



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ ООО «РАДИОНДА»

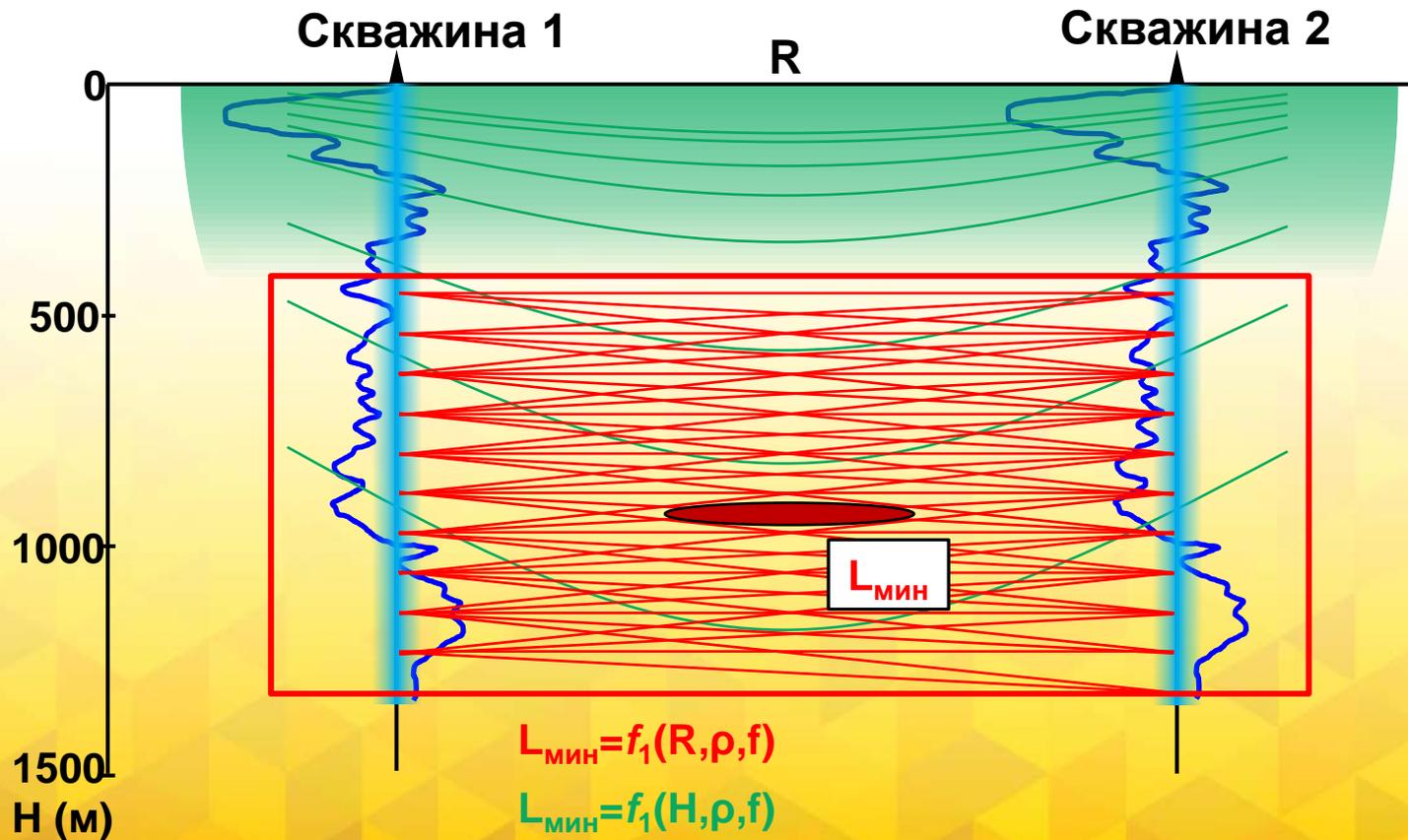
ТЕХНОЛОГИЯ РАДИОВОЛНОВОЙ ГЕОИНТРОСКОПИИ 3D РВГИ

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
СОСТОЯНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД ПОД ИНЖЕНЕРНЫМИ
СООРУЖЕНИЯМИ И ОБЪЕКТАМИ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА - ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Место межскважинных исследований в геофизическом комплексе

- Наземные геофизические методы
- Методы каротажа
- Межскважинные исследования



Современные скважинные радиоволновые методы исследований

Переход пород из мерзлого состояния в талое сопровождается значительными изменениями электрических характеристик пород: электрического сопротивления (ρ) и относительной диэлектрической проницаемости (ϵ)

Схема верного способа межскважинных радиоволновых измерений (РВГИ)

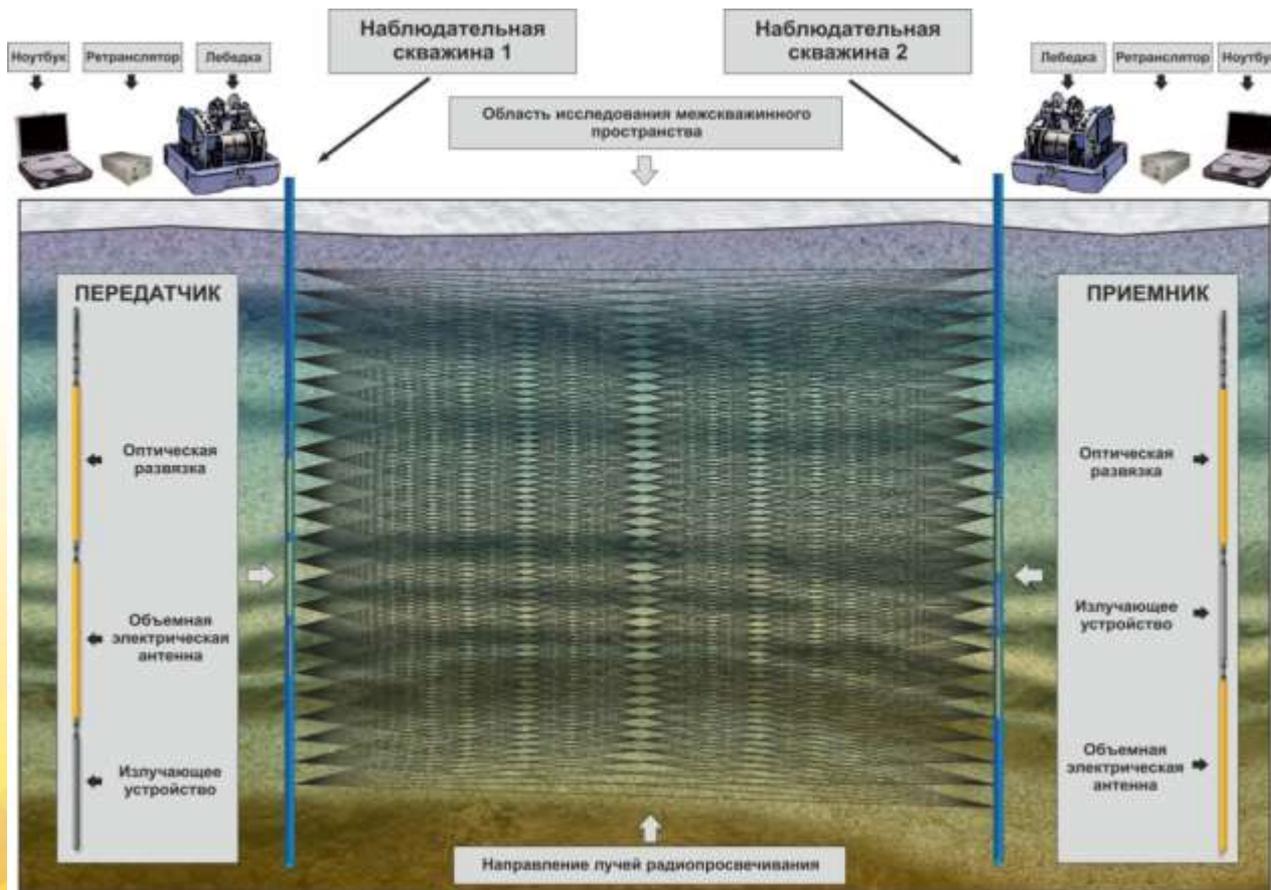
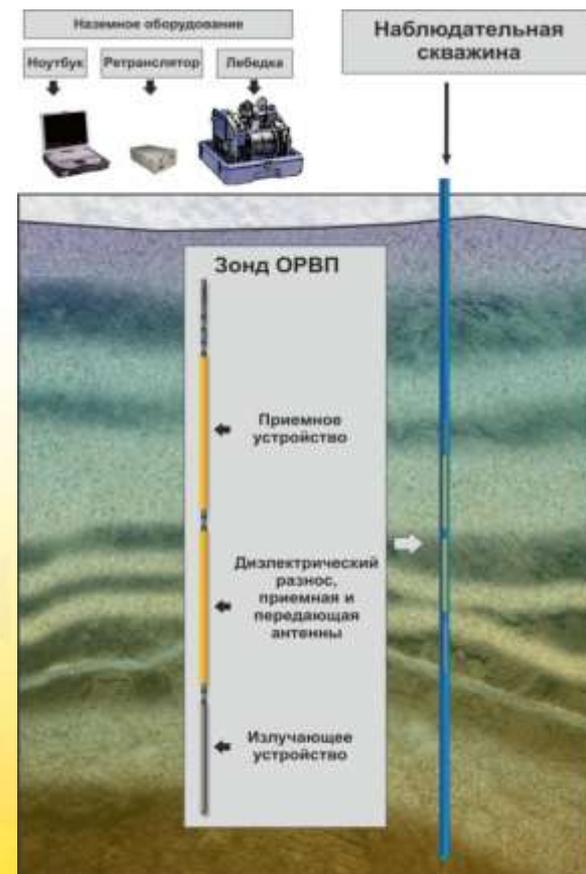


Схема установки ОРВП

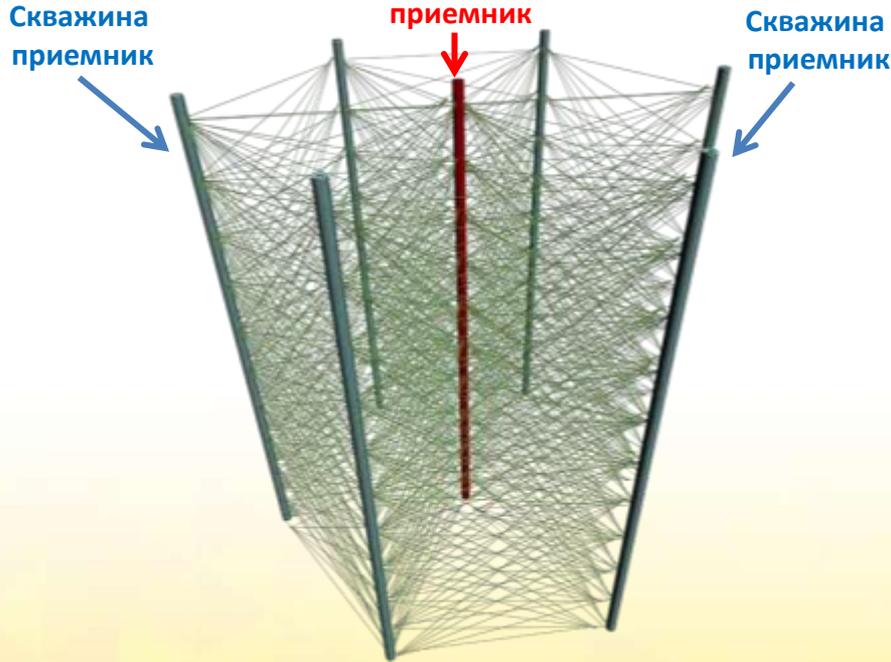


Преимущества скважинных радиоволновых исследований в условиях распространения ММП

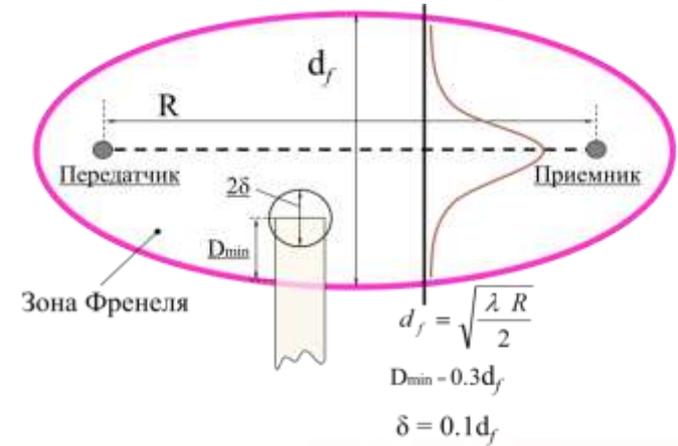
- ➡ Возможность исследований в сухих обсаженных ПНД скважинах
- ➡ Высокая разрешающая способность и дальность исследований в условиях пород с высоким уровнем ρ
- ➡ Возможность задействовать наблюдательные скважины, предназначенные для температурных наблюдений

Технология 3D геоэлектрического картирования РВГИ

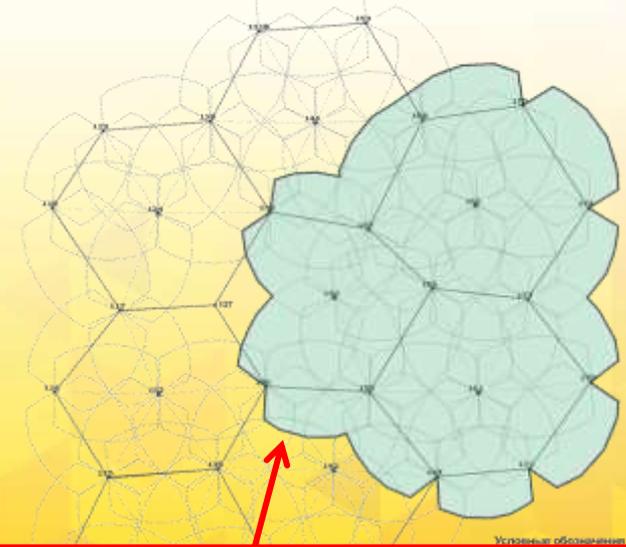
Веерная схема измерений



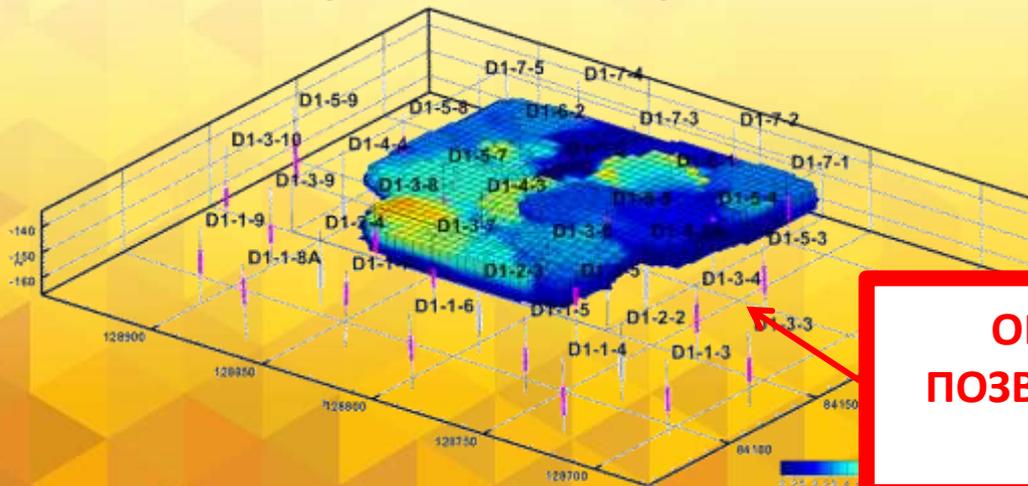
Область исследования между скважинами



Пересечение областей исследования

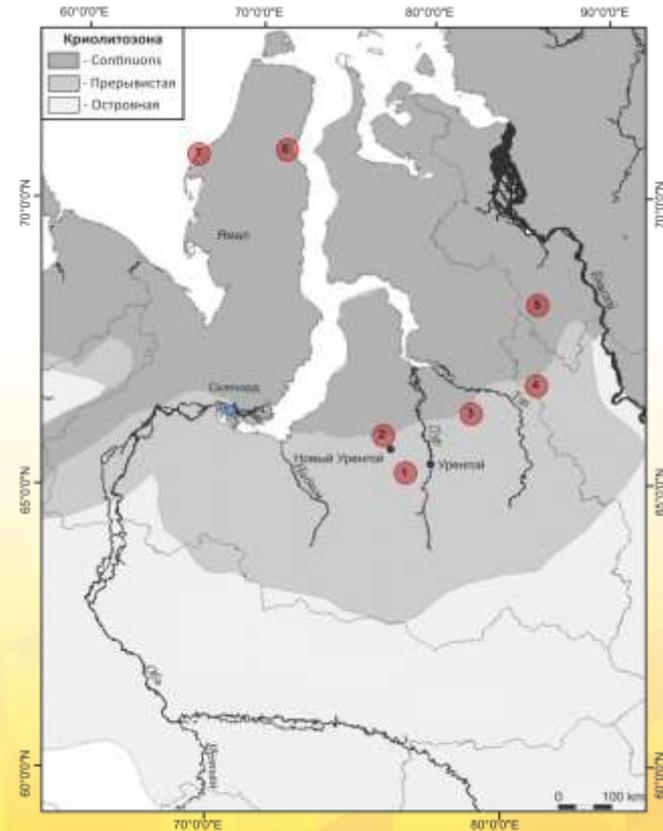
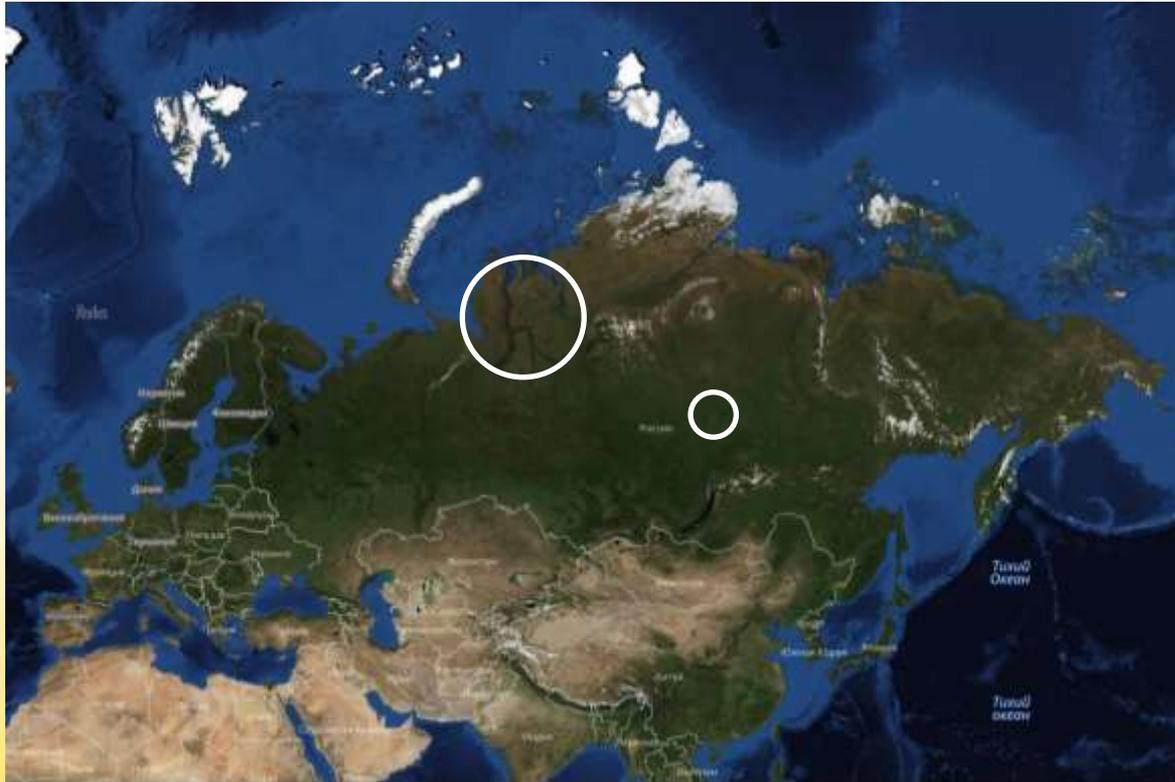


Элементарные ячейки обработки



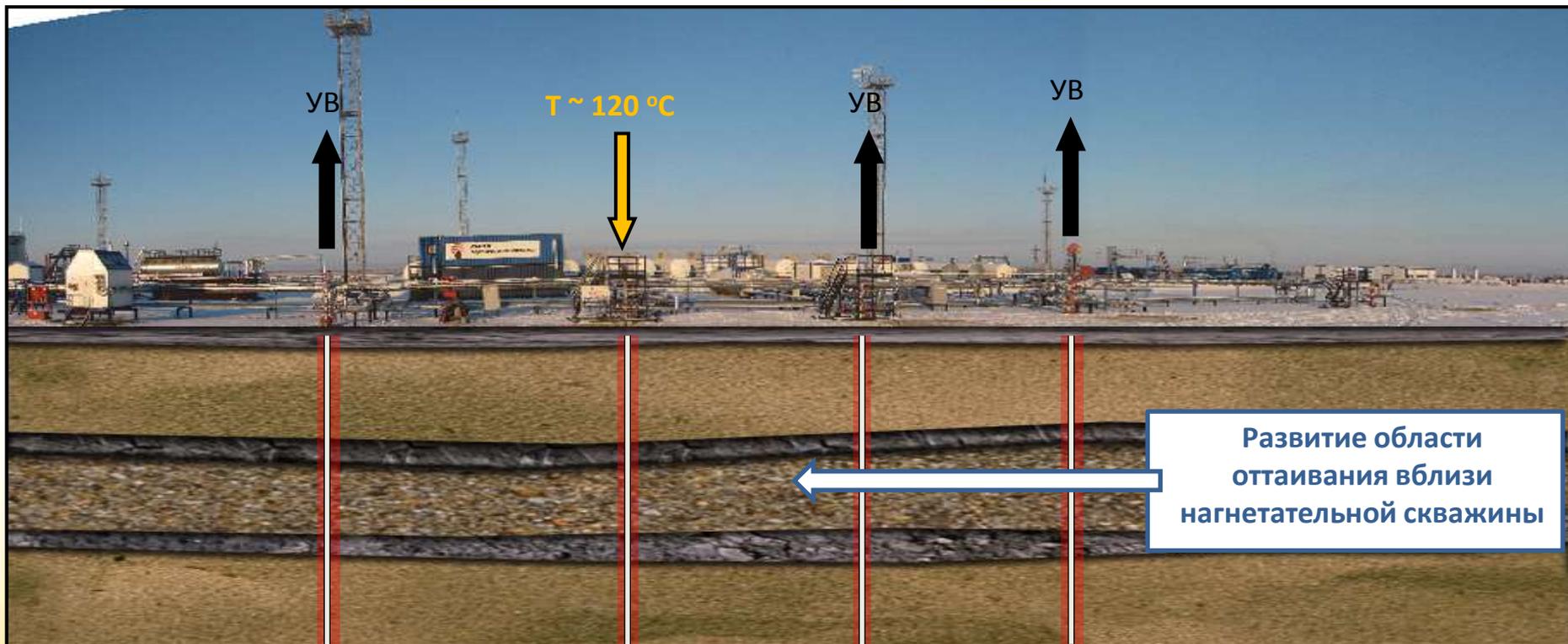
**ОБЪЕМНАЯ 3D ОБРАБОТКА ДАННЫХ
ПОЗВОЛЯЕТ ВИЗУАЛИЗИРОВАТЬ СТРОЕНИЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ**

МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ПОРОД НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ



- **Западная Сибирь (нефтегазовые месторождения (Русское, Ново-Уренгойское, Восточно-Уренгойское, Сузун, Тагул, Харасавэй, порт Саббета,))**
- **Восточная Сибирь (гидротехнические сооружения ГЭС, карьеры ДП,....)**

Мониторинг опасных криогенных процессов



Формирование области оттаивания многолетнемерзлых пород (ММП) в процессе эксплуатации добычных скважин на кустовых площадках НГ месторождений



Появление приустьевых провалов и воронок



Дополнительная нагрузка на крепь скважины
Возможность потери продольной устойчивости
Возможна деформация обсадных труб



Возникновение аварийной ситуации

Полевые исследования РВГИ

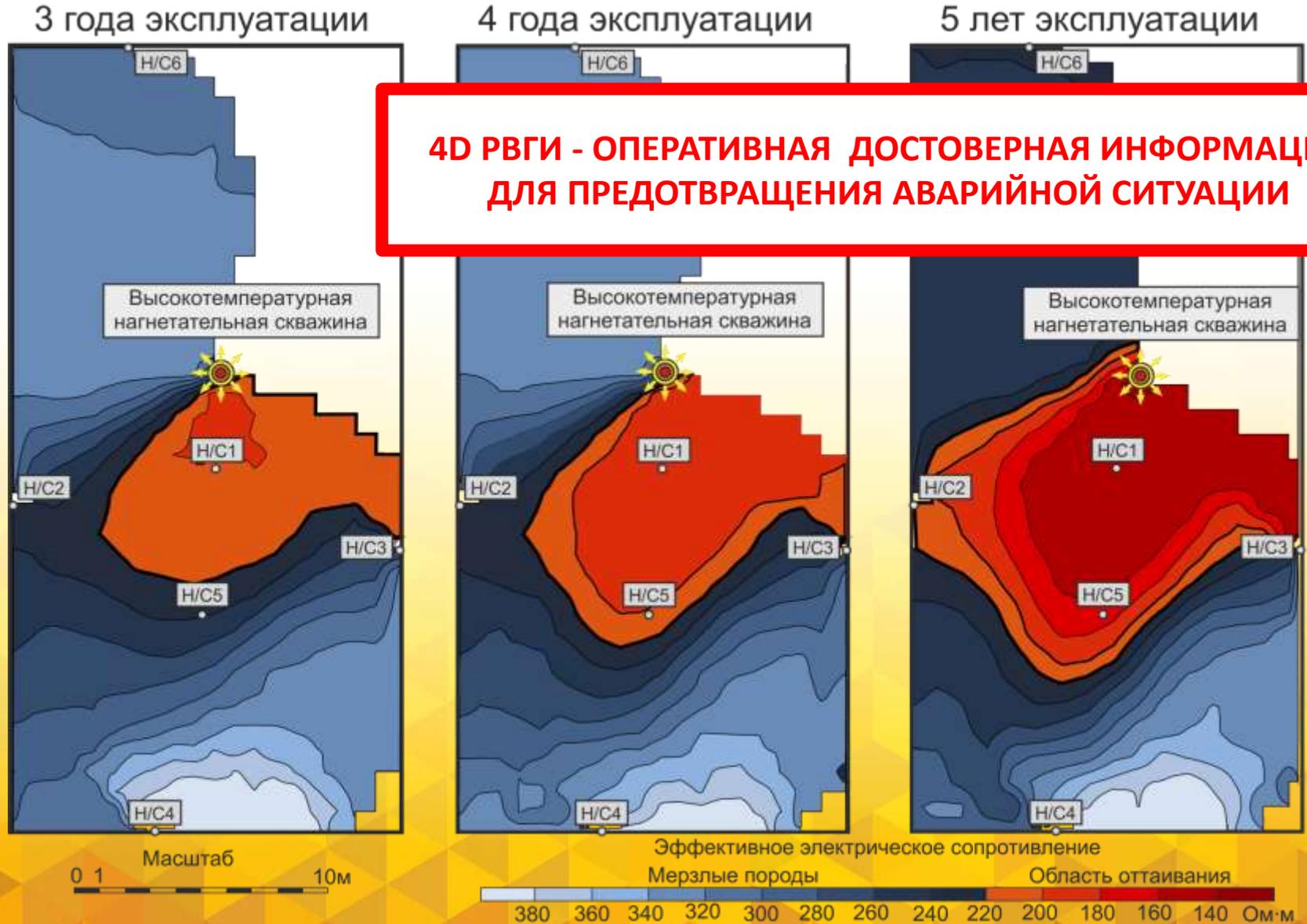
- Рабочая частота исследований $f = 0.156 - 31$ МГц
- Длина антенн: 1 - 4 метра
- Расстояние между скважинами: 10 – 50 метров
- Электрическое сопротивление пород: 25 – 3000 Ом·м

Короткая измерительная установка обеспечивает мобильность полевого отряда, позволяя проводить межскважинные исследования в труднодоступных регионах и объектах

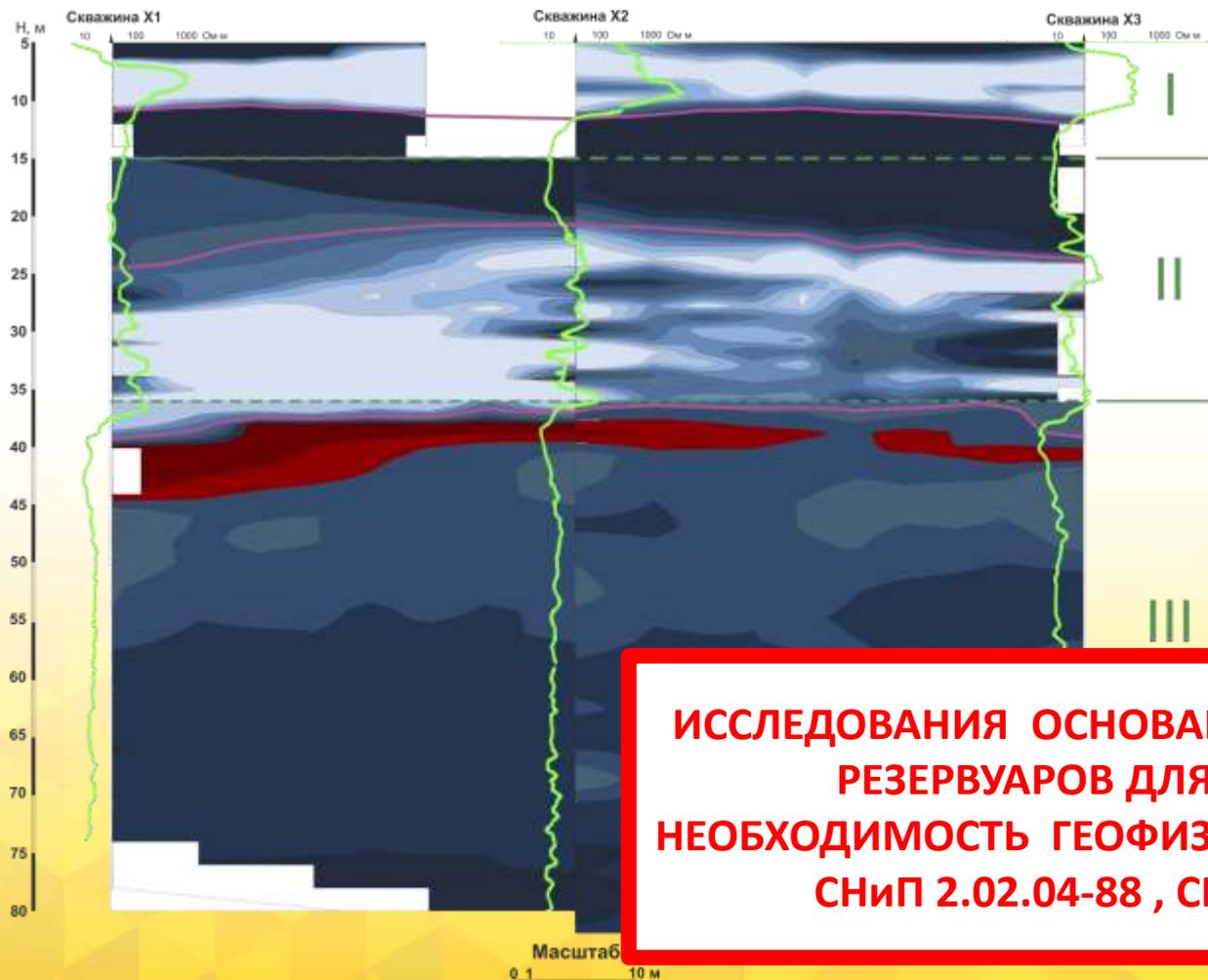


Развитие области оттаивания на кустовой площадке

Горизонтальные сечения по 3D-геоэлектрической карте РВГИ демонстрируют развитие области оттаивания вокруг нагнетательной скважины ($T=120\text{ }^{\circ}\text{C}$)



Опыт исследований оснований резервуаров для хранения углеводородов (порт Саббета)



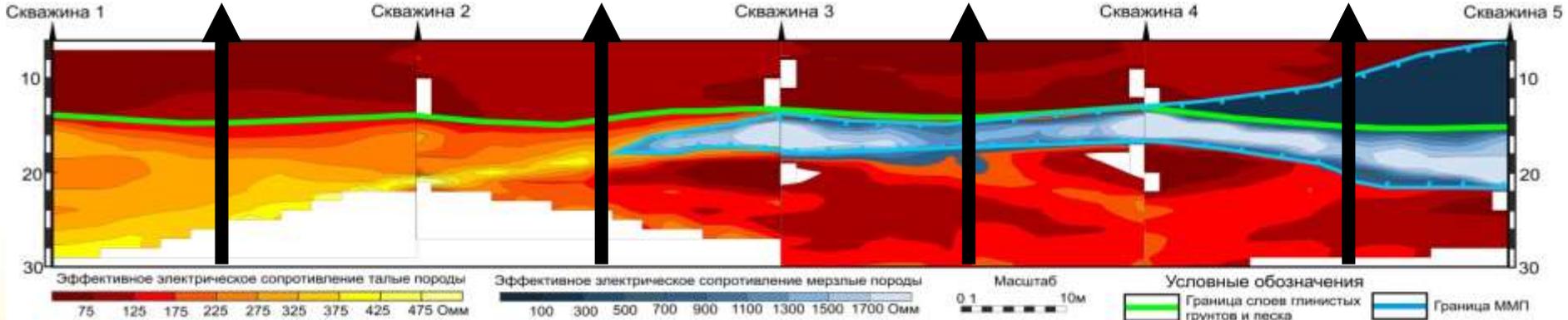
Криопэги – основная опасность для свай при строительстве на ММП

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВАНИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ГСМ – НЕОБХОДИМОСТЬ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СНИП 2.02.04-88 , СП 11-105-97 и др. ...

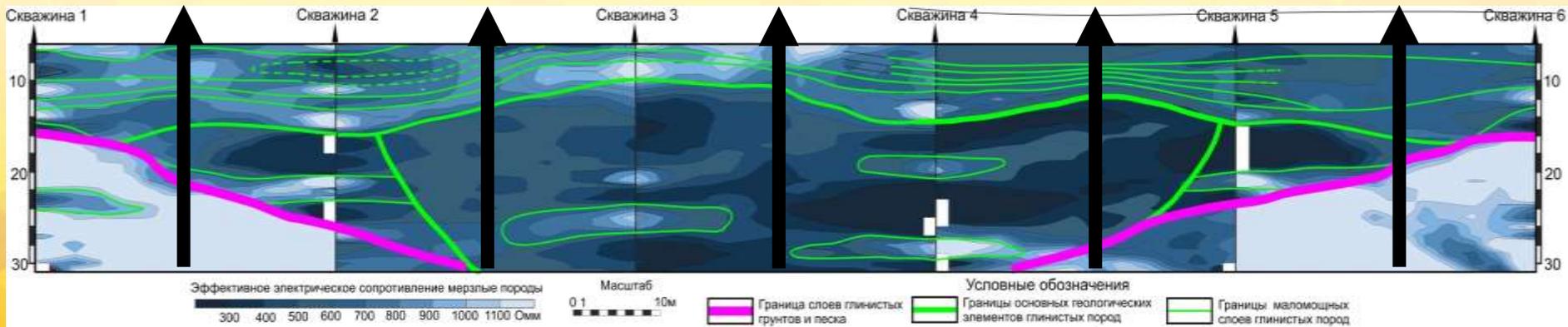
Исследования при проектировании и строительстве кустовых площадок в Западной Сибири

Определение геологического строения и оценка электрических свойств ММП

Островная мерзлота на территории кустовой площадки

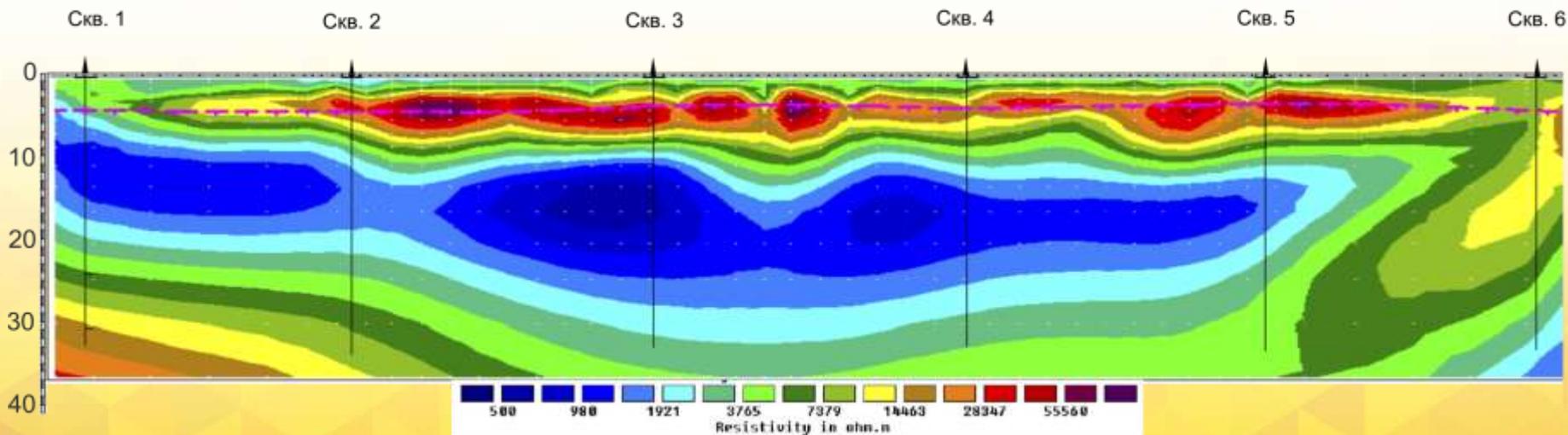
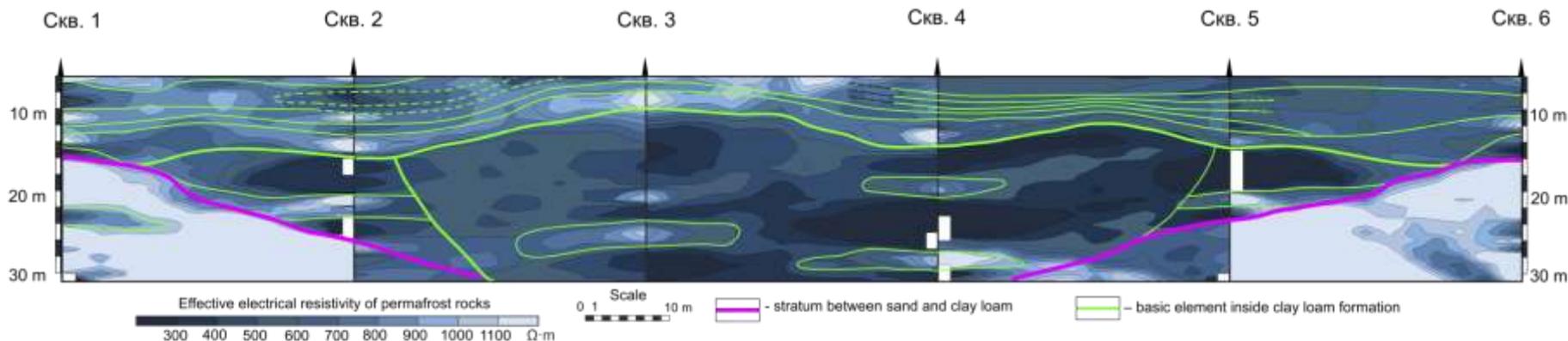


Сильнольдистые глинистые породы на территории кустовой площадки



Во многих случаях устья нагнетательных и добычных скважин закладываются в неблагоприятных по геокриологическим условиям местах. В пределах одного куста скважин на расстоянии в десятки метров геологическое строение и тепловой режим пород могут существенно изменяться. В процессе эксплуатации таких кустовых площадок вероятно ускоренное развитие негативных криогенных процессов.

Сопоставление разрешающей способности межскважинных и наземных исследований



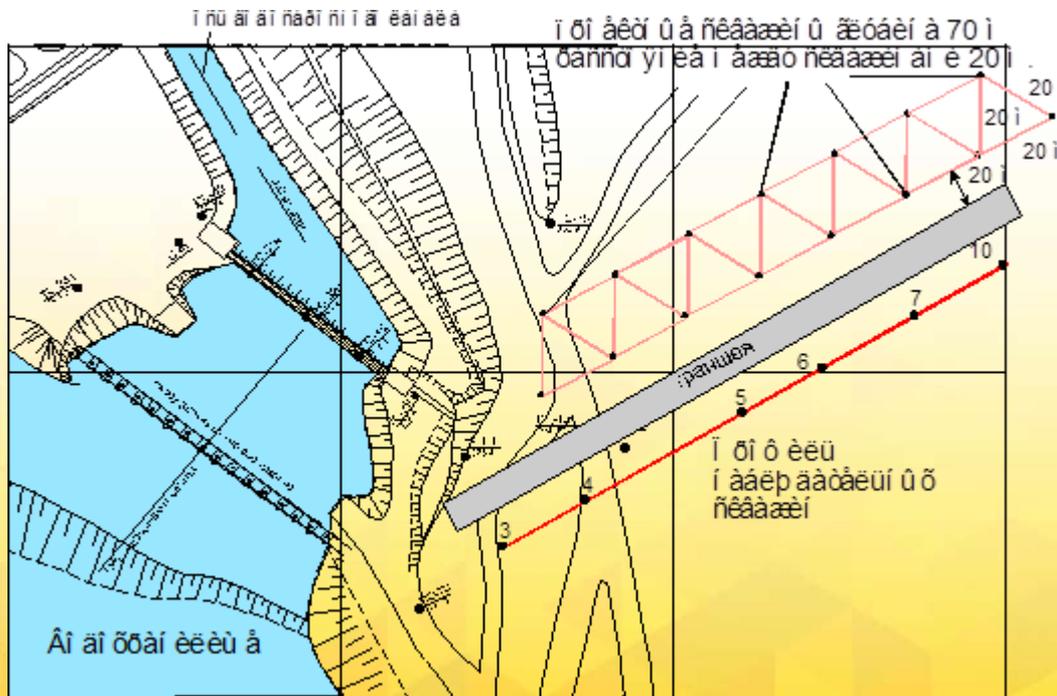
Электротомография (Геоскан, МГУ)

ВАЖНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования гидротехнических сооружений Якутия

Опережающий прогноз развития интервала оттаивания массива ММП
Определение зон обходной фильтрации в береговом примыкании

Схема Сытыканского гидроузла



дамба

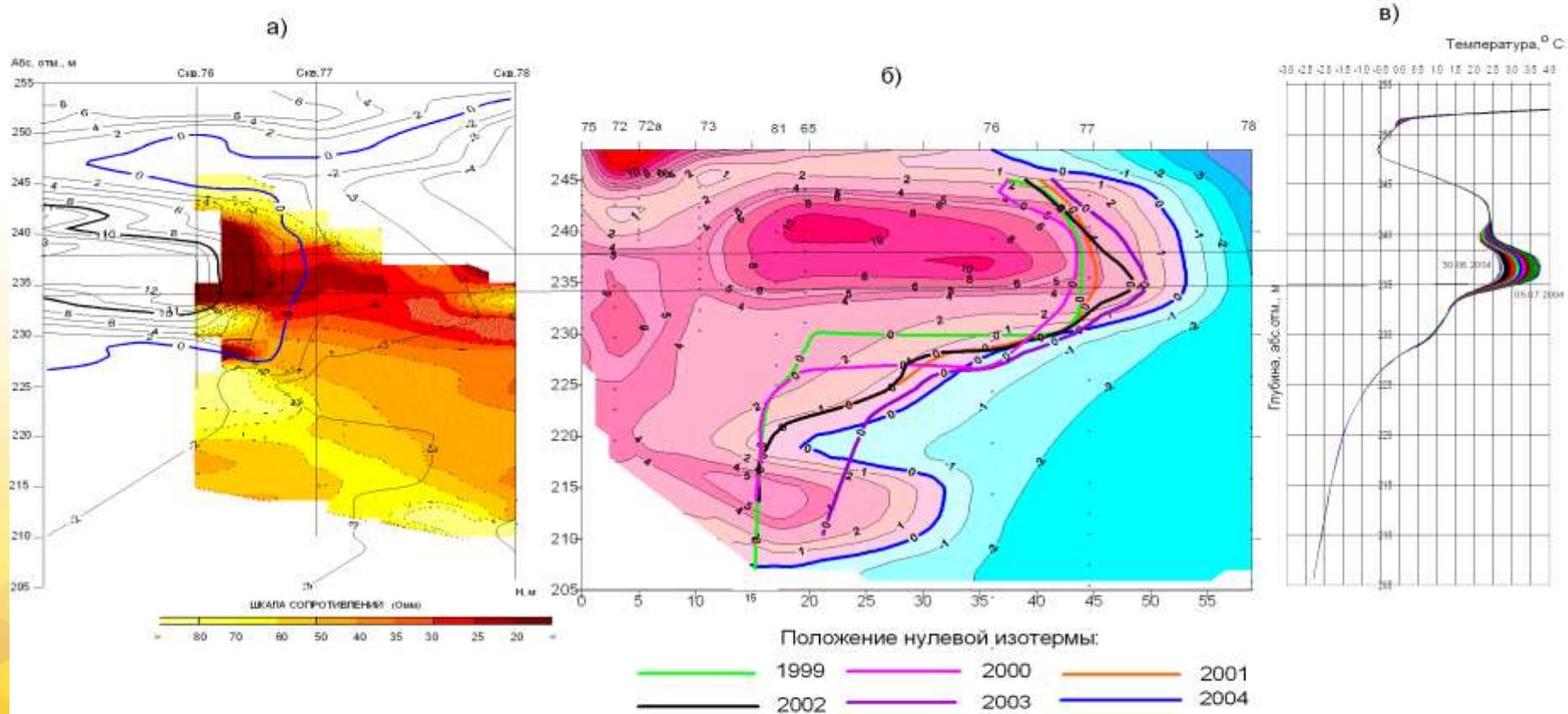


водосбросный канал



Исследования гидротехнических сооружений Якутия

Опережающий прогноз развития интервала оттаивания ММП Обходная фильтрация в береговом примыкании



Правобережное примыкание ВГЭС-1:

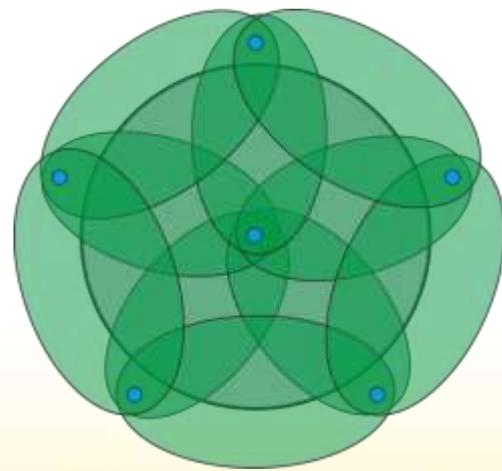
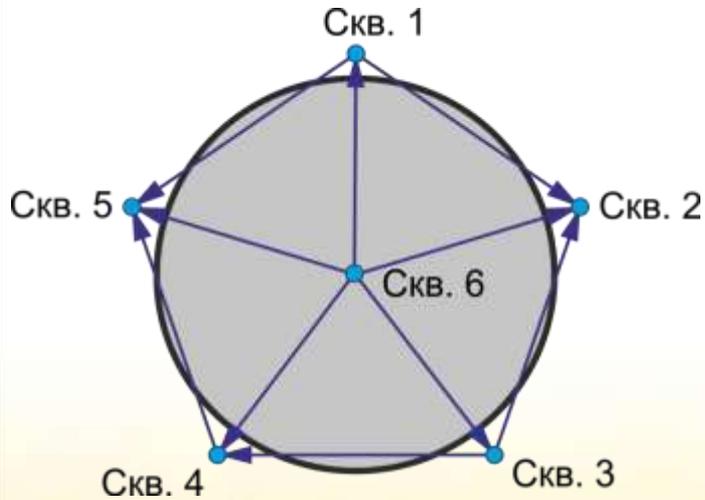
а) геозлектрический разрез по данным радиоволнового межскважинного просвечивания ($f = 1,56$ МГц) в сопоставлении с температурным разрезом (сентябрь 1999 г.);

б) температурный разрез по профилю скважин (август 2004 г.) с вынесенными нулевыми изотермами за 1999-2004 гг.;

в) результаты недельных логгерных измерений температуры в скв. 76 (2004г.)

Схема радиоволновых межскважинных исследований 3D РВГИ при проектировании и строительстве резервуаров ГСМ

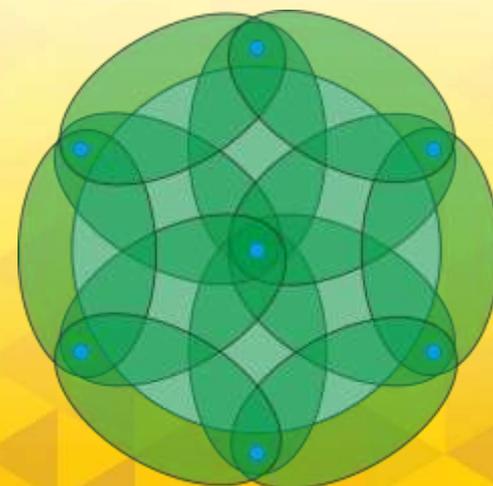
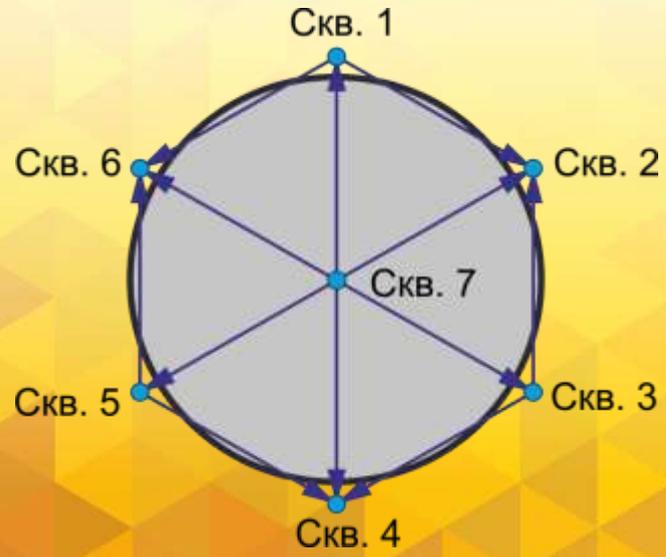
Минимально-необходимая сеть наблюдательных скважин



При диаметре резервуара 40 м

- Количество скважин: 5
- Расстояние между скважинами 23 - 25 метров
- Зеленым обозначены области межскважинных исследований, на частоте 1.25МГц, при среднем электрическом сопротивлении горных пород 100 Омм

Оптимальная сеть наблюдательных скважин



При диаметре резервуара 40 м

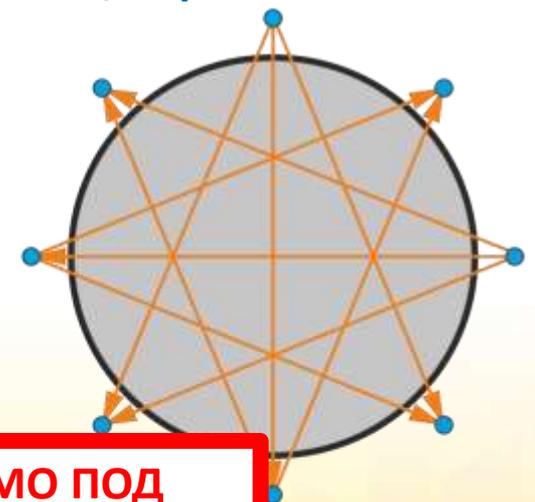
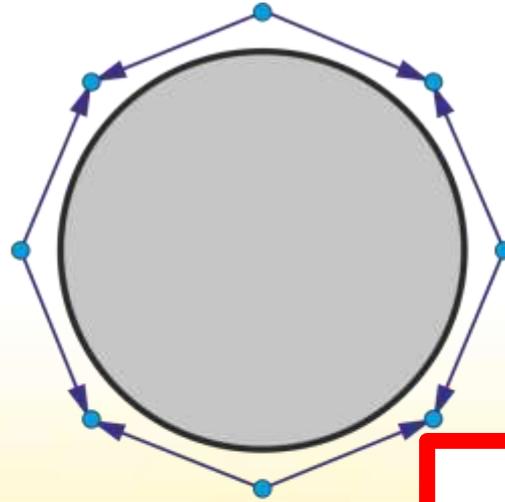
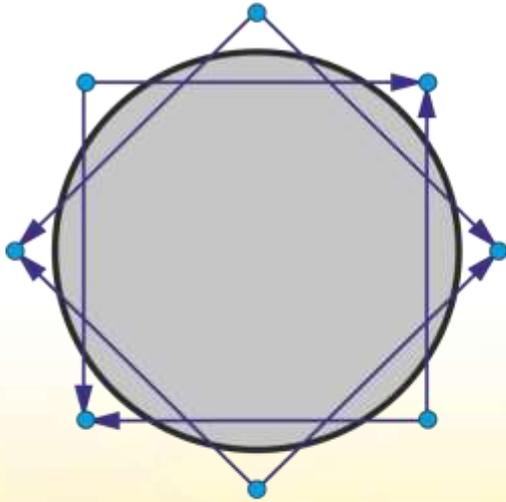
- Количество скважин: 6
- Расстояние между скважинами 22 - 23 метра
- Зеленым обозначены области межскважинных исследований, на частоте 1.25МГц, при среднем электрическом сопротивлении горных пород 100 Омм

Схема радиоволновых межскважинных исследований 3D РВГИ под эксплуатирующимися резервуарами ГСМ

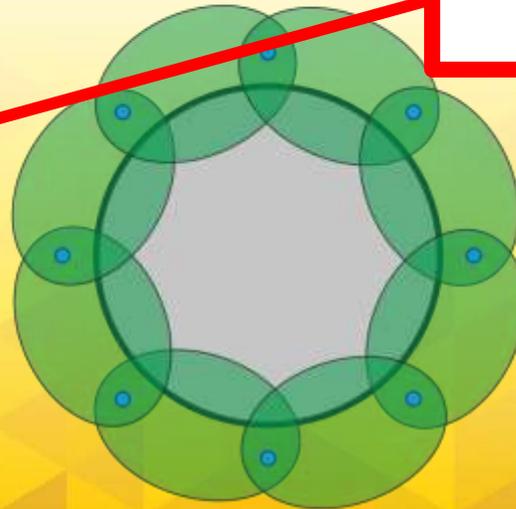
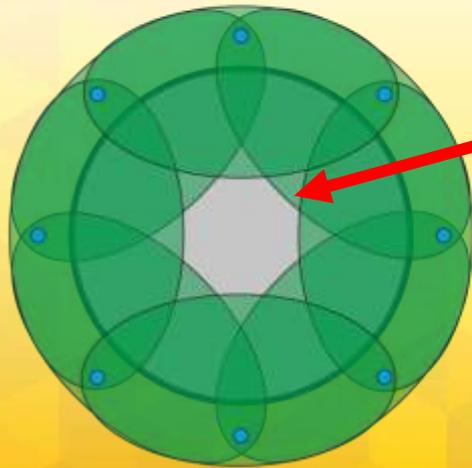
Основная сеть

Детализационная сеть

Исследования
центральной части



**ПРЯМО ПОД
БАКОМ**

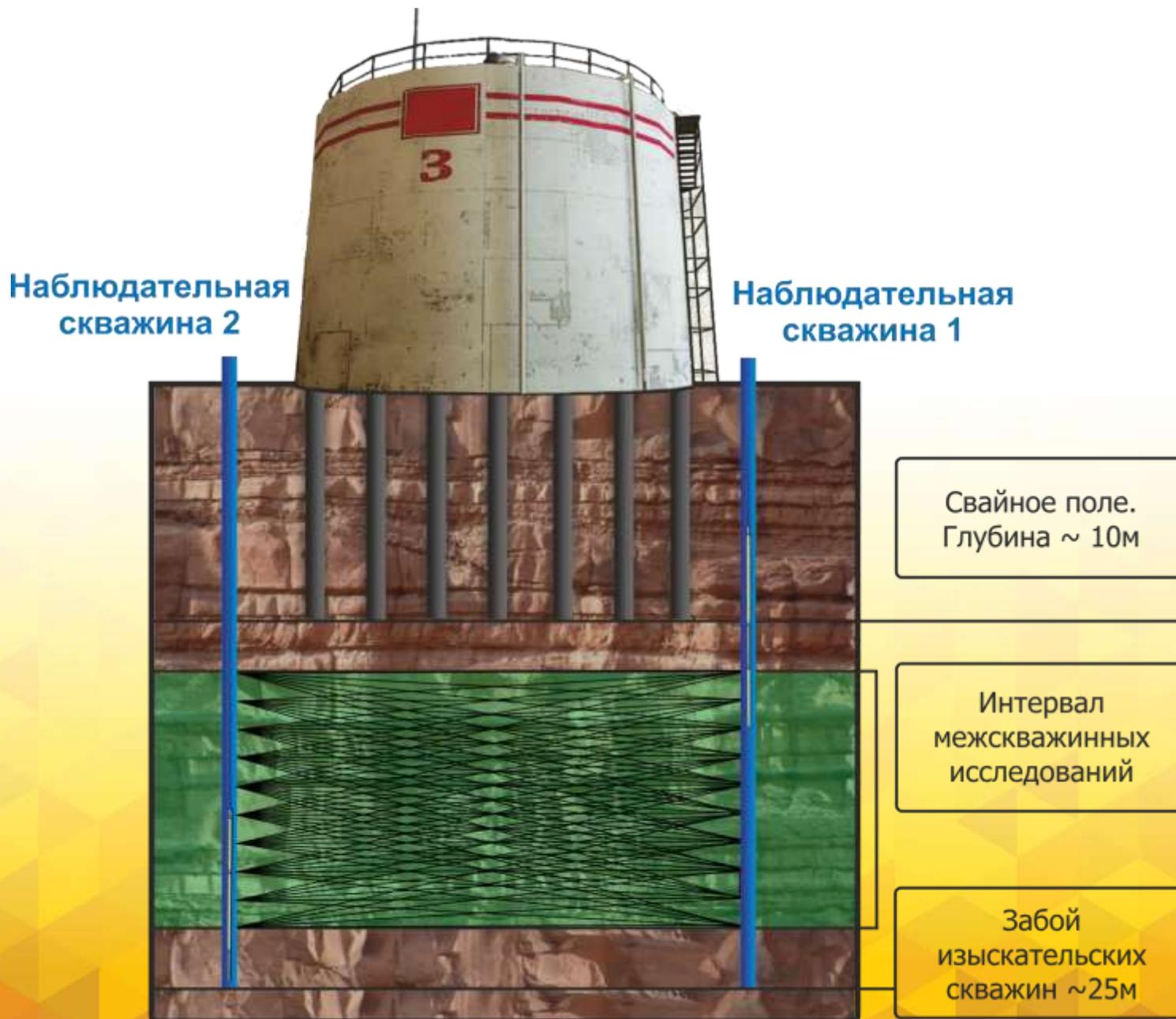


$f=1.25\text{МГц}$

$f=1.25-31\text{МГц}$

$f=0.61 - 0.625\text{МГц}$

Интервал межскважинных исследований РВГИ



В компании ООО «Радионда» более 20 научных публикаций по проблемам исследований оснований инженерных сооружений в условиях распространения ММП

1. Istratov V.A., Frolov A.D., Radio wave borehole measurements to determine the in situ electric property distribution in Frozen massif // J. Geophys. Researches. V. 108. No E4, 8039, doi: 10.1029/2002JE001880, 2003.
2. Kuchmin, V. Istratov, S. Ostapchuk, Y. Lyakh Technology of radio wave researches for 3D-geolectrical mapping of inter-well space in permafrost massif. EUCOP II, Germany, Potsdam, 2005.
3. Cherepanov A.O. Experience in application of borehole geophysics methods for studying the thawing of permafrost located near production oil wells at the multiple well platforms of the fields in Western Siberia. TICOP, Russia, Salekhard, 2012. P.P. 81-82.
4. Черепанов А.О. Методы скважиной геофизики для исследования многолетнемерзлых пород на кустовых площадках нефтегазовых месторождений Западной Сибири. [Текст] / Черепанов А.О. // «Инженерные изыскания» - 2013. - №13. - С. 38 – 47. (1,2 п.л.)
5. Черепанов А.О. Пространственный геоэлектрический мониторинг состояния многолетнемерзлых пород вблизи нагнетательных скважин на примере одного из нефтяных месторождений Западной Сибири. [Текст] / Черепанов А.О. // «Инженерные изыскания» - 2014. - №12. - С. 18 -24. (0,8 п.л.)
6. Черепанов А. О. Комплекс радиоволновых исследований для решения геокриологических задач в районах развития ММП. // «Геофизика» 2018. №1. С. 52-59.
7. Черепанов А.О. Пространственный геоэлектрический мониторинг состояния многолетнемерзлых пород вблизи эксплуатационных скважин на нефтегазовых месторождениях Западной Сибири. Диссертационная работа. Москва, РГГРУ. 2018.
8. The technology of spatial radio wave researches for monitoring the thawing of permafrost. The case study of investigation on oil and gas field in Western Siberia. A. Cherepanov, V.Istratov 5th European Conference on Permafrost (EUCOP), Chamonix, France. 2018. p.p. 869-870.