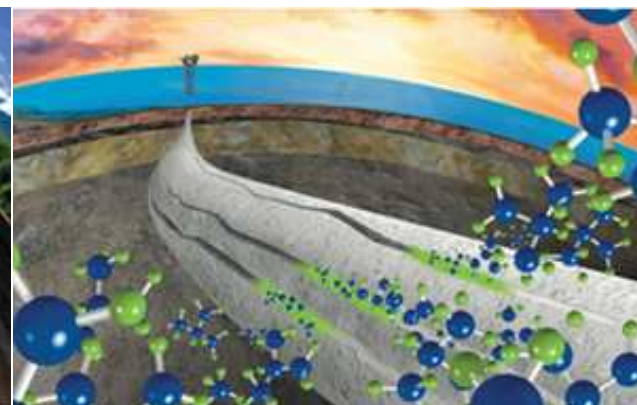
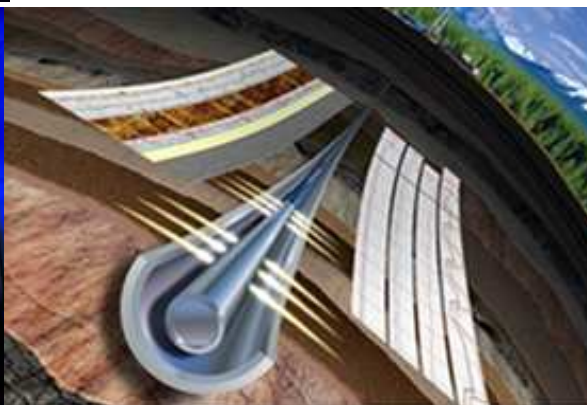
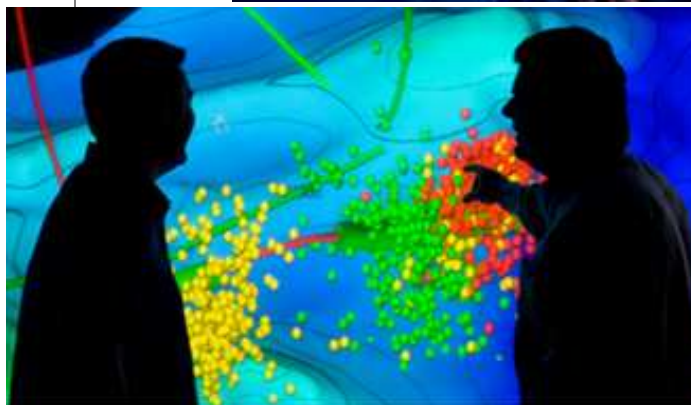




Цементирование в условиях многолетних мерзлых пород, сложности и решения

Permafrost formation cementing, challenges and solutions



Mikhail Popov

Domain Champion Cementing Services

Well Services

Schlumberger

Portland Cement
Портланд Цемент

Current system
Обычные
системы

Lightweight
System
ОЦР

Case histories
Применение

Technology
gaps
Ограничения

1.

Portland Cement
Портланд Цемент

Performance at low temperatures
Выполнение в условиях низких температур

2.

Current system
Обычные системы

Limitations of current systems
Ограничения предложенных систем

3.

Lightweight System
ОЦР

Light system for Yamal
Легкая система для условий Ямала

4.

Case histories
Применение

Experiences and case histories
Опыт и внешнее применение

5.

Technology gaps
Ограничения

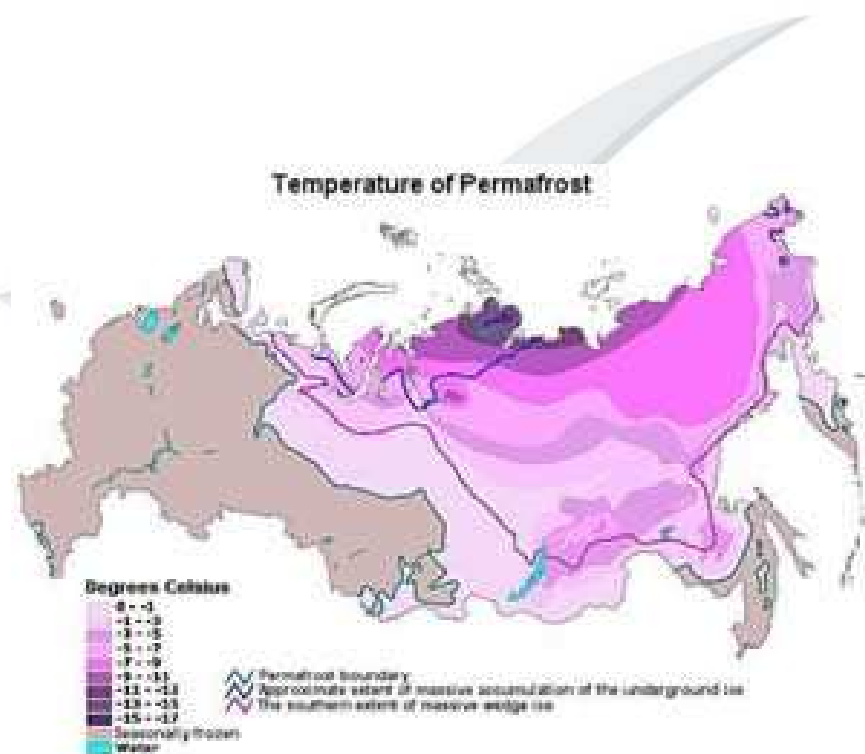
Technology gaps
Новые технологические решения

Why look at the Arctic?

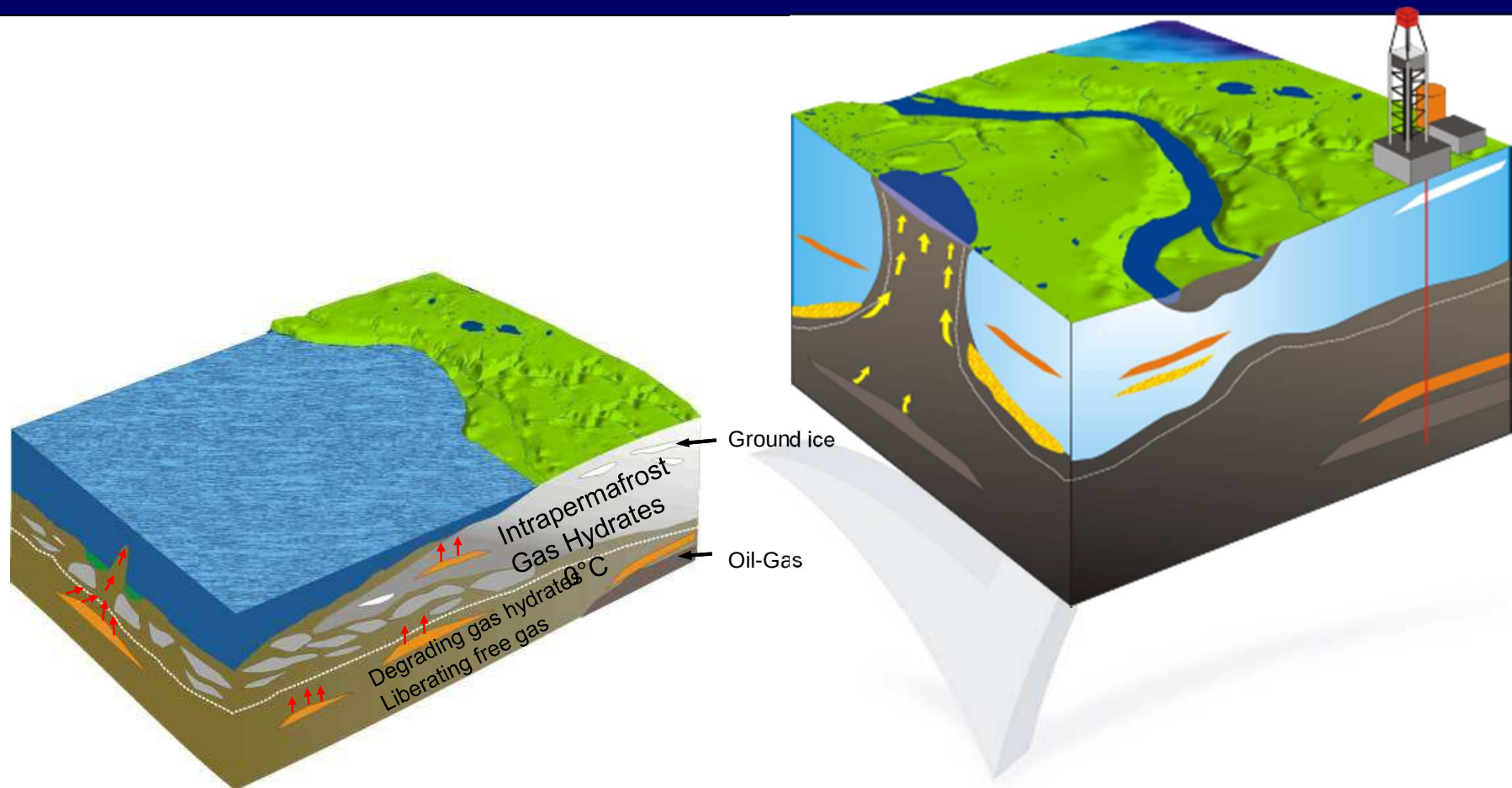
- More than 70 percent of the mean undiscovered oil resources is estimated to occur in five provinces: Arctic Alaska, Amerasia Basin, East Greenland Rift Basins, East Barents Basins, and West Greenland–East Canada.
- More than 70 percent of the undiscovered natural gas is estimated to occur in three provinces, the West Siberian Basin, the East Barents Basins, and Arctic Alaska.
- It is further estimated that approximately 84 percent of the undiscovered oil and gas occurs offshore. The total mean undiscovered conventional oil and gas resources of the Arctic are estimated to be approximately 90 billion barrels of oil, 1,669 trillion cubic feet of natural gas, and 44 billion barrels of natural gas liquids. (Source USGS 2008)

Cementing of Permafrost formations

Цементирование многолетних мерзлых пород (ММП)



Challenges * Основные сложности



Challenges * Основные сложности

- Permafrost formations / ММП
 - Average depth 400 m / Средняя глубина залегания до 400 м
 - Negative temperatures (0°C to -5°C) / Отрицательные температуры (от 0°C до -5°C)
 - Conventional slurries do not build enough compressive strength / Традиционные цементные растворы замерзают, но не набирают прочность
- Weak formations / Слабосцементированные пласты
- Gas formations / Наличие газа
 - Sustained Casing Pressures / МКД
 - Griffons / Грифоны



Portland Cement
Портланд Цемент

Current system
Обычные
системы

Lightweight
System
ОЦР

Case histories
Применение

Technology
gaps
Ограничения

— Cement slurry / Цементный раствор

- $G + CaCl_2$ @ 1.85SG
- Tickenning Time /
Загустевание ~ 4hrs @ 15°C

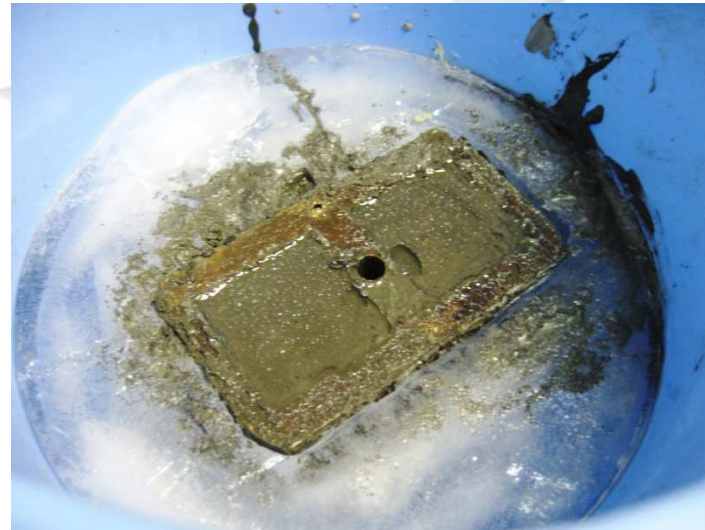
— Slurry placed in “Ice well” /
Раствор помещен в модель
«ледяной скважины» @ ~
0°C



Cement performance at low temperatures

Поведение цемента в условиях низких температур

- After 24hrs WOC / После 24 часов ОЗЦ
 - Cement did not set – no compressive strength / Нет схватывания цемента
 - Melting of ice was observed – Наблюдается растепление
- Conventional cement slurry is not suitable for Permafrost Formation / Стандартные ЦР не подходят для крепления ММП



Portland Cement
Портланд Цемент

Current system
Обычные
системы

Lightweight
System
ОЦР

Case histories
Применение

Technology
gaps
Ограничения

- Plaster is calcium sulfate hemihydrate / Полуводный гипс, $\text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$
- Manufacturing Process : gypsum is partially dehydrated by heating into calcium sulfate hemihydrate / Производство: нагрев двуводного гипса
$$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O} + 1.5\text{H}_2\text{O} \quad @\sim 150^\circ\text{C}$$
- Depending on the manufacturing process there are two types of plaster / В зависимости от процесса производства получают два типа гипса:
 - Alpha Plaster – «Высокопрочный гипс»
 - Beta Plaster - «Строительный гипс»



Arctic cement system – Plaster Based

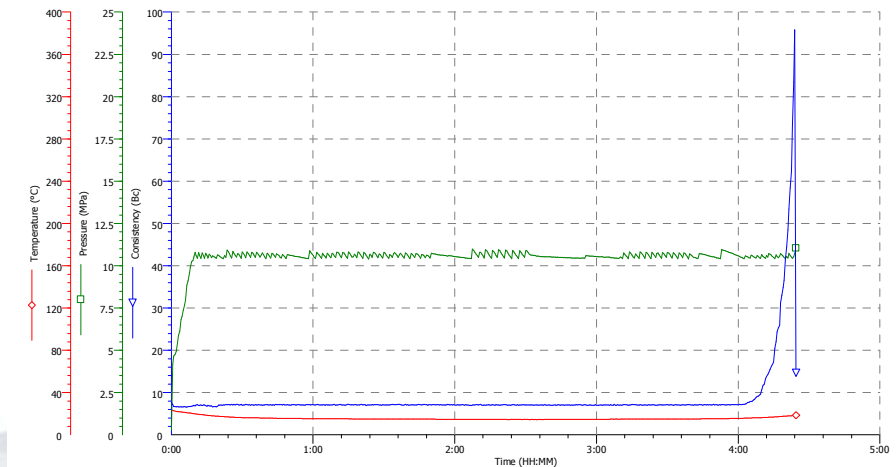
Арктические системы на основе гипса

- Right Angle Set (RAS) System / Система с загустеванием «под прямым углом»
 - Low temperature applications, typically below 25°C / Обычно применяется при низких температурах, ниже 25°C
 - Right-angle set on thickening time curves / Загустевание «под прямым углом»
 - Rapid development of compressive strength / Быстрый набор прочности
- Arctic Systems / Арктические системы
 - Similar applications to RAS system / Похожи на систему с загустеванием «под прямым углом»
 - Addition of sodium chloride to the mix water in order to decrease its freezing point / Добавление хлорида натрия для предотвращения замерзания

Arctic cement system – Plaster Based

Арктические системы на основе гипса

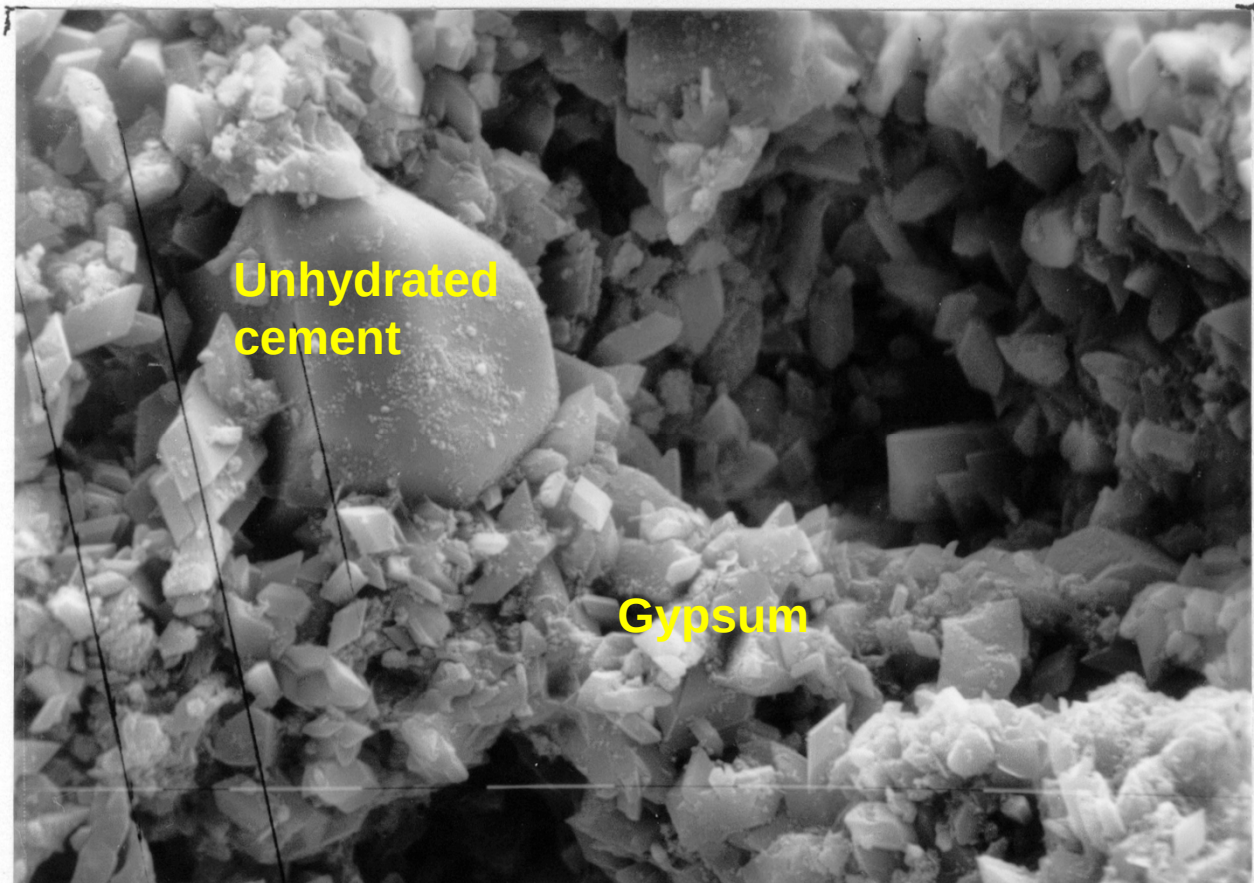
- Thixotropic cement system with RAS properties
/ Тиксотропная цементная система с загустеванием «под прямым углом»
 - 100 Bc ~ 4:30 minutes @ 13°C
 - 30-100 Bc ~ 5 minutes
- Compressive strength / Прочность на сжатие @ -5°C
 - 52 atm in 24 hrs
 - Possible to resume drilling in 12-18 hrs /
Возможность возобновить бурение через 12-18 часов



Temperature / Time	16:00 hrs	24:00 hrs	3 days	7 days
-5°C	34 atm (500 psi)	52 atm (765 psi)	75 atm (1100 psi)	140 atm (2050 psi)

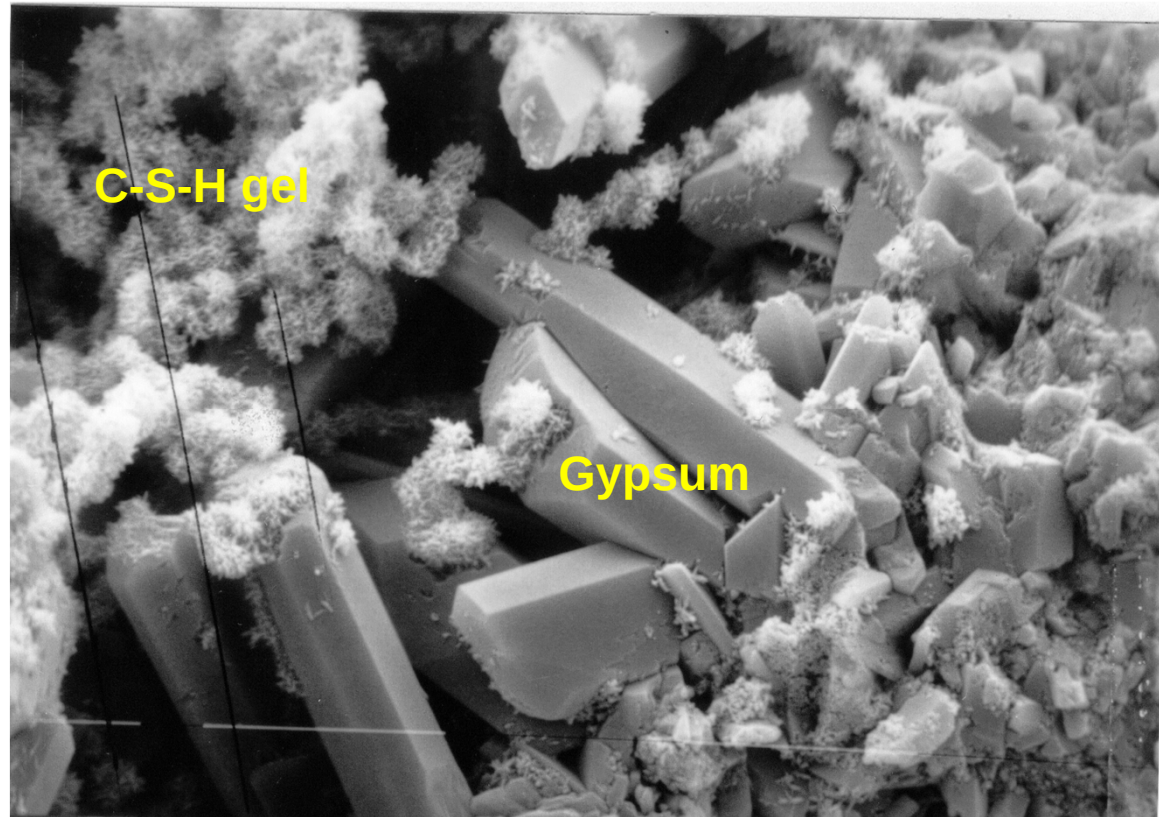
Arctic cement system – Plaster Based Арктические системы на основе гипса

After 8 hrs /
8 часов
ОЗЦ



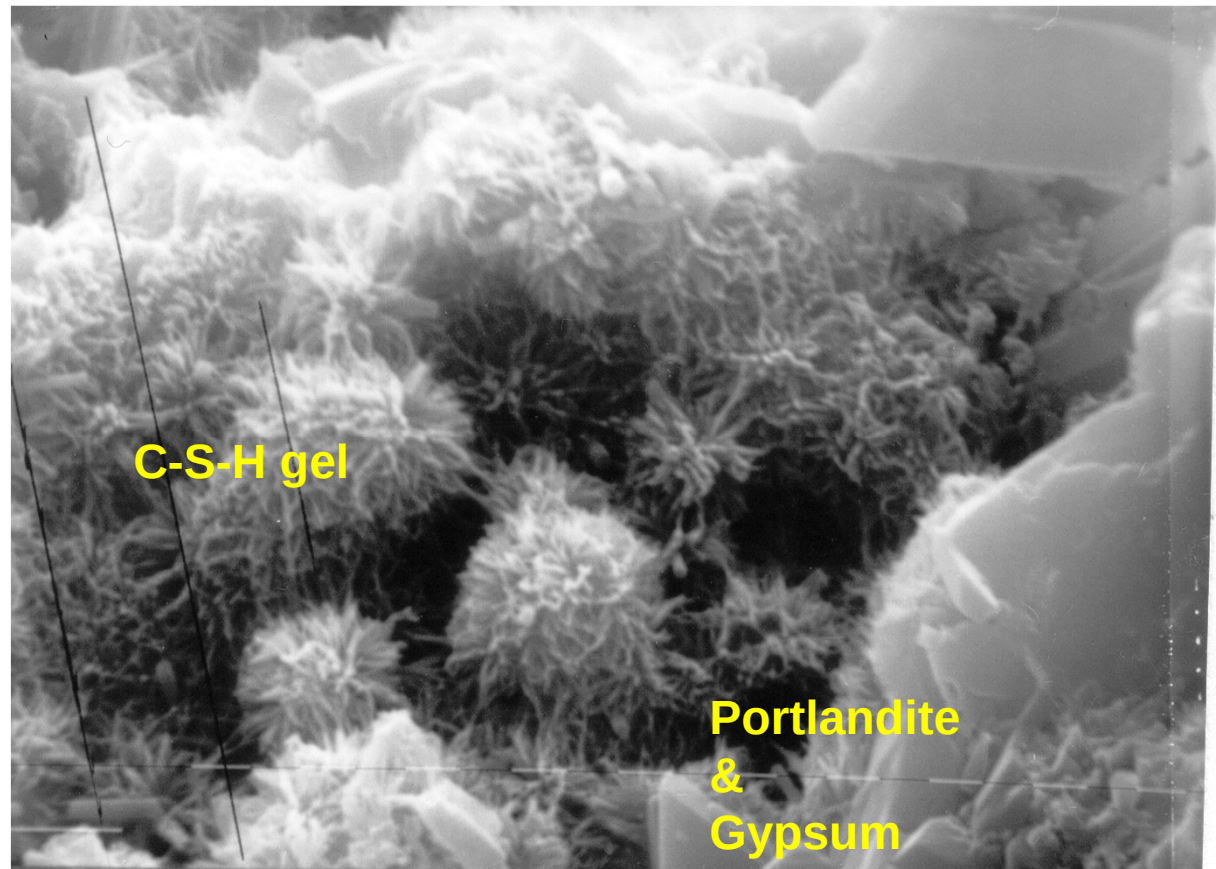
Arctic cement system – Plaster Based Арктические системы на основе гипса

After 2 days
После 2 дней

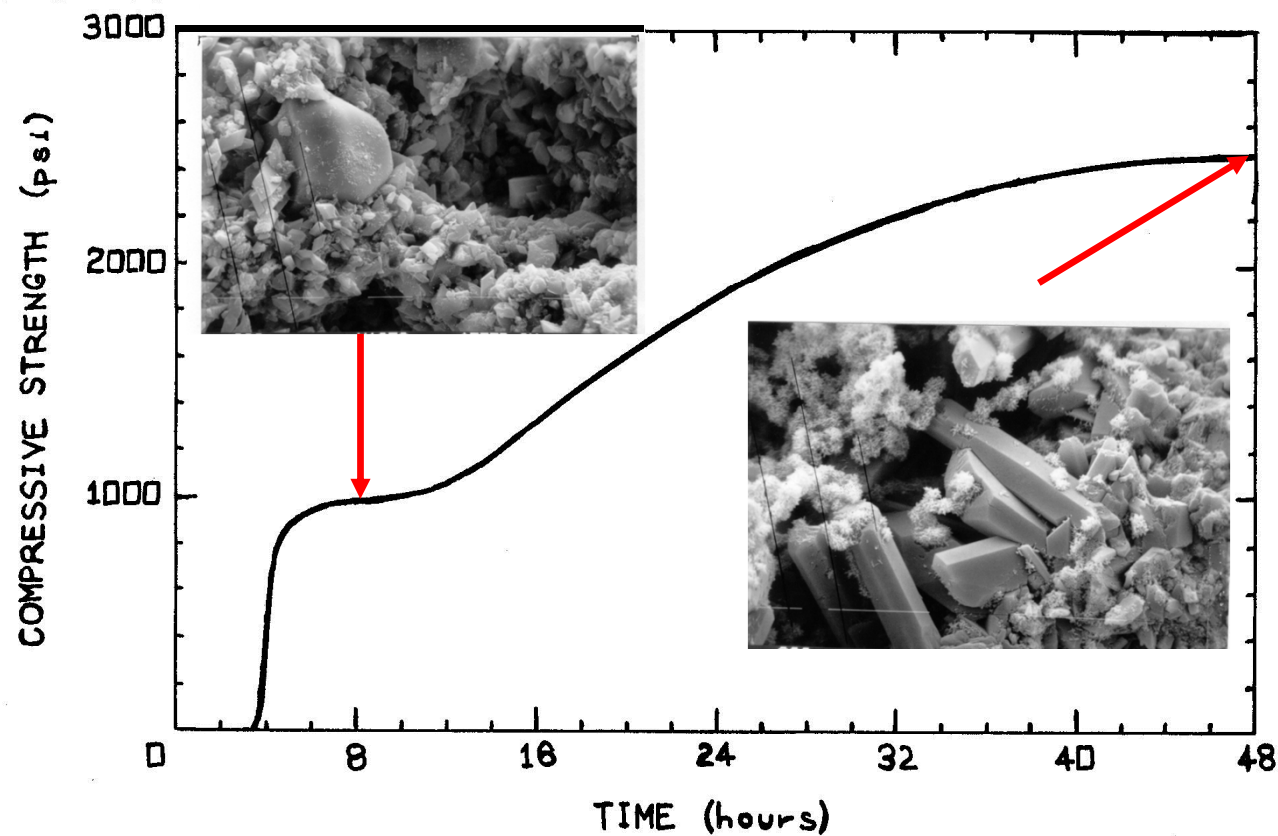


Arctic cement system – Plaster Based Арктические системы на основе гипса

After 8 month
После 8
месяцев



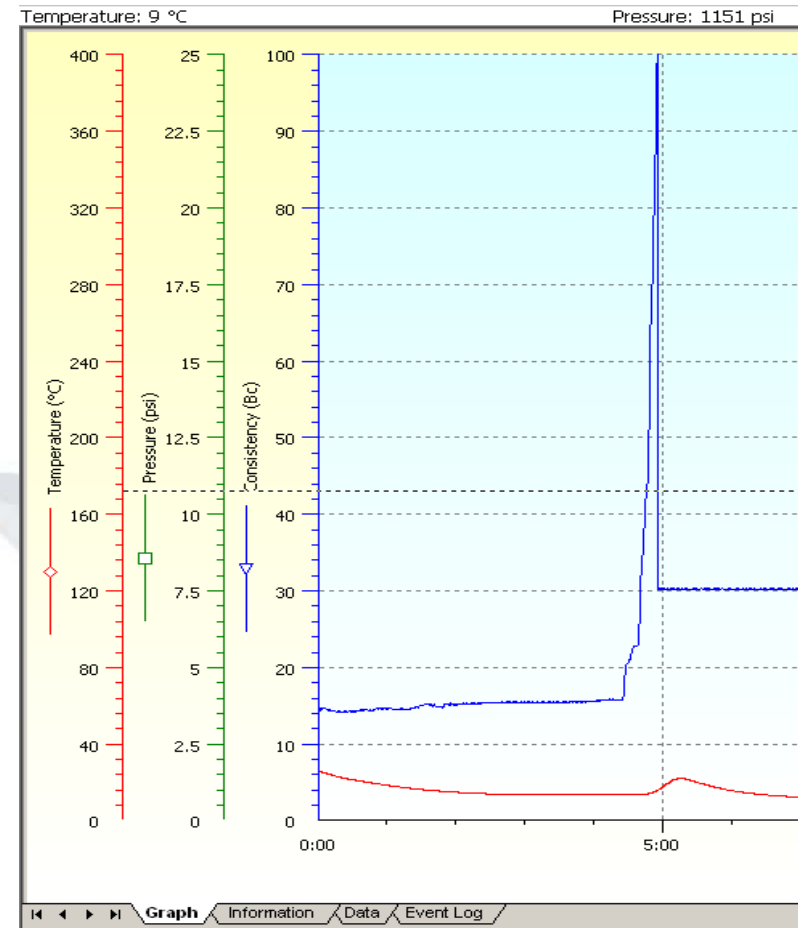
Arctic cement system – Plaster Based Арктические системы на основе гипса



Lightweight cement system for Yamal

Новый ОЦР для условий Ямала

- **Tri-model lightweight cement system**
 - 100 Bc ~ 5:30 minutes @ 13°C
 - 40-100 Bc ~ 10 minutes
- **Compressive strength @ +5°C**
 - 27 atm in 24 hrs
 - Possible to resume drilling in 12-18 hrs
 - Circulation temperature +11°C ... +13°C
 - Temperature reduction to BHST -5°C in 24 hrs
- **Compressive strength @ -5°C**
 - 27 atm in 48 hrs
- Трехкомпонентная облегченная тиксотропная система
 - 100 Bc ~ 5:30 минут при 13°C
 - Переход 40-100 Bc ~ 10 минут
- Прочность на сжатие при +5°C
 - 27 атм через 24 часа
 - Достаточная прочность для возобновления бурения через 12-18 часов
 - Циркуляционная температура +11°C ... +13°C
 - Охлаждение до статической температуры происходит в течении суток
- Прочность на сжатие при -5°C
 - 27 атм через 48 часов



Lightweight cement system for Yamal

Новый ОЦР для условий Ямала

Свойства	ARCTICLITEFIL	Гельцемент
Плотность	1450 кг/м3	1450 кг/м3
Содержание твердой фазы	55%	21%
Сроки загустевания (100 Вс)	4 -5 часов	12-15 часов
Сроки затвердевания (3.5 атм при +5 грС)	18 часов	3 дня
Прочность через 24 часа при -5грС	0 атм	0 атм
Прочность через 24 часа при +5грС	27 атм	0 атм
Прочность через 24 часа при +8грС	95 атм	2 атм
Прочность через 48 часа при -5грС	27 атм	0 атм
Прочность на сжатие через 6 суток при +8грС	125 атм	20 атм

Arctic cement systems

Арктические системы для цементирования

- Tail Arctic cement system
 - Density 1880 kg/m³
 - Conductor pipe (50 – 150 m)
 - Used as Tail System for surface casing
- Lightweight Arctic cement system
 - Density 1450 kg/m³
 - Unique system without Portland cement
 - Used as Lead Slurry for surface casing for permafrost formations
- Арктический ЦР
 - Цементная система плотностью 1880 кг/м³
 - Цементирование направлений (50 – 150 м)
 - Используется как тяжелый цемент при цементировании кондукторов
- Арктический ОЦР
 - Облегченная система плотностью 1450 кг/м³
 - Уникальный состав без классического цемента
 - Применяется при цементировании кондукторов в ММП

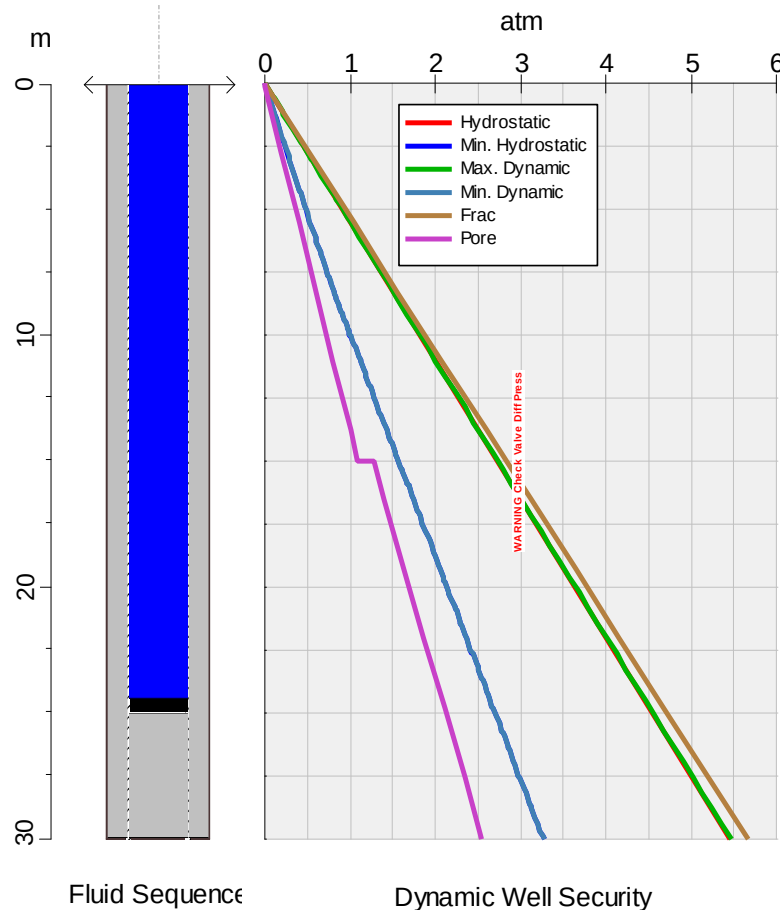
Portland Cement
Портланд Цемент

Current system
Обычные
системы

Lightweight
System
ОЗЦ

Case histories
Применение

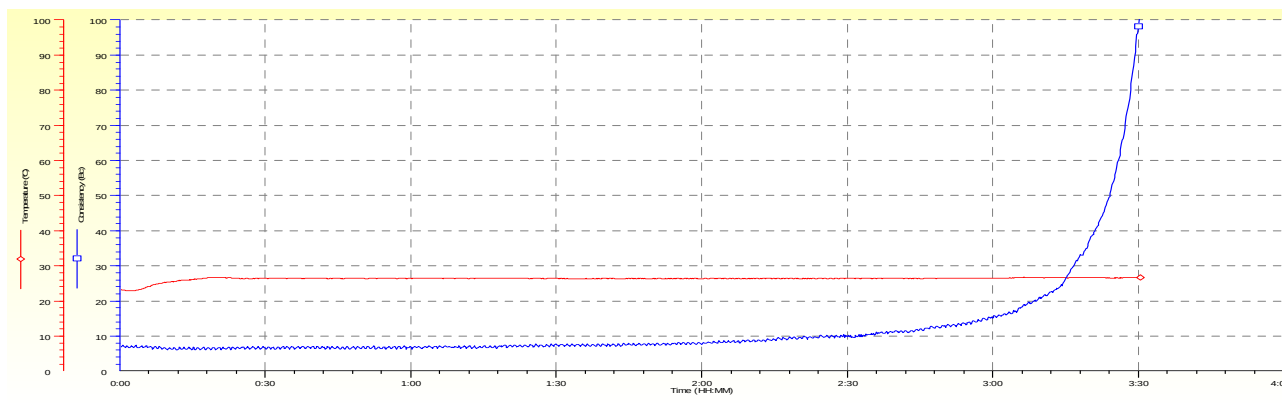
Technology
gaps
Ограничения



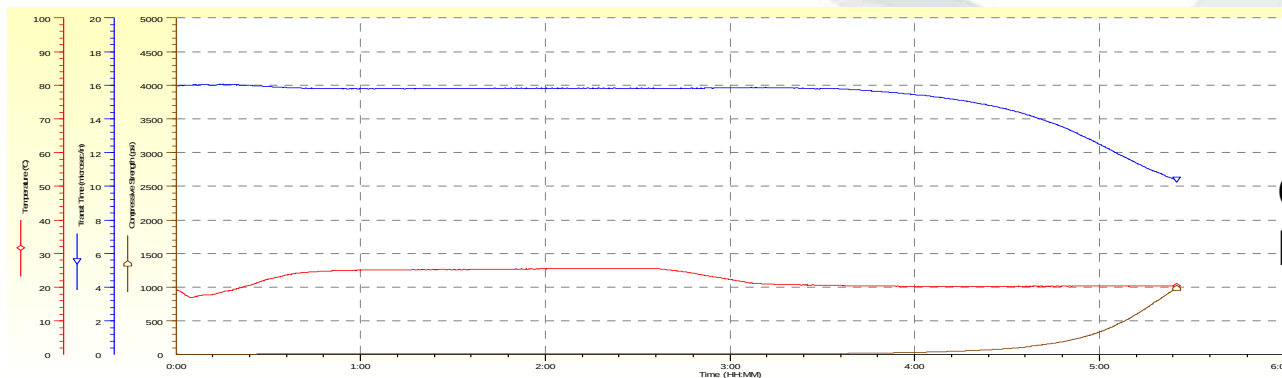
- Conductor pipe 30m
- Arctic cement 1880rg/m³
- TT = 3:30min
- WOC = 4hrs after end of the job
- CS = 500psi (34 atm) in 5:10min
- Цементирование направления 30 м
- Арктическая система 1880 кг/м³
- ОЗЦ – 4 часа после окончания работы
- Прочность на сжатие – 500psi (34 атм) через 5:10 минут

Case histories

Примеры успешного применения



Thickening time
Загустевание



Compressive strength
Прочность на сжатие

Technology gaps

Области, где требуются новые технологические решения

- Temperature simulation
 - Ice/formation percentage – change of formation temperature conductivity
 - Ice to water phase change
- Limitation of plaster based systems
 - Temperature – plaster based systems can not be exposed to temperature above 85 degC
 - Plaster based system will not protect from Permafrost melting during production
- Температурный симулятор
 - При изменении льдистости сильно меняется теплопроводность породы
 - Эффект таянья льда
- Ограничения применения растворов на основе гипса
 - Температура – гипс теряет прочность при нагреве до 85⁰C
 - Системы на основе гипса не защитят от растепления при добыче

Questions? Вопросы?

Thank you!
Спасибо!

