

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

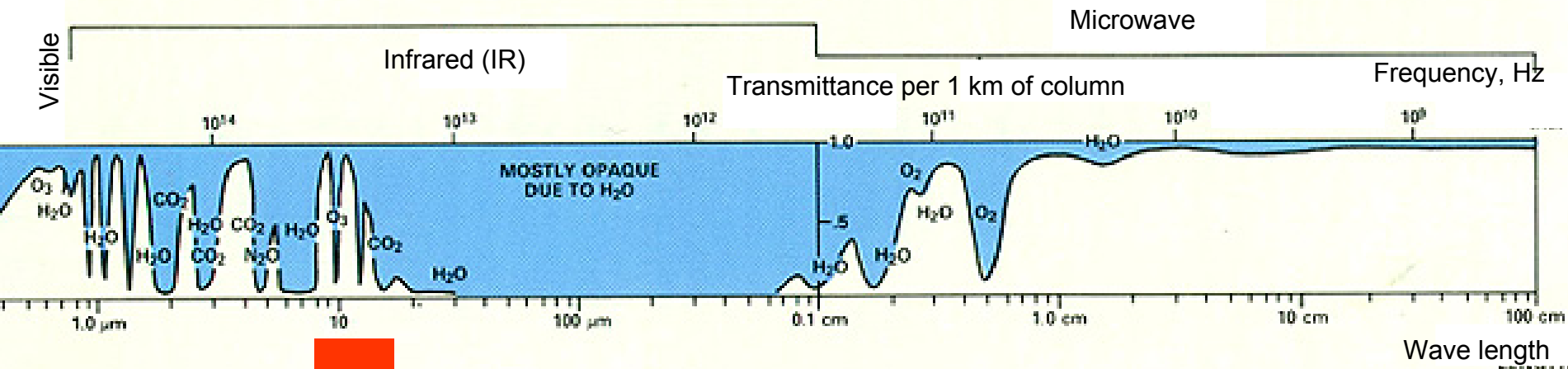
Космические измерительные методы
инфракрасного теплового диапазона при мониторинге
потенциально опасных явлений и объектов

Горный Виктор Иванович

Тронин Андрей Аркадьевич

E-mail: img@at1895.spb.edu

Atmosphere transmittance of EM waves



8 μ



13 μ

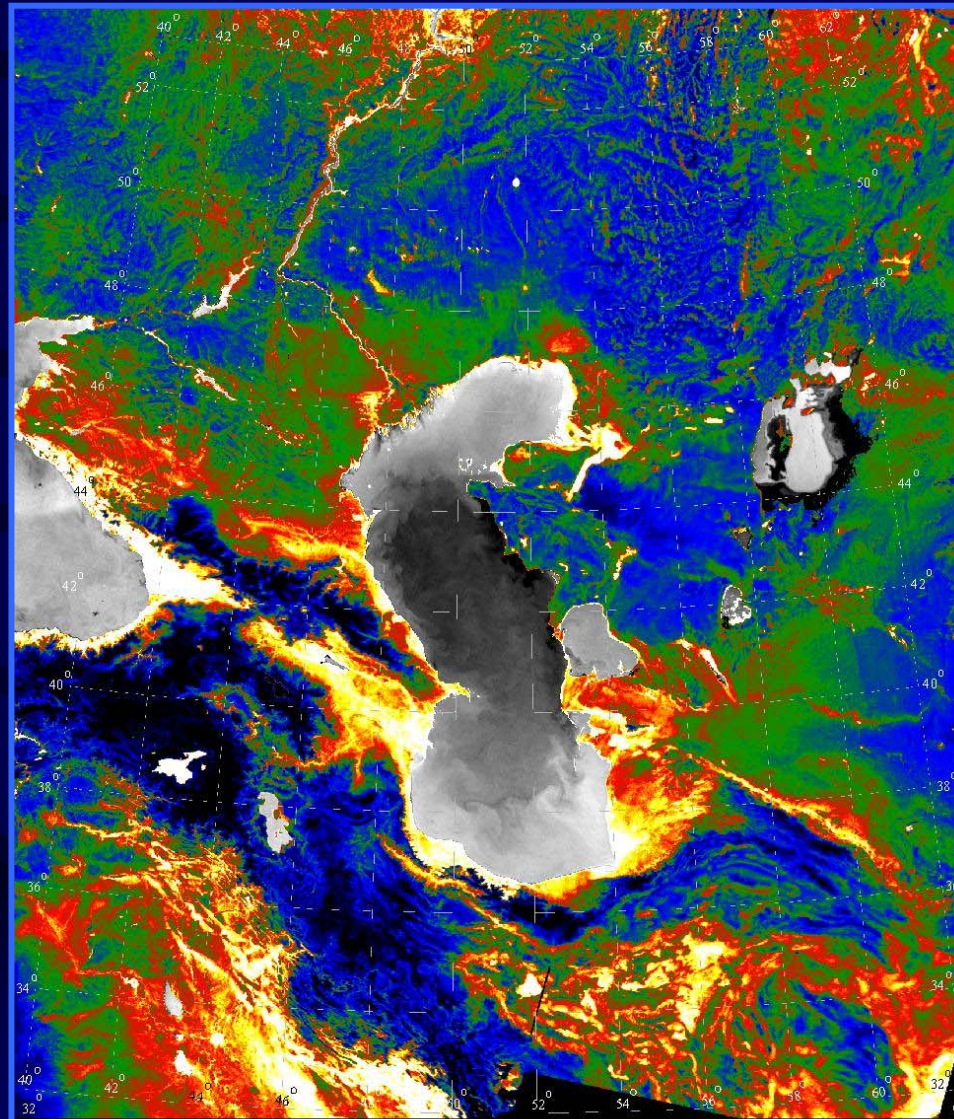
IR - thermal spectral band

Methods are using IR-Thermal spectral band

Surface temperature analysis

Map of night time surface temperature contrasts Caspian Sea Region

Scale: 1:2 500 000



Масштаб 1:2 500 000

0 200км

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:



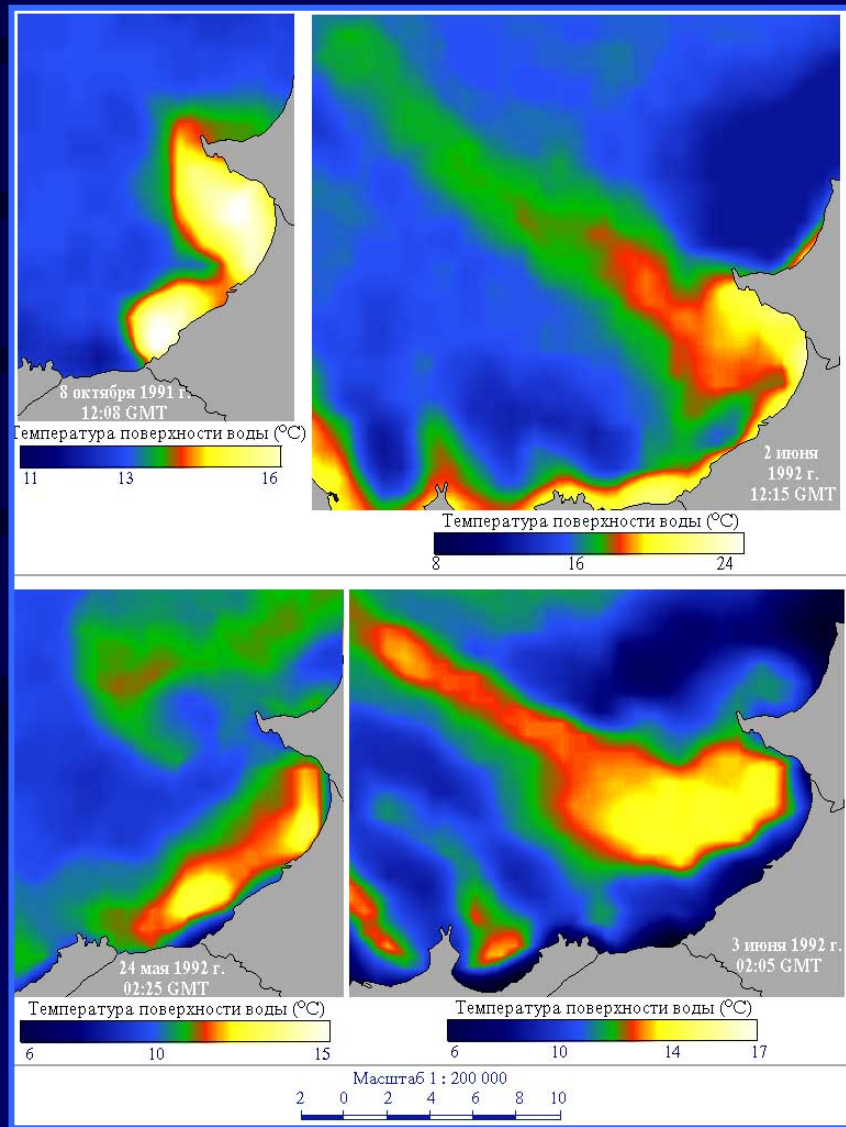
Температурные контрасты на акватории Каспия получены путем накопления температур, полученных в различные сутки.

Scheme of nuclear power plants of the Baltic Sea rim



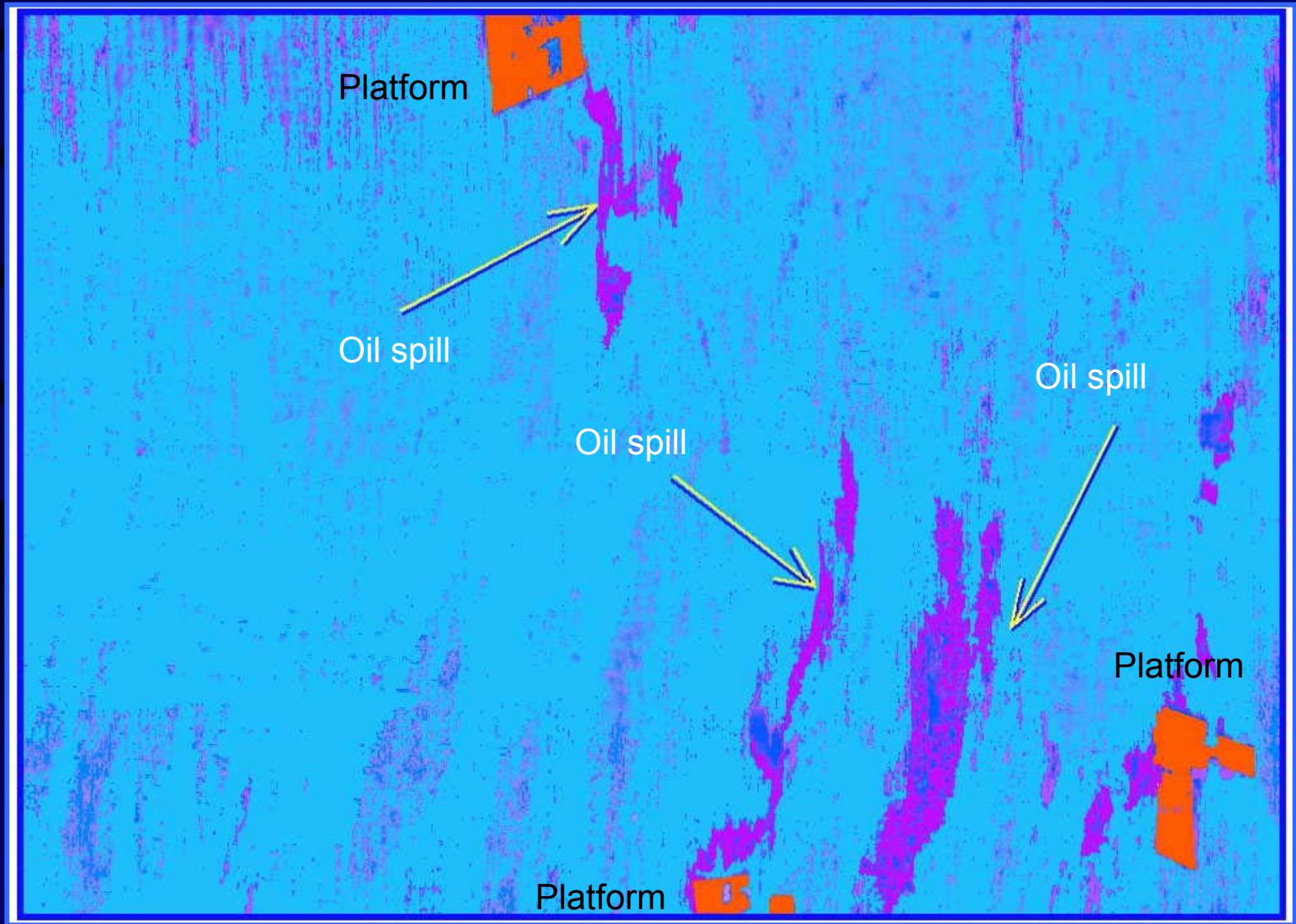
Russia

Temperature of the heated water discharge from Leningrad NPP



Oil spills mapping by IR-thermal airborne survey

Caspian Sea, Baku offshore oilfield



Remote Geothermal Method (RGM)

- the thermal inertia approach

Heat budget of a surface

Heat Balance

Тепловой баланс

$$q_{sw} + q_{lw} + q_l + q_s + q_{an} + q_d + q_g = 0$$

q_{sw} - short wave solar radiation, W/m^2 ;
- коротковолновая радиация, $Вт/м^2$;

q_{lw} - long wave radiation, W/m^2 ;
- длинноволновая радиация, $Вт/м^2$;

q_l - latent heat flux, W/m^2 ;
- затраты тепла на турбулентный теплообмен
почвы с атмосферой, $Вт/м^2$;

q_s - sensible heat flux, W/m^2 ;
- затраты тепла на испарение, $Вт/м^2$;

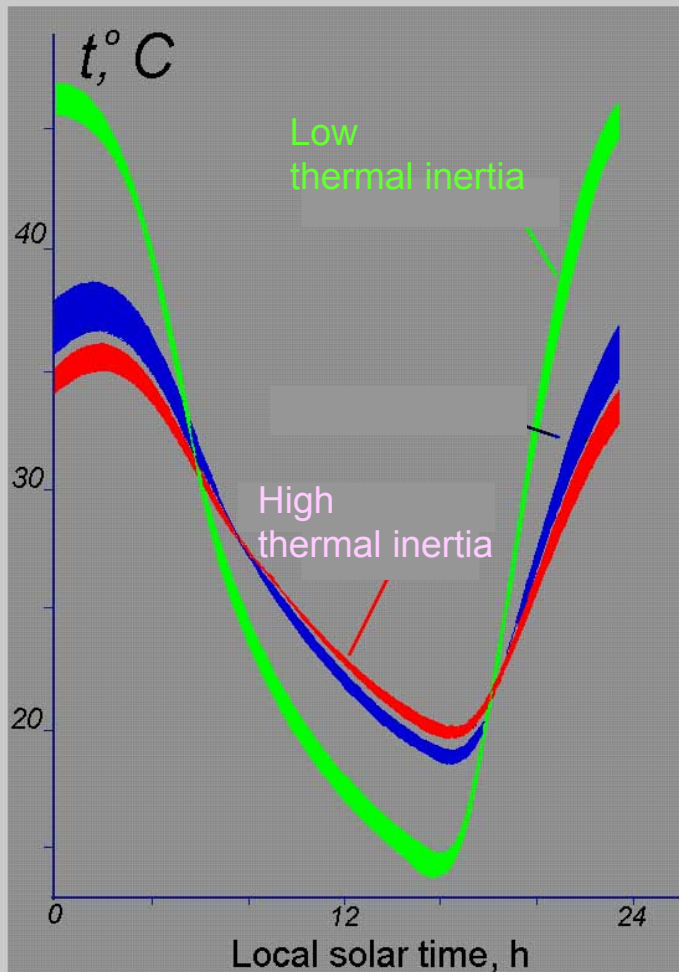
q_{an} - heat flow in the soil induced by annual
thermal rhythms, W/m^2 ;
- тепловой поток в почве, вызванный
годовыми тепловыми ритмами, $Вт/м^2$;

q_d - heat flow in the soil induced by diurnal
thermal rhythms, W/m^2 ;
- тепловой поток в почве, вызванный
суточными тепловыми ритмами, $Вт/м^2$;

q_g - stable geothermal heat flow from the interior
part of the Earth's crust, W/m^2 ;
- стационарный тепловой поток из внутренних
областей земной коры, $Вт/м^2$;

Daily surface temperature variations

Simulated daily surface temperature variations



Surface heat flow

$$q = A_0 + \sum_{i=1}^{\infty} [A_i \cos(i\omega_i\tau + \phi_i) + B_i \sin(i\omega_i\tau + \phi_i)]$$

Simplification

$$q = q_0 \sin(\omega\tau)$$

Where: q - heat flow, W/m^2 ;

q_0 - amplitude of heat flow, W/m^2 ;

ω - angle velocity, s^{-1} ;

τ - time, s;

$$\Theta(\tau, h) = [q_0 / p(\omega)^{1/2}] \sin(\omega\tau - \pi/4),$$

Where: $\Theta(\tau, h)$ - amplitude of surface temperature;

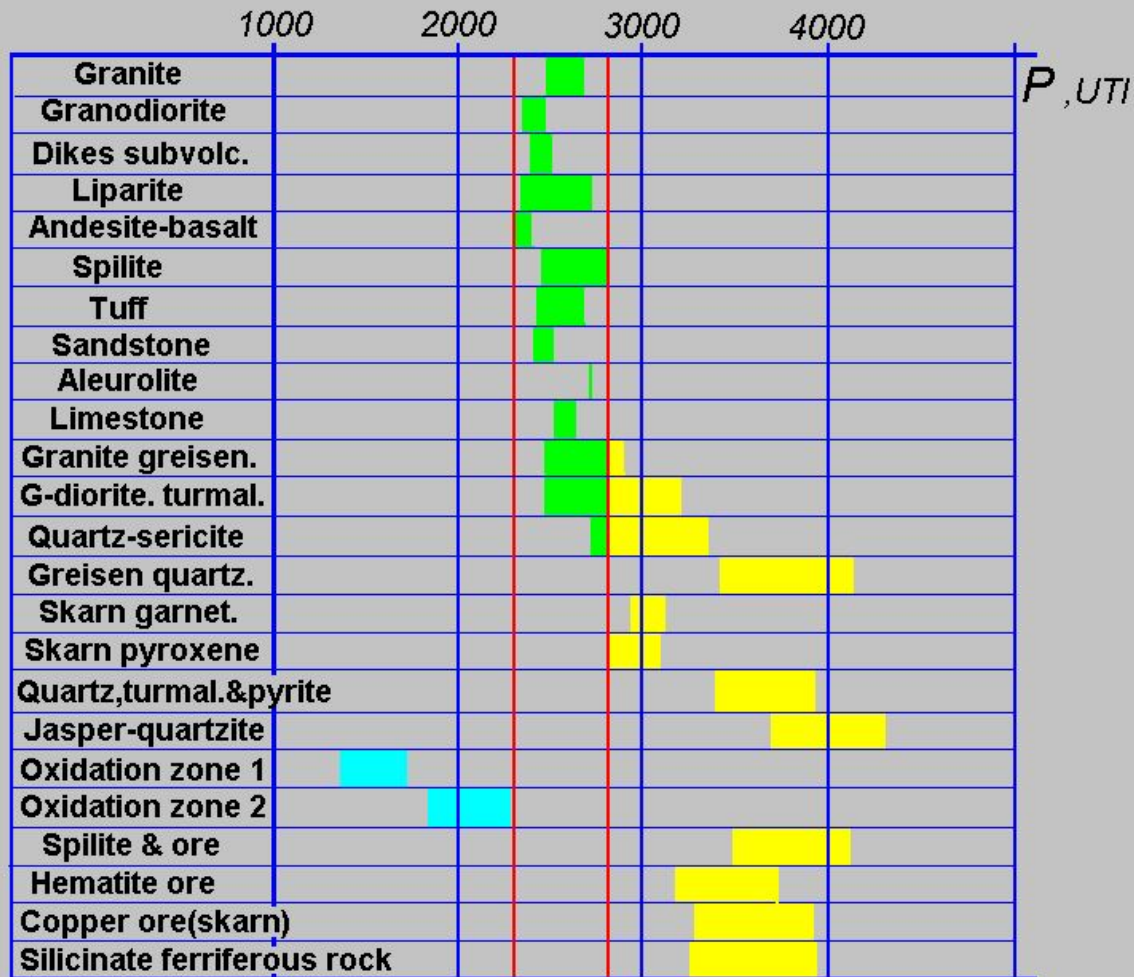
$p = (\lambda c \rho)^{1/2}$ - thermal inertia, UTI;

λ - thermal conductivity, $W/(m \cdot K)$;

c - thermal capacity, $J/(kg \cdot K)$;

ρ - density, kg/m^3 .

Thermal inertia of rocks



 - altered rocks.

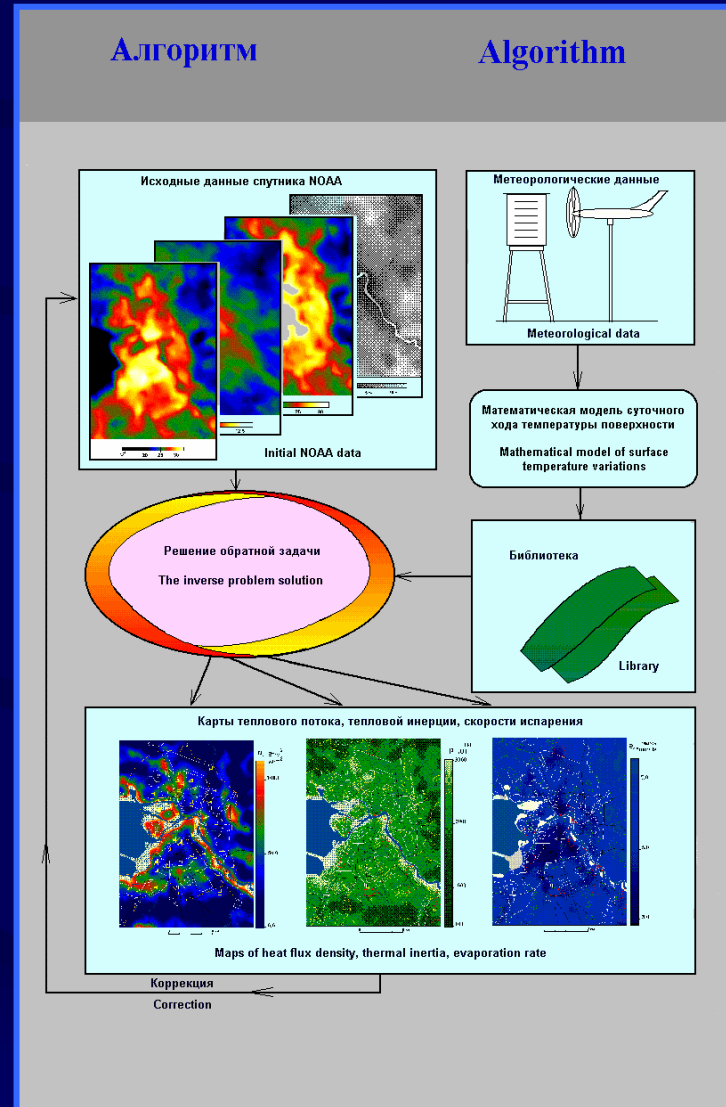
Algorithm of remote determination of the heat flow, the thermal inertia, and the evaporation rate

Initial data:

- * multitime IR-thermal airborne or satellite flown survey;
- * round o'clock ground meteorological observations;

Resulting maps:

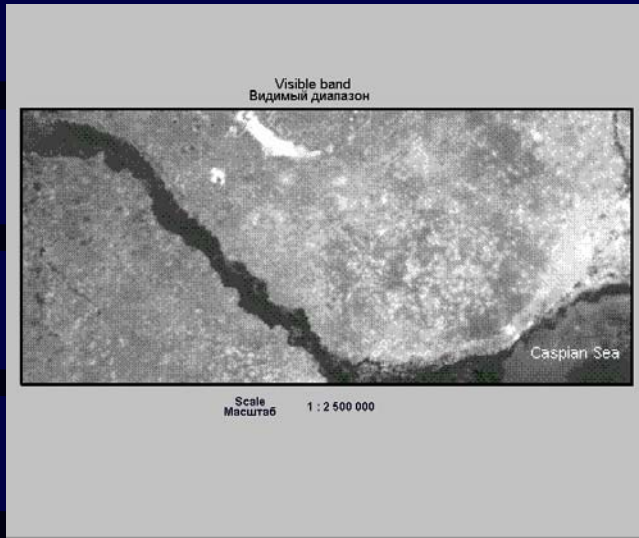
- * the heat flow, W/m^2 ;
- * the thermal inertia, UTI ;
- * evaporation rate, mm/day .



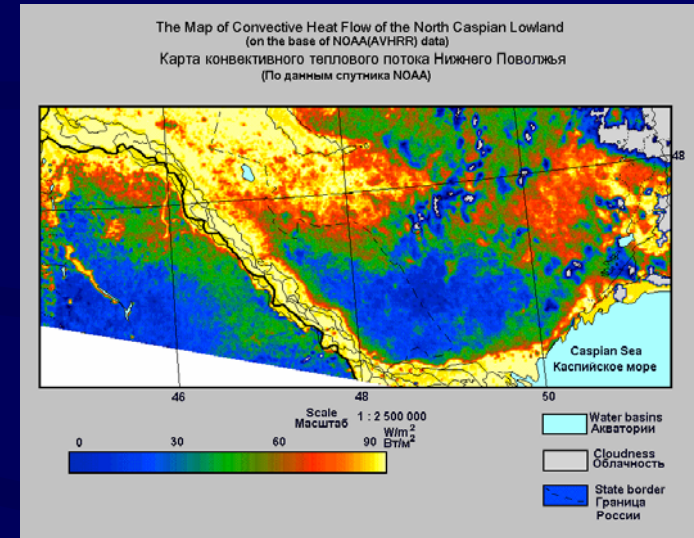
Results of RGM application

North Caspian Lowland (NOAA(AVHRR) data)

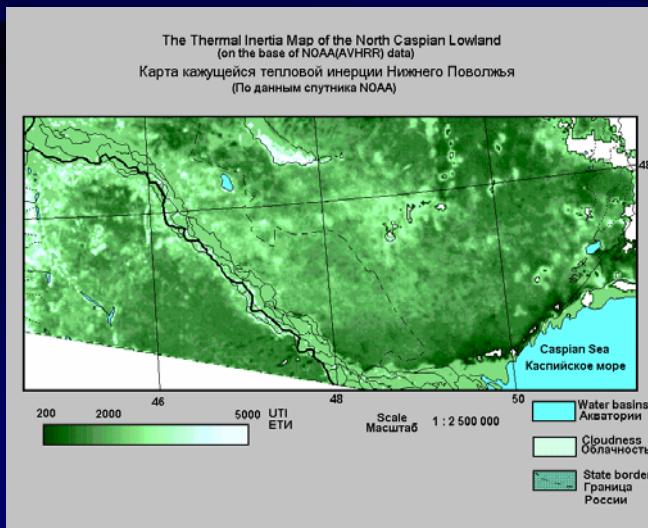
Visible band



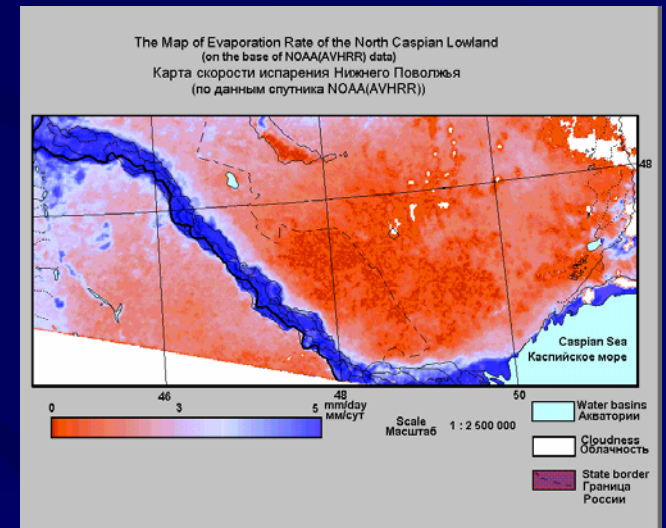
Heat flow



Thermal inertia



Evaporation rate

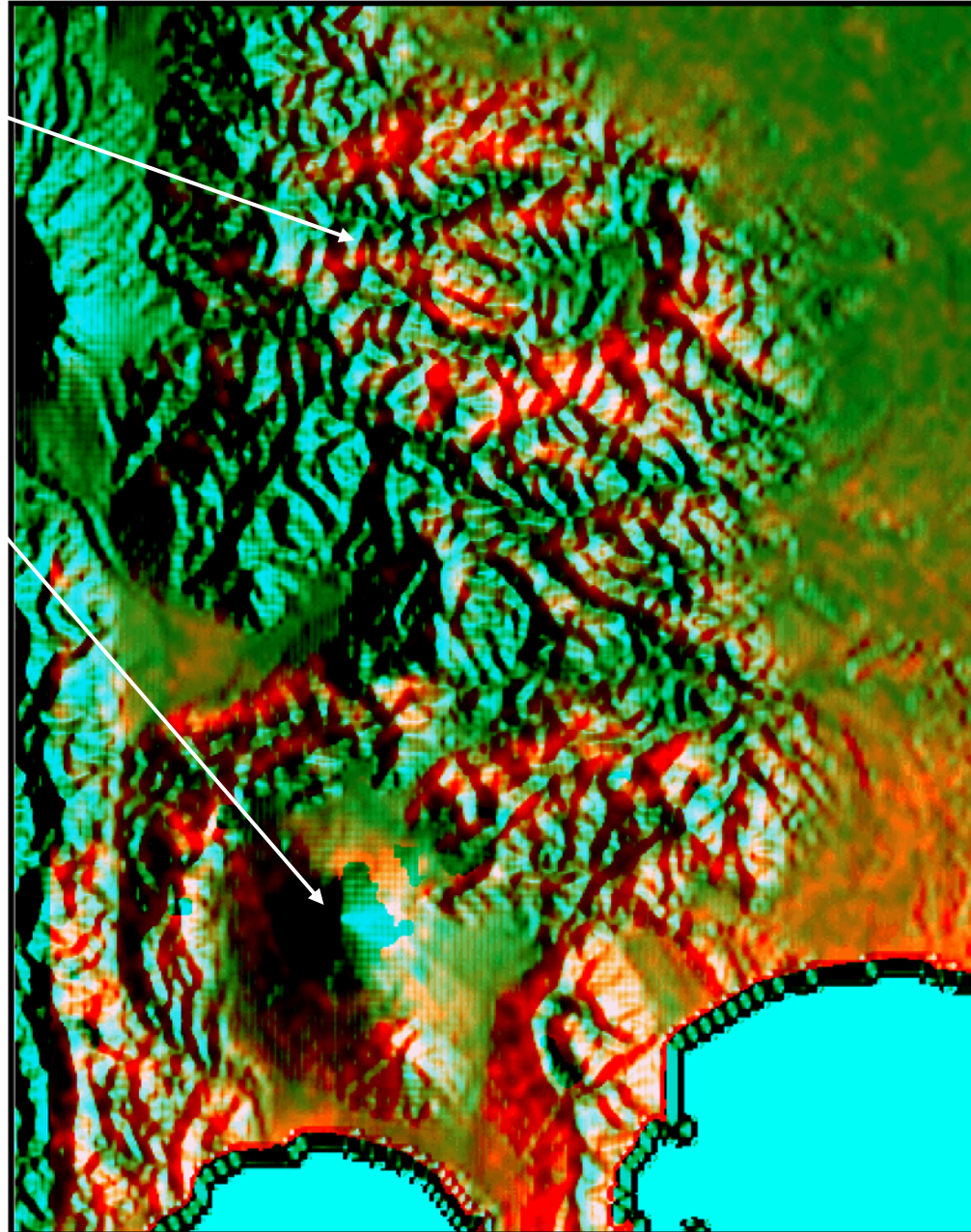


Kanto region in Japan

Old volcano

Fuji modern volcano

Surface relief



Convective heat flow



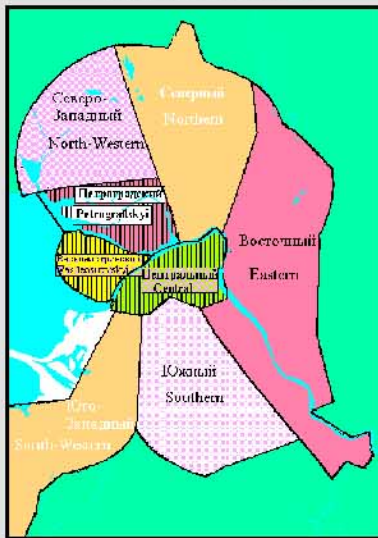
Saint Petersburg heat loss

Ст.Петербург

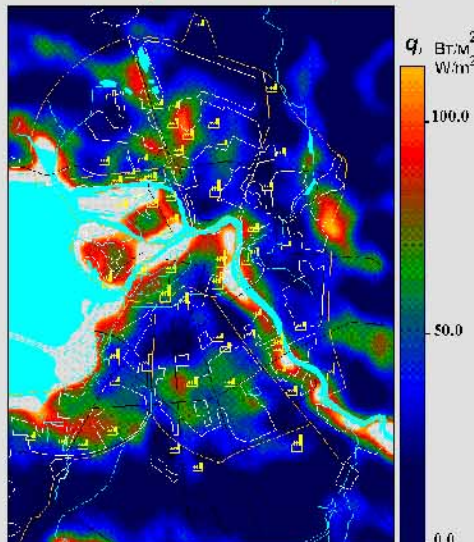
27.05 - 03.06.1992

St.Petersburg

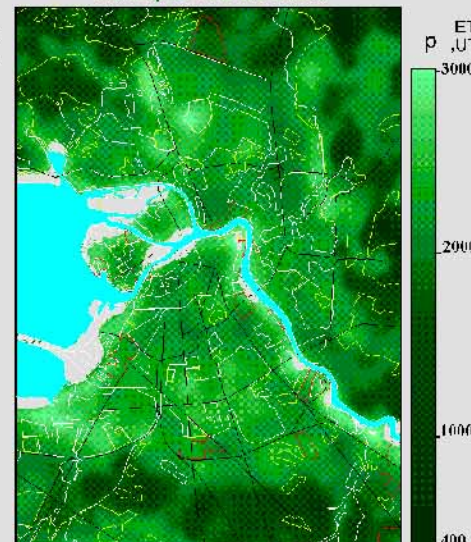
Карта районов теплоснабжения
The Map of Heating Districts



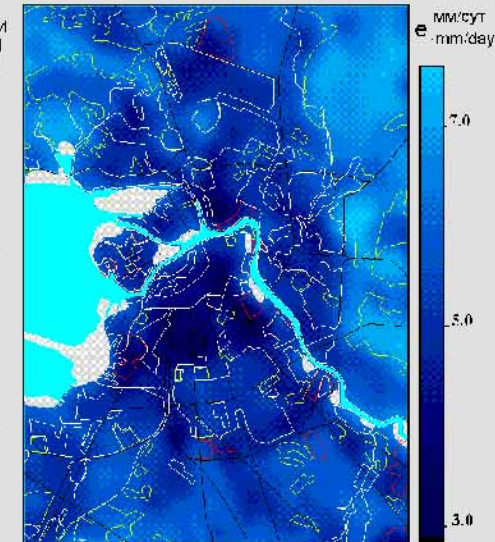
Карта плотности теплового потока
The Map of Heat Flux Density



Карта тепловой инерции
The Map of Thermal Inertia



Карта скорости испарения
The Map of Evaporation Rate



Группа центральных районов
The group of central districts

Дороги
Roads

Границы районов теплоснабжения
Boundaries of heating districts

Промышленные зоны
Industrial zones

Жилые массивы
Urban areas

Область отсутствия решения
Zone of unstable solution

Акватории
Water surface

Лесо-парки
Parks and forests

Теплоцентрали, котельные
Heating stations a) - regional, b) district