

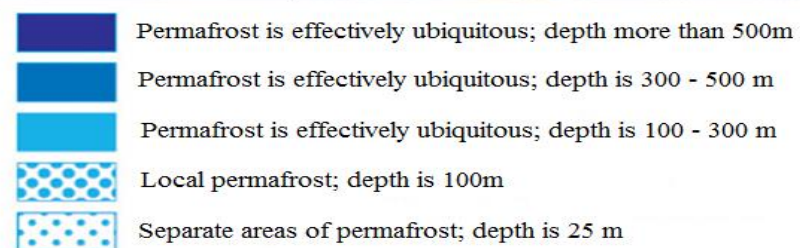
**Проблемы эксплуатации объектов
Арктической зоны в условиях
глобального потепления**

Сахаров И.И., д.т.н., профессор, СПбГАСУ

Настоящая конференция – первая в СПбГАСУ

- СПбГАСУ (ранее ЛИСИ) в советское время был лидером в изучении мерзлых грунтов
- 1934 г. – создание лаборатории и кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов Н.А.Цытовичем – фактическим основателем инженерного мерзлотоведения в СССР
- Ключевая фраза: «**ВСЯ МЕХАНИКА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ СОЗДАНА ВЫПУСКНИКАМИ ЛИСИ**»

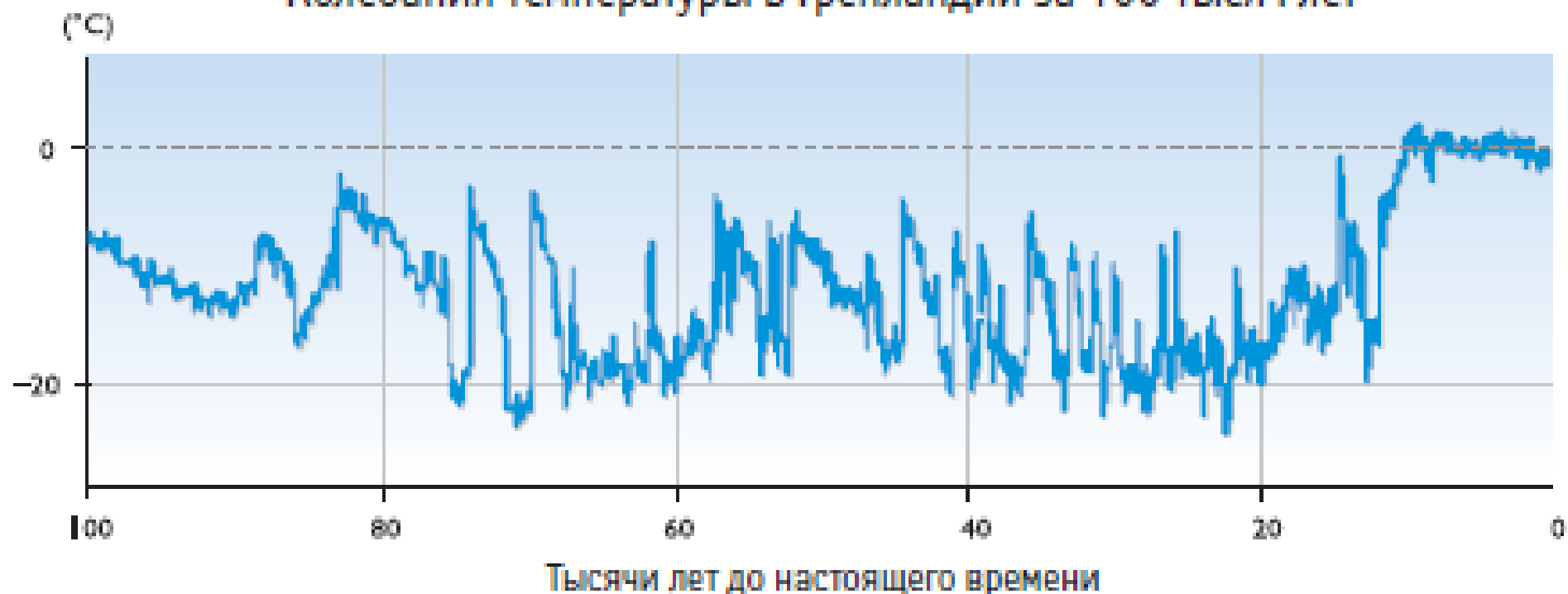
ТОЛЩИНА МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В РОССИИ



ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ В МИРЕ – НЕОСПОРИМЫЙ ФАКТ

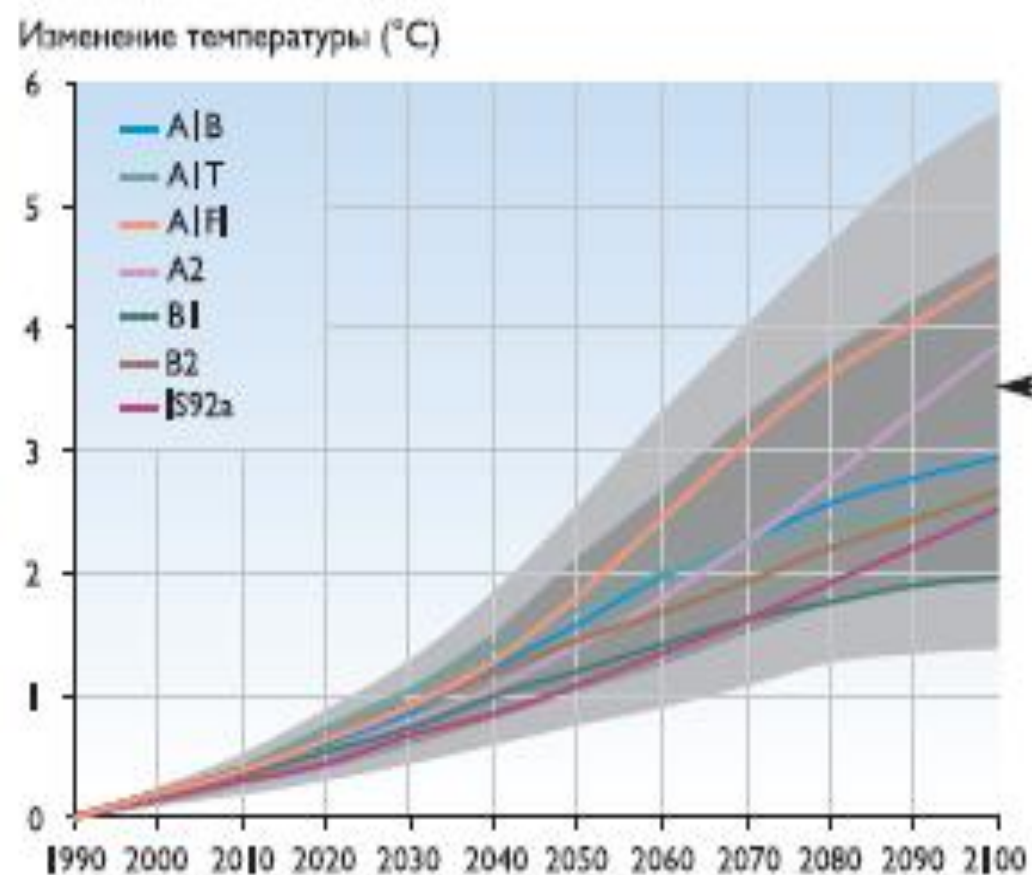
- В 2020 году в полюсе холода – (Верхоянске) отмечалась температура в 38 град Цельсия

Колебания температуры в Гренландии за 100 тысяч лет

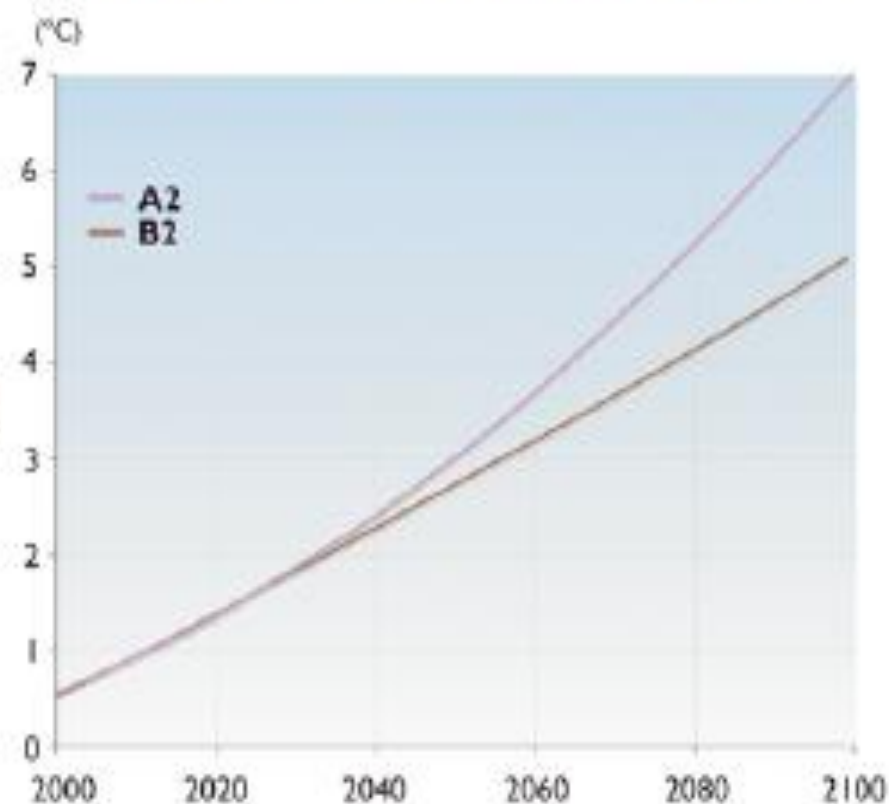


Данный ряд изменения температуры (начиная от современных условий) восстановлен на основе анализа гренландских ледовых кернов. Этот ряд показывает значительную изменчивость климата за последние 100 000 лет. Эти данные также дают возможность предположить, что климат за последние примерно 10 000 лет, которые были периодом развития цивилизации человека, оставался необычно стабильным. Существует опасение, что быстрое потепление, вызванное ростом концентраций парниковых газов вследствие деятельности человека, может дестабилизировать это состояние.

Прогноз роста глобальной температуры



Прогноз роста температуры в Арктике



Прогноз роста температуры в Арктике (для 60°-90° с.ш.), полученный осреднением результатов расчетов моделей АСИА для сценариев эмиссии А2 и В2, относительно периода 1981-2000 гг.

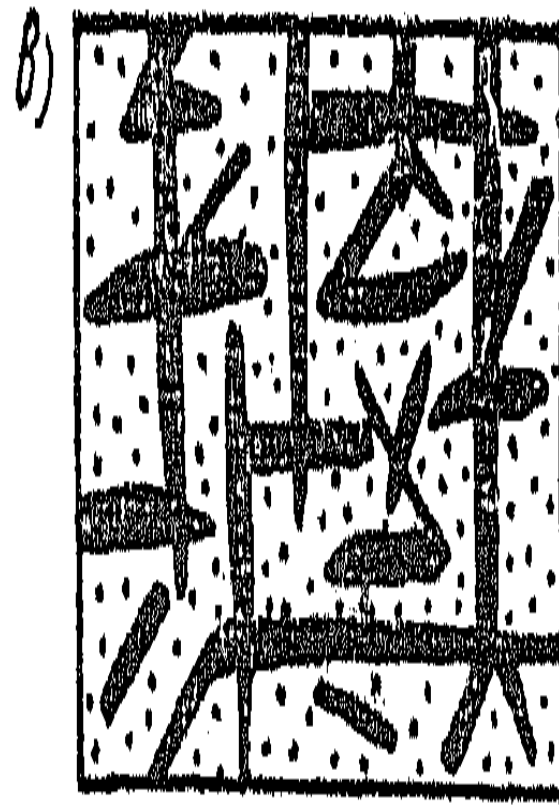
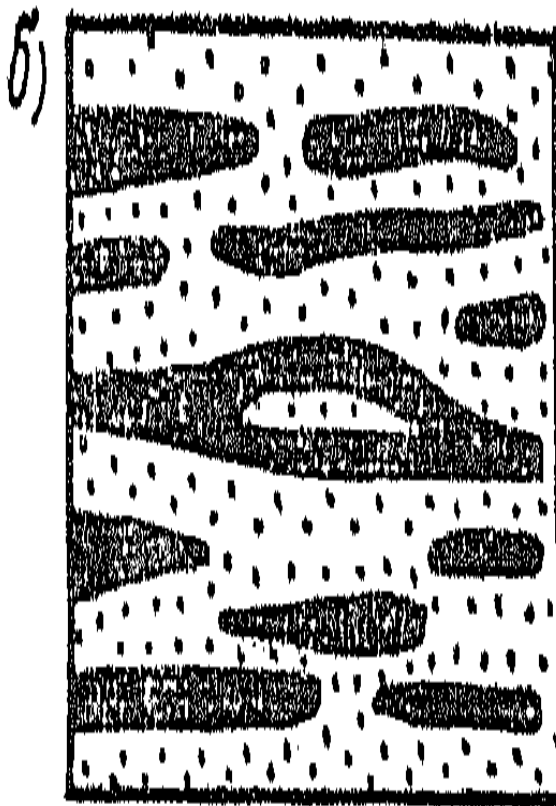
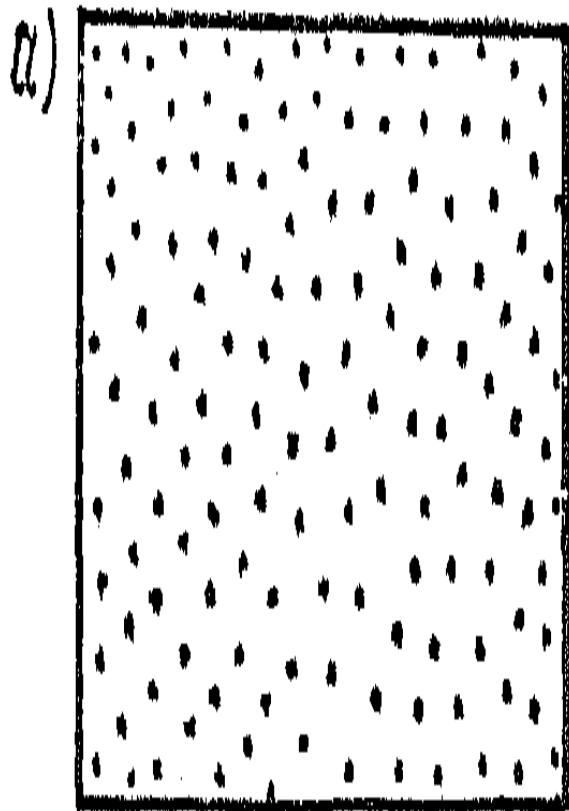
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУР В КРИОЛИТОЗОНЕ ПО ГЛУБИНЕ



Деятельный слой
толщиной 0,5 – 5 м

Мерзлый грунт.
Толщина до **500** м.
Температура от –
0,1 до – 5 град
Цельсия

КРИОГЕННЫЕ ТЕКСТУРЫ ГРУНТОВ



ПРОЦЕССЫ В МЕРЗЛОМ ГРУНТЕ ПРИ НАГРЕВЕ

- Теплоемкость пресного льда невелика и существенно меньше теплоты плавления
- Так, чтобы растопить 1 г чистого льда требуется **80** калорий. А чтобы поднять его температуру ., например, от – 5 до -2 град нужно всего **2,5** калории
- **Вывод** – для перехода грунта из твердомерзлого состояния в пластично-мерзлое состояние нужно очень малое количество тепла, что реализуется при ничтожном повышении температур воздуха. **Следствие – осадки и аварии**

РАЗРУШЕНИЕ ЗДАНИЯ ПРИ ОТТАИВАНИИ ОСНОВАНИЯ



ОТТАИВАНИЕ ОСНОВАНИЯ



ОТТАИВАНИЕ ОСНОВАНИЯ



СОЧЕТАНИЕ ПУЧЕНИЯ (СЕРЕДИНА ЗДАНИЯ) С ОТТАИВАНИЕМ (ТОРЦЫ)



РАЗРУШЕНИЕ ТРУБОПРОВОДА



Дорога в Забайкалье



Амурские волны (трасса Чита – Хабаровск)



КОНСТРУКЦИИ ДОМОВ НА СЕВЕРЕ



Заполярье. 500 километров на Север....

 uritsk.livejournal.com



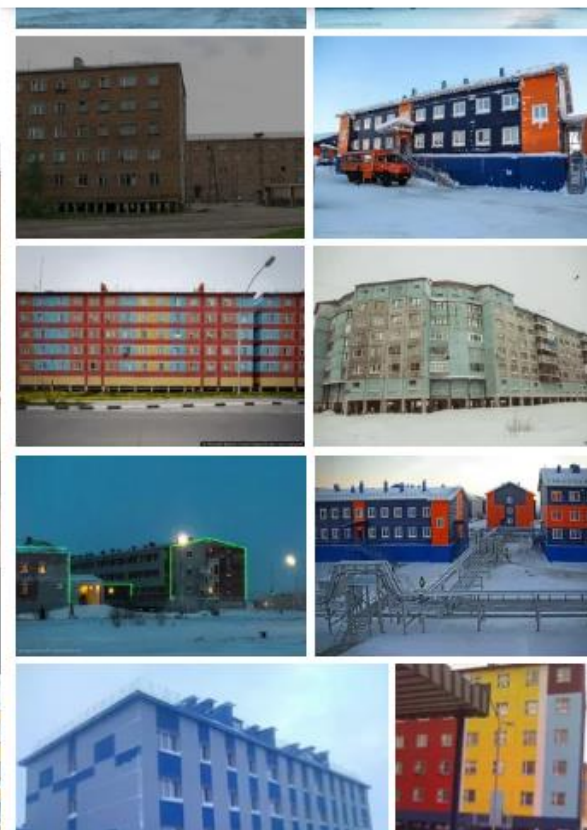
Открыть



Похожие



В коллекцию



Пластиковые Окна не выходят из дома! Немецкие пластиковые окна...

Перейти

Яндекс.Директ



Основной тип фундаментов в Арктической зоне – на сваях, с проветриваемым подпольем

Как ведут себя сваи при повышении температуры грунта?

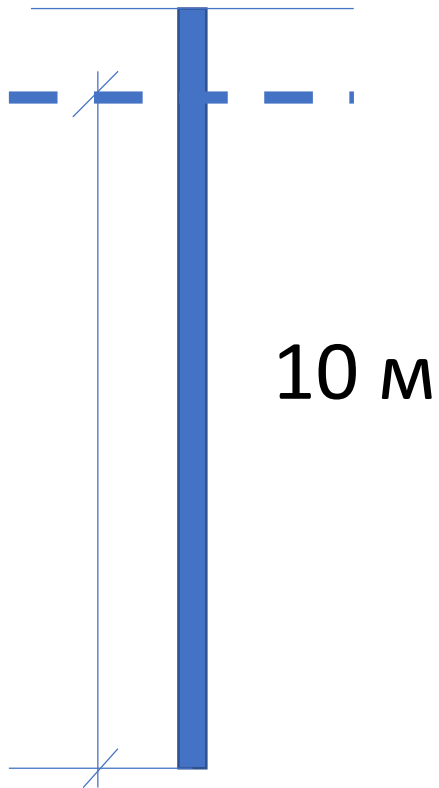
ПРИМЕР Грунт – суглинок, льдистость < 0,2; свая 0,3 x 0,3 м

Несущая способность
$$\underline{F_u} = \gamma_i \gamma_c \left(RA + \sum_{i=1}^n R_{af,i} A_{af,i} \right)$$

При температуре грунта – 3 град Ц $F_u = 2800$ кН

При температуре грунта –0,3 град Ц $F_u = 550$ кН

**Падение несущей способности сваи
 $2800/550 = 5$ раз**



АВАРИЯ РЕЗЕРВУАРА В НОРИЛЬСКЕ

Авария произошла вследствие резкой просадки части свай при полной потере их несущей способности. Это вызвало гидравлический удар в емкости и ее разгерметизацию. При этом полное оттаивание грунтов в околосвайном пространстве не произошло

ЧТО ДЕЛАТЬ?

- **УСИЛИВАТЬ**. Что – надземные конструкции, фундаменты?
- Опыт усиления надземных конструкций (стяжки, пояса) не дает долгосрочных результатов при прогрессирующих осадках.
- Усиление фундаментов – уширение подошвы, пересадка на сваи не дает эффекта при непрерывном возрастании температур, когда грунт рано или поздно практически станет талым.
- Следовательно, необходимо усиление – а именно **упрочнение – грунтов основания**

Предлагаются 2 принципиально
разных пути решения задачи
стабилизации потенциально
оттаивающих оснований

- **1. Интенсивное промораживание
грунтов основания**
- **2. Форсированное оттаивание
грунтов основания**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСИЛЕНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

Необходимость усиления диктуется прежде всего состоянием грунтов основания. Оно определяется прежде всего значениями температур и засоленностью грунтов. Эти результаты дает систематический **мониторинг температурных полей** в термометрических скважинах, устроенных в пределах пятна застройки. Далее, как обычно – обследование фундаментов и надземных конструкций. Затем – **расчеты (температурные и деформационные)**. Последние расчеты – совместные, для системы «сооружение – основание». Эти расчеты должны выполняться во времени, на срок существования объекта (обычно 50 лет). **В связи с этим, расчеты могут быть только численными.**

ПРОМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

Промораживание грунтов основания должно осуществляться с помощью добавочных устройств

В условиях глобального потепления есть возможность использования в качестве добавочных устройств только сезонных охлаждающих устройств (СОУ)

СОУ могут быть вертикальными, у кустов свай на всю длину, а также наклонными или горизонтальными, создавая под зданием плиту из мерзлого грунта

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СОУ В ПОДПОЛЬЕ КАК ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УСИЛЕНИЯ

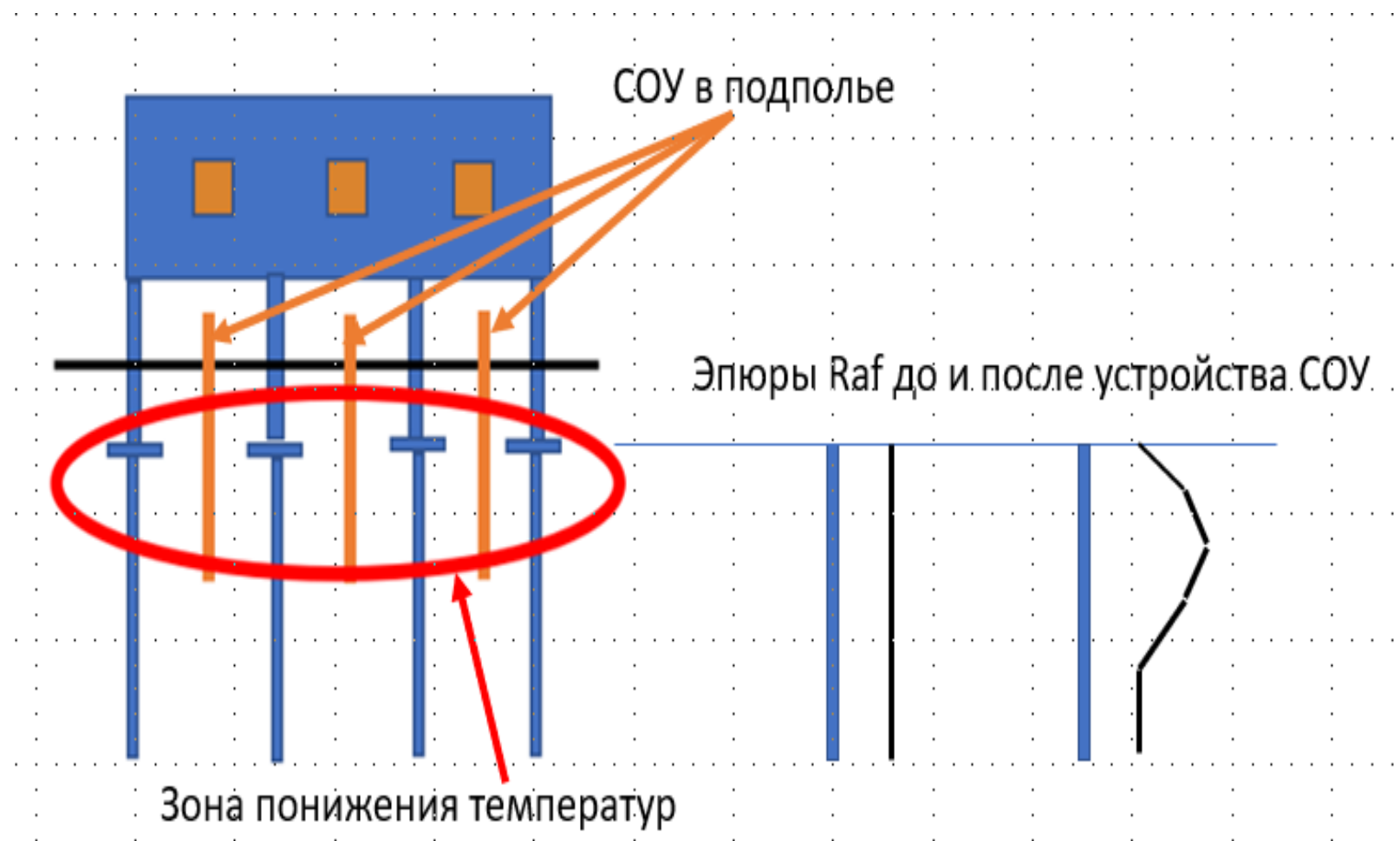


УСТРОЙСТВО ВЕРТИКАЛЬНЫХ СОУ В СУЩЕСТВУЮЩЕМ ПОДПОЛЬЕ

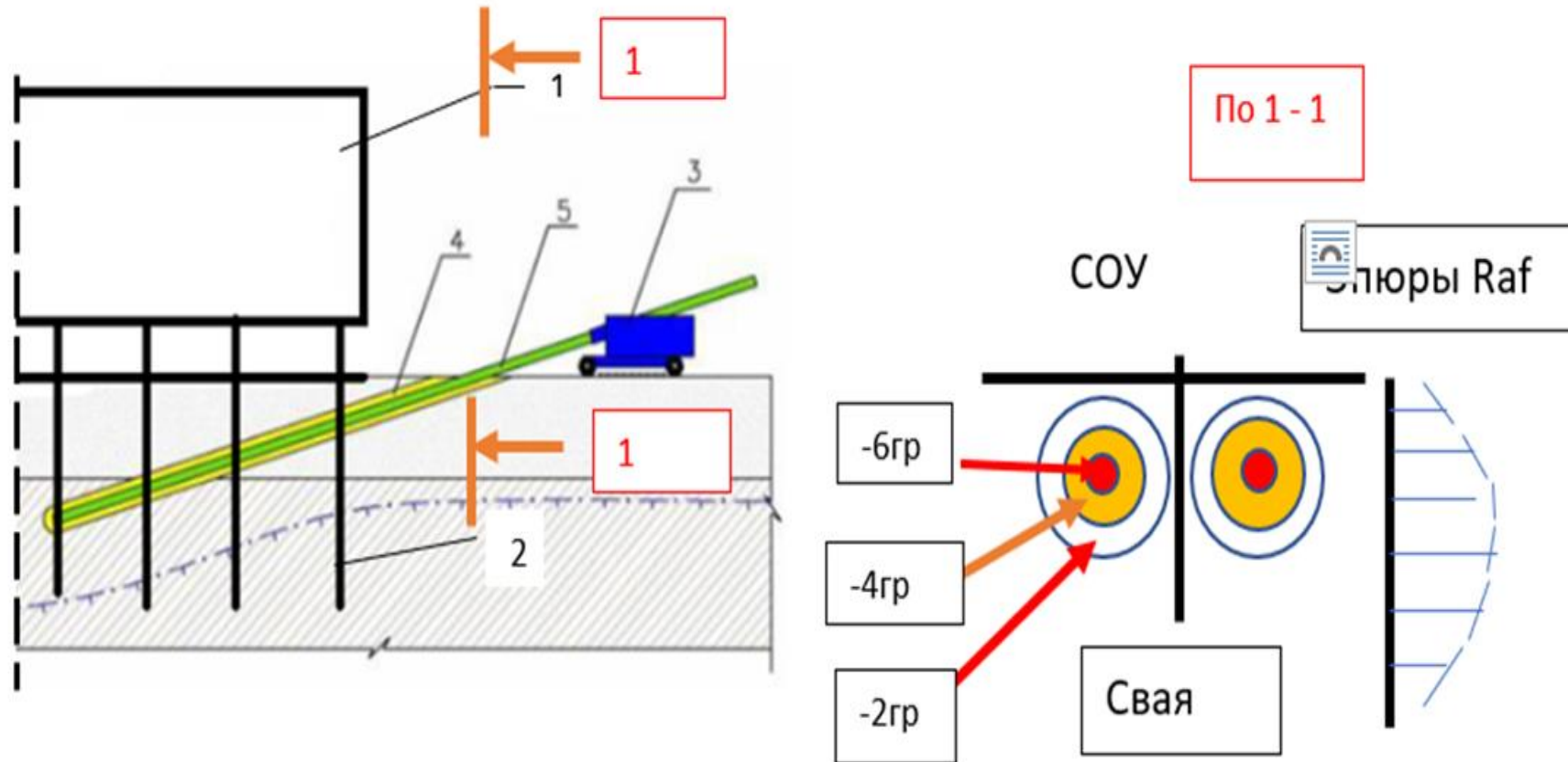
- **1. Бурение вертикальных скважин из подполья, если позволяет его высота и закладка СОУ (высокое подполье)**
- **2. Бурение с пола первого этажа (низкое подполье)**



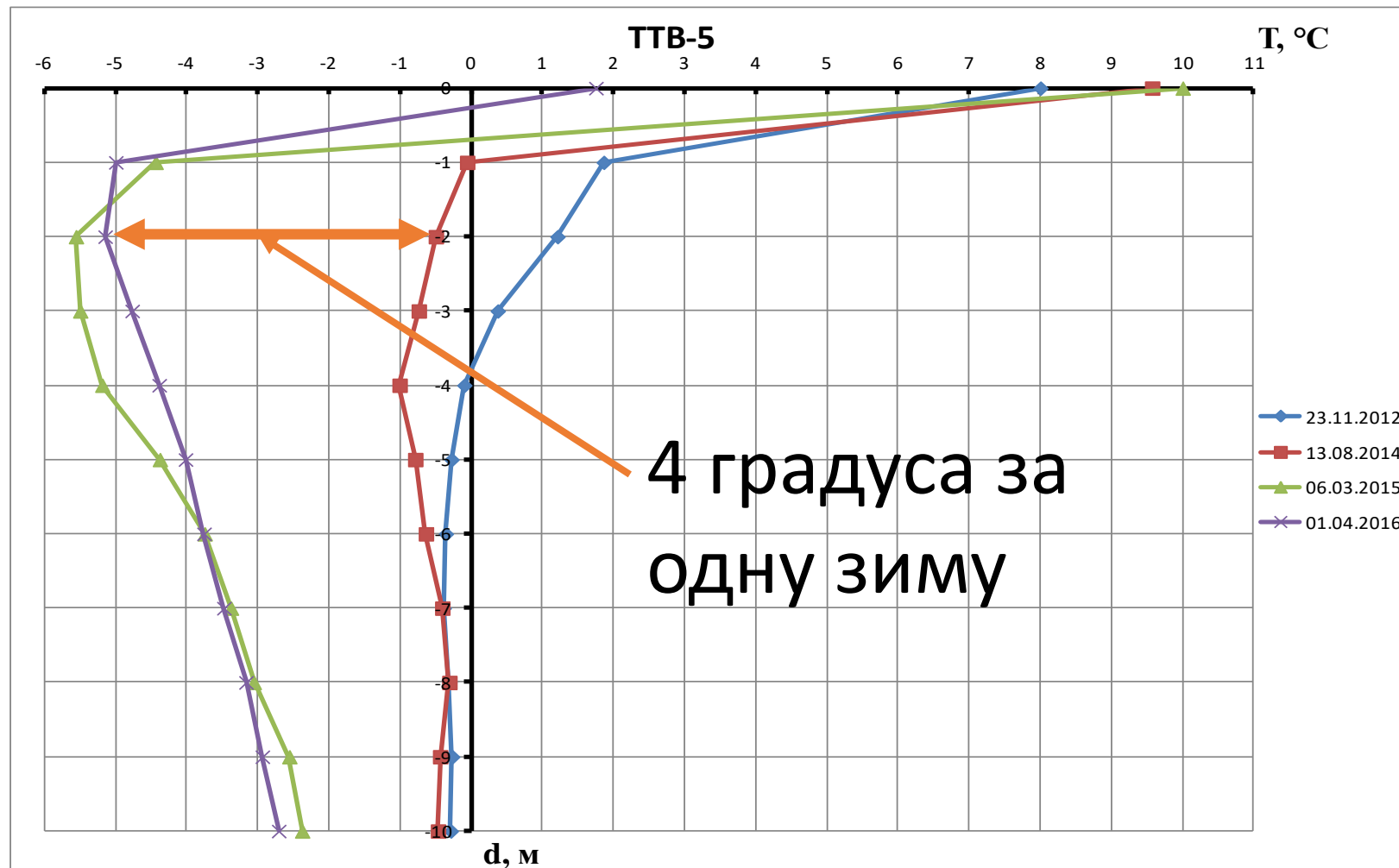
Схема усиления основания здания на свайных фундаментах с высоким подпольем с помощью вертикальных СОУ. Справа – сопротивление грунта по боковой поверхности свай



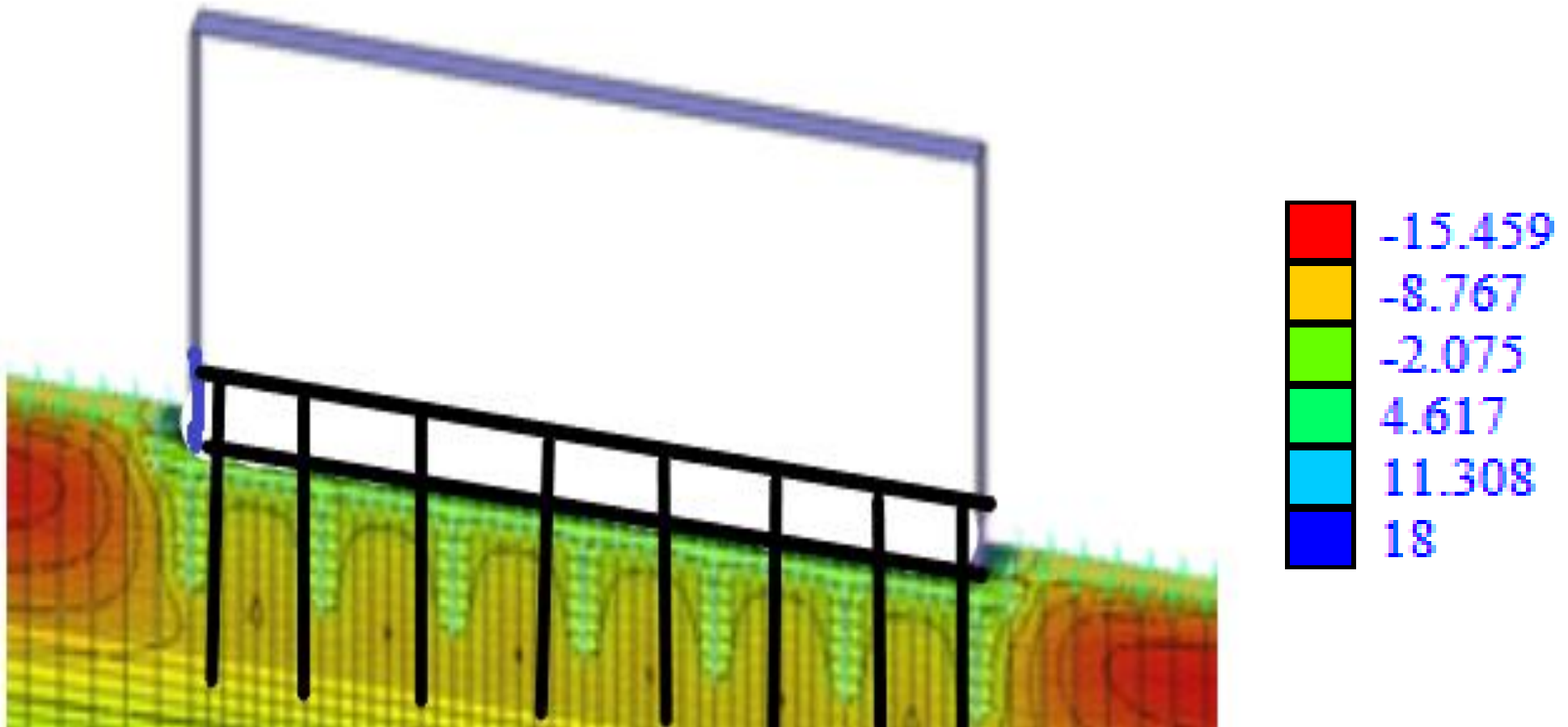
Охлаждение основания с помощью наклонных СОУ. 1 – здание, 2 – свая, 3 – буровая установка, 4 – скважина, 5 – испаритель СОУ. На разрезе 1 – 1 показано условное распределение температур вокруг СОУ и эпюра сопротивления грунта сдвигу в околосвайном пространстве



ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОУ



Теплофизические расчеты при усилении промораживанием



ОТТАИВАНИЕ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ

Оттаивание грунтов основания должно производиться при обязательной компенсации осадок оттаивания. Такая компенсация осуществляется при инъекции в пластично-мерзлые грунты цементного раствора. Процесс оттаивания ускоряется за счет выделения тепла экзотермии твердеющего раствора

Инъекционное закрепление оттаивающего основания

Предложение
сделано в 2000 г.

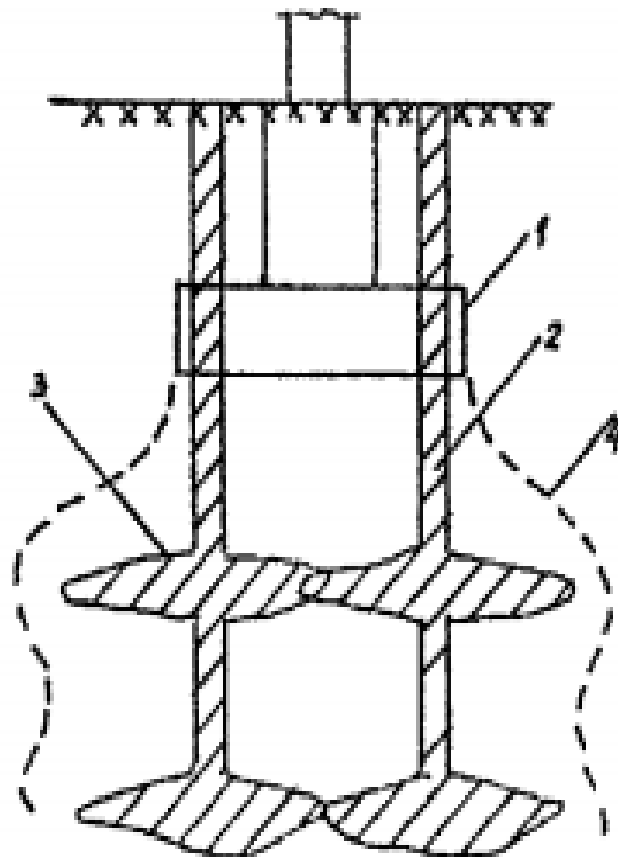
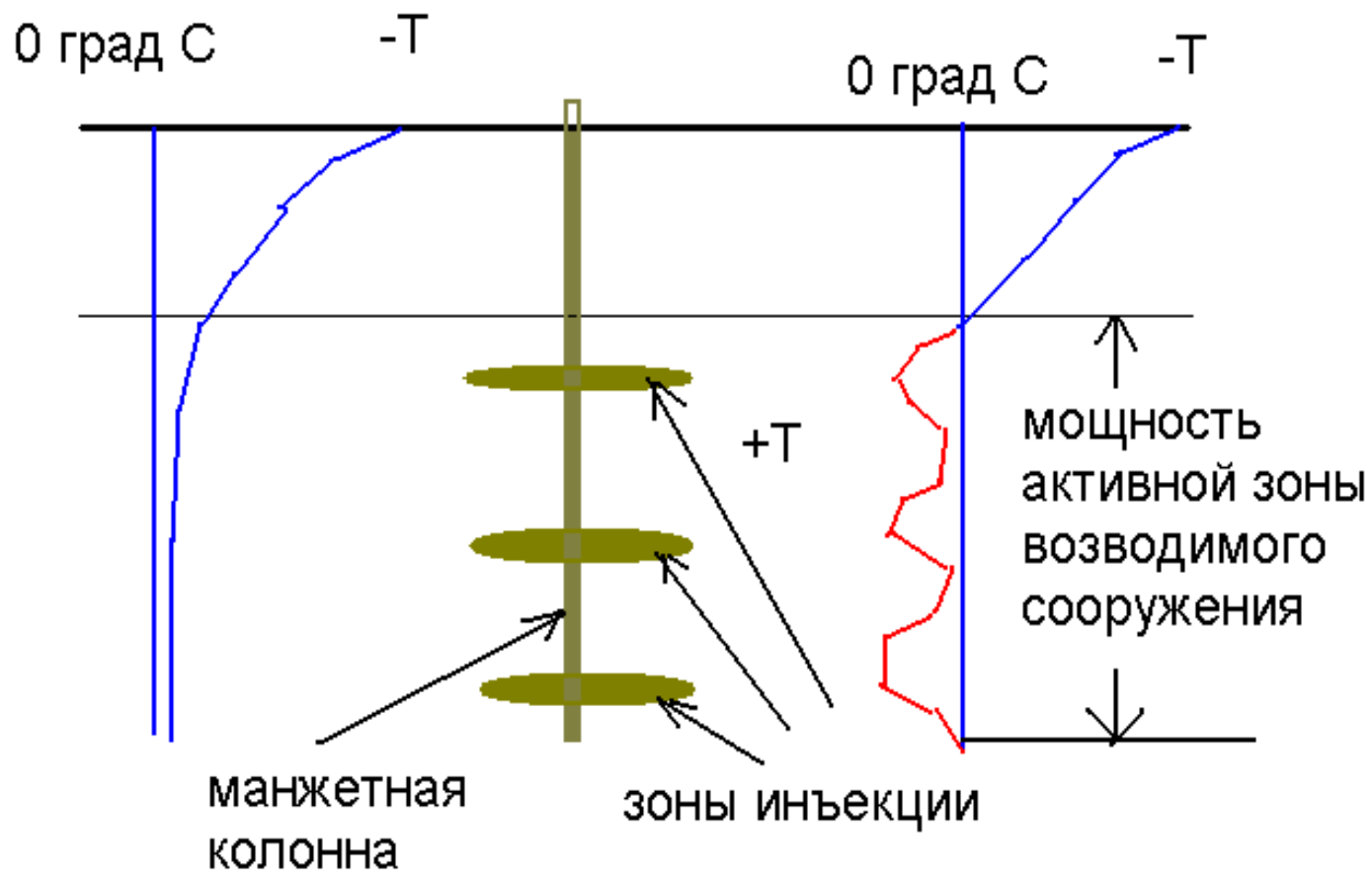


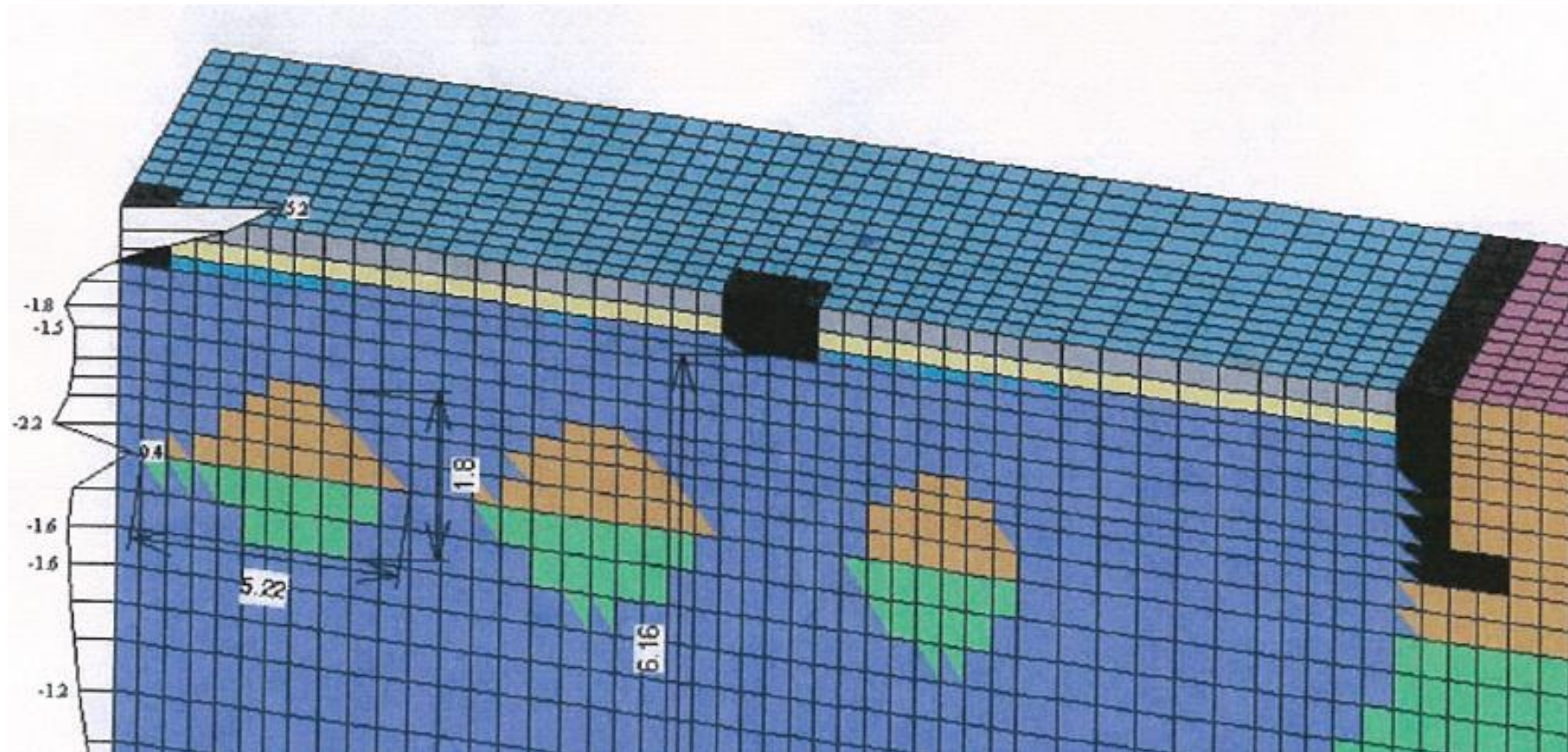
Рис. 1. Схема усиления пластичномерзлого основания с помощью инъекции цементного раствора в режиме гидроразрыва:

- 1 - фундамент,
- 2 - заполненная раствором скважина;
- 3 - растворная линза;
- 4 - контур зоны оттаивания

Схема инъекционного закрепления пластично-мерзлого основания с последующим его оттаиванием



Теплофизические расчеты при инъекционном усилении с оттаиванием



Какова реакция на глобальное потепление правительственных структур?

1. Из выступления Президента на Восточном экономическом форуме. Предусматривается развитие мониторинга, ответственный - Росгидромет. Объемы – 140 скважин, **1,7 млрд. руб.** Это означает траты $1700000000/11000000 \approx 1500 \text{руб/км кв}$ – это мизер!
2. Еще о мониторинге. Это прежде всего измерение температур под объектами. Что значит, допустим, повышение температуры в основании от -2 до -1 градуса Цельсия. Опасно это или нет? Человек, измеряющий температуры это не знает! Это может знать только специалист по мерзлым грунтам, да и то, после того, как сделает обследование и расчеты.

АВАРИИ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

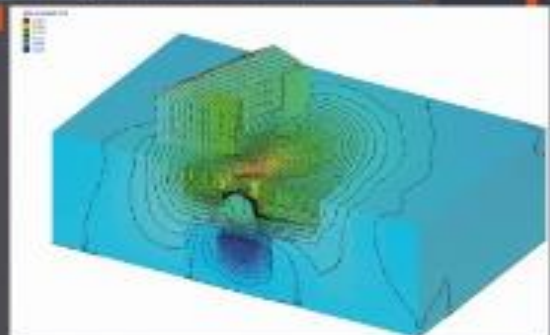
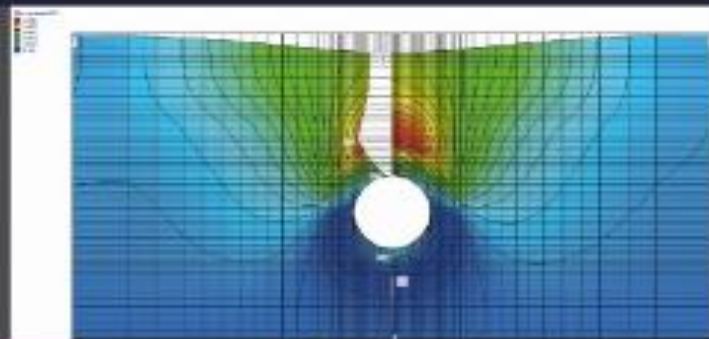
- 1. Аварии зданий и сооружений в криолитозоне – это ущерб экологии, а также возможная гибель людей. Это уголовные дела, установление виновных, а также назначение штрафов.
- 2. Размеры штрафов могут быть самыми разными. Максимальный в российской практике — **2 млрд.\$** при разгерметизации резервуара в Норильске. В советское время, как известно, все было государственным, то есть ничьим. Убытки от авария распределялись на весь народ. Однако теперь, как мы знаем, вся бывшая советская собственность в руках у олигархов. **До сих пор они снимали сливки – но теперь этому новому собственнику придется платить!** И есть надежда, что такие гигантские штрафы заставят отнестись к проблемам устойчивости объектов криолитозоны очень серьезно. Не уповать на МЧС, которое реагирует только на факт обрушения, а обратиться к специалистам по мерзлым грунтам, чтобы они взяли дело в свои руки.

РЕЗЮМЕ

Ввиду опасности процессов, связанных с глобальным потеплением для всех объектов Севера, необходимо предусмотреть подготовку квалифицированных кадров. Это должны быть **инженеры и научные работники**, знакомые с основами теплофизики, численных расчетов системы «промерзающее (оттаивающее) основание – сооружение». **Такая специальность может называться «Строительство в условиях Крайнего Севера – СУКС»**

И.И. Сахаров С.А. Кудрявцев В.Н. Парамонов

ПРОМЕРЗАЮЩИЕ МЕРЗЛЫЕ И ОТТАИВАЮЩИЕ ГРУНТЫ КАК ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ



И.И. Сахаров С.А. Кудрявцев В.Н. Парамонов

ПРОМЕРЗАЮЩИЕ, МЕРЗЛЫЕ И ОТТАИВАЮЩИЕ ГРУНТЫ
КАК ОСНОВАНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ