



Учреждение Российской академии наук
ИНСТИТУТ МЕРЗЛОТОВЕДЕНИЯ им. П.И. Мельникова
Сибирского отделения РАН (ИМЗ СО РАН)
Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk, Russia

Роль и место методов геофизики в диагностике, контроле и региональном прогнозе температурного состояния криолитозоны Сибири и Дальнего Востока

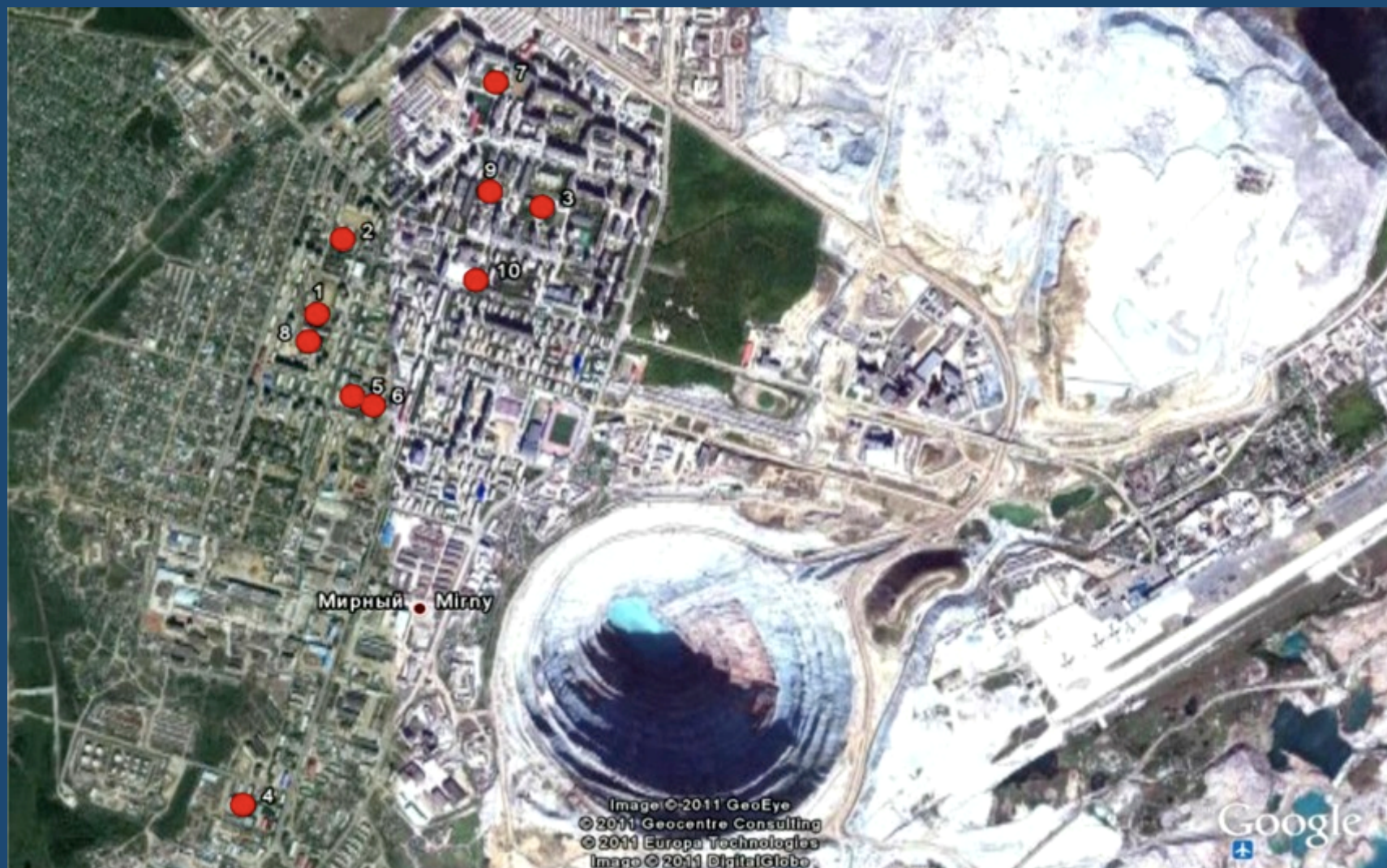
The Role and Place of Geophysical Methods in Diagnostics, Control and Regional Prediction of the Thermal State of Permafrost in Siberia and Far East

Доклад старшего научного сотрудника лаборатории инженерной геокриологии, кандидата технических наук Нерадовского Леонида Георгиевича

Presenter: Leonid G. Neradovsky, PhD

г. Иркутск, 2012 г.

г. Мирный. Площадки жилых зданий. 2007 г.
Survey sites in the residential area, Mirny, 2007.



г. Якутск. Застройка квартала №84. 2008 г.
Residential development area 84, Yakutsk, 2008.



**г. Нерюнгри. Архивные материалы 1986-1991 гг.
Previous site investigations, 1986-1991, Neryungri.**



Георадар SIR-2000 с антенной на 270 МГц SIR-2000 GPR system with a 270 MHz antenna



Регистратор сигналов SIR-2000

SIR-2000 signal recorder



Георадар SIR-2000 с антенной на 270 МГц SIR-2000 GPR system with a 270 MHz antenna



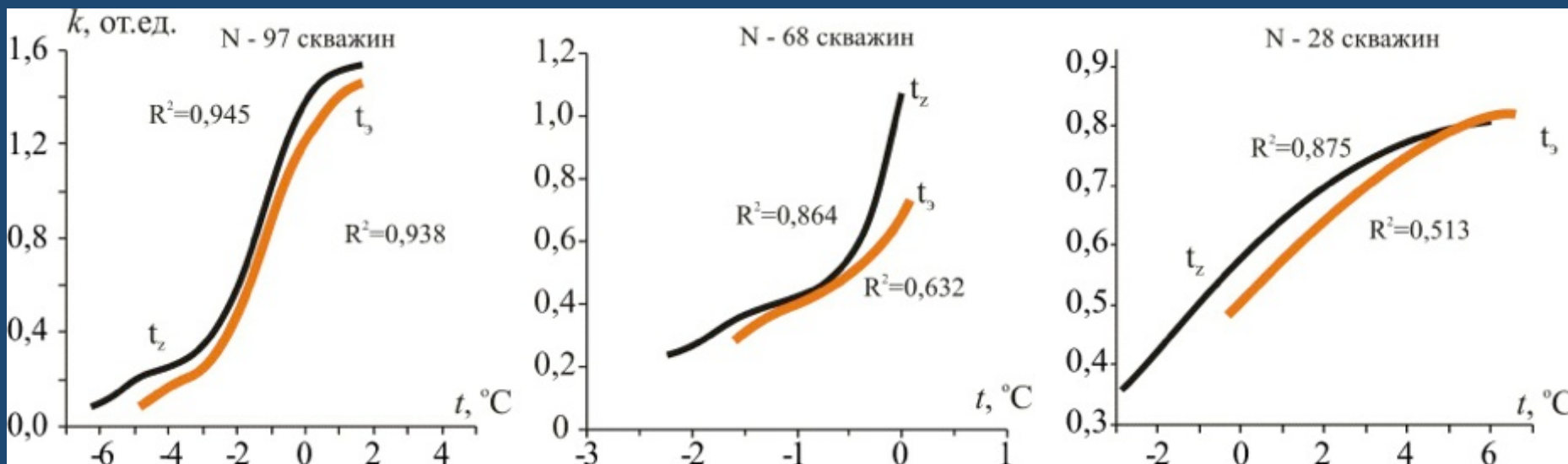
Ж/д трасса Беркакит-Томмот-Якутск. 2011 г.
Berkakit-Tommot-Yakutsk railroad corridor, 2011.



Аппаратура индуктивной электроразведки СЭМЗ SEMZ electromagnetic induction system



Графики температурной зависимости сигналов георадиолокации GPR signal vs temperature



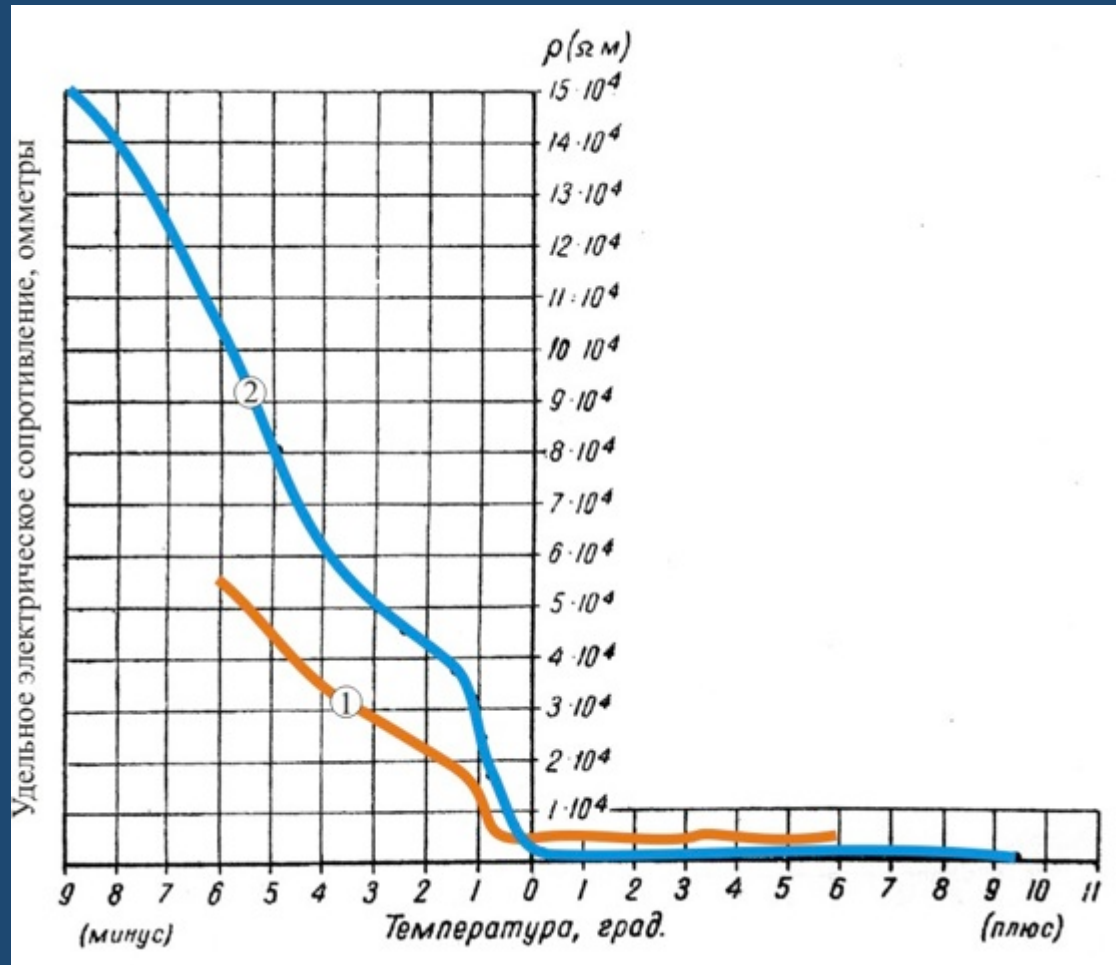
Мирный
Mirny

Якутск
Yakutsk

Нерюнгри
Neryungri

Температурная зависимость УЭС (Б.В. Силинский, 1962 г.)

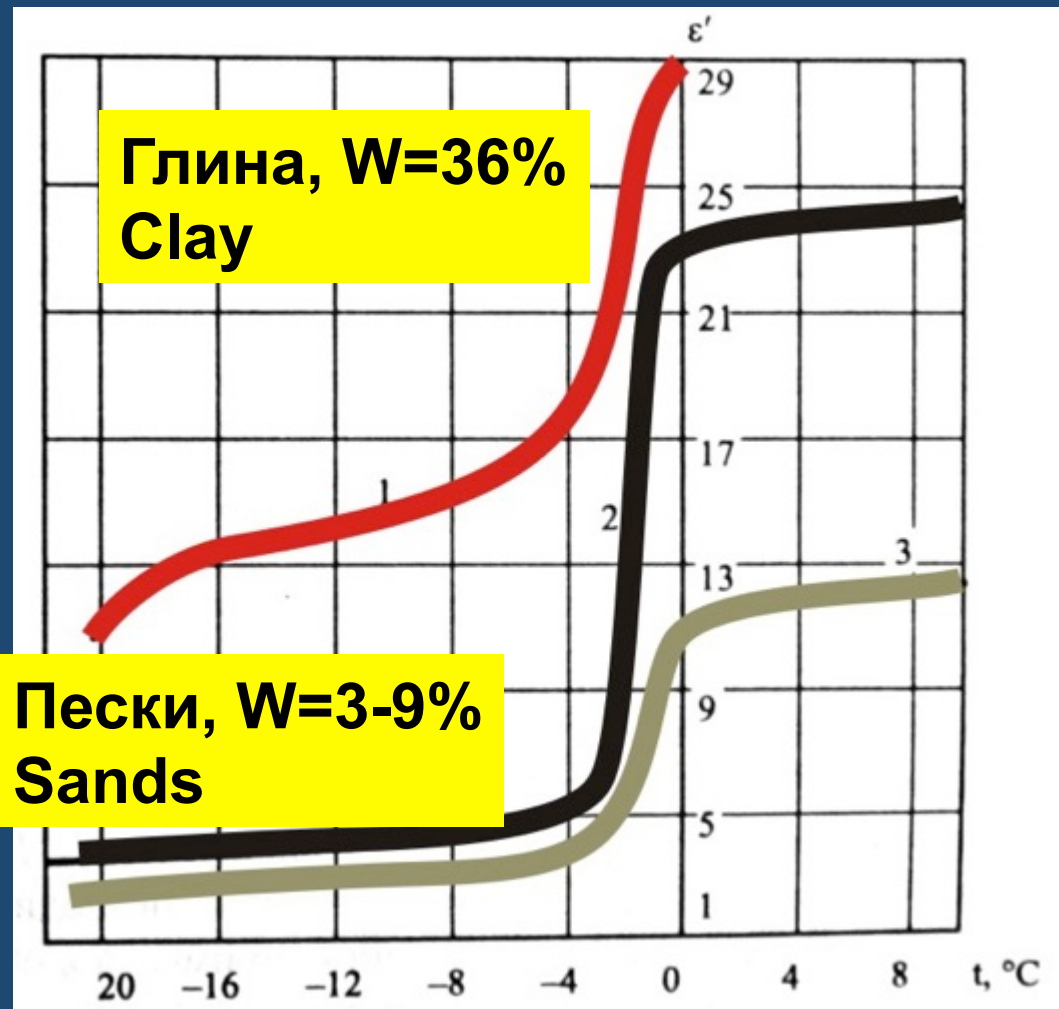
Temperature dependence of electrical conductivity (after *Silinsky*, 1962)



Грунтовая смесь: гравий, галька, песок, илы
Soil mix: cobble, gravel, sand, silts

Температурная зависимость диэлектрической проницаемости (Б. Н. Достовалов, 1947 г.)

Temperature dependence of dielectric permittivity (after
Dostovalov, 1947)



Региональная модель расчёта температуры на глубине 10 м по данным георадиолокации

Regional model for calculating temperature at 10 m depth from GPR data

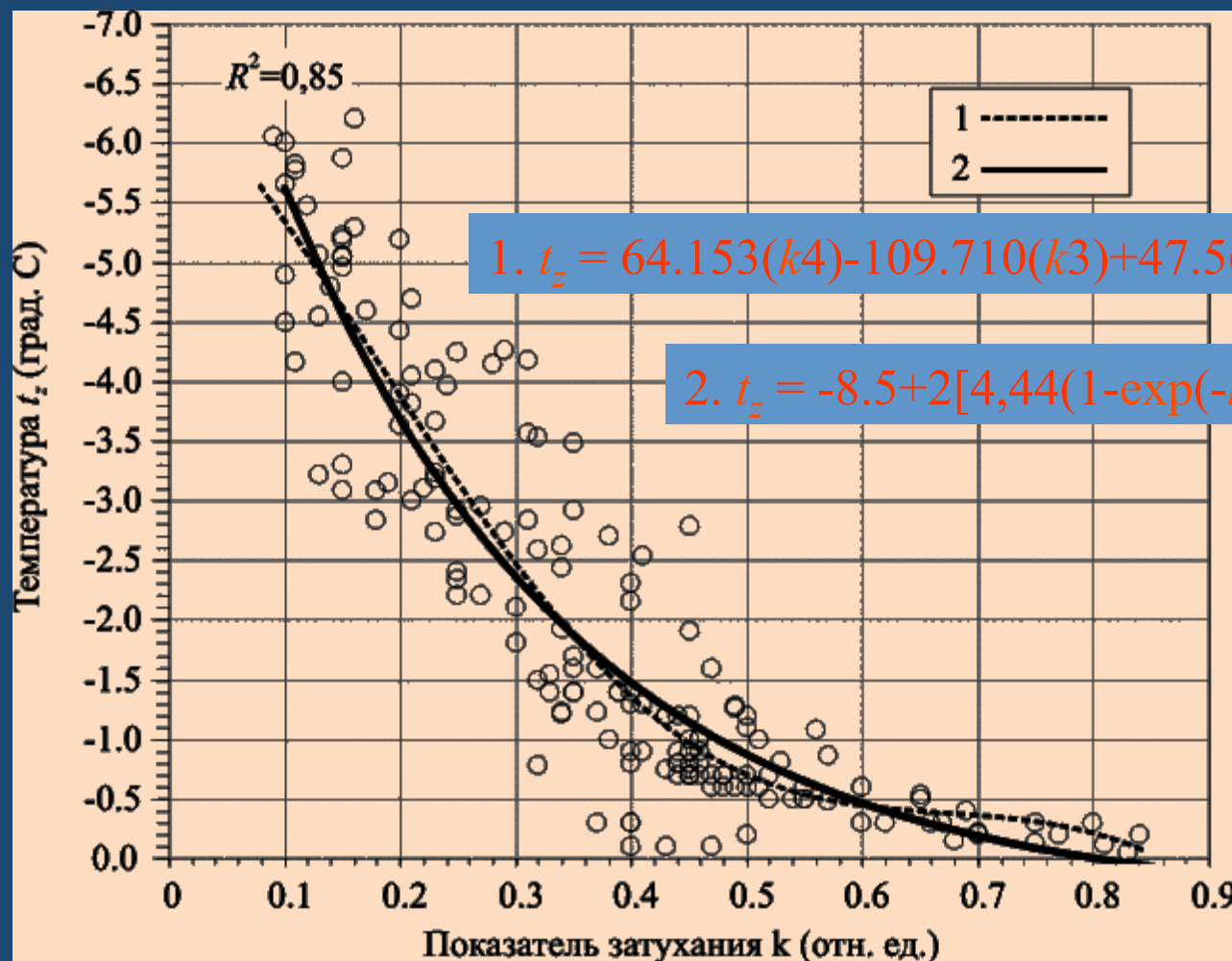
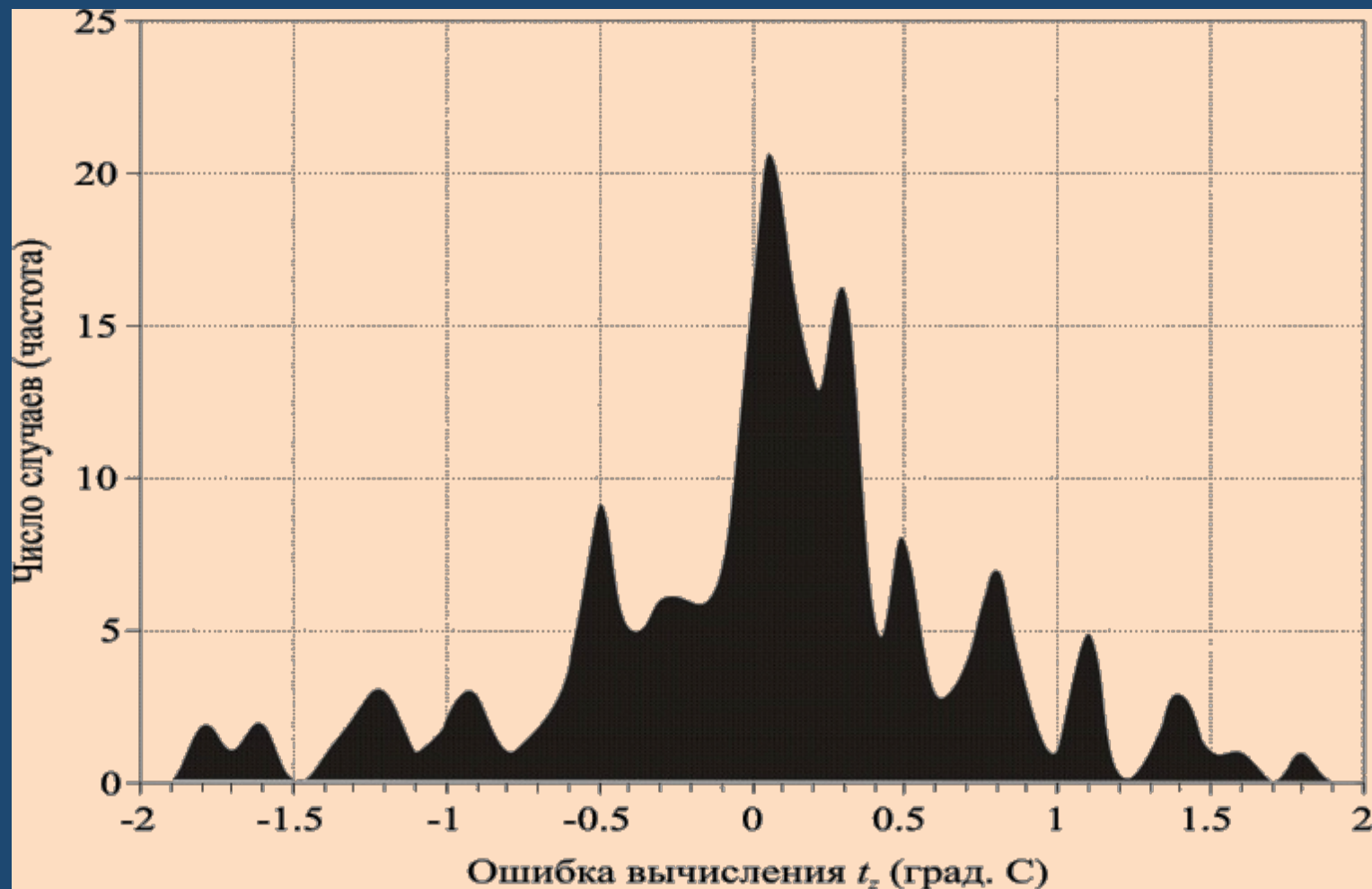


График ошибок региональной модели полинома

Error plot for the regional polynomial model



Статистика ошибок региональной модели полинома

Error statistics for the regional polynomial model

<i>Ошибка tz</i> <i>Error tz</i>	<i>Общая модель</i> <i>Overall model</i>	<i>Мирный</i> <i>Mirny</i>	<i>Якутск</i> <i>Yakutsk</i>	<i>Нерюнгри</i> <i>Neryungri</i>
Среднее Mean	0.02	-0.20	0.16	0.41
Стандартная ошибка Standard error	0.05	0.08	0.03	0.16
Медиана Median	0.09	-0.23	0.11	0.65
Мода Mode	0.27	#Н/Д	0.27	1.06
Стандартное отклонение Standard deviation	0.698	0.787	0.281	0.868
Дисперсия выборки Variance	0.488	0.620	0.079	0.754
Эксцесс Kurtosis	0.705	-0.137	0.713	3.069
Асимметричность Skewness	-0.524	0.144	0.355	-1.789
Минимум Minimum	-2.1	-1.8	-0.5	-2.1
Максимум Maximum	1.7	1.7	0.9	1.4
Счет Score	188	91	69	28
Уровень надежности(95.0%) Reliability level (95.0%)	0.10	0.16	0.07	0.34

Вероятностная структура ошибок региональной модели

Probabilistic structure of the regional model errors

Категория точности вычисления характеристики tz tz calculation accuracy class	Интервал ошибки (град. С) Error range (deg C)	Вероятность (число случаев), % Probability (number of cases), %		
		Мирный (N=91) Mirny	Якутск (N=68) Yakutsk	Нерюнгри (N=28) Neryungri

$$t_z = a_4 \cdot k^4 - a_3 \cdot k^3 + a_2 \cdot k^2 + a_0 \cdot k - b$$

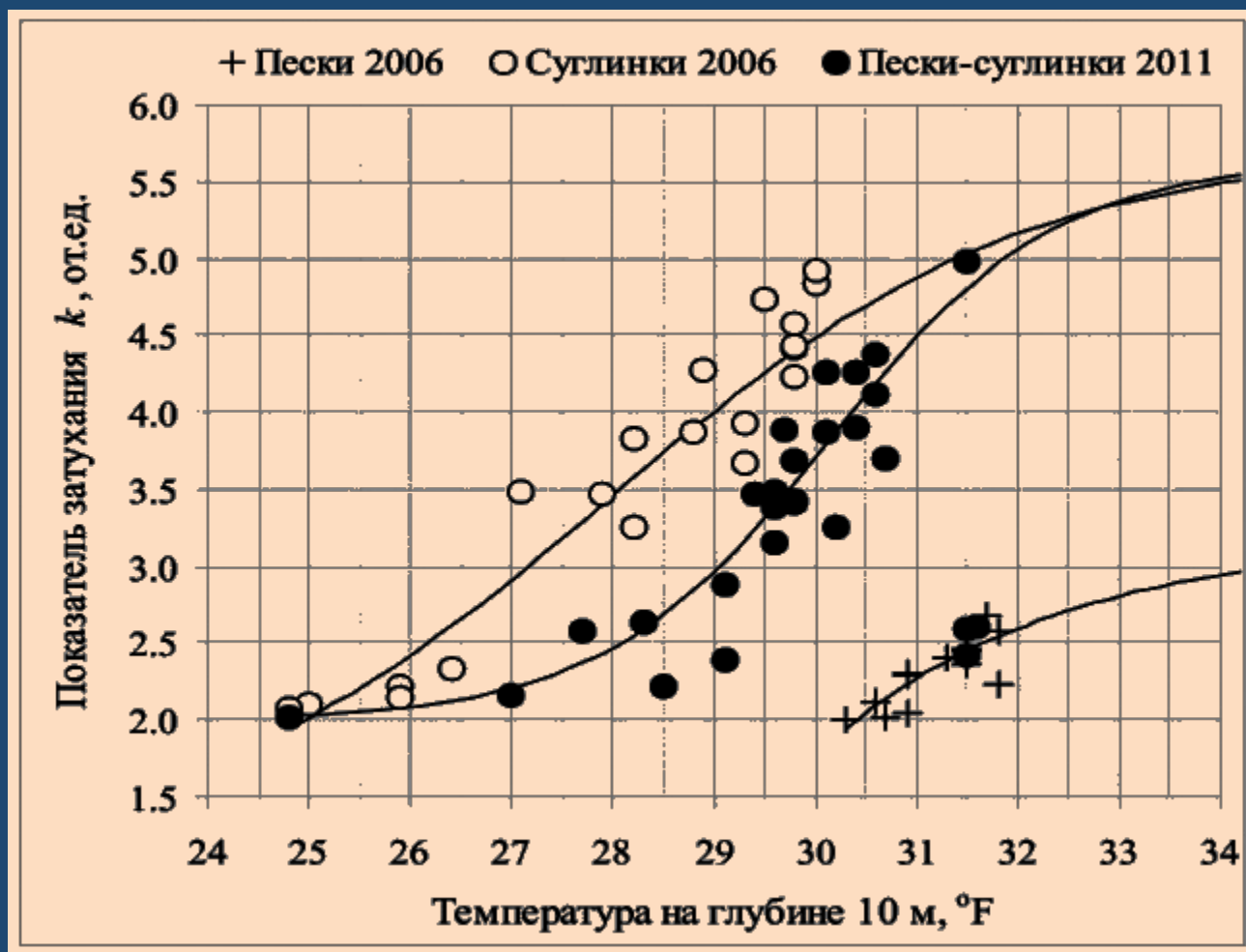
Высокая. High	±0,0-0,2	20	56	14
Средняя. Medium	±0,2-0,5	27	29	18
Низкая. Low	±0,5-1,0	30	14	32
Очень низкая. Very Low	более ±1,0	23	1	36

$$t_z = a_0 + A_1(1 - \exp^{-k/b_1}) + A_2(1 - \exp^{-k/b_2})$$

Высокая. High	±0,0-0,2	25	40	24
Средняя. Medium	±0,2-0,5	29	49	9
Низкая. Low	±0,5-1,0	25	11	43
Очень низкая. Very Low	> ±1,0	21	-	24
Контрольная сумма	±0,0-2,0	100	100	100

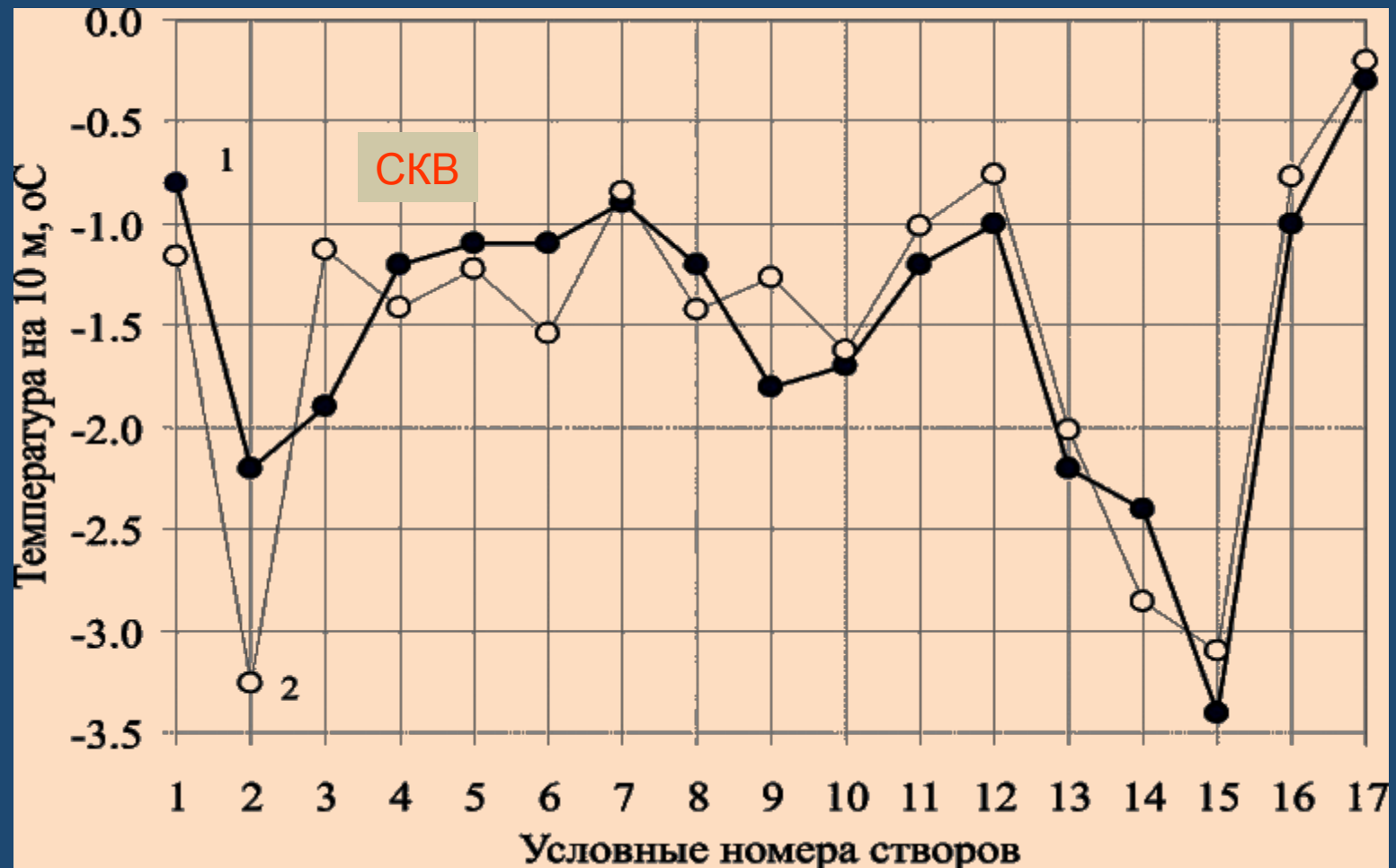
Температурная зависимость индуктивного поля на частоте 1,125 МГц

Temperature dependence of the inductive field at 1.125 MHz frequency

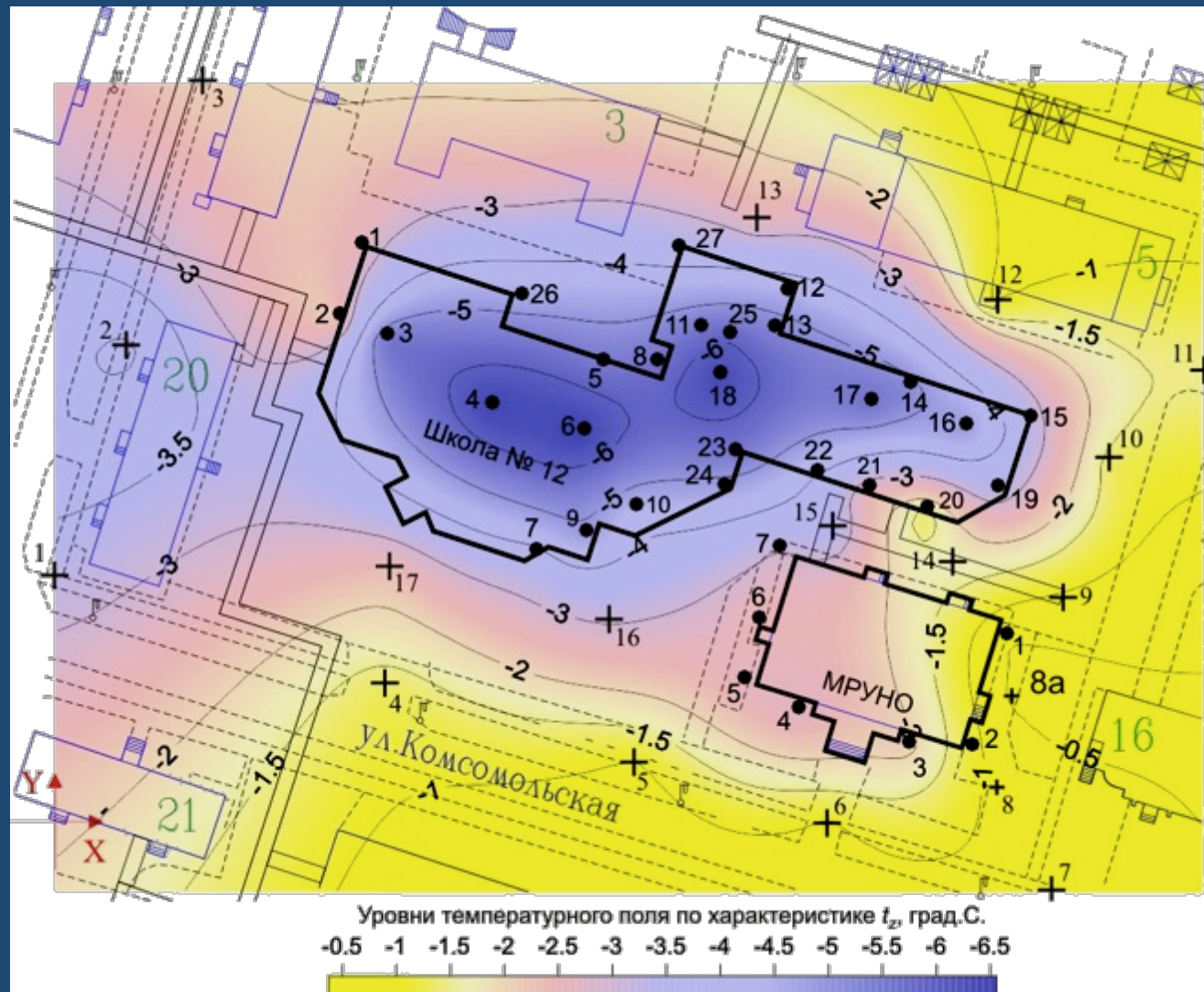


Графики температуры на глубине 10 м по данным СЭМЗ и термометрии скважин

Temperatures at 10 m depth derived from EM induction sounding and borehole thermometry



Карта температур на 10 м по скважинам и георадиолокации. Ground temperature distribution at 10 m depth derived from borehole temperature measurements and GPR determinations



Заключение. Conclusion

Эксперименты доказали влияние температурного поля на затухание амплитуды электромагнитных полей и показали возможность практического использования уравнений этой связи для регионального неразрушающего контроля и прогноза состояния криолитозоны Сибири и Дальнего Востока по данным георадиолокации и индуктивной электроразведки.

The experiments have proved the influence of temperature field on attenuation of the EM field amplitude. The equations describing this relationship can be used in practice for non-invasive control and prediction of the state of permafrost from GPR and EM induction data.

**Благодарю за внимание
Надеюсь на сотрудничество
в изучении затронутой проблемы
Thank you for attention
and hope for collaboration
in this research**