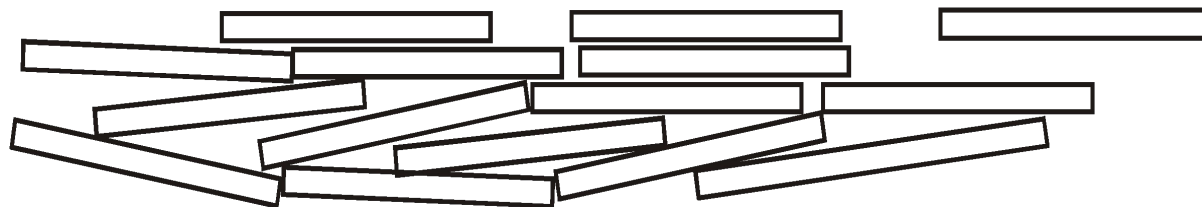


Рис. 2. Затор на реках подныриванием льда

# Масса одиночного заряда для взрывания льда и наиболее выгодная глубина его погружения

Масса заряда, кг	Глубина погружения, м	Диаметр полыньи при толщине льда, м								
		0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,5–0,6	0,6–0,8	0,8–1,0	1,0–1,2	1,2–1,5	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	–	–

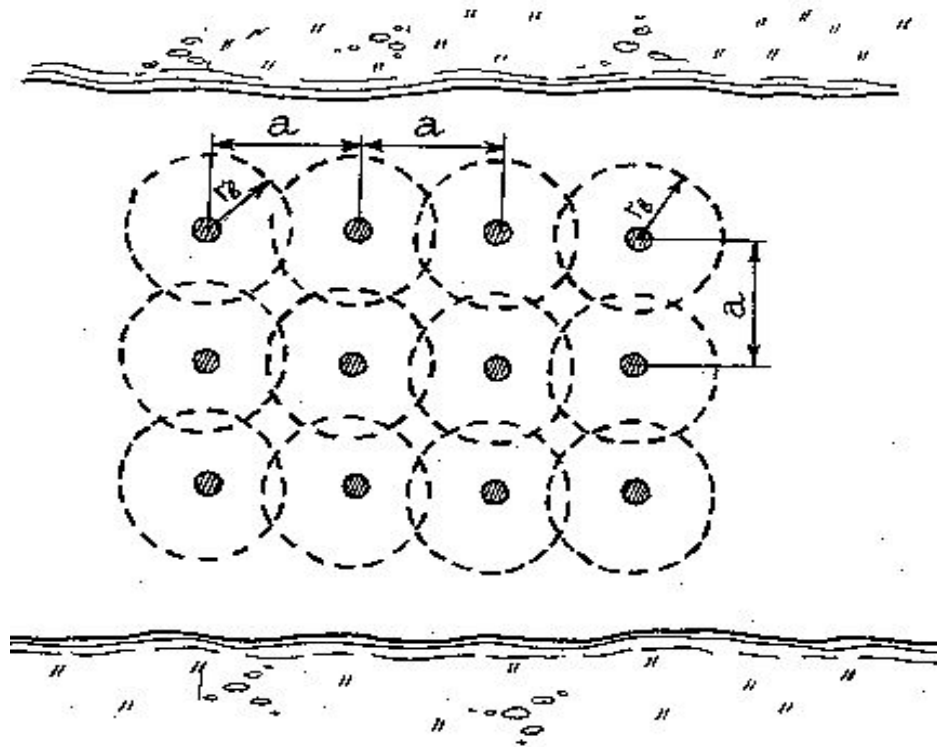


Схема размещения зарядов при разрушении ледяного покрова:

$a$  – расстояние между зарядами ( $a = (1,5...2,0) r_B$ );  $r_B$  – радиус воронки

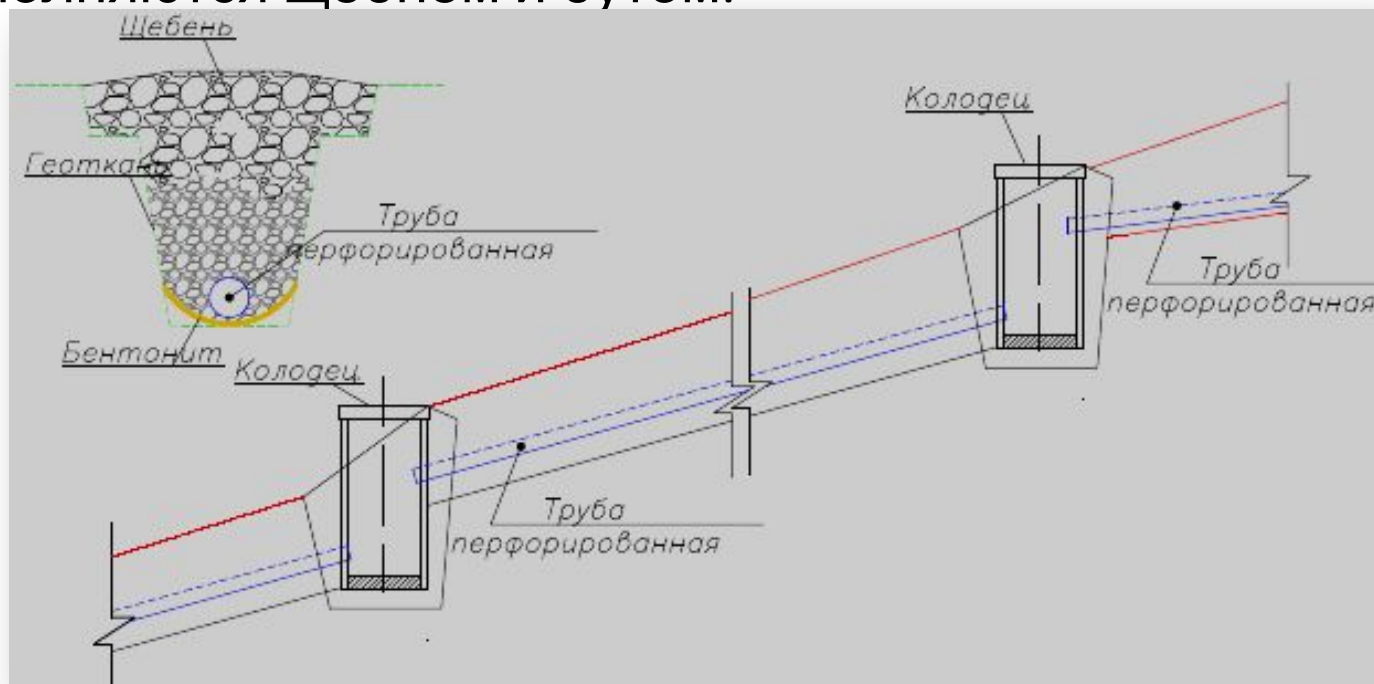
# Инженерная защита от оползней

- Относится к активным методам инженерной защиты. Для стабилизации грунтовой массив осушают, **уполаживают** и/или рассекают на блоки, изменяют свойства грунта.

## 1. Осушение

- **Для осушения применяют системы поверхностного стока и глубокого дренирования.** Поверхностные воды отводятся канавами, подземные — горизонтальными скважинами. Несмотря на дороговизну этих мероприятий, затраты на строительство дренажных систем значительно ниже, чем стоимость ликвидации последствий возможной катастрофы.
- Системы дренажа проектируются таким образом, чтобы собрать максимально возможный сток поверхностных вод с площади и отвести его в места возможного сброса

- При небольших объемах сбора дренажных вод используется однотрубный закрытый дренаж. Для прочистки при заиливании устанавливаются смотровые колодцы на расстоянии не более 40 метров друг от друга. Для дренажа используется перфорированная гофротруба типа Корсис. Перфорация и диаметр труб выбирается в зависимости от условий сбора воды и расчетных объемов принимаемой воды. Канавы заполняются щебнем и бутом.

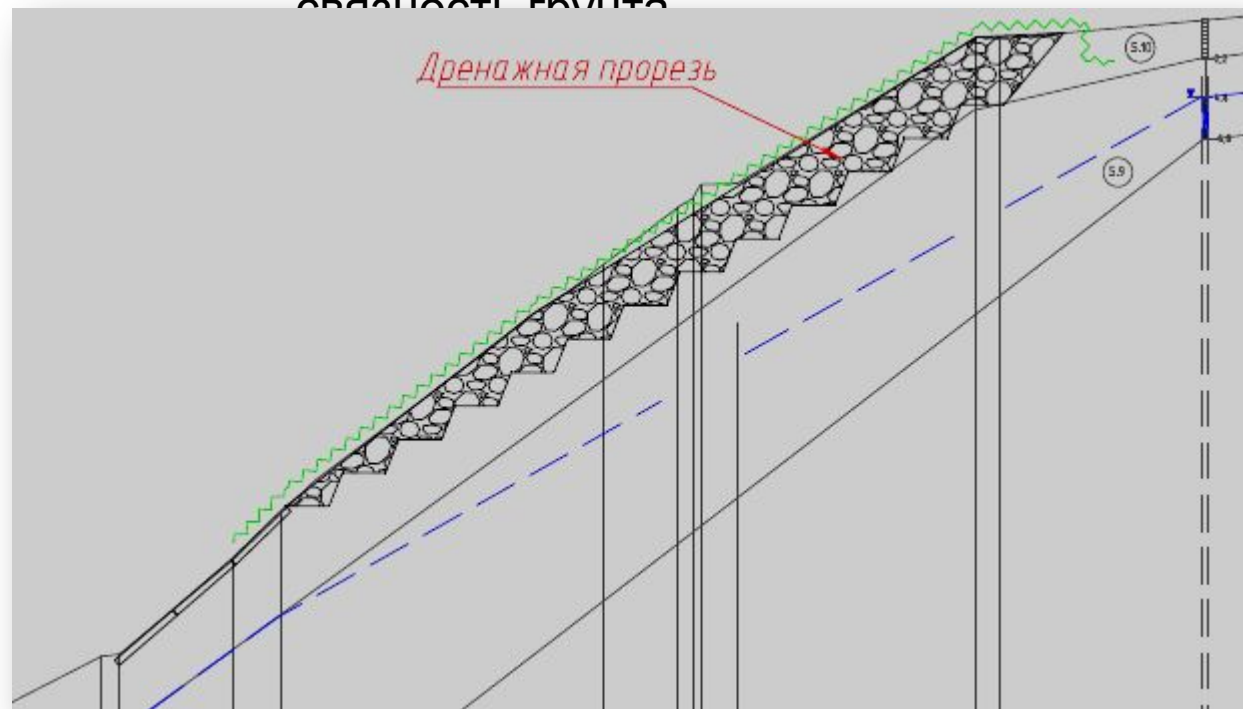




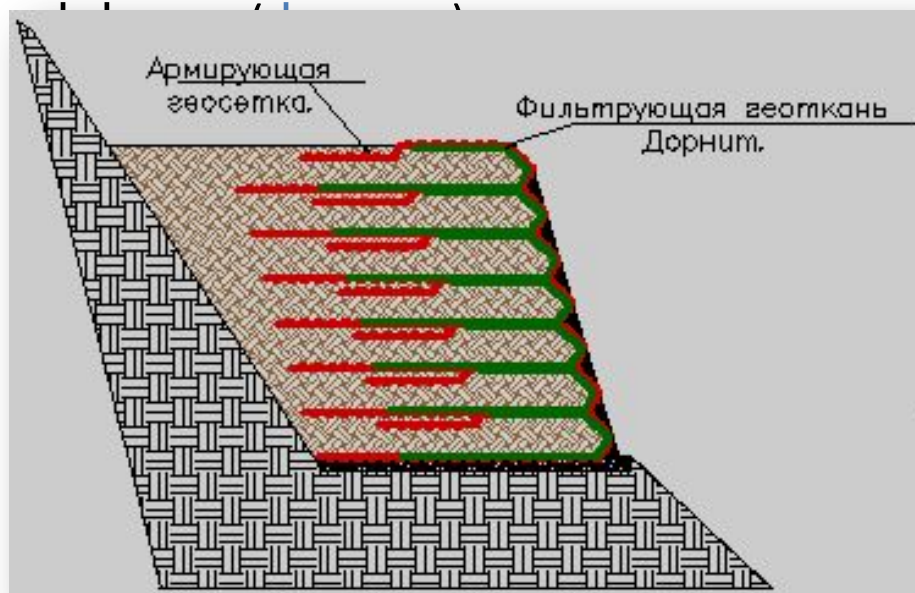
## 2. Уположение

Перераспределение грунтовых масс на оползневом массиве с целью **уположения** и повышения устойчивости является весьма действенным методом, но требует значительных затрат, и не всегда возможно из-за наличия построек и других наземных объектов.

Оптимальным средством стабилизации оползневого массива в таких случаях является устройство восходящих **дренажных прорезей** или **дренирующих контрфорсов** в подошве массива, рассекающих оползневое тело. Эффективность рассечения тем выше, чем выше



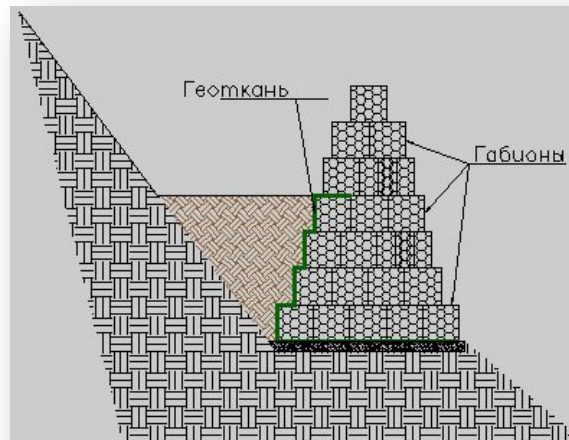
- Для стабилизации массива нередко используются пропитки грунта полимерными (акрил и т.п.), силикатными (жидкое стекло), битумными и другими составами.
- Грунтовые откосы могут закрепляться геосинтетиками. Эти современные материалы изменяют сдвиговые характеристики грунта, формирующего откос, за счет внедрения в грунт специальных тканей, грешеток и сеток). Стабилизирующий эффект дает послойное армирование грунта в откосе. При применении нетканых геотканей типа Дорнит происходит также эффективный вывод влаги из массива на поверхность за счет капиллярного



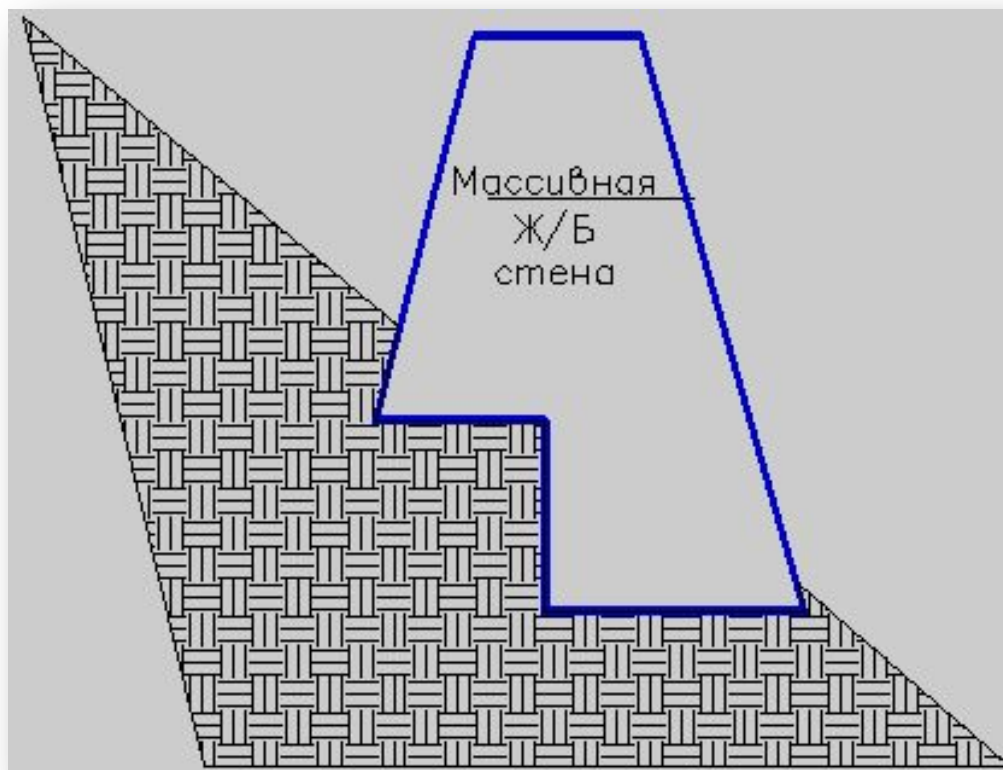
# Удержание оползня

## 1. Подпорные стены и габионы

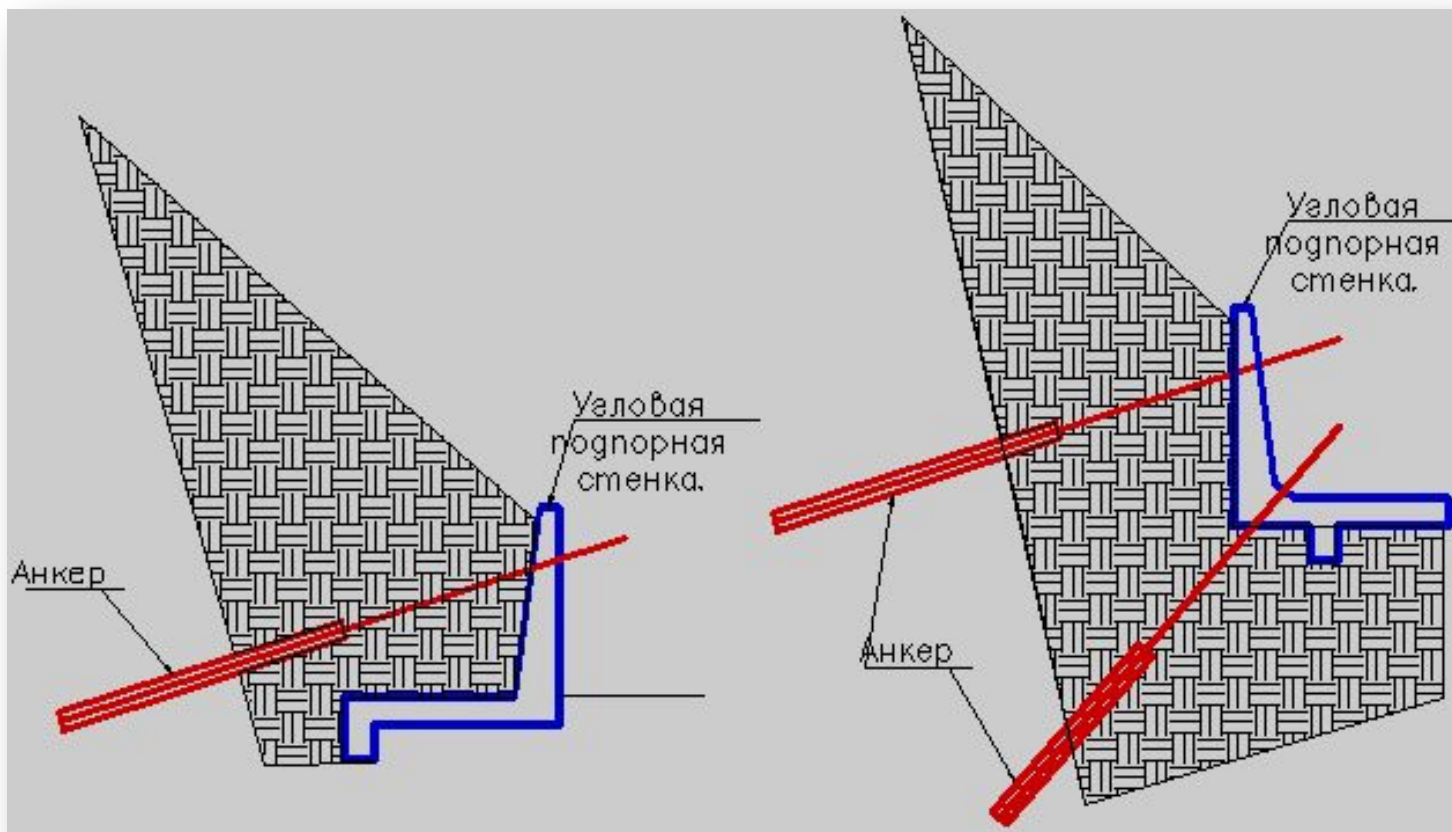
- Еще одним активным методом **геозащиты** являются подпорные стены — разнообразные инженерные сооружения, выполняющие задачу удержания оползневого массива.
- **Габионные конструкции** используются при незначительных объемах оползневого тела. Они экономически выгодны при возможности доставки камня с ближайших карьеров. Сооружения сохраняют свои свойства при больших деформациях до разрыва сетки.



- **Железобетонные стенки** требуют достаточно точной оценки нагрузки, к их основанию предъявляются высокие требования. Для реализации требуется большое количество бетона, что отражается на стоимости конструкции.

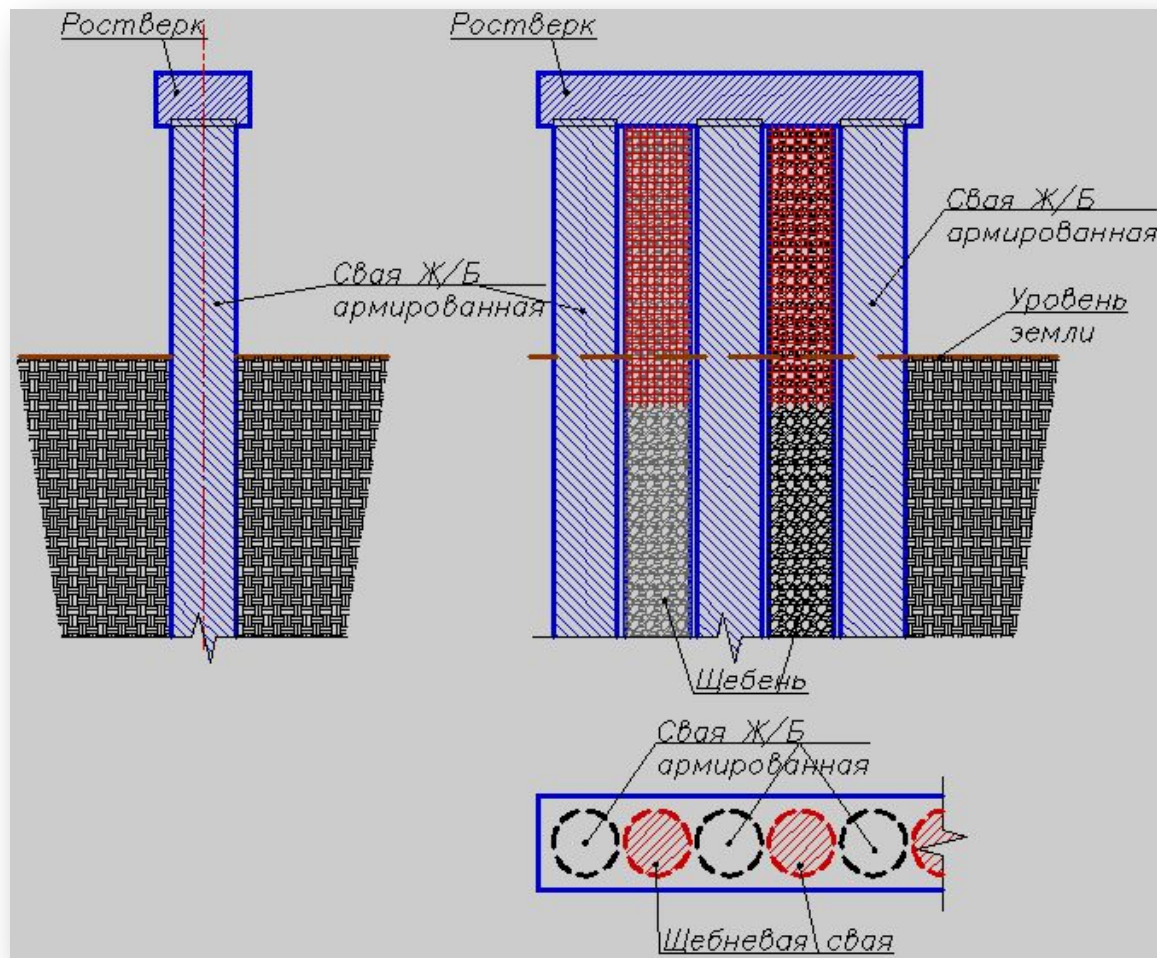


**Угловые стенки с дополнительным креплением анкерами** позволяют обойтись меньшими объемами бетона. Устойчивость стен значительно увеличивается за счет их крепления грунтовыми анкерами.

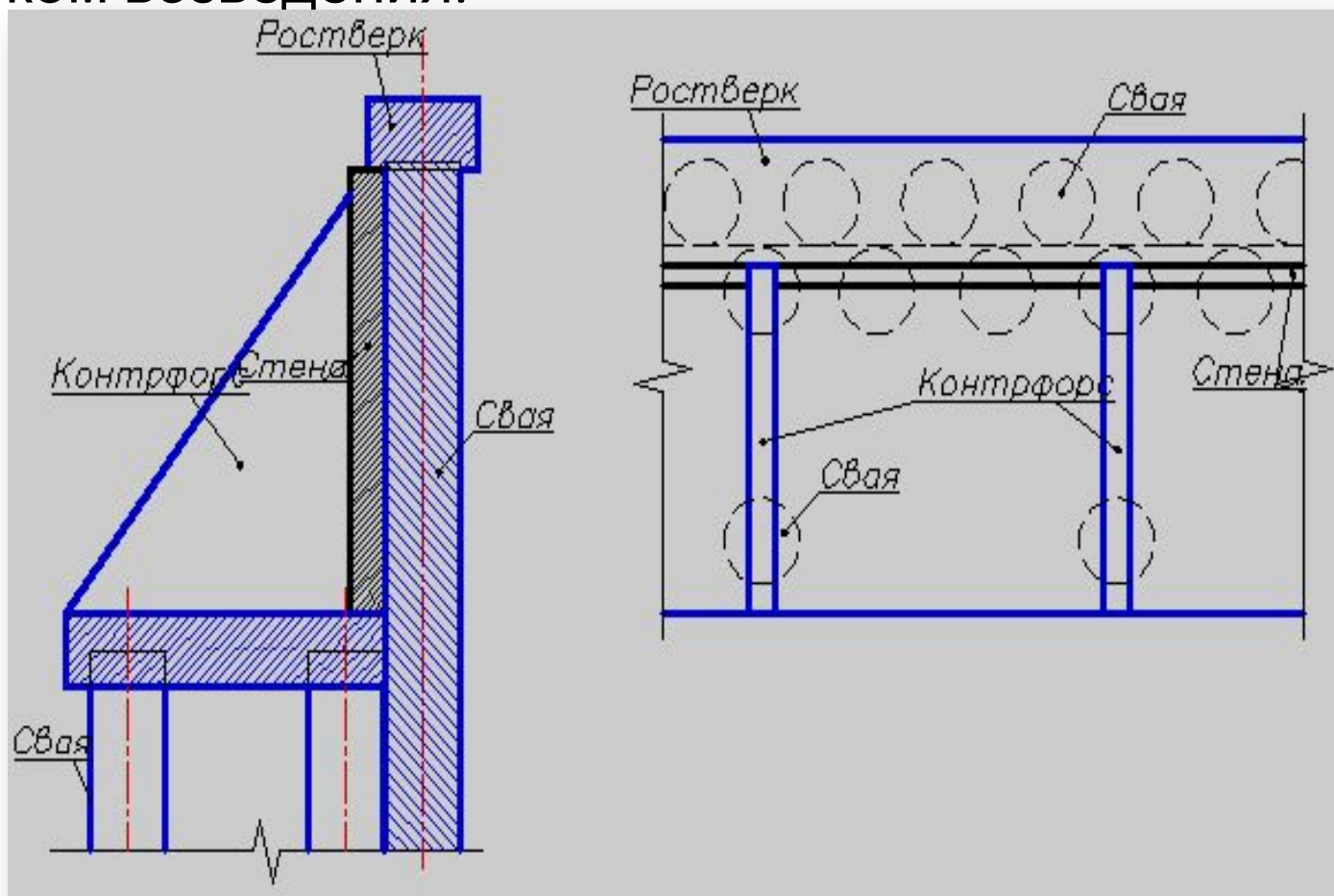




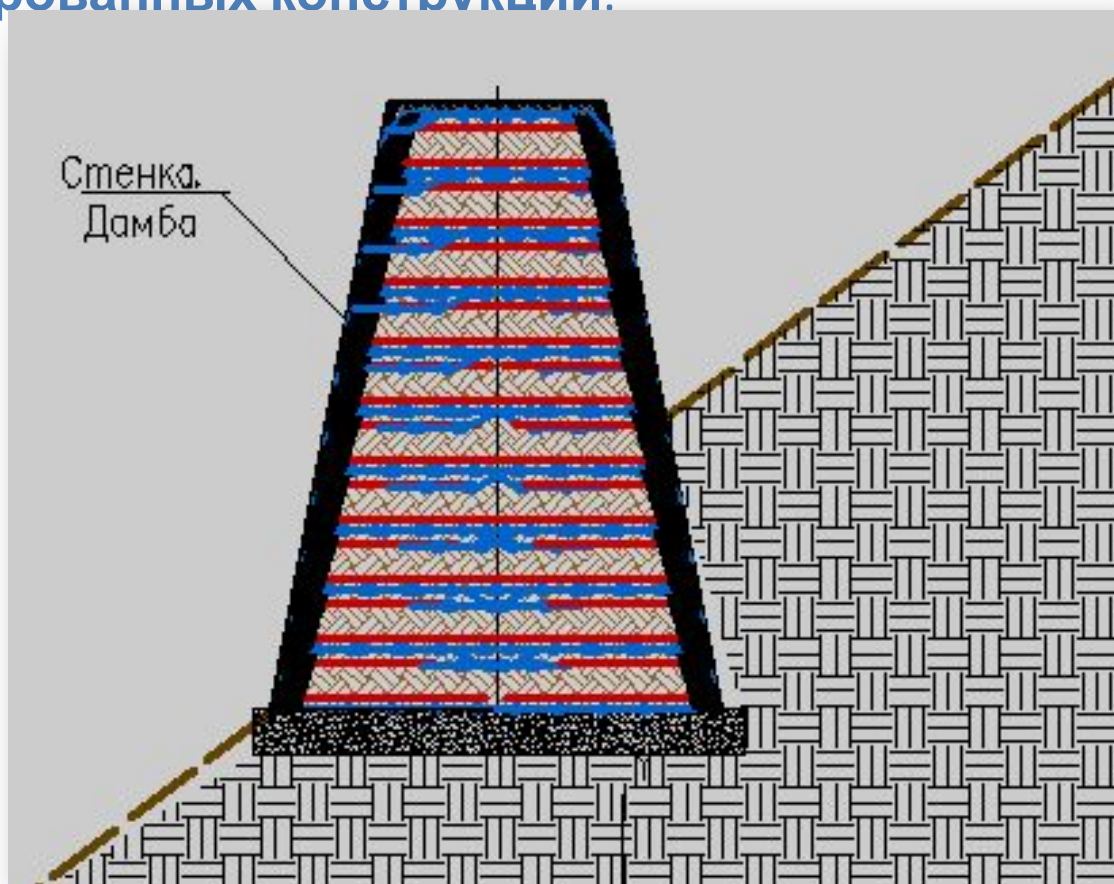
**Железобетонные стенки на свайном основании** позволяют закрепиться в прочных грунтах на большой глубине. Основной недостаток — высокая стоимость.



- **Подпорные стенки на буронабивных сваях** имеют преимущество за счет использования второго ряда свай, что резко увеличивает их несущую способность. Отличаются высокой стоимостью и длительным сроком возведения.

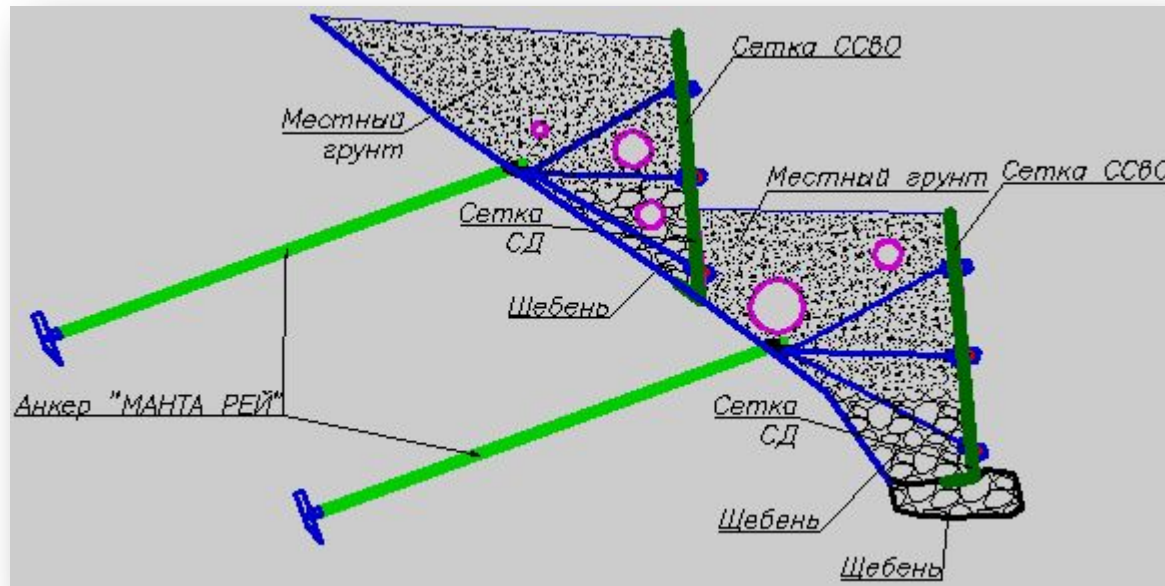


- На слабых основаниях предпочтительнее применять гибкие системы типа **габионов** или **армогрунтовых и комбинированных конструкций**.

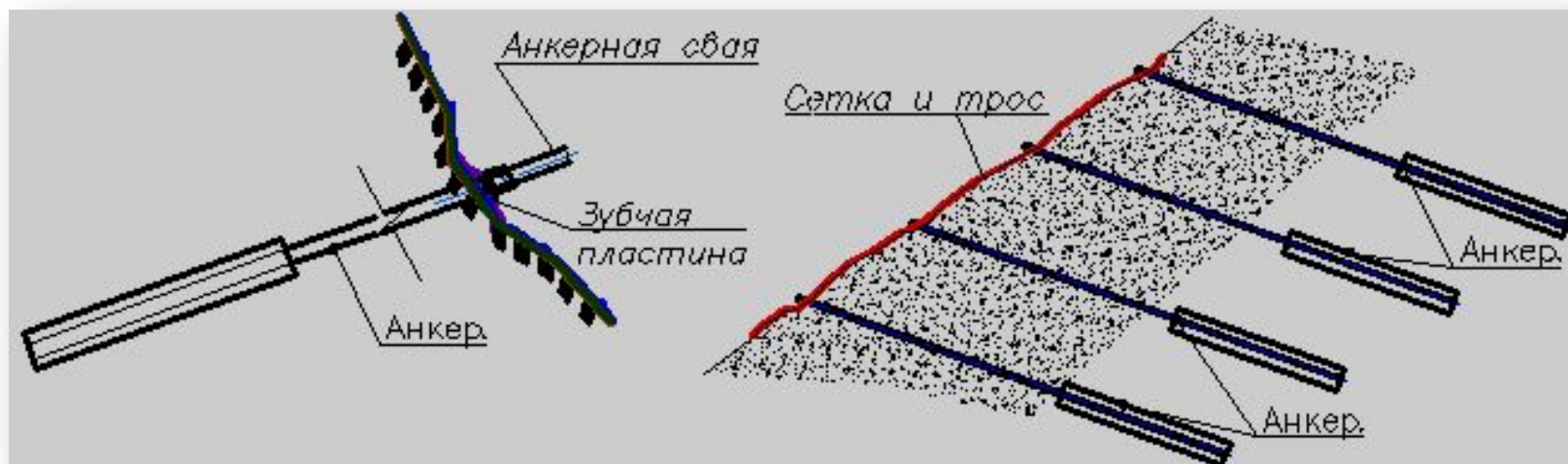




- Прислоненные террасы для прокладки сетей в низовом откосе (решетчатая металлическая панель, анкерное крепление к склону) позволяют с минимальными затратами закрепить склон, имеют привлекательный внешний вид и имеют минимальные сроки устройства.



- Анкерная технология является одной из самых эффективных для закрепления оползневых склонов. Применяется как средство армирования грунтового массива с одновременным притягиванием армируемой структуры к склону, повышая устойчивость грунтового массива. На практике в основном применяются **буринъекционные** анкеры (производители — [ARCO](#), [IRCHEBECK](#), [DIVIDAG](#)), а также забивные анкеры [MANTA RAY](#).
- Расчет нагельного поля осуществляется за счет подбора диаметра и прочности стержней анкеров, плотности их распределения по склону, глубины заделки, диаметра ствола скважины, а также наклона анкера и усилия **преднапряжения**.



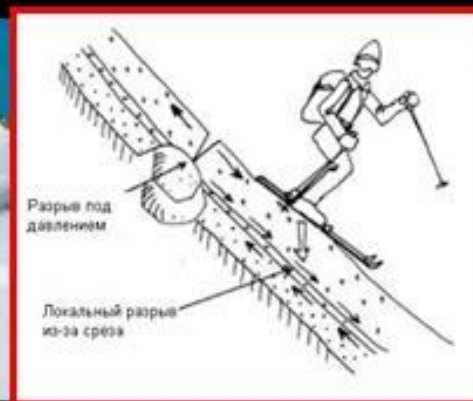
- **Ячеистое бетонирование** откосов склонов и канав, где в качестве армирующих ячеек используется полимерная **георешетка ПРУДОН**, которая закрепляется на откосе забивными анкерами. Ячейки **георешетки** заполняются плотным бетоном, создавая гибкую защитную структуру на поверхности.



# КАК РОЖДАЮТСЯ ЛАВИНЫ

## Причины схода снежной лавины :

- длительный снегопад,
- интенсивное таяние снега,
- землетрясение,
- взрывы вызывающие сотрясение горных склонов и колебания воздушной среды
- деятельность людей,

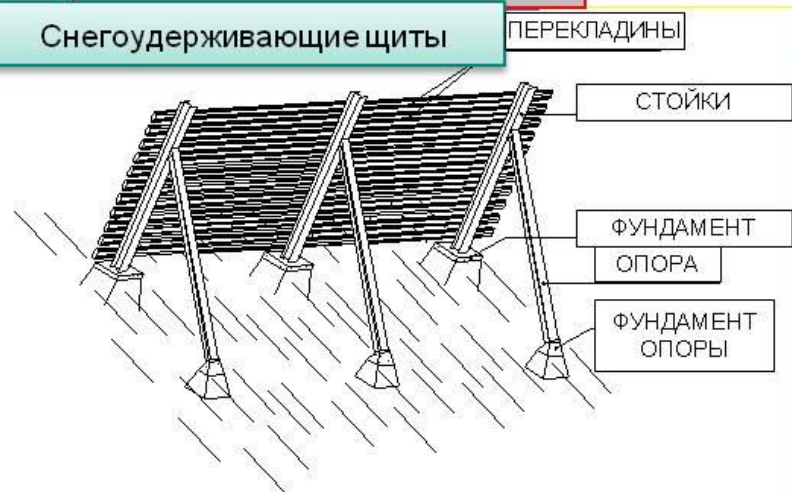




# Инженерная защита от лавин

## ЖЕСТКИЕ КОНСТРУКЦИИ

### Снегоудерживающие щиты

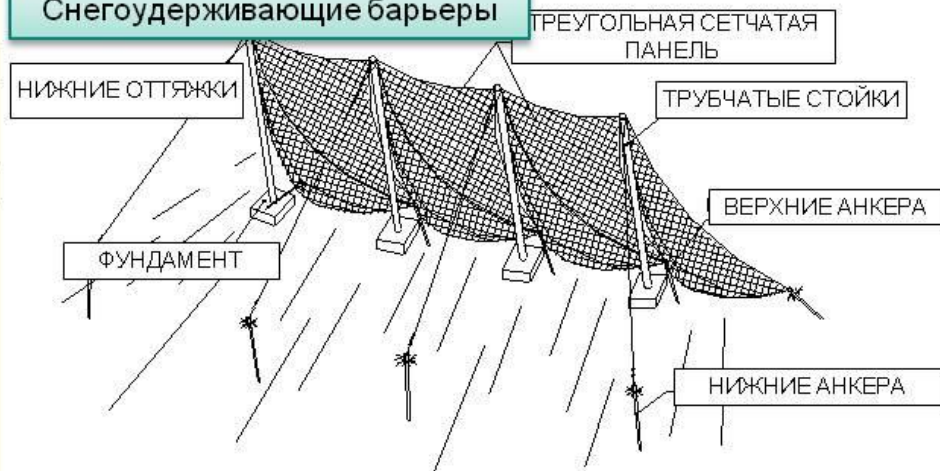


### Снегоудерживающие изгороди

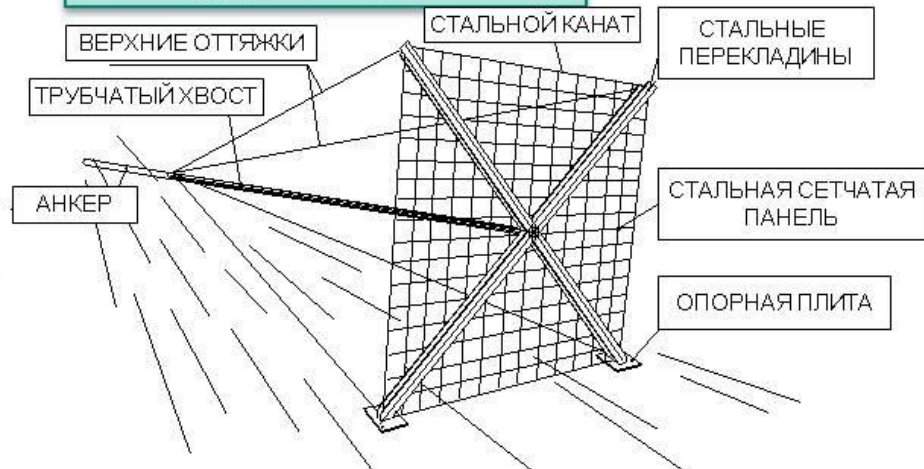


## ГИБКИЕ КОНСТРУКЦИИ

### Снегоудерживающие барьеры



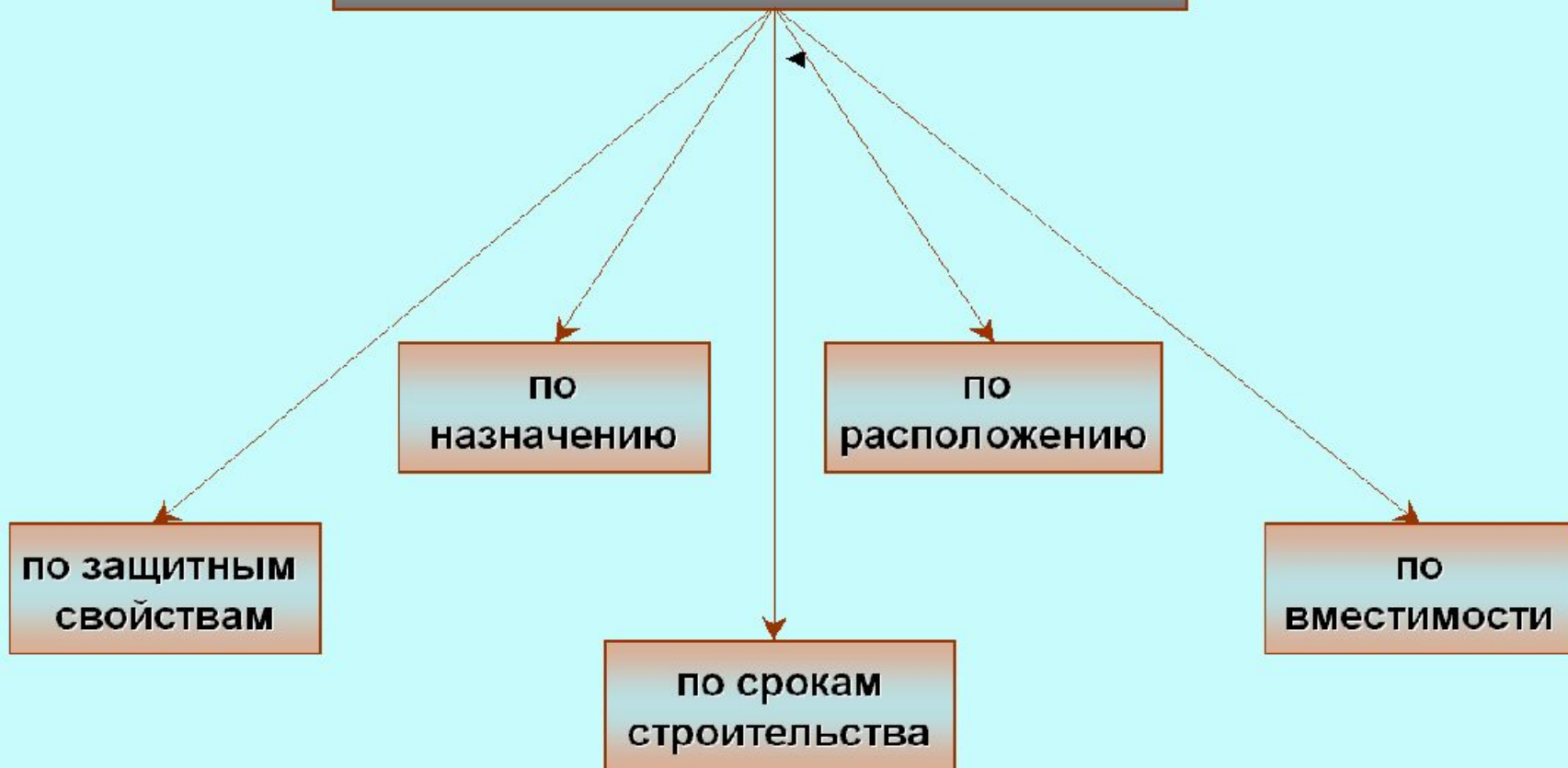
### Снегоудерживающие зонтики





# Защитные сооружения

# Классификация защитных сооружений ГО



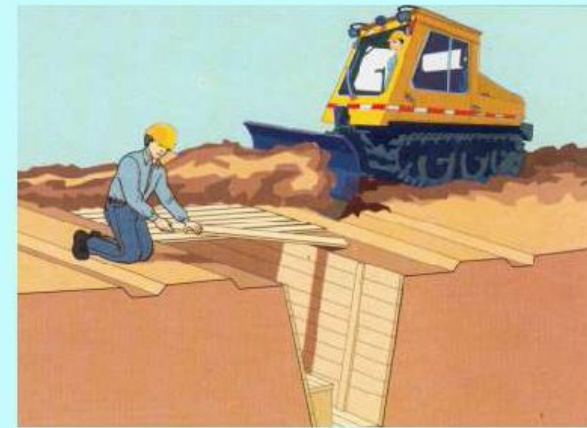
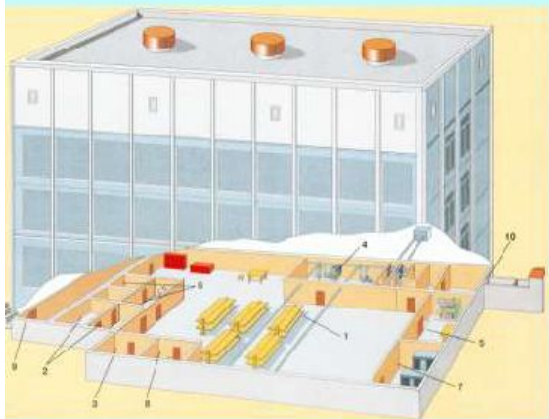


# Классификация по защитным свойствам

Убежища

Противорадиационные укрытия

Простейшие укрытия



2

## Классификация по назначению

### Общего назначения

Для защиты населения в городах и  
сельской местности

### Специального назначения

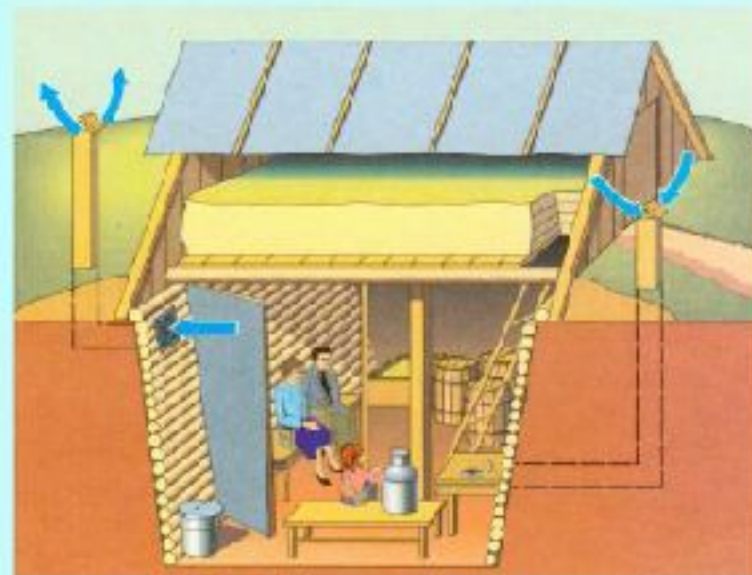
Для размещения органов  
управления, систем оповещения и  
связи, лечебного учреждения

3

## Классификация по месту расположению

Встроенные

Отдельно  
стоящие

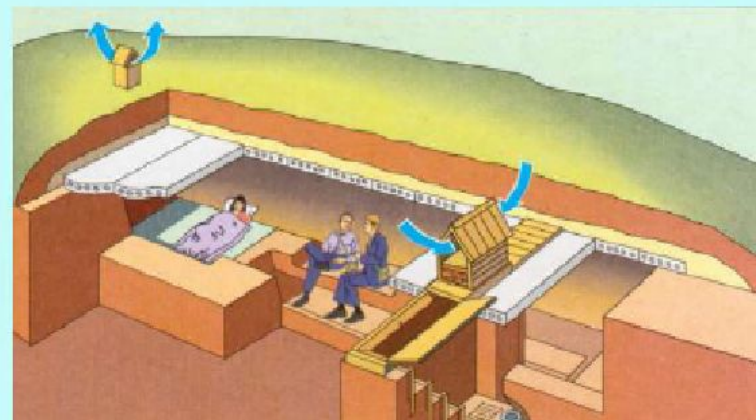
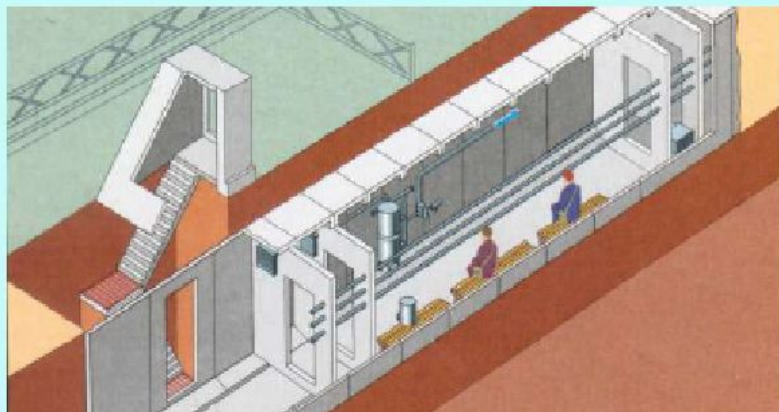


4

## Классификация по срокам строительства

Возводимые  
заблаговременно

Быстровозводимые





5

## Классификация по вместимости

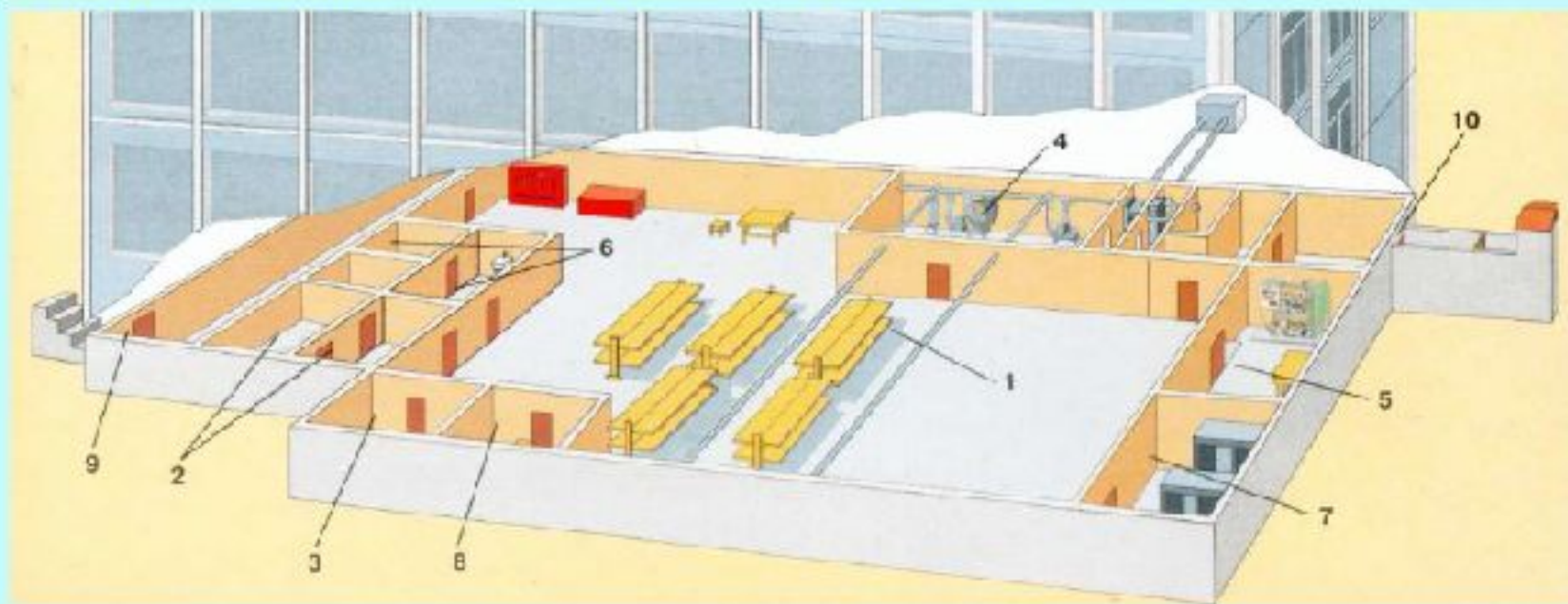
Малые  
до 600 укываемых

Средние  
600 – 2000 укываемых

Большие  
более 2000 укываемых



**Убежища** – защитные сооружения герметичного типа обеспечивающее наиболее надежную защиту людей от всех поражающих факторов (высоких температур и вредных газов в зонах пожаров, взрывоопасных, радиоактивных и аварийно химически опасных веществ), обвалов и обломков разрушенных зданий и сооружений и др., а также от современных средств поражения.



### **Основные помещения**

1. Помещение для укрываемых
2. Пункт управления
3. Медицинский пункт

### **Вспомогательные помещения**

4. Фильтровентиляционное помещение
5. Дизельная электростанция
6. Санитарный узел
7. Помещение для ГСМ и электрощитовая
8. Помещение для продовольствия
9. Вход с тамбуром
10. Аварийный выход с тамбуром

## Основные защитные показатели убежищ

Защита от избыточного давления

$\Delta P_{ф} = 100 \text{ кПа (1 кгс/см}^2\text{)}$

Степень ослабления проникающей радиации

$A = 1000$

Радиус сбора укрываемых

400 - 500 м

Расчетный срок пребывания

48 часов

## Основные объемно-планировочные нормы

Норма площади на 1 чел.

0,5 м<sup>2</sup> ( 2-х ярусное )

0,4 м<sup>2</sup> ( 3-х ярусное )

Объем воздуха на 1 чел

1,5 м<sup>3</sup>

Высота помещения

2,2 м

Размер мест для сидения

0,45 x 0,45 м

Размер мест для лежания

0,55 x 1,8 м

Количество мест для лежания

20 % (2-х ярусное) 30 % (3-х ярусное)



# Оборудование убежищ

**Система воздухообмена** - должна обеспечить людей в убежище необходимым количеством воздуха соответствующей температуры, влажности и газового состава

Режим работы	Очистка воздуха	Количество подаваемого воздуха, м <sup>3</sup> /чел.ч	Время работы, час
1 «Чистой вентиляции»	от пыли	8 - 13	не менее 48
2 «Фильтровентиляции»	от пыли, РВ, ОВ, БС	2	не менее 12
3 «Регенерации»	от углекислого газа		не менее 6

## Система воздухоснабжения

### ФВК – 1

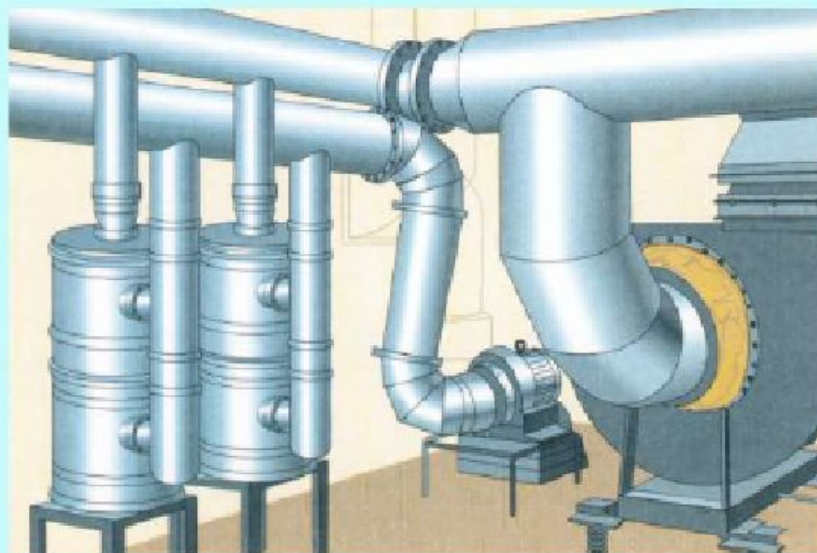
ПФП – 1000 ( 2 шт. )

ФПУ - 200 ( 3 шт. )

ЭРВ – 600/300 (2шт.)

Клапаны

Тягонапоромер



### ФВК – 2

ПФП – 1000 ( 2 шт. )

ФПУ - 200 ( 3 шт. )

ЭРВ – 600/300 (2шт.)

Клапаны

Тягонапоромер

РУ – 150/6

ФГ -- 70



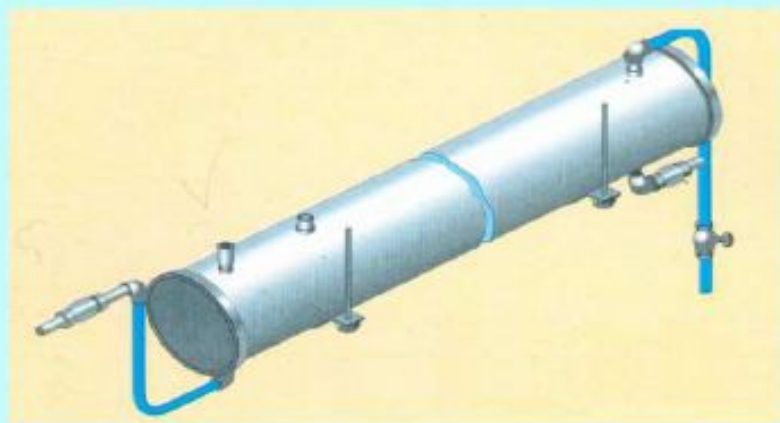
# Система водоснабжения

## Источники водоснабжения

- Водопроводная сеть ( расход воды **2** л/сут и суточный **25** л/сут на 1 укываемого )
- Артезианские скважины или колодцы
- Аварийный запас воды ( не менее **3** л/сут на 1 укываемого)



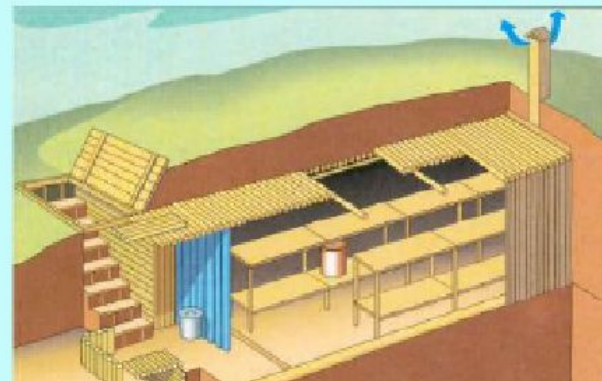
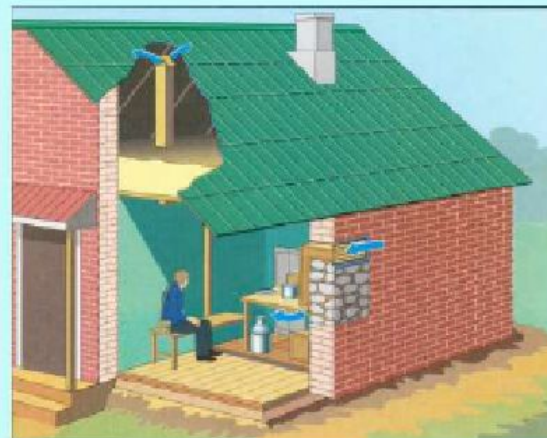
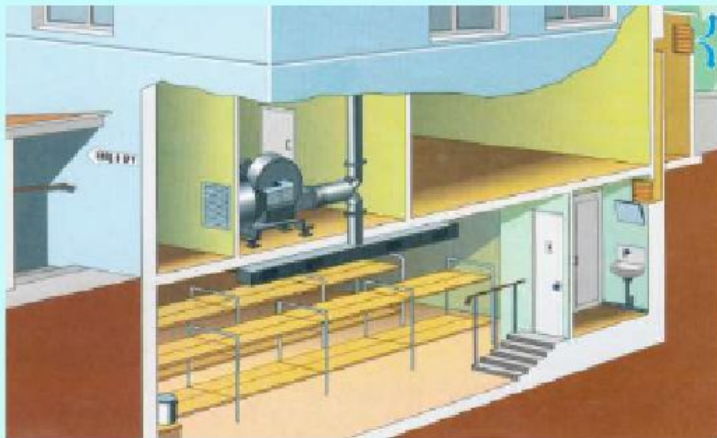
Вертикальный бак аварийного запаса



Подвесной бак аварийного запаса  
воды



**Противорадиационные укрытия** — сооружения, защищающие от ионизирующего излучения, заражения радиоактивными веществами, отравляющими химическими веществами и биологическими средствами.



# Характеристики ПРУ

## Основные характеристики ПРУ

Группа ПРУ	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
Защита от $\Delta P_f$ , кгс/см <sup>2</sup>	0,2	-	0,2	-	-
Коэффициент ослабления	200	200	100	100	50
Расчетный срок пребывания, час	24-48	24-48	48	24-48	48

Основные объемно-планировочные нормы	
Норма площади на 1 чел.	0,5 м <sup>2</sup> ( 2-х ярусное ) 0,4 м <sup>2</sup> ( 3-х ярусное )
Объем воздуха на 1 чел	1,5 м <sup>3</sup>
Высота помещения	1,9м
Размер мест для сидения	0,45 х 0,45 м
Размер мест для лежания	0,55 х 1,8 м
Количество мест для лежания	20 % (2-х ярусное) 30 % (3-х ярусное)

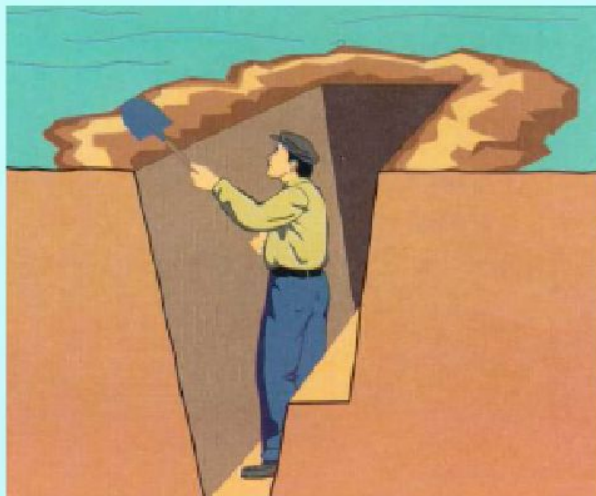


**Укрытия простейшего типа** – это щели, траншеи, землянки.

**Щели** являются простым по конструкции массовым ЗС, строительство которого может быть выполнено населением за короткие сроки.

## Простейшие укрытия

Открытая щель



Перекрытая щель



## Размеры щели

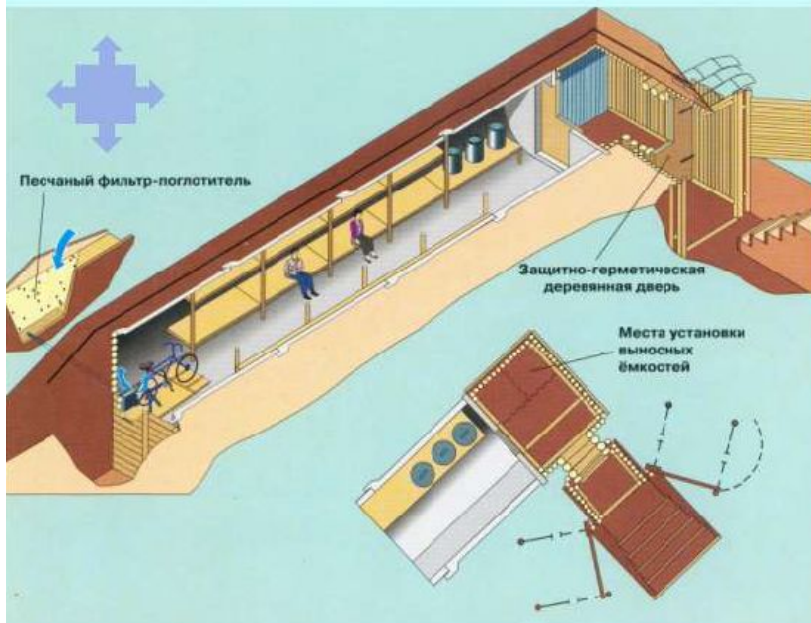
Глубина **1,8-2,0 м**, ширина поверху **1,0-1,2 м**, понизу **0,8 м**

Каждому укрываемому отводится **0,5 м**

Щель строится на **10- 40 человек**

**Быстровозводимые защитные сооружения** предназначены для коллективной защиты людей в условиях военного времени от поражающих факторов современного оружия и от поражающих факторов источников чрезвычайных ситуаций при техногенных и природных катастрофах в мирное время без использования средств индивидуальной защиты

### **БВУ из сборных элементов**



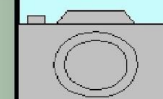
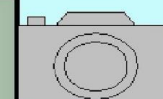
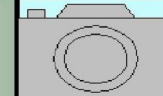
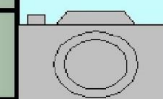
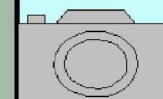
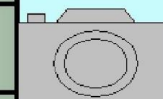
### **БВУ заводской готовности**





## БВУ заводской готовности

Наименование сооружения	Габаритные размеры, м	Масса, т	Время возведения, час.	Вместимость, чел.	Срок хранения, лет
КВС-АМ	Длина - 6,3 0 - 2,2	3,4	6	9	20
"Бункер-АМ"	Длина -12,58 Ширина- 3,32 Высота - 2,6	12,0	6	14	20
ФСКМ-1	Длина - 7,2 0 - 2,4	4,0	5	8	20
"Лифтер"	Длина - 6,4 Ширина- 2,4 Высота - 2,56	7,4	3	10	20
МФСБТ	Длина - 4,4 Ширина- 2,2 Высота - 2,44			30	20
"Панцирь-2ПУ"	Длина - 43,8 Ширина- 5,0 Высота - 4,3	78,0		60-80	20







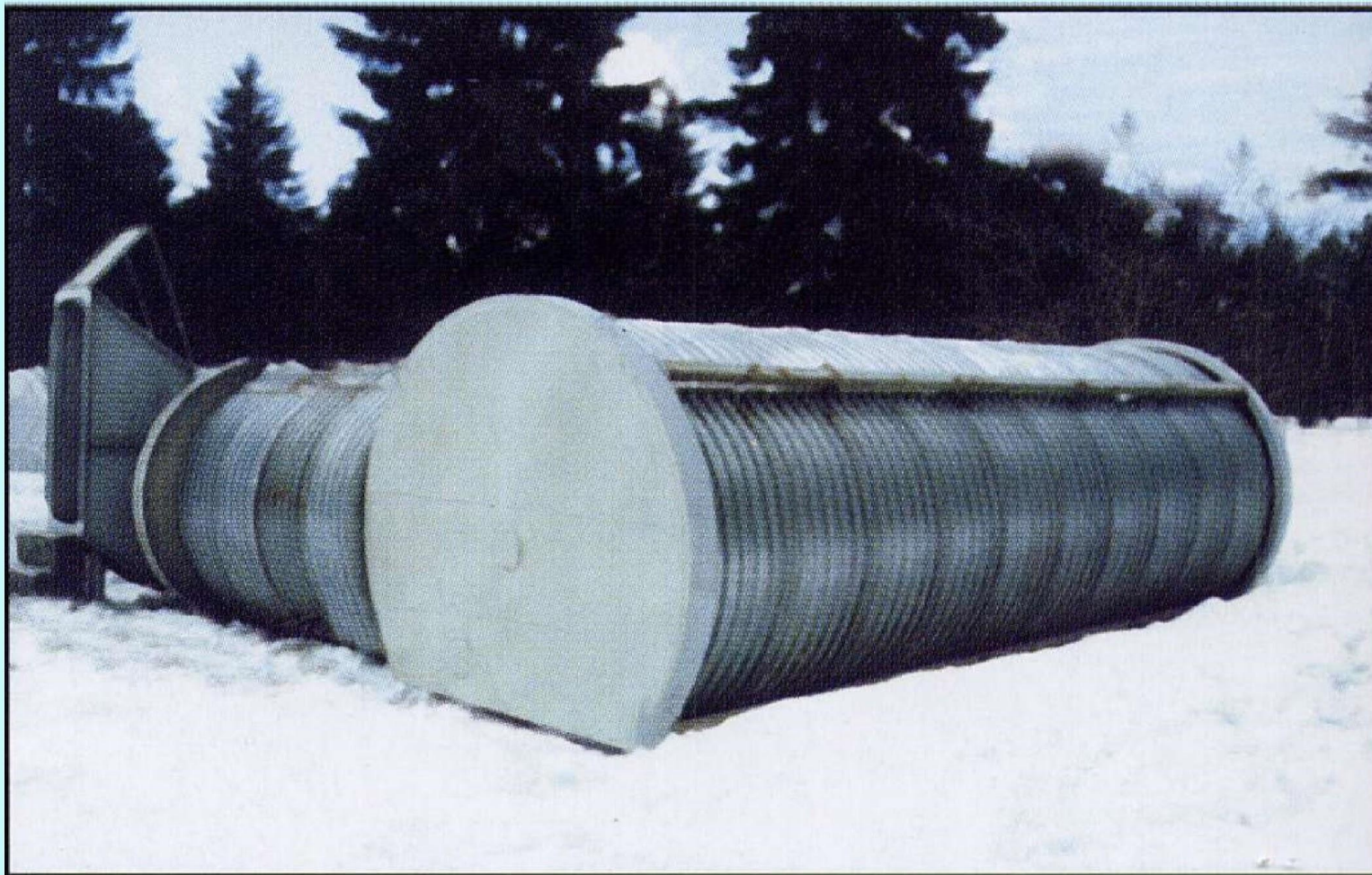


# Мобильные убежища





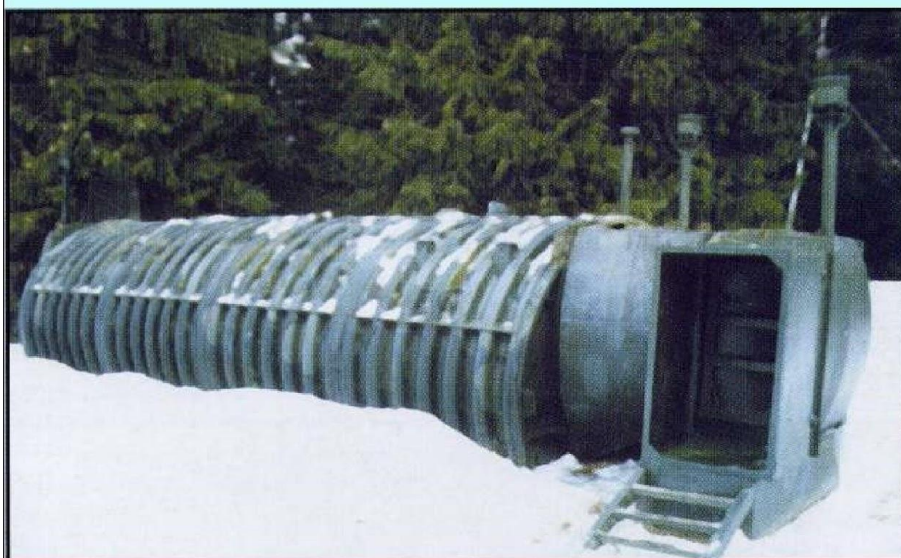
## **КВС - АМ**



**Состоит из остова и входа. Вход состоит из 2-х тамбуров и предтамбура**



## «БУНКЕР –АМ»



Состоит из основного помещения, двух торцевых блоков с дверными проёмами, блока входа с предтамбуром и вертикального лаза



## МФСБТ



**Модули-блоки конструктивно выполнены в виде параллелепипедов из стального проката по рамно-панельной схеме. Возможна стыковка 2-х и более сооружений**

## ФСКМ



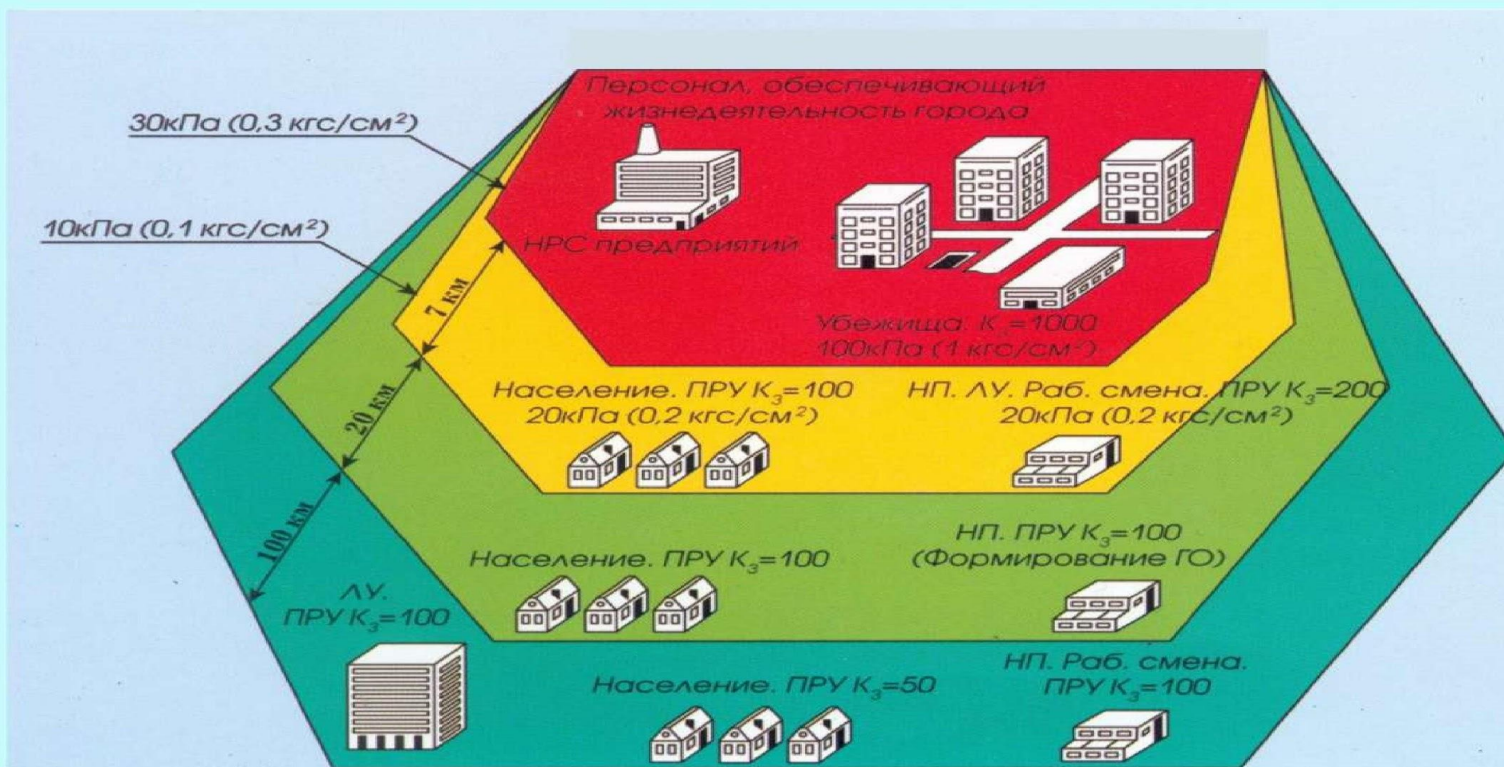
**Состав: основное помещение из 2-х отсеков, вход с двумя тамбурами, санитарно-технический отсек, сборно-разборный предтамбур, комплект средств внутреннего и бытового оборудования**



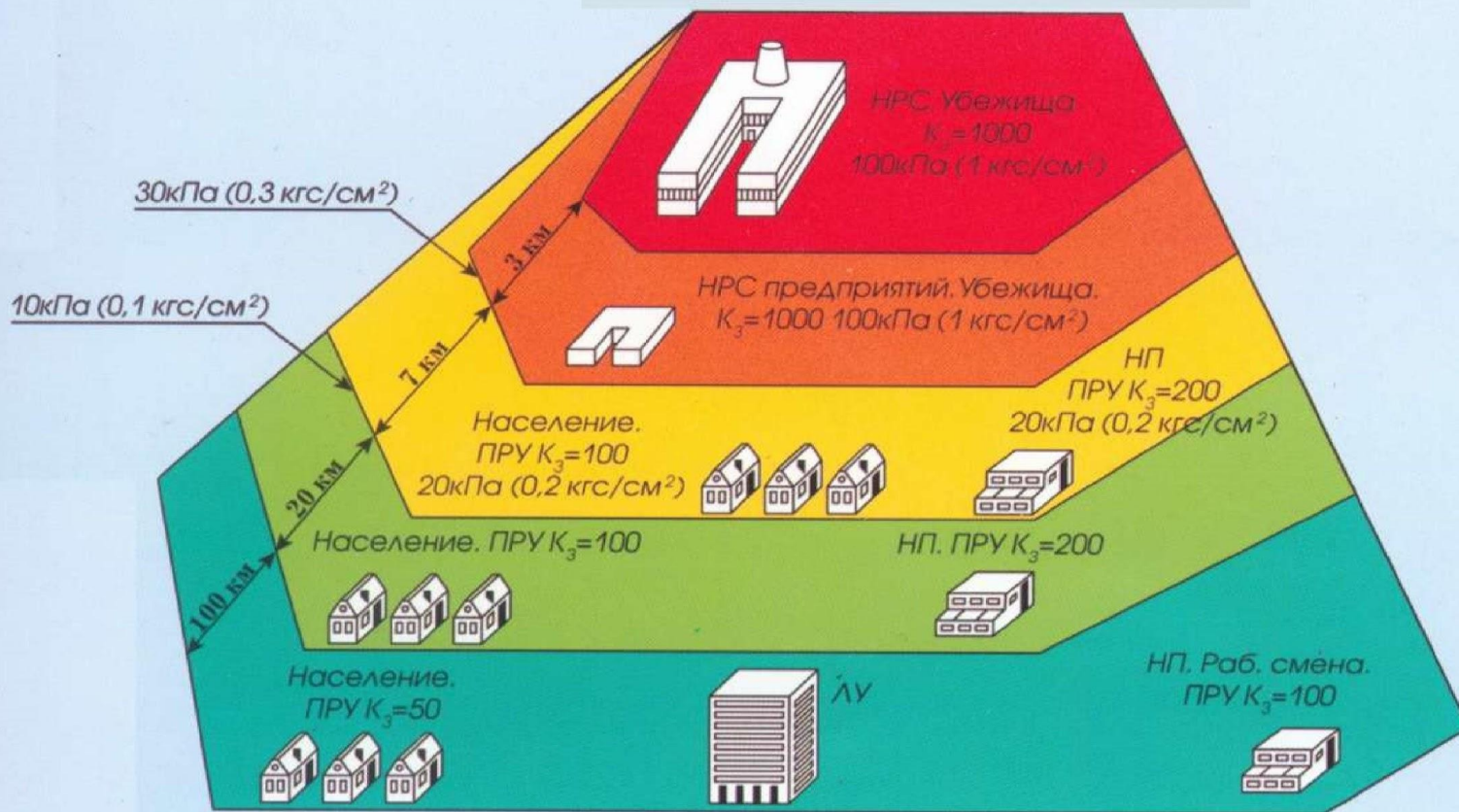


- зона проектной застройки;
- зона возможных сильных разрушений;
- зона возможных разрушений;
- зона возможного опасного РЗ;
- зона возможного сильного радиационного заражения (РЗ)

## Город особой, 1,2, 3 групп по ГО



## Отдельно стоящий объект ОВ





# ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗС ГО В МИРНОЕ И ВОЕННОЕ ВРЕМЯ

## Защитные показатели убежищ

Класс убежища	Избыточное давление во фронте ВУВ, кгс/см <sup>2</sup>	Степень ослабления проникающей радиации
1 А - I	5	5000
2 А - II	3	3000
3 А - III	2	2000
4 А - IV	1	1000

# Защитные показатели ПРУ

Наименование защитных показателей	Значение показателей				
	Тип ПРУ				
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
1 Защита от избыточного давления, кгс/см <sup>2</sup>	0,2	-	0,2	-	-
2 Степень ослабления проникающей радиации	200	200	100	100	50
3 Радиус сбора укрываемых, км	от 1,0 до 6,5				
4 Расчетное время пребывания укрываемых, ч	24-48	24-48	48	24-48	48

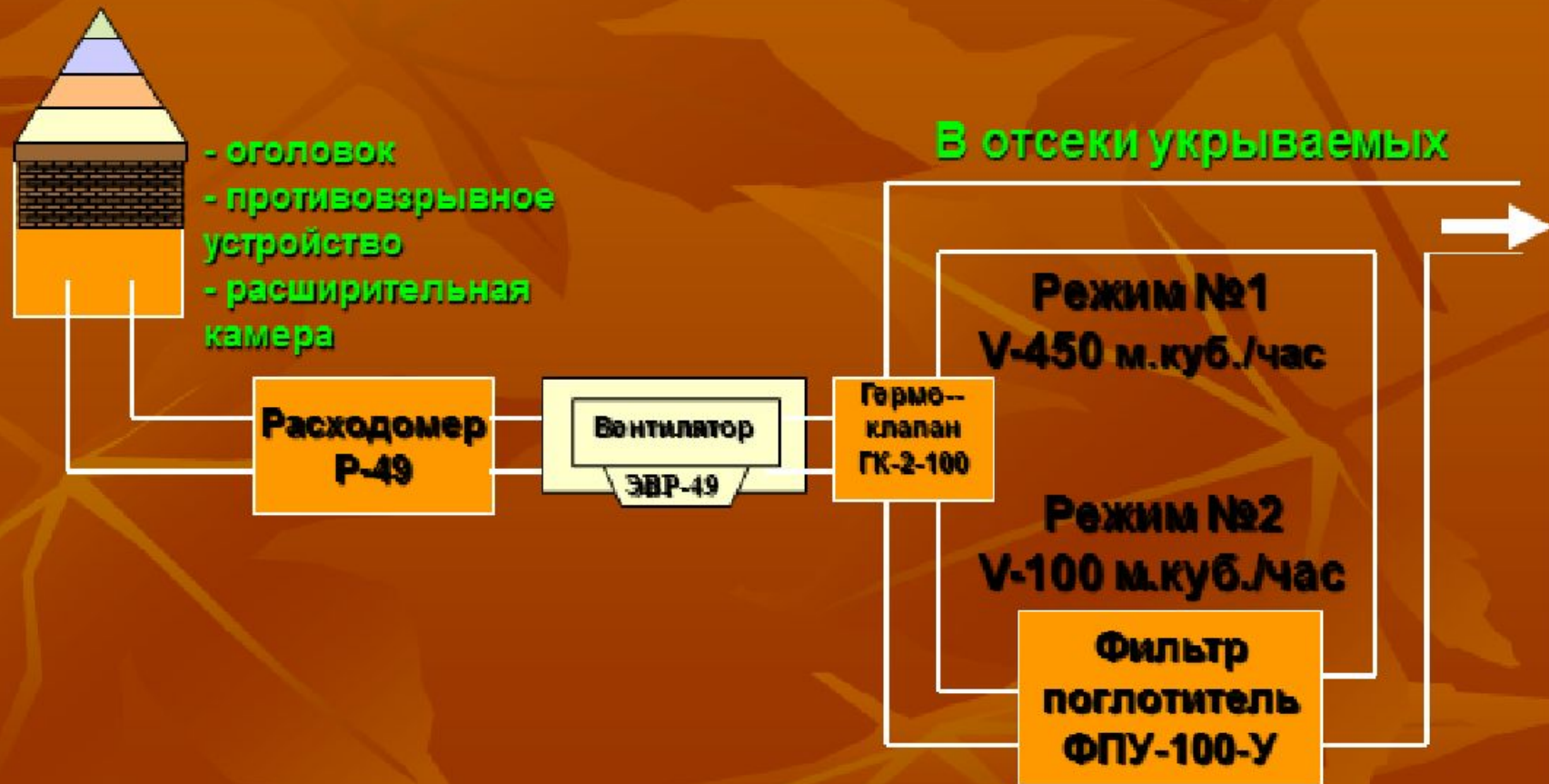
# Объемно-планировочные нормы основных помещений убежища

Наименование нормы	Значение нормы
1 Норма площади на 1-го укрываемого	0,5 м <sup>2</sup> (2-х ярусном); 0,4 м <sup>2</sup> (3-х ярусном)
2 Объем воздуха на 1-го укрываемого	не менее 1,5 м <sup>3</sup>
3 Высота помещений	не менее 2,2 м
4 Количество мест для сидения	80 % (2-х ярусном); 70 % (3-ярусном)
5 Размер мест для сидения и отдыха	0,45 х 0,45 м и 0,55 х 1,8 м
6 Площадь пункта управления	не менее 10–20 м <sup>2</sup>
7 Площадь санитарного поста	не менее 2 м <sup>2</sup> на 500 чел.
8 Площадь медицинского пункта	не менее 9 м <sup>2</sup> на каждые 100 чел. при вместимости от 900 до 1 200 чел.

# Схема соединения элементов ФВА-49

## Режимы работы

№1 - чистая вентиляция №2 – фильтровентиляция

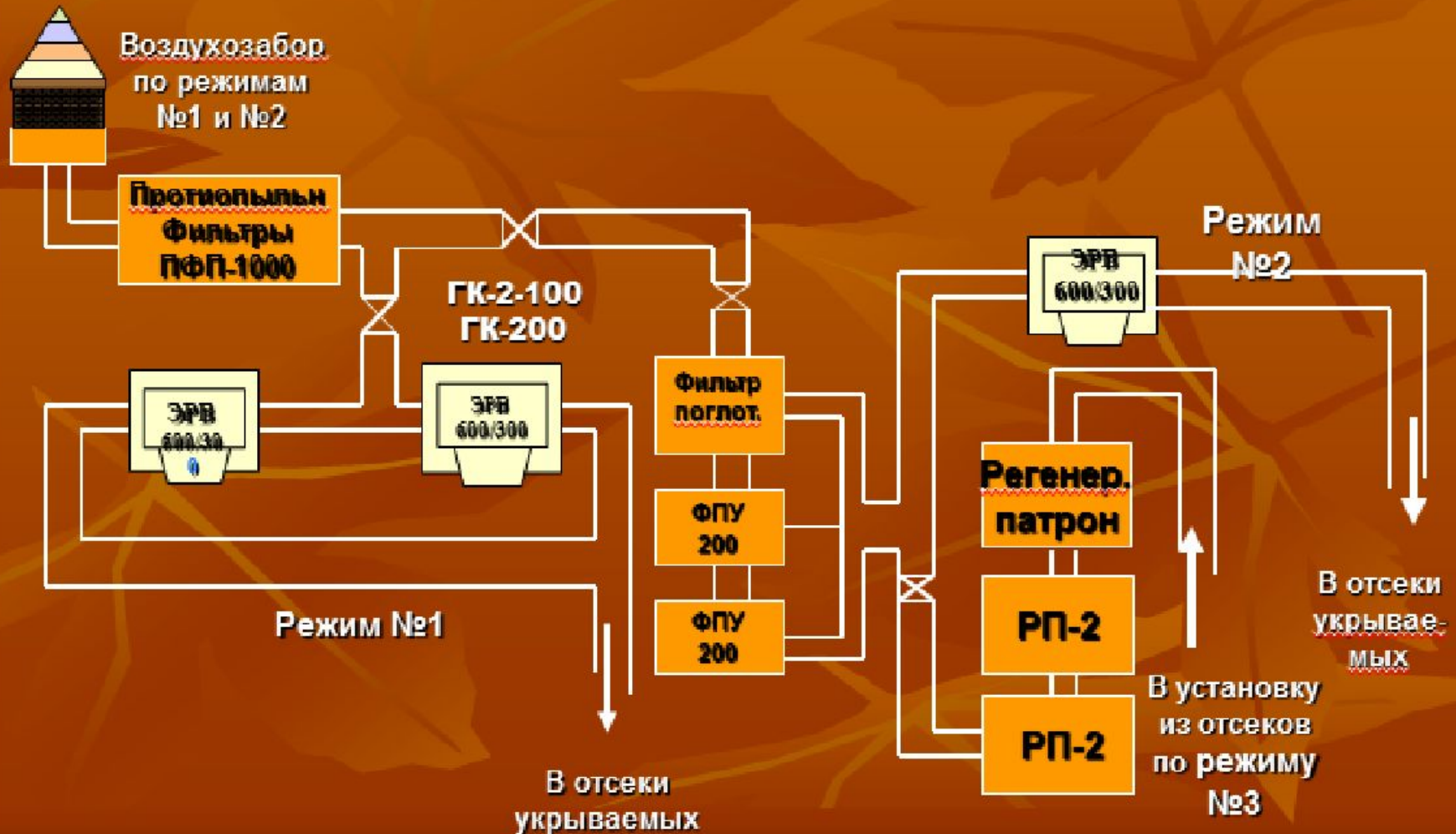




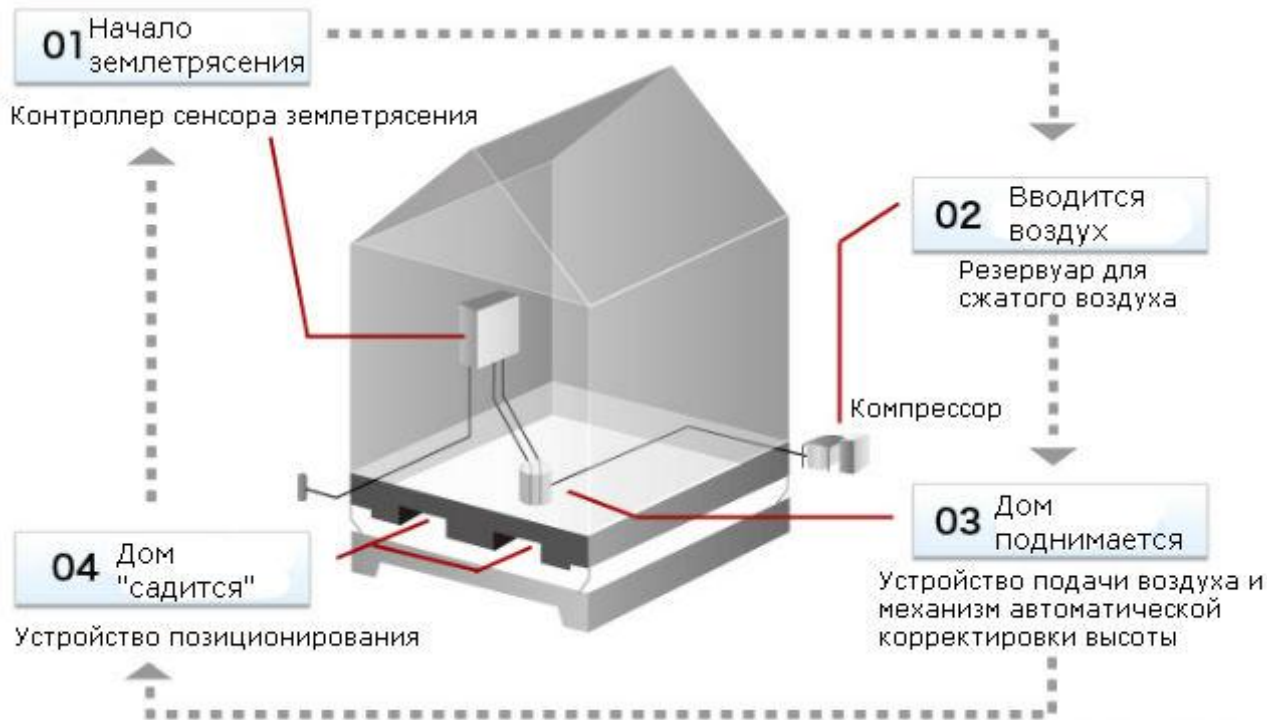
# Схема соединения элементов ФВО

## Режимы работы

№1-чистая вентиляция, №2-фильтровентиляция, №3-изоляция и регенерация



# Инженерная защита от землетрясений



- Специалисты предлагают поднимать здания на гигантских воздушных подушках, как только датчики зафиксируют землетрясение. Всё просто: за долю секунды сенсор подаёт сигнал компрессору, тот начинает быстро закачивать воздух в основание дома.

Всё строение поднимается над фундаментом всего лишь на 2,5-3 сантиметра. Но этого, согласно расчётам японцев, достаточно, чтобы защитить здание от сильных разрушений. После окончания тряски здание "садится" на место.

На случай каких-то непредвиденных ошибок системы предусмотрено принудительное надувание подушки безопасности жителями дома. Они должны будут открыть клапан для подачи сжатого воздуха, сообщает Gizmodo.

## 1. «Парящий» фундамент



- Изоляция фундамента, как следует из названия, заключается в том, чтобы отделить фундамент здания от всей постройки выше фундамента. Одна из систем, работающих по такому принципу, позволяет зданию «плавать» над фундаментом на свинцово-резиновых подшипниках, в которых свинцовое ядро окружено чередующимися слоями резины и стали. Стальные пластины крепят подшипники к зданию и фундаменту и это позволяет во время землетрясения двигаться фундаменту, но не двигаться конструкции над ним.

## 2. Амортизаторы ударов



Амортизаторы уменьшают магнитуду вибраций, превращая кинетическую энергию колебаний в тепловую энергию, которая может быть рассеяна через тормозную жидкость. В строительстве инженеры устанавливают на каждом уровне здания подобные гасители колебаний, один конец которых крепится к колонне, другой к балке. Каждый гаситель состоит из поршневой головки, которая движется в цилиндре, наполненном силиконовым маслом. Во время землетрясения горизонтальное движение здания заставляет двигаться поршни, оказывая давление на масло, что преобразует механическую энергию землетрясения в тепло.

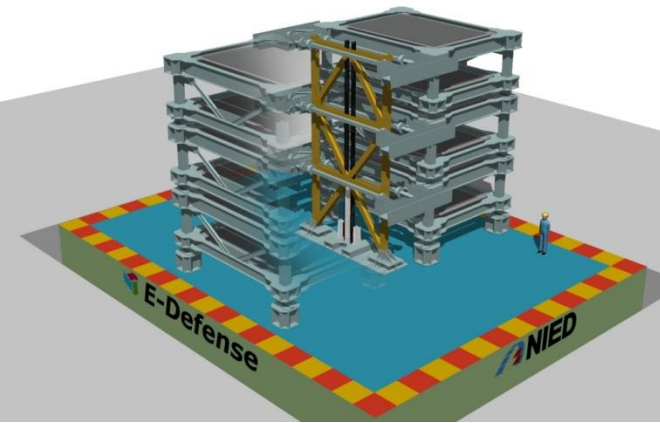


### 3. Маятниковая сила



- Амортизация может быть разных видов. Другое решение, особенно для небоскребов, предполагает подвешивание огромной массы у вершины здания. Стальные тросы поддерживают массу, в то время как тягучие жидкие амортизаторы располагаются между массой и защищаемым зданием. Когда во время землетрясения здание раскачивается, маятниковая сила заставляет его двигаться в обратном направлении, рассеивая энергию.
- Каждый такой маятник настроен точно в соответствии с естественной частотой вибрации здания, чтобы избежать эффекта резонанса. Такая система используется в небоскребе «Тайбэй 101» высотой 508 м – в центре маятника 660-тонный шар золотого цвета, подвешенный на 8 стальных тросах.

# 4. Заменяемые предохранители



Знаете, как работают электрические «пробки»? Инженеры пытаются внедрить подобные предохранители и в сейсмическую защиту зданий.

Электрические предохранители «вылетают», если нагрузка на сеть превышает определенные значения. Электричество отключается, и это предотвращает перегрев и пожары. Исследователи из Университета Стэнфорда и Университета Иллинойса провели исследования конструкции из стальных рам, которые являются эластичными и могут колебаться на вершине фундамента.

Но это еще не все. В дополнение исследователи предложили вертикальные кабели, которые соединяют верхушку каждой рамы с фундаментом, тем самым ограничивая колебания. А когда колебания заканчиваются, кабели могут вытянуть всю конструкцию вверх. Наконец, между рамами и у оснований колонн находятся заменяемые предохранители. Металлические зубцы предохранителей

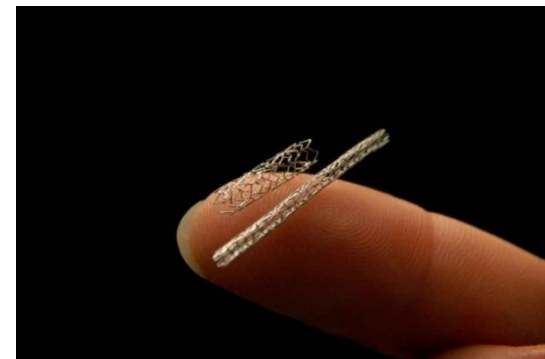
# 5. Колеблущееся «ядро»



- Во многих современных небоскребах инженеры используют систему колеблющегося центрального ствола здания. Условно этот бетон проходит через ферму конструкции, образуя лифтовый ствол. Однако эта технология не является идеальной, так как здание в период строительства может подвергаться значительным деформациям. Одним из решений может стать комбинирование этой технологии с упомянутой выше изоляцией фундамента.
- Стена центрального ствола здания колеблется на нижнем уровне здания, чтобы предотвратить разрушения бетона стены. Кроме того, инженеры укрепляют верхние этажа здания сталью и устанавливают натяжную арматуру по всей высоте в железобетонных конструкциях с натяжением арматуры. Два стальные тросы проходят через центральный ствол здания. Они работают как резиновые тросы, которые могут быть растянуты гидромкратами, чтобы усилить временное сопротивление разрыву центрального ствола.

# 6. Сплавы с эффектом памяти формы

- Пластичность материалов представляет главную задачу для инженеров, пытающихся создать сейсмоустойчивые здания. Пластичность описывает изменения, которые происходят в материале, когда к нему прикладывают силу. Если эта сила достаточно велика, форма материала может быть изменена навсегда, что повлияет на его способность правильно функционировать.
- Сплавы с эффектом памяти формы, в отличие от традиционных стали и бетона, могут испытывать значительные нагрузки и все равно возвращаться к прежней форме. Эксперименты с этими сплавами уже проводятся. Один из них – никель-титан, или нитинол, который эластичнее стали на 10-30%.





# 7. Углеродная оболочка

- Строить новые здания с сейсмозащитой очень важно, но не менее важно защищать от землетрясений здания уже построенные. Изоляция фундамента здесь также может помочь, но есть более простое решение, так называемая усиленная углеродным волокном пластиковая оболочка (fiber-reinforced plastic wrap, FRP). Инженеры просто оборачивают пластиковый материал вокруг опорных бетонных колонн и закачивают под давлением эпоксидную смолу между колонной и материалом. Этот процесс может быть повторен 6-8 раз. Таким способом можно укрепить даже здания, которые уже были повреждены землетрясениями. Согласно исследованиям, устойчивость конструкций при применении такого метода возрастает

