

# Замораживание грунтов оснований сооружений в криолитозоне

**Замораживание грунтов** – это искусственное охлаждение грунтов в природном залегании до отрицательных температур в целях их закрепления и достижения необходимой водонепроницаемости.

**Цель:** создание прочного льдогрунтового ограждения (перемычки), преграждающего доступ воде или пльвунам в выработку.

**Область применения:** при возведении фундаментов зданий и сооружений, строительстве шахт, плотин, доков, метрополитенов, противофильтрационных завес, подземных хранилищ и других сооружений, а также в борьбе с оползнями.

Замораживание грунтов ведёт начало от естественного замораживания, известного в мировой горно-строительной практике под названием сибирского способа, описанного А. Шренком в 1837 г.

В России естественное замораживание грунтов применялось в Сибири для проходки шурфов на золото (В. З. Власов, 1893 г.). В этом случае для замораживания водоносных пород использовался атмосферный воздух, имевший естественную отрицательную температуру.

Искусственное замораживание грунтов предложено французским учёным Мишо в 1852 г., однако промышленное использование способа относится к 1883 г. (рудник "Арчибальд" в Магдебургском округе). В СССР искусственное замораживание грунтов впервые применено в 1928 г. при проходке одного из стволов Соликамского калийного комбината.

Таким образом, замораживание — наиболее совершенный способ закрепления водонасыщенных грунтов, его можно применять при различных глубинах, сочетаниях грунтов, скоростях движения грунтовых вод и степени их минерализации. Также это основной способ при работе в сложных гидрогеологических условиях как при замораживании водоносных рыхлых, так и водоносных трещиноватых пород.

### **Способы замораживания грунтов:**

- При помощи холодильных машин
- Воздушное охлаждение
- Термосифоны (термостабилизаторы)
- Охлаждающая подсыпка (система ГЕО)

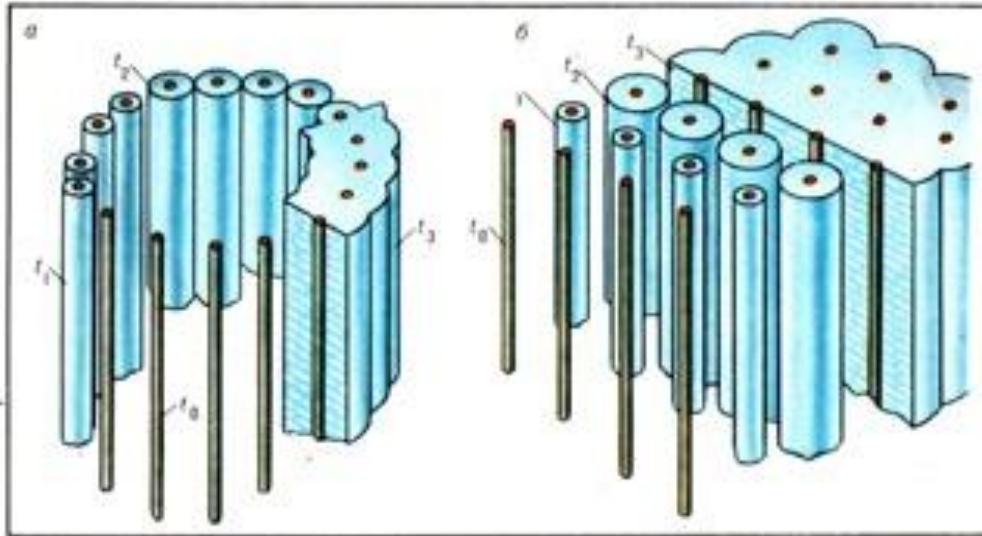
## **Замораживание грунтов при помощи холодильных машин**

Для охлаждения грунта используют холодильные машины (установки) с системой погружаемых в грунт труб (замораживающих колонок), по которым циркулирует холодоноситель, охлаждённый до  $-20$   $-40^{\circ}\text{C}$  (**рассольный способ** замораживания), или хладагент, который непосредственно испаряется в замораживающей колонке при температуре от  $-35$  до  $-196^{\circ}\text{C}$  (**безрассольный способ** замораживания).

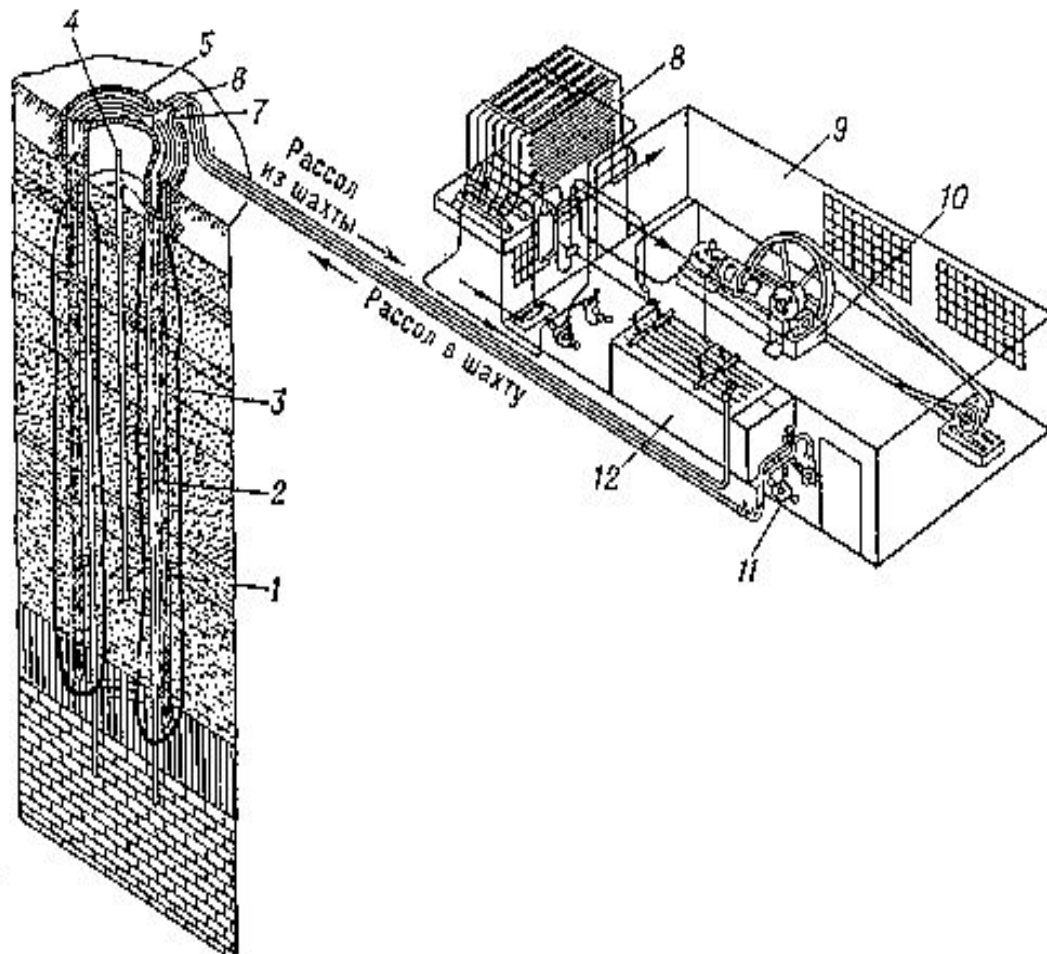
**Холодоноситель** — растворы солей ([хлориды кальция](#), [натрия](#), [лития](#)) или специальные жидкости, которые замерзают при низких температурах.

**Хладагент** — аммиак, углекислоту, фреон и др.

В процессе непрерывного теплообмена холодоносителя (хладагента) с грунтом вокруг каждой трубы образуются ледопородные цилиндры, которые в дальнейшем смыкаются, образуя замкнутое льдогрунтовое ограждение по контуру подземного сооружения (рис. 1, а) или массив замороженного грунта (рис. 1, б).

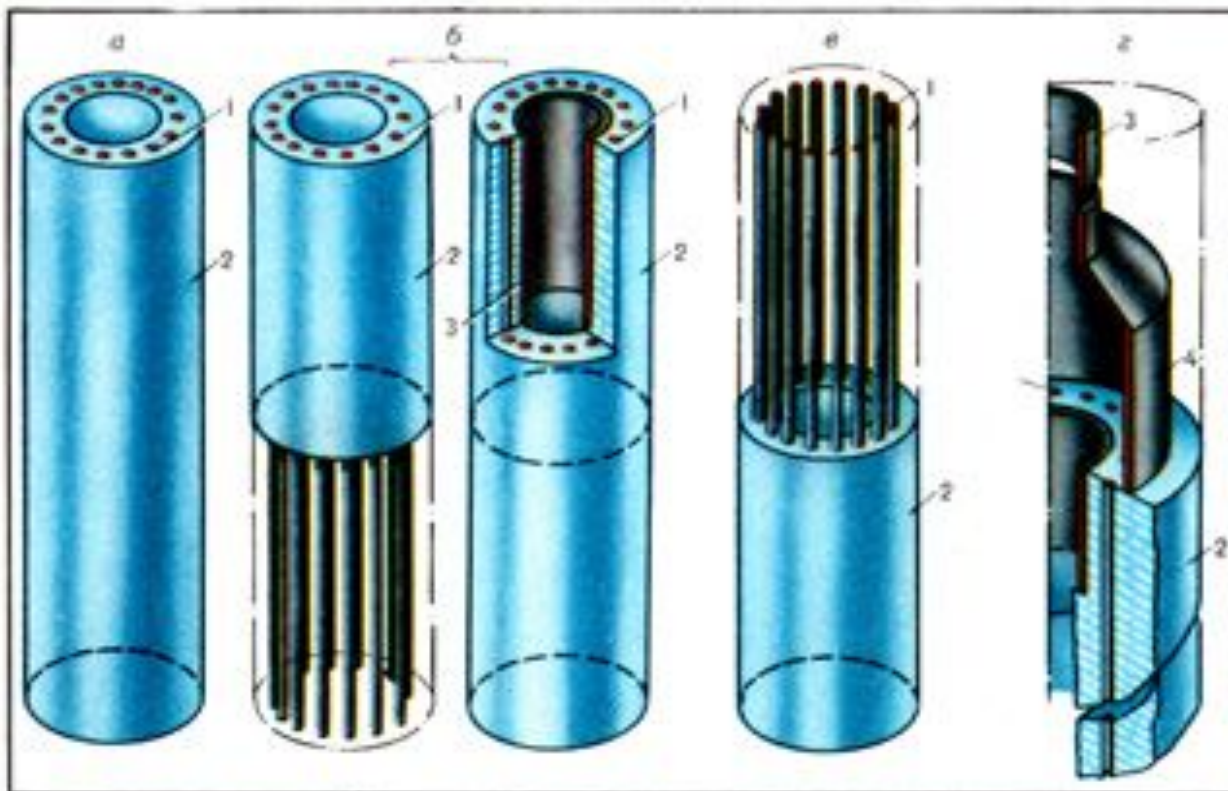


Постепенно цилиндры увеличиваются в диаметре и соединяются между собой, превращаясь в сплошное ограждение. По выходе из замораживающих колонок рассол направляют через коллектор на замораживающую станцию, где его снова охлаждают при помощи холодильных машин различной производительности.



**Образование льдогрунтового ограждения:** 1 — замораживающая колонка; 2 — питательная трубка; 3 — замороженная зона; 4 — контрольная скважина; 5 — форшахта; 6 — распределитель; 7 — коллектор; 8 — конденсатор; 9 — замораживающая станция; 10 — компрессор; 11 — насосы рассольные; 12 — испаритель.

На практике в зависимости от гидрогеологических условий (фильтрации, температуры и минерализации подземных вод) различают **обычное** замораживание грунтов до  $t -25^{\circ}\text{C}$  и **глубокое** замораживание грунтов до  $t -50^{\circ}\text{C}$ . При замораживании грунтов используют различные технологические схемы замораживания: обычную, ступен



**Обычная схема** применяется при наличии нескольких водоносных горизонтов, залегающих неглубоко от поверхности (100-150 м).

При большой глубине (200-600 м) целесообразно использовать **ступенчатую схему** замораживания.

При необходимости локального замораживания грунтов на большой глубине может быть применена **схема зонального замораживания** с поверхности земли или **из забоя** выработки.

Выбор технологической схемы замораживания базируется на предварительном сравнении технико-экономических показателей каждой схемы.

Чтобы грунт не размораживался, холодильная установка должна работать в течение всего периода строительства.



Для закрепления грунтов в целях повышения их прочности и устойчивости или придания им применяют **передвижные холодильные установок** различных серий, производительностью от 100 до 350 кВт. Выполнены, как правило, в 40-футовом контейнере и могут легко транспортироваться с одной строительной площадки на другую, то есть, пригодны для транспортировки под мостами и по железной дороге, не требуют использования низкопрофильных платформ.



Внутри корпуса холодильной машины выполнены все необходимые элементы:

- компрессор
- конденсатор
- маслоохладитель
- испаритель
- насос хладоносителя (рассола)
- насос для воды (если требуется)

Насосы хладоносителя различают в зависимости от требуемого напора. Также внутри установлен щит с силовой частью и контроллером, который управляет всеми процессами в замораживающей станции. Контроллер отображает всю информацию, настроен на требуемые параметры. Управление заключается в нажатии одной кнопки. При выходе параметров работы за установленные границы, включается звуковая и световая сигнализация.

**Конденсатор** - пластинчатый меднопаяный теплообменник. **Насос** обеспечивает циркуляцию гликоля. (рис. слева)

Компактный никель-паяный пластинчатый **испаритель** затопленного типа. (рис. справа)



**Конденсатор и маслоохладитель охлаждаются промежуточным теплоносителем - например, раствором этиленгликоля.**





Для обеспечения заданной холодопроизводительности установки для заморозки грунта и обеспечения высокой надёжности её функционирования, используется централь на базе 3 винтовых **компрессоров** открытого типа. Компрессоры могут быть оснащены **экономайзерами**. Применение схемы с экономайзером позволяет увеличить холодопроизводительность стандартного компрессора на 15%.





