

Исследования озера Байкал в рамках
Байкальского нейтринного проекта

N. Budnev, Irkutsk State University.

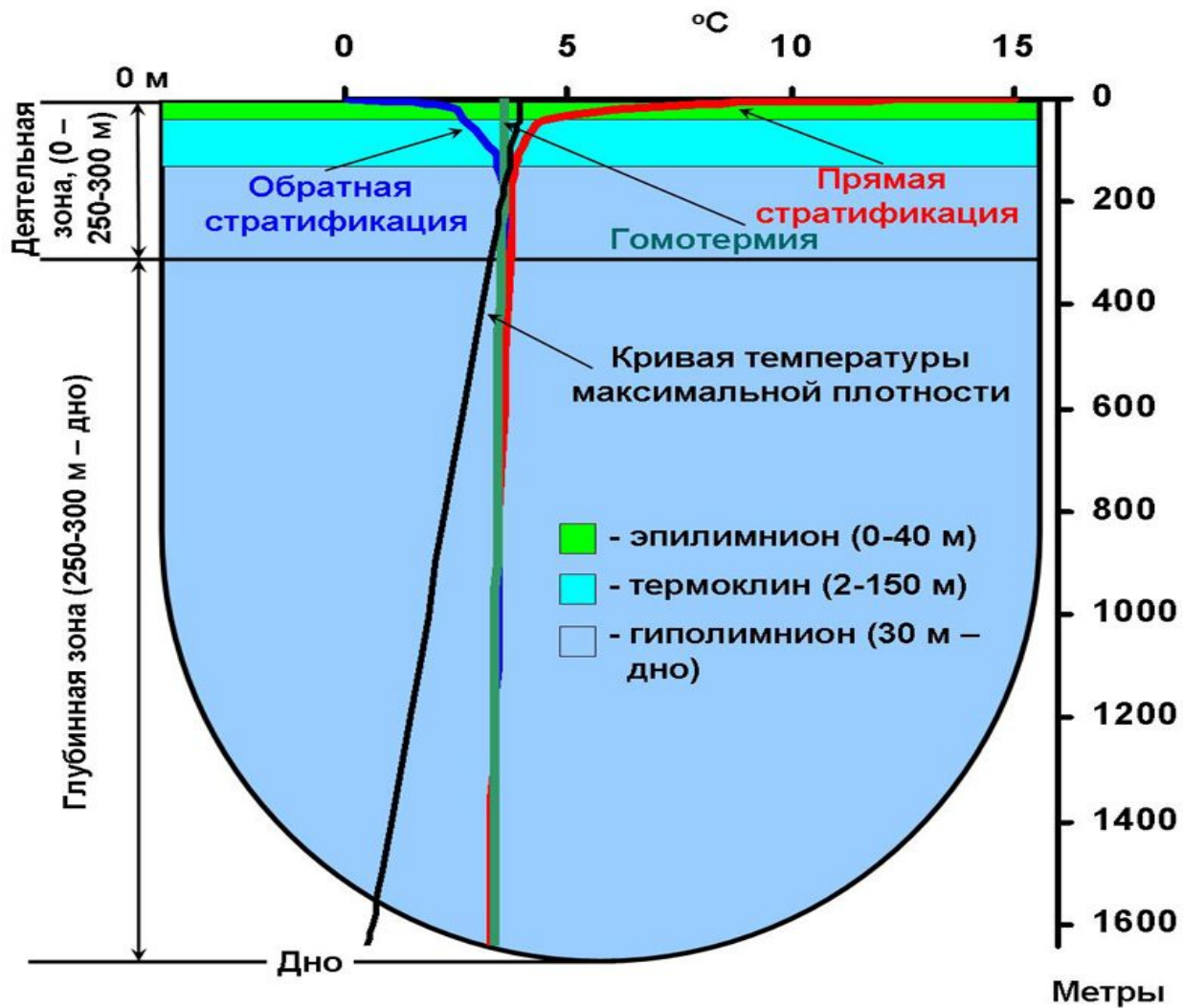


Междисциплинарные исследования озера Байкал как места обитания нейтринного телескопа

- Вертикальный и горизонтальный обмен вод
- Оптические свойства байкальской воды
- Биологические ритмы
- Глобальные изменения климата
- Геофизические исследования

Приборы и методы

- 3 – х мерный долговременный температурный мониторинг (совместно с EAWAG, Switzerland)
- Акустическое зондирование
- 3 –х мерный мониторинг свечения водной среды
- Долговременные измерения оптических свойств среды
- Долговременные измерения геоэлектрического поля
- Исследование процесса формирования донных отложений (совместно с EAWAG, Switzerland)



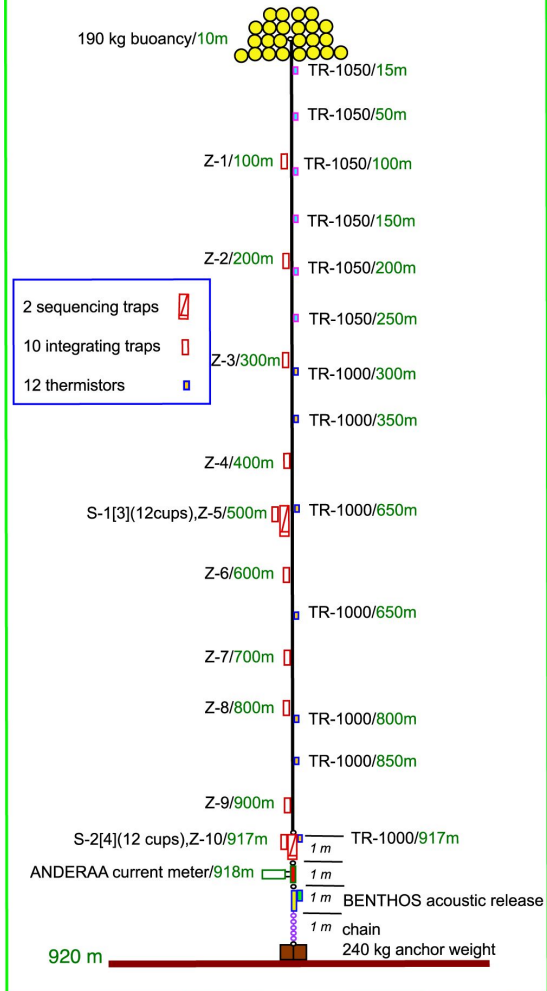
$$T_{MD} = 3.9839 - 1.9911 \cdot 10^{-2} \cdot P - 5.822 \cdot 10^{-6} \cdot P - (0.2219 + 1.106 \cdot 10^{-4} \cdot P) \cdot S$$

Three-dimensional long-term temperature monitoring

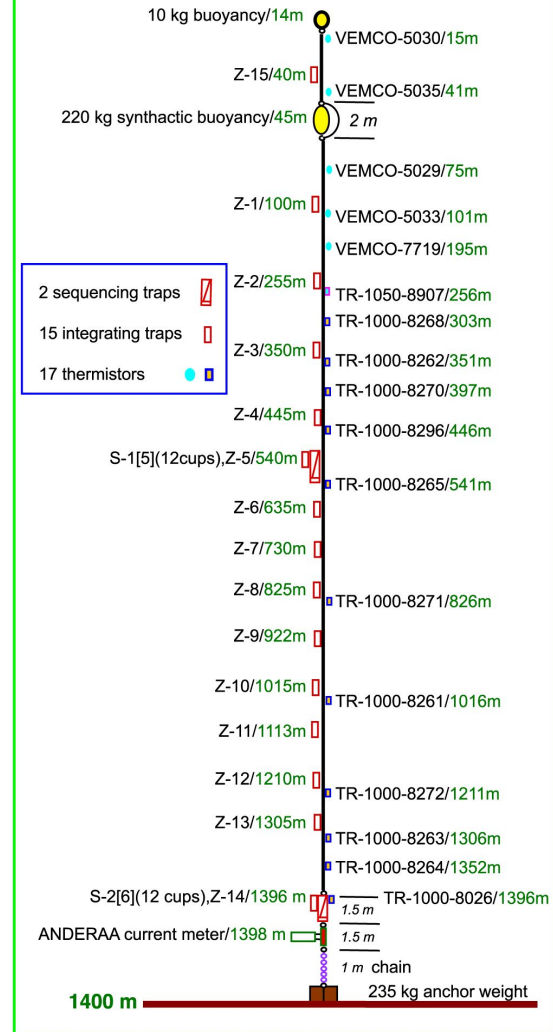


Instrumental moorings

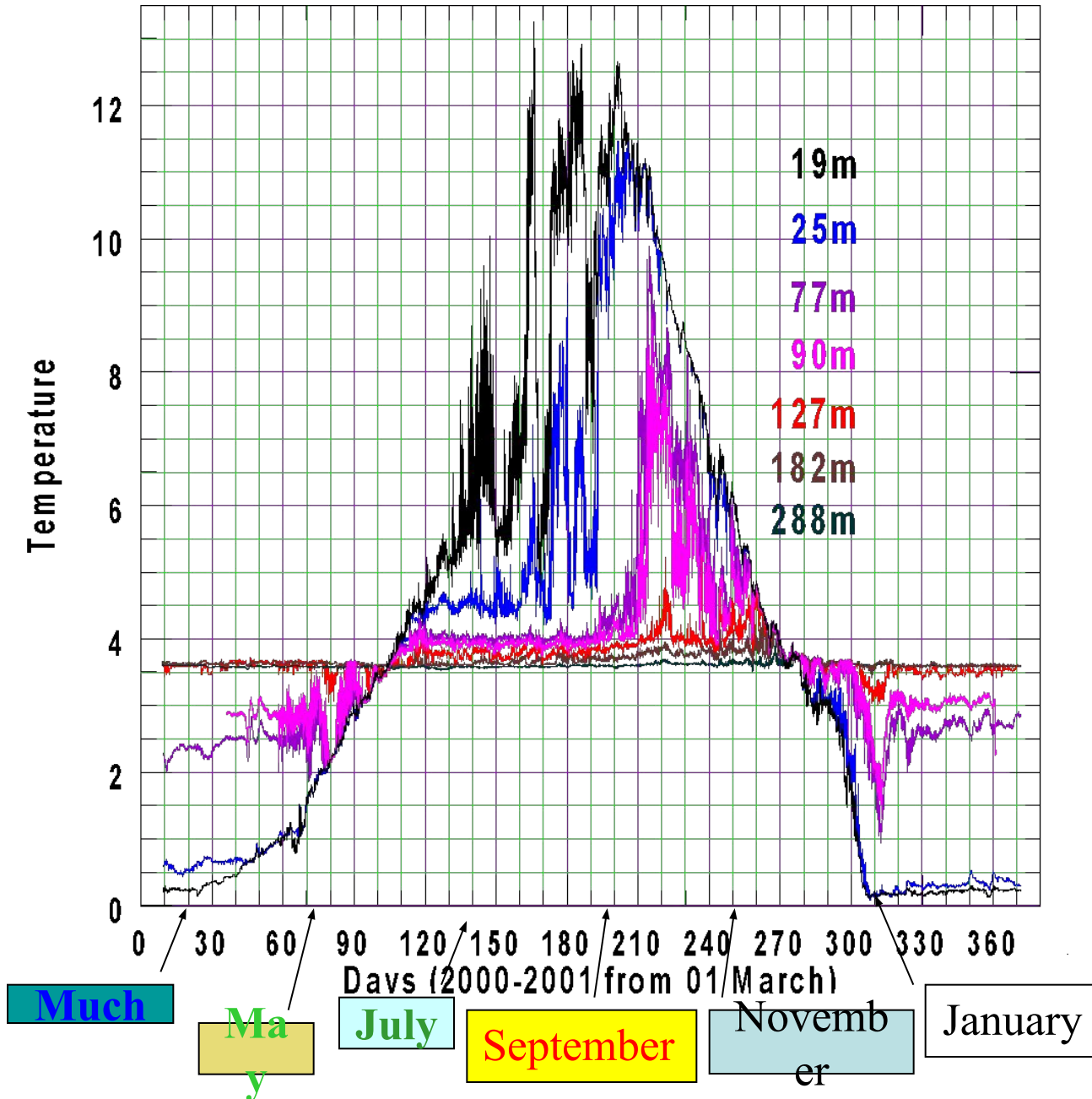
MOORING NORTH



MOORING SOUTH



The temperature at the near-surface zone



One-dimensional thermodynamic model.

- The temperature regime depend on two factors:

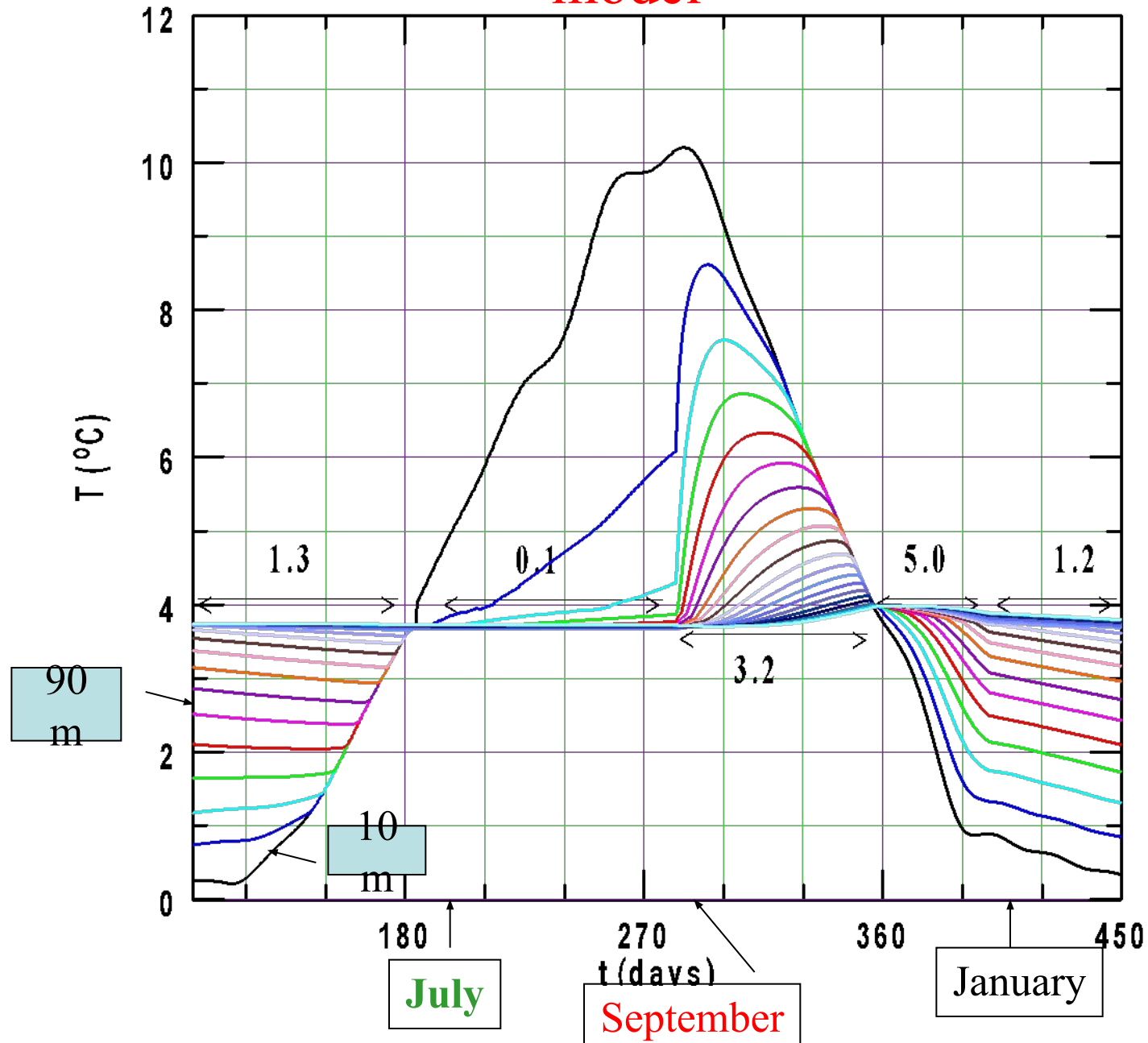
- **intensity of solar radiation** $q(A - \cos(\frac{2\pi}{\tau}t))$

- Heat exchange with atmosphere

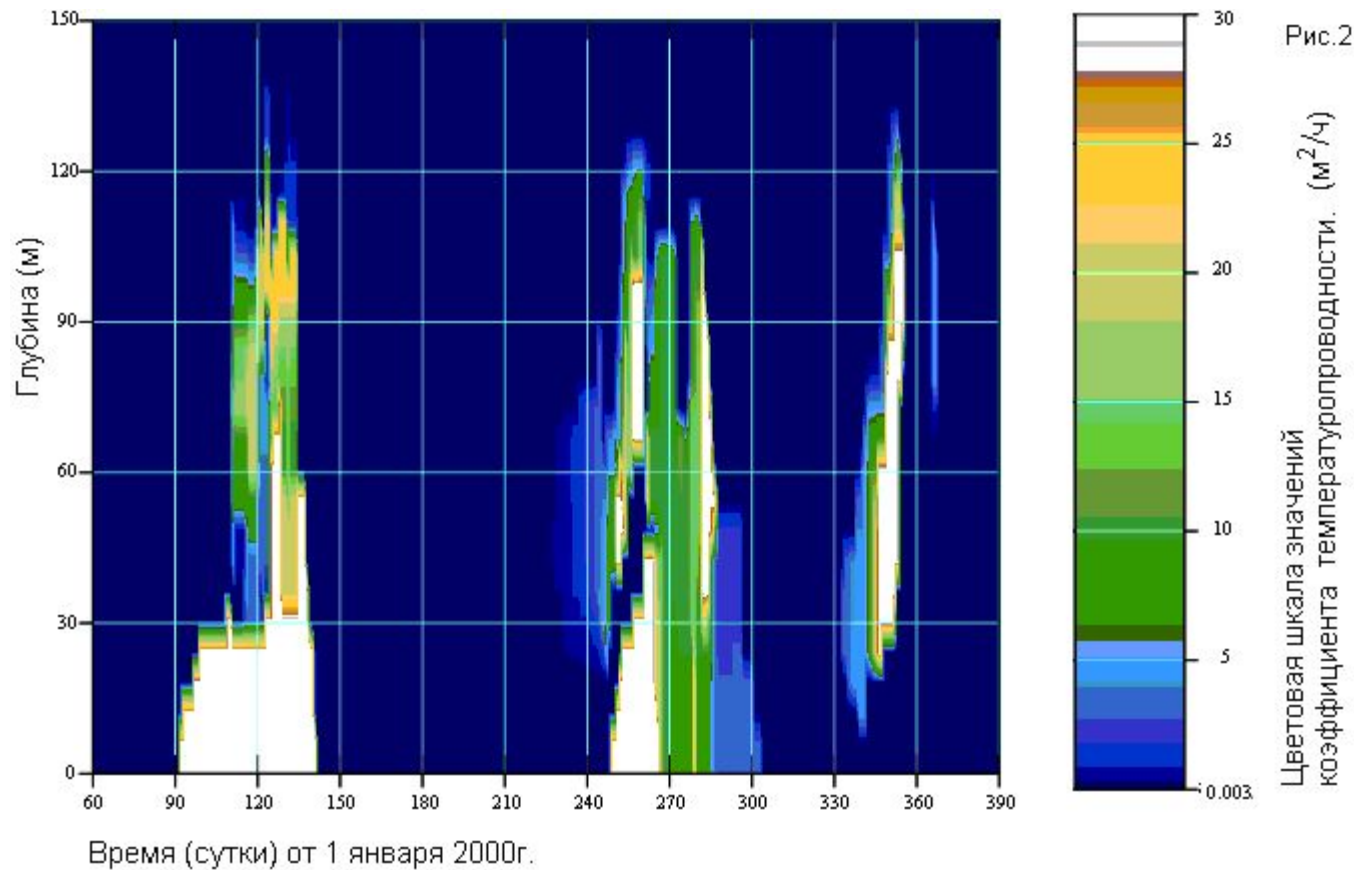
$$k\bar{T}^3 (T_w(0,t) - T_{atm}(0,t))$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial z} (\chi(z,t) \frac{\partial T}{\partial z}) = q(A - \cos(\frac{2\pi}{\tau}t)) e^{-\frac{z}{\lambda}}$$

Temporal changes of temperature in the model



Годовой ход коэффициент температуропроводности



Годовой ход коэффициента вертикального массопереноса

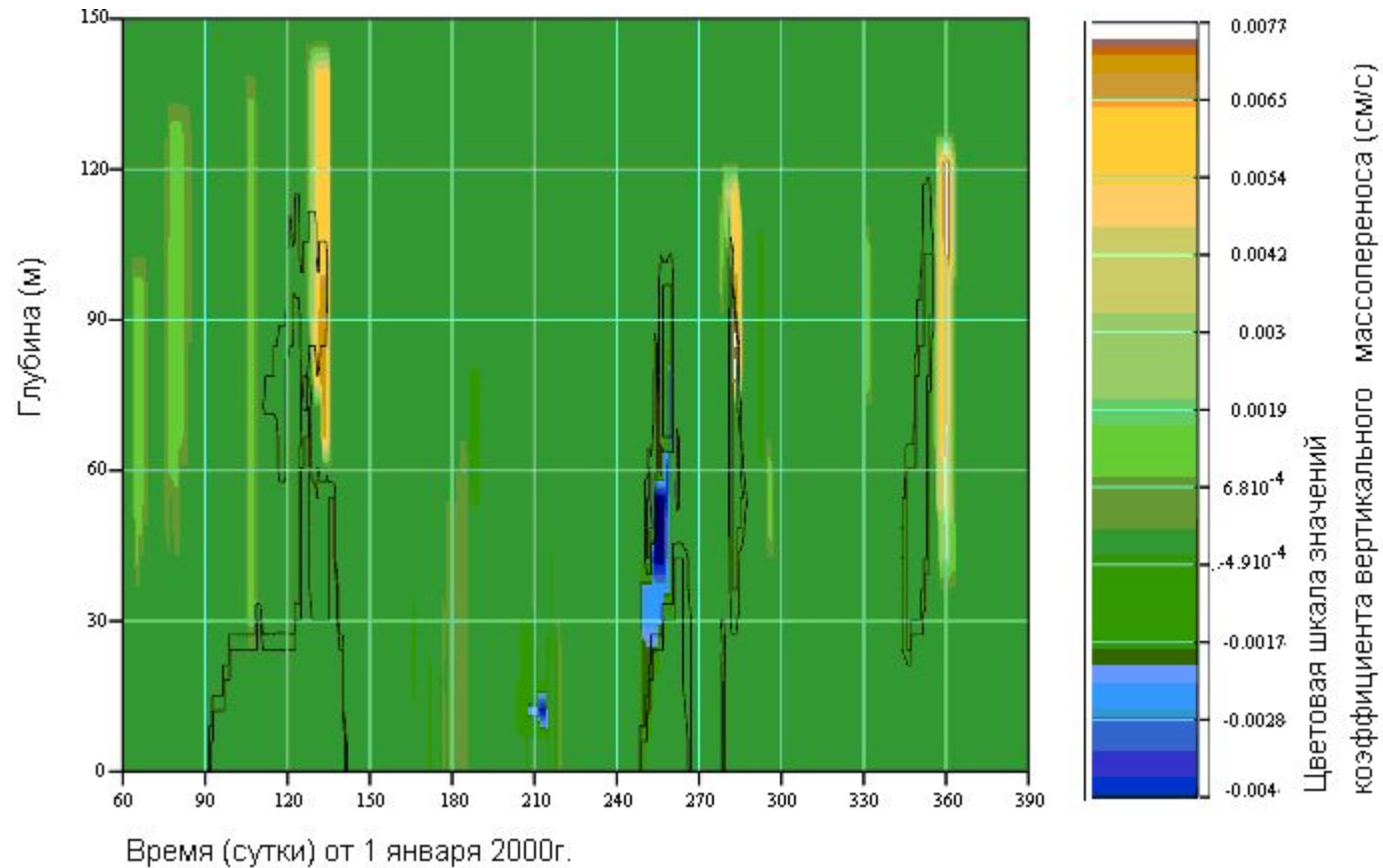
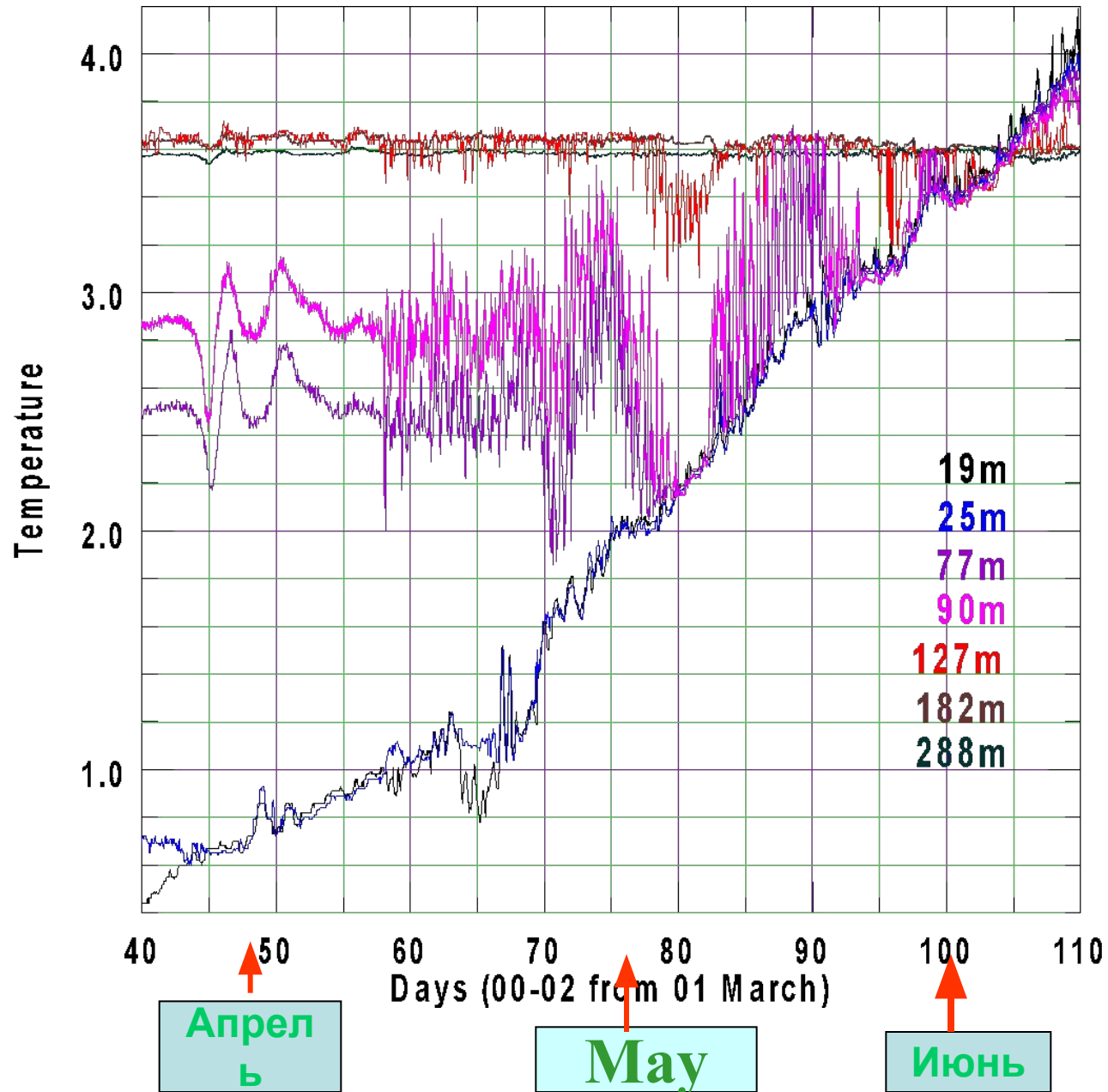
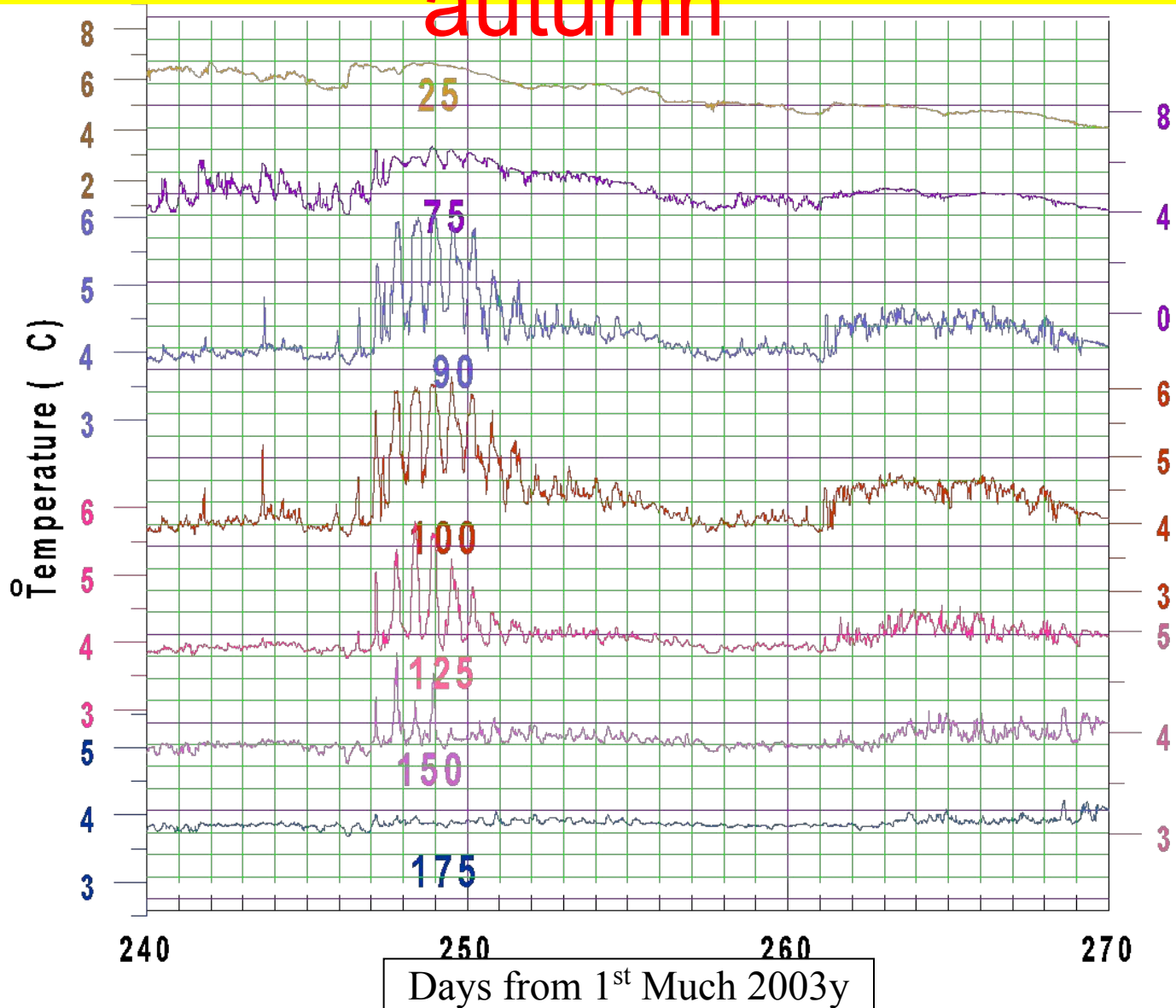


Рис.3

Inertial waves excitation in the spring



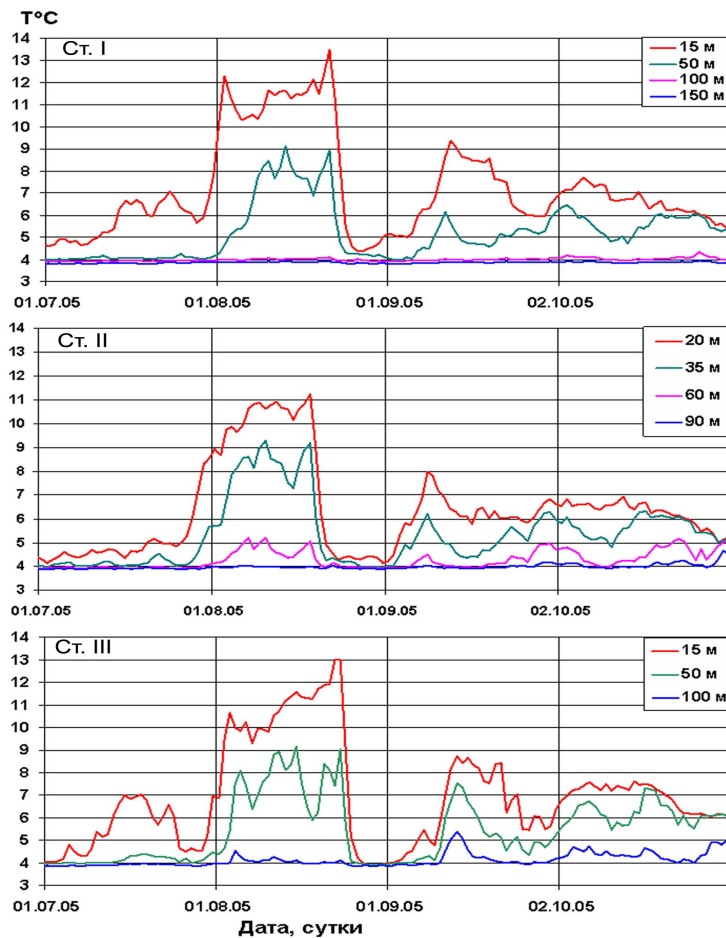
Inertial waves excitation in the autumn

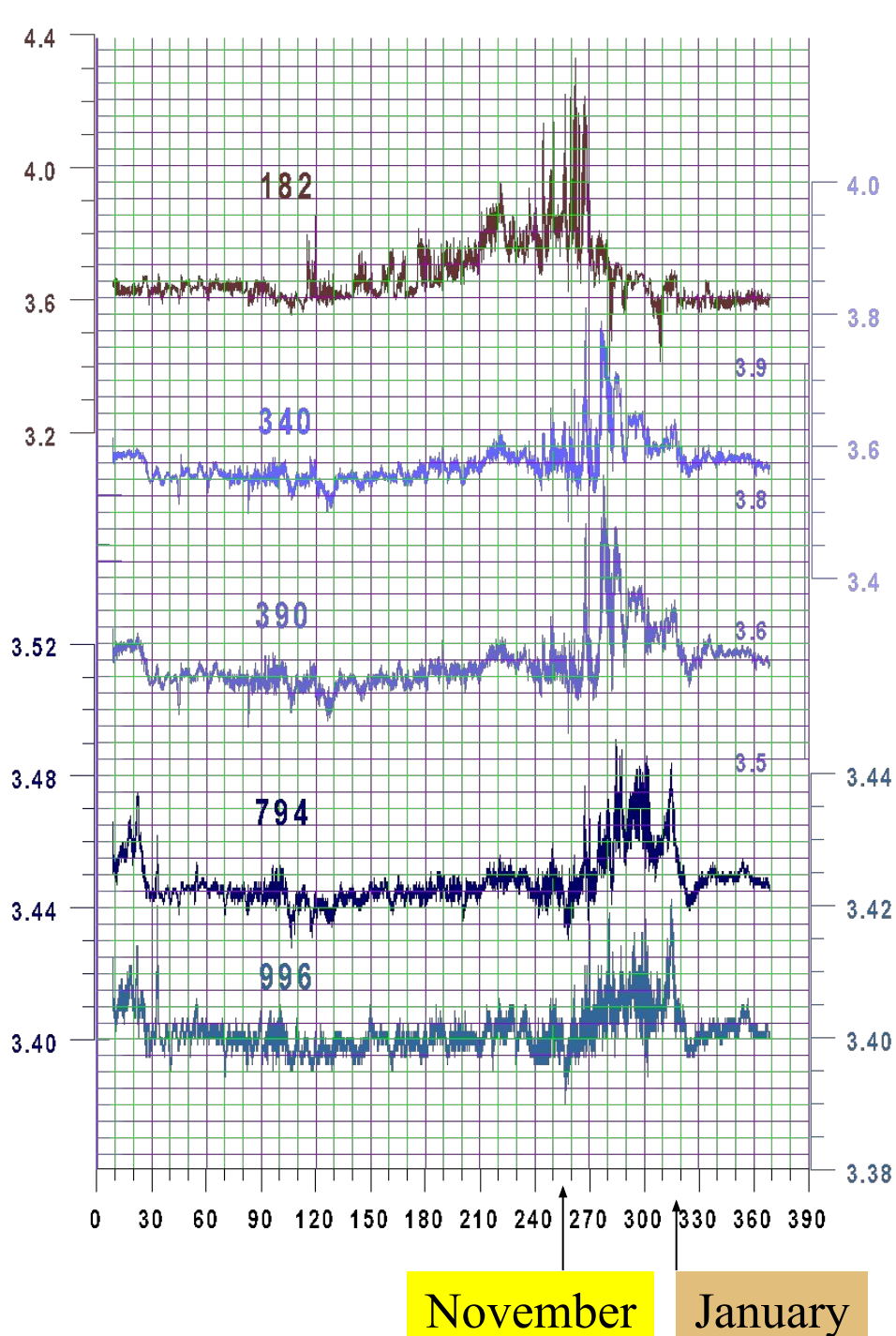
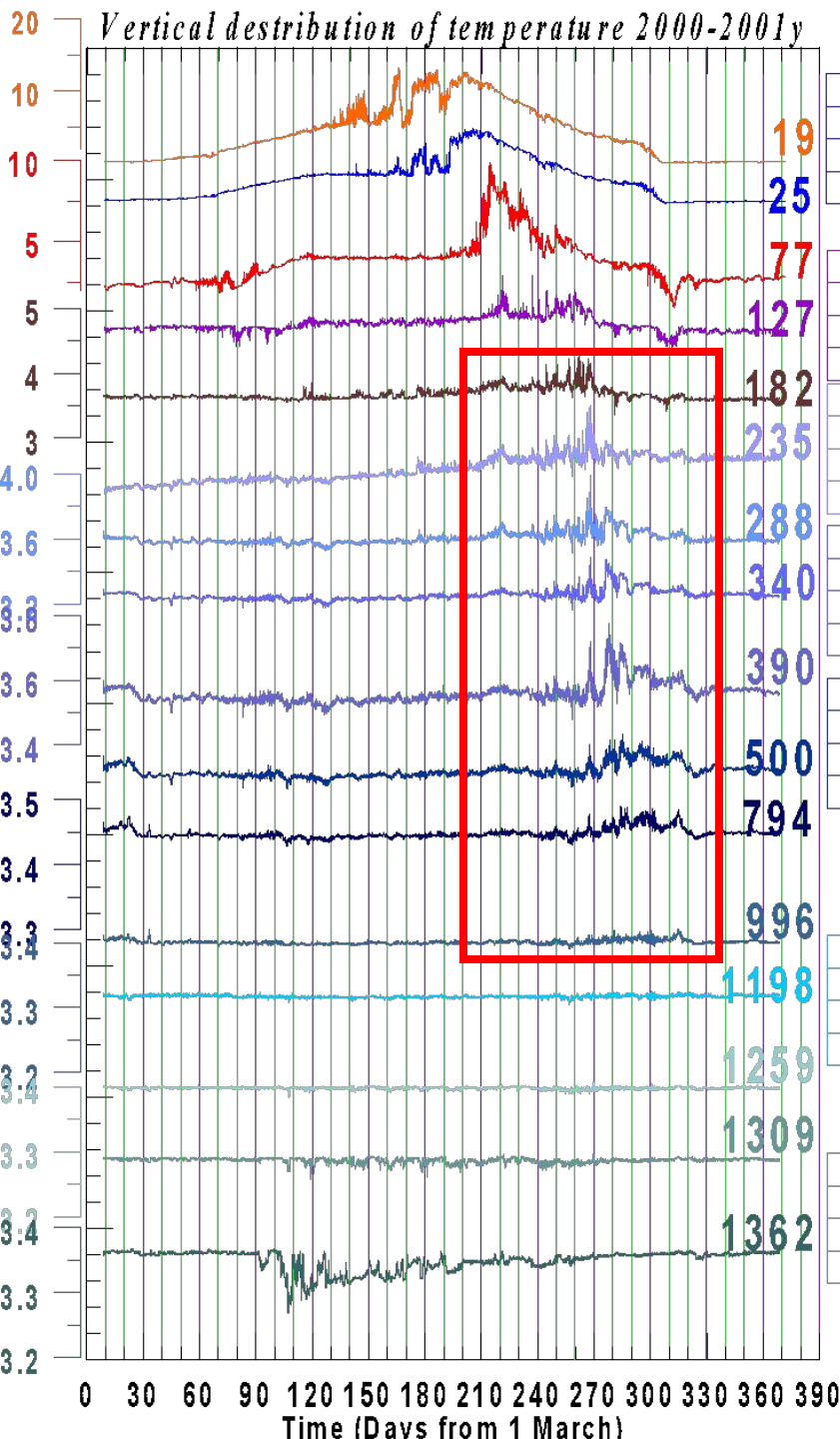


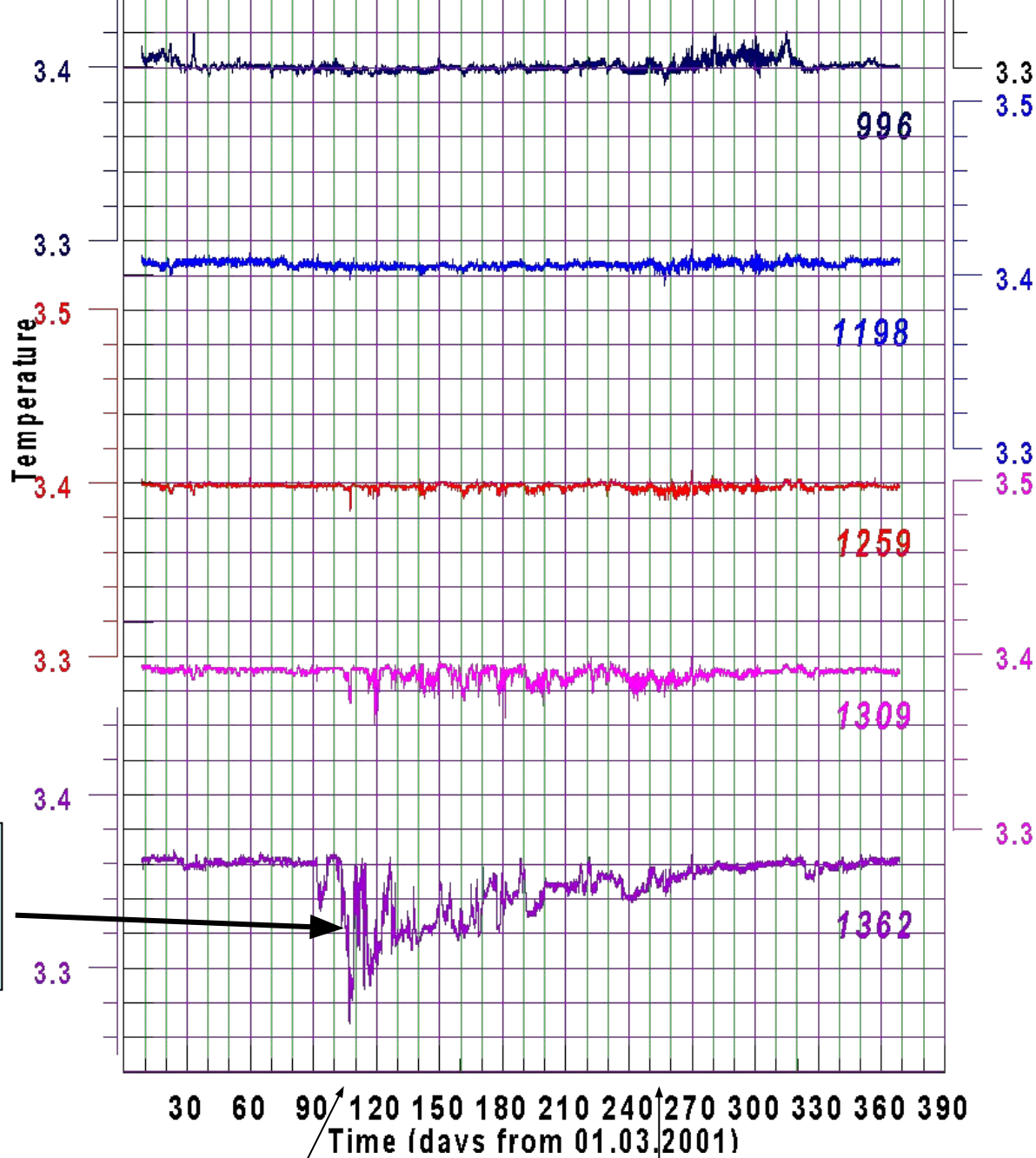
October

November

Крупномасштабный апвеллинг







Temperature
 e
 decreased
 on 0.1
 degree

June

November

Синхронное акустическое зондирование частотно-манипулированными сигналами



Скорость течения $U = L/2[1/t_1 - 1/t_2]$

Скорость звука $C = L/2[1/t_1 + 1/t_2]$

Зондирующий сигнал
 $u(t) = a(t) \cos \omega t$

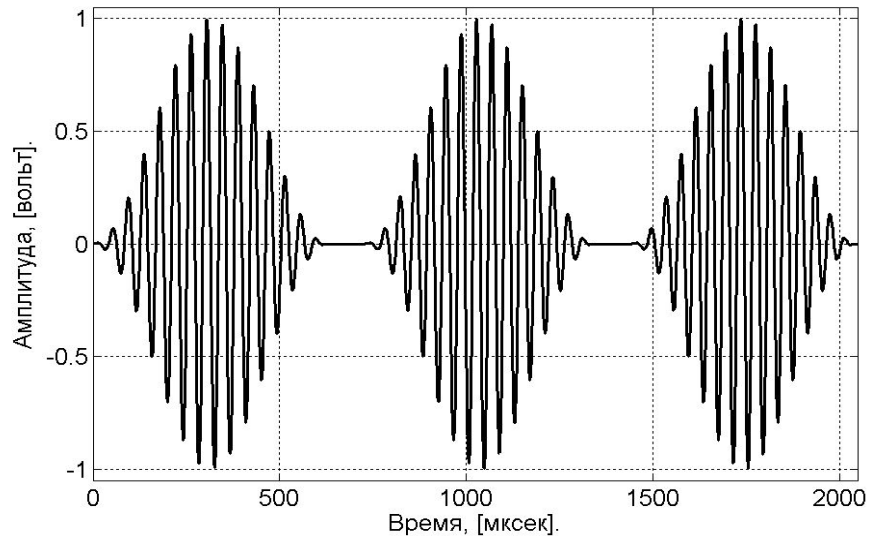
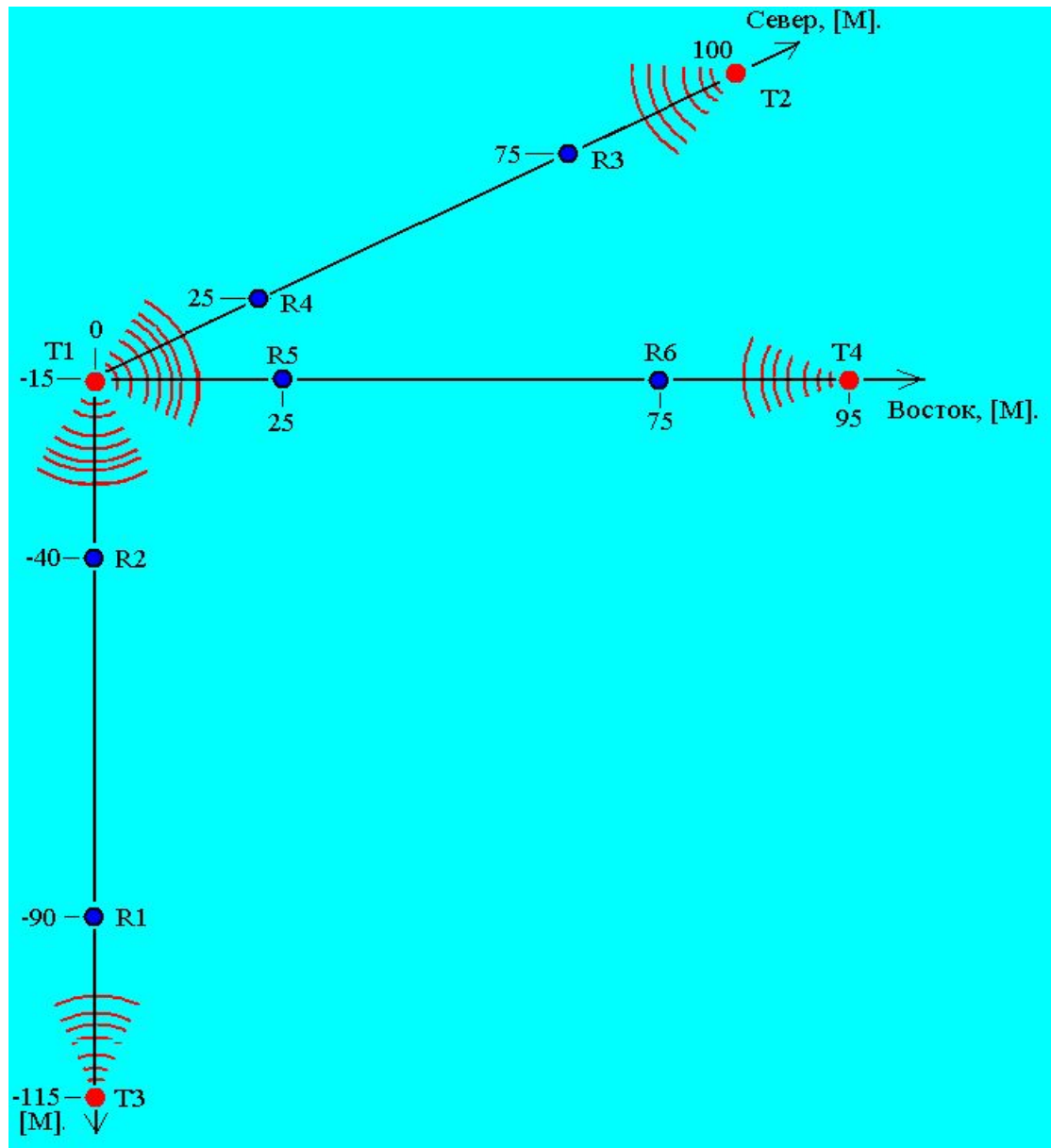
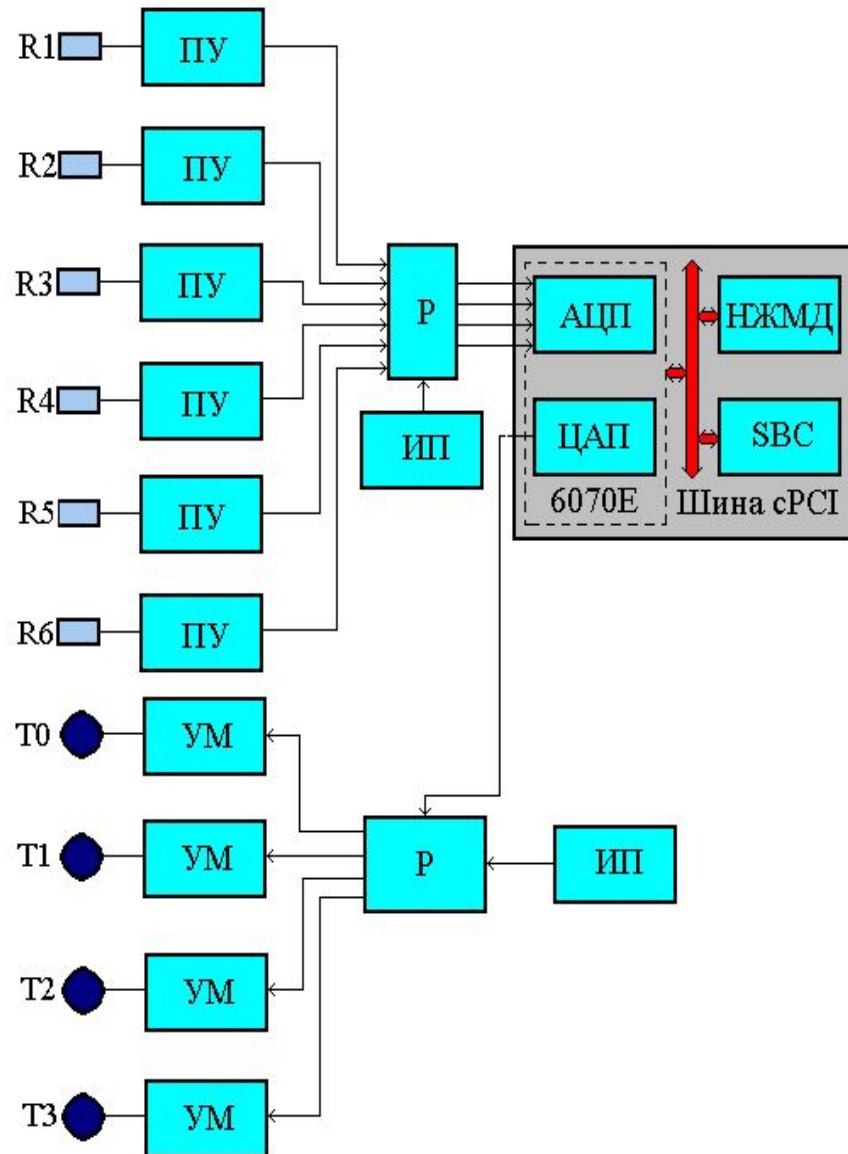


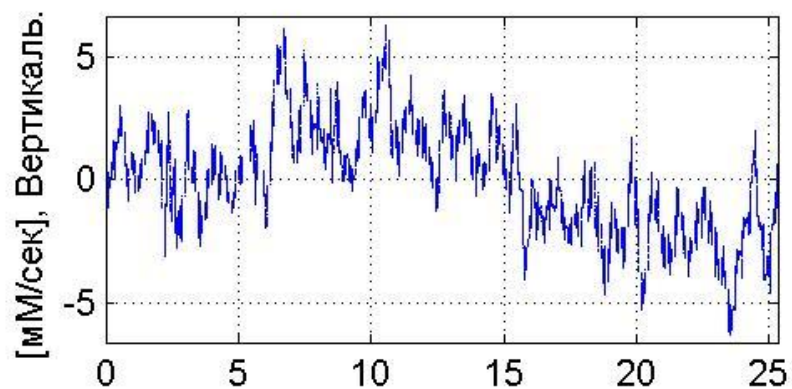
Схема расположения гидрофонов.



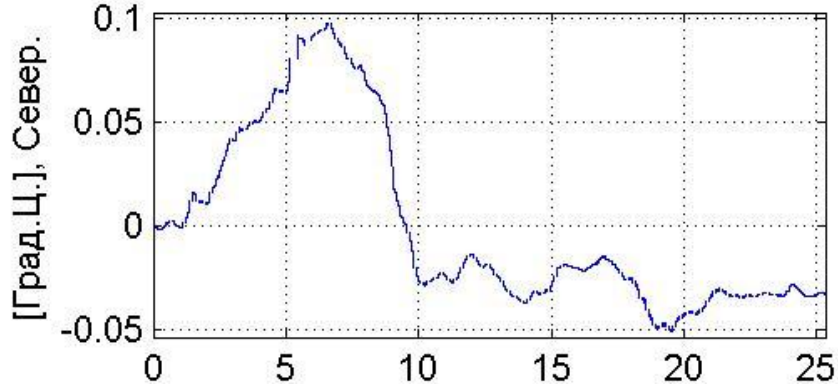
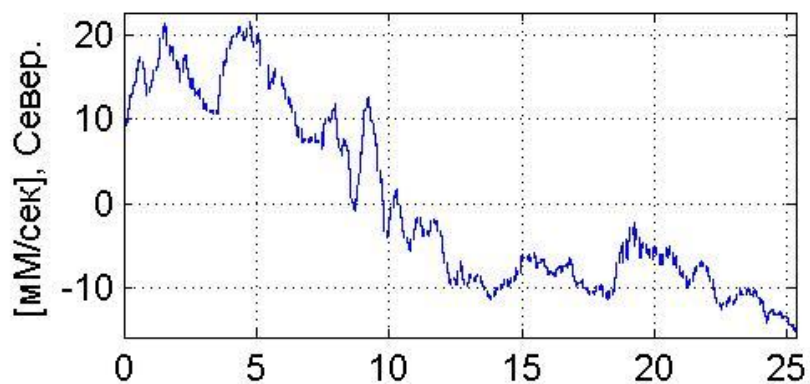
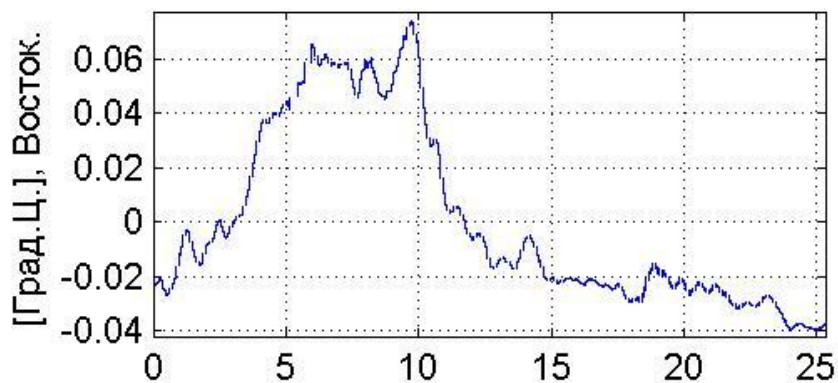
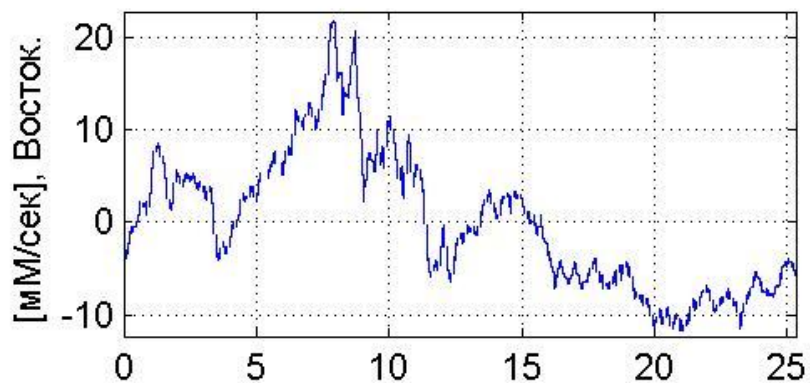
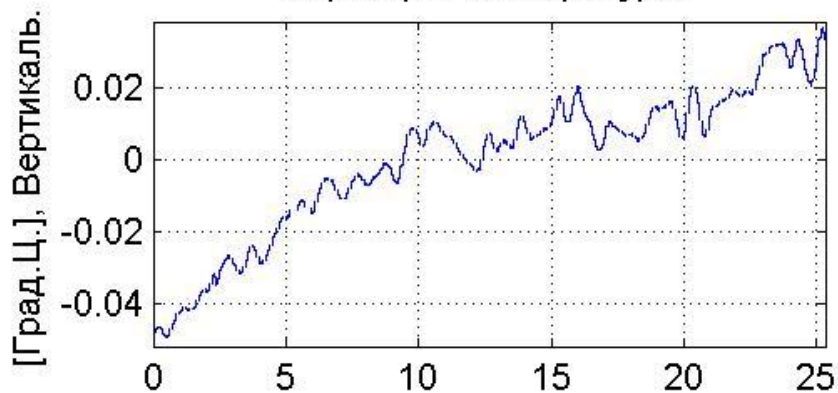
Блок-схема установки.



Вариации скорости течения.

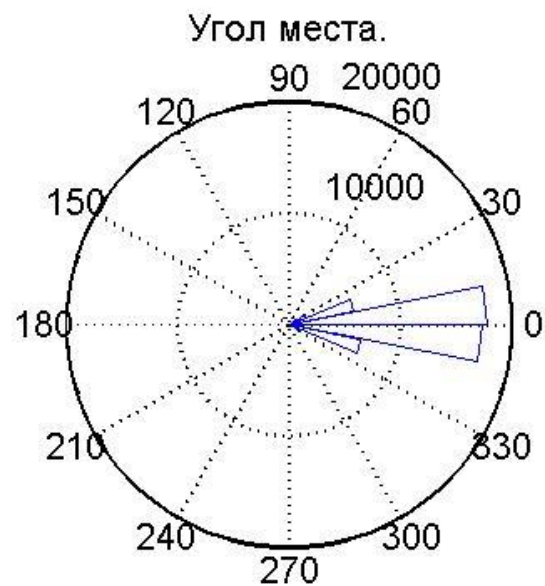
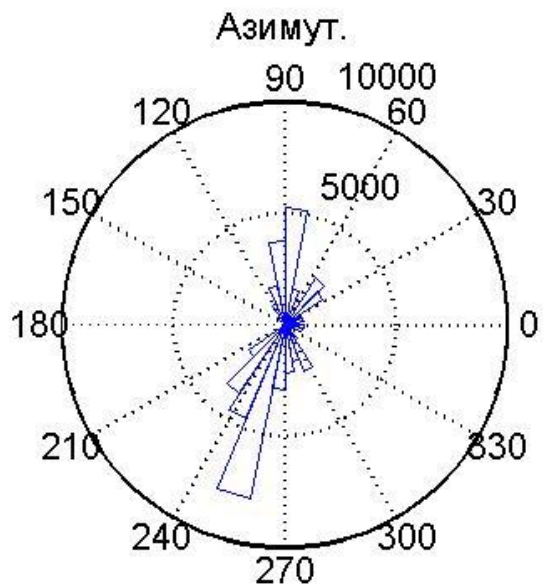


Вариации температуры.

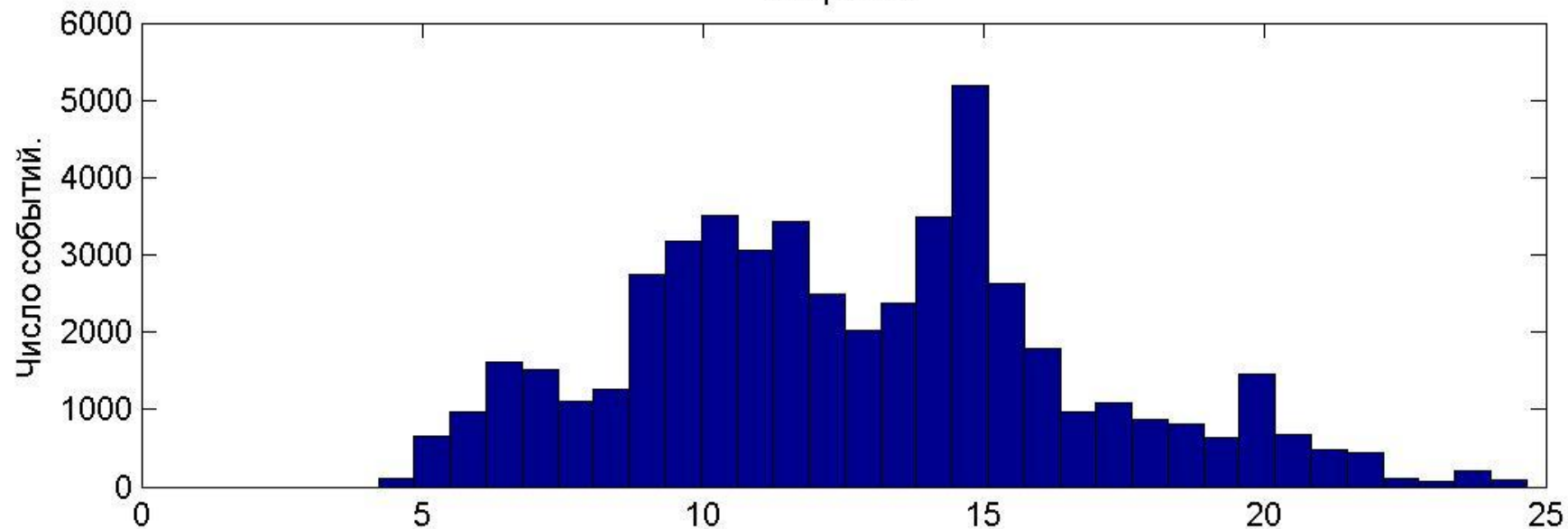


Дата: 22-Мар-2007 07:03:52.

Окно: [3 123]. ось-X - часы.



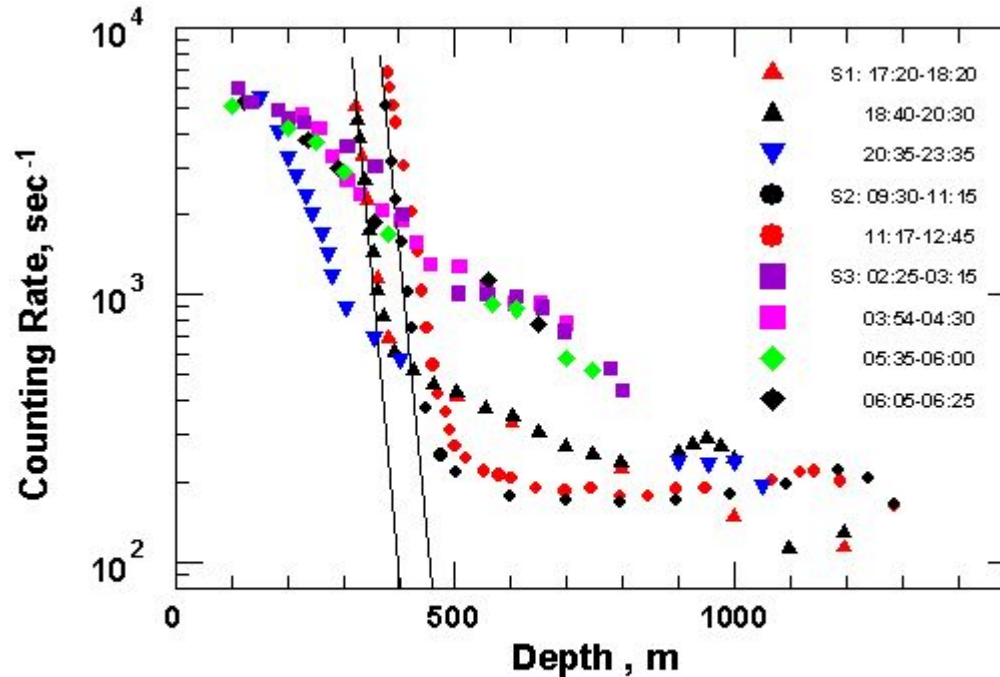
Скорость.



Дата: 22-Мар-2007 07:03:52. Длительность = 25.33 часов. X-ось, [мм/сек].

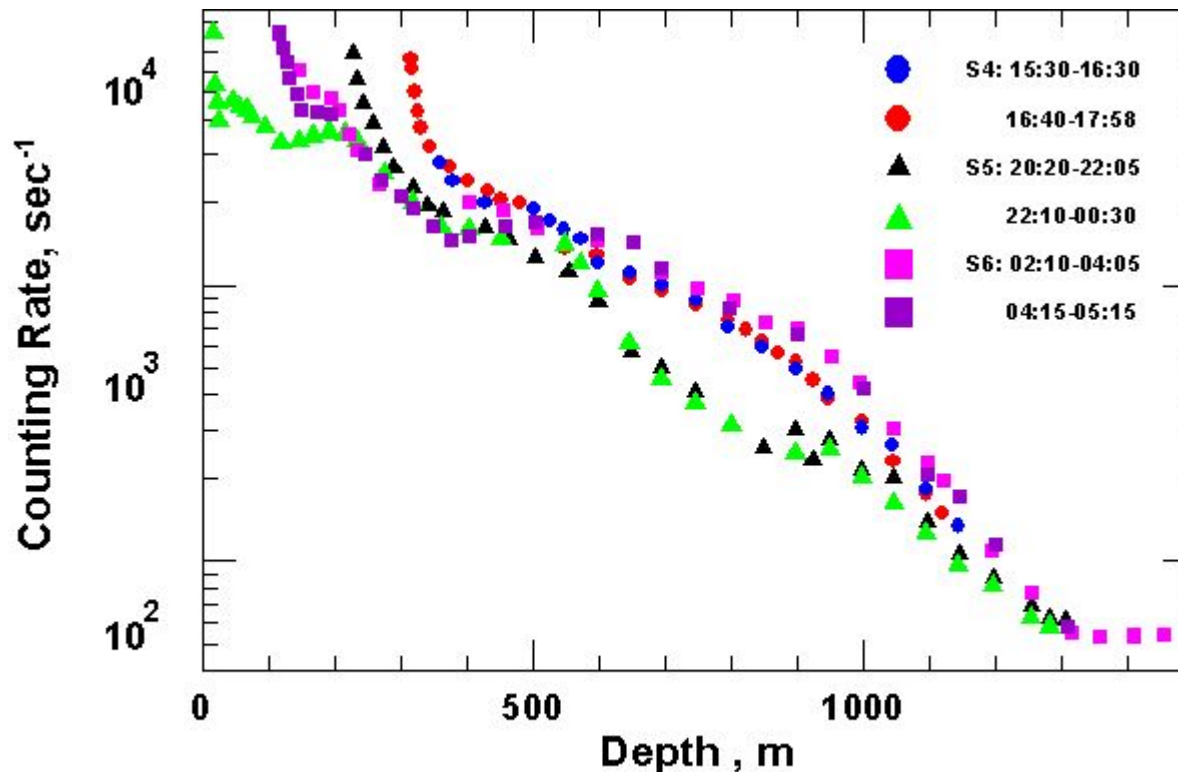
Свечение байкальской воды –
инструмент для исследования
динамики озера

Свечение байкальской воды в зависимости от глубины (Южный Байкал)

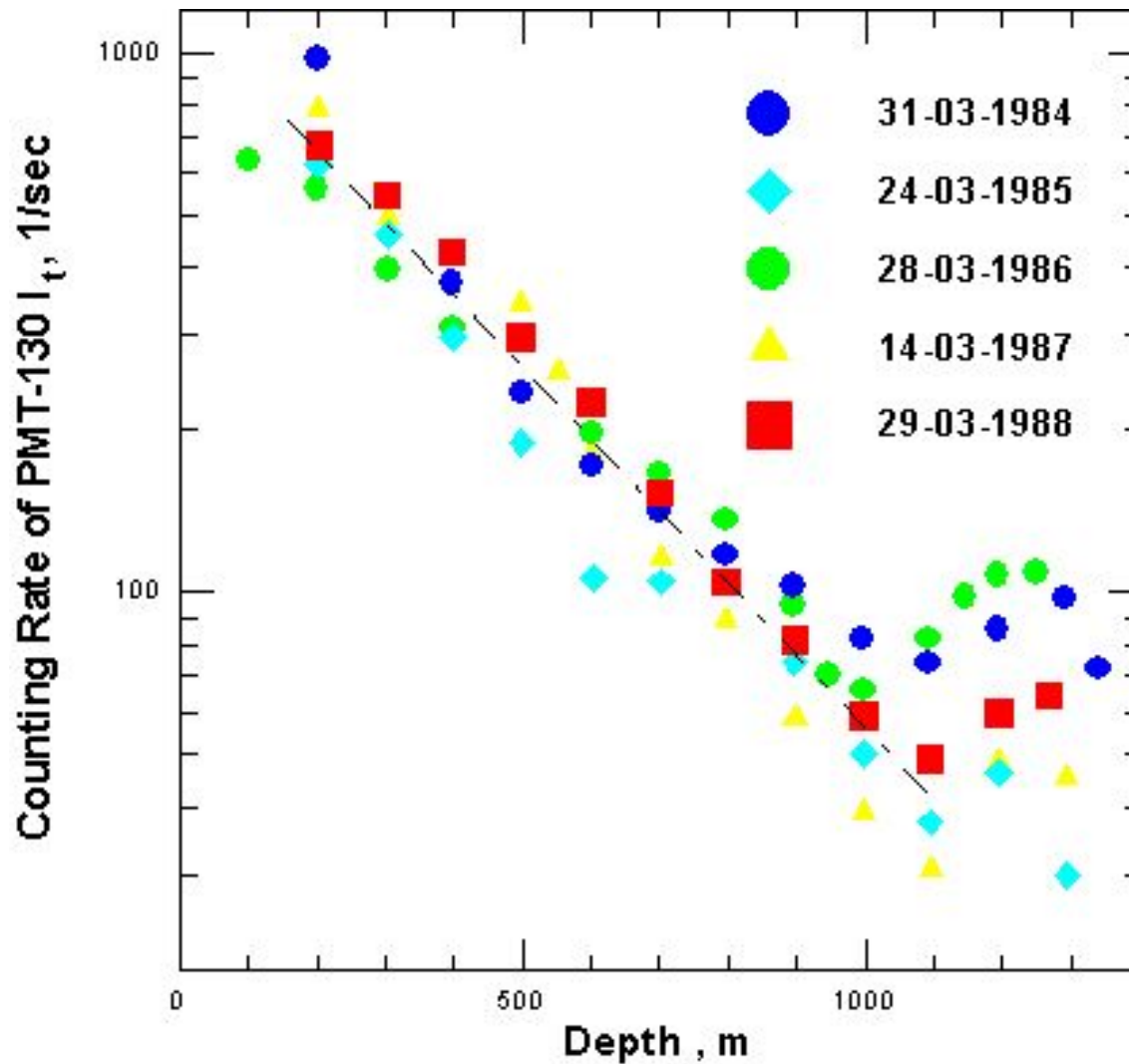


$$\bullet (\text{photon cm}^{-2} \text{ s}^{-1}) = (3.5 \pm 1) N$$

Свечение байкальской воды в зависимости от глубины (Средний Байкал).

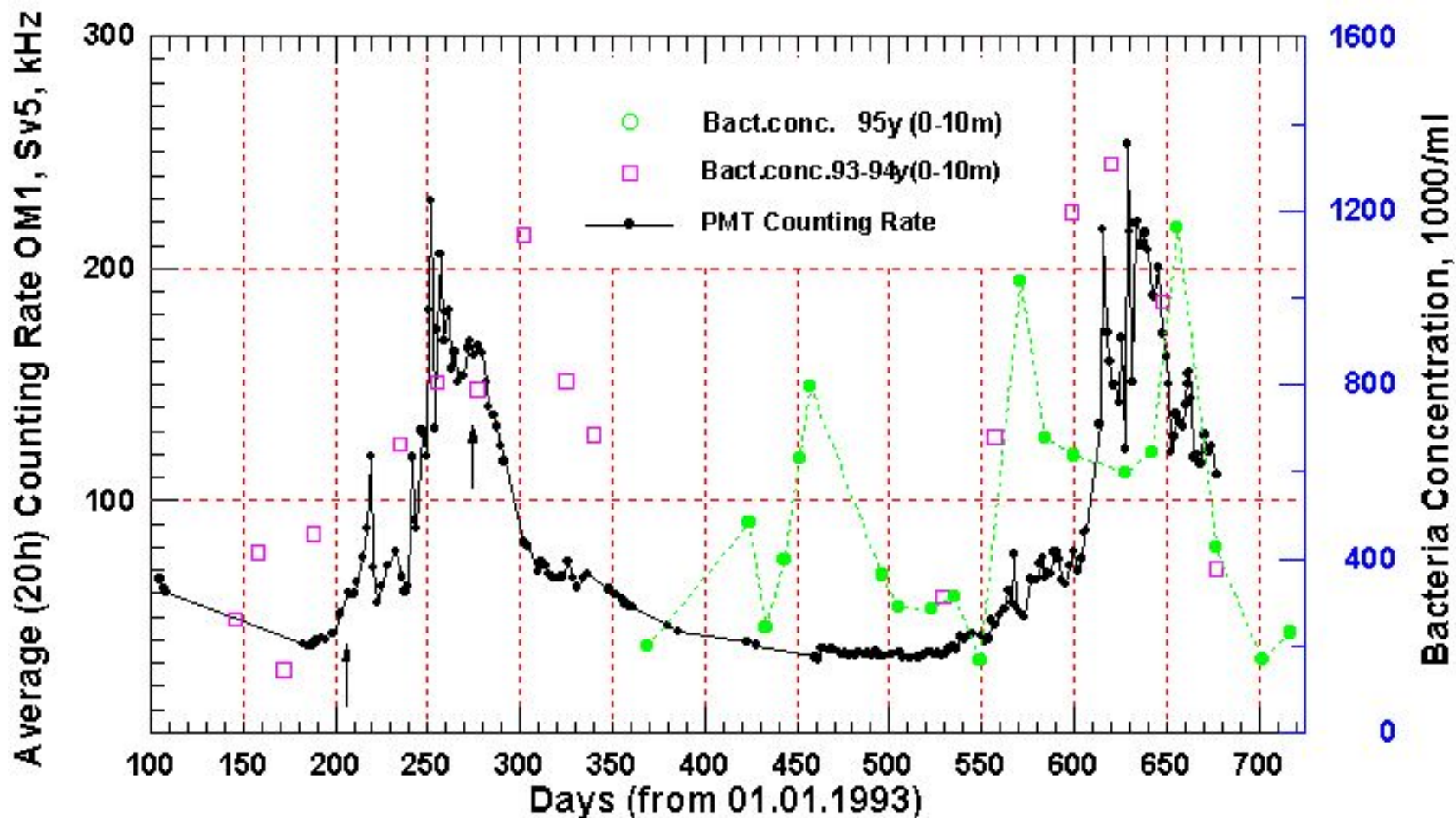


- **Свечение** - результат реакций окисления органических веществ – **хемилюминисценция**
- **Способные светиться вещества** производятся, в основном, в верхнем слое озера, где есть солнечный свет, и переносятся на все глубины водными потоками и за счет оседания, теряя со временем способность светиться.
- **Свечение** является природной меткой, позволяющей наблюдать развитие гидробиологических и гидрофизических процессов в Байкале.

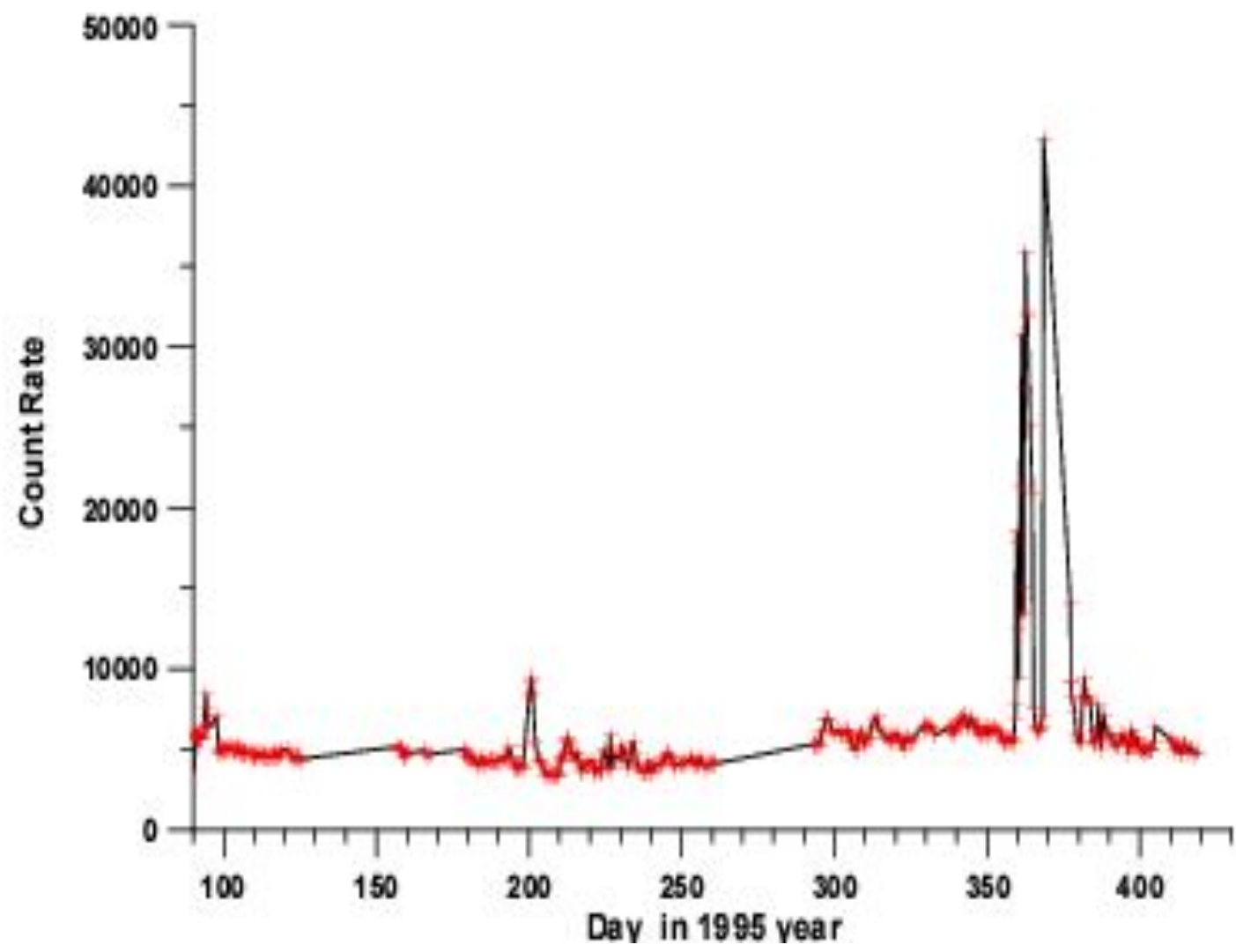


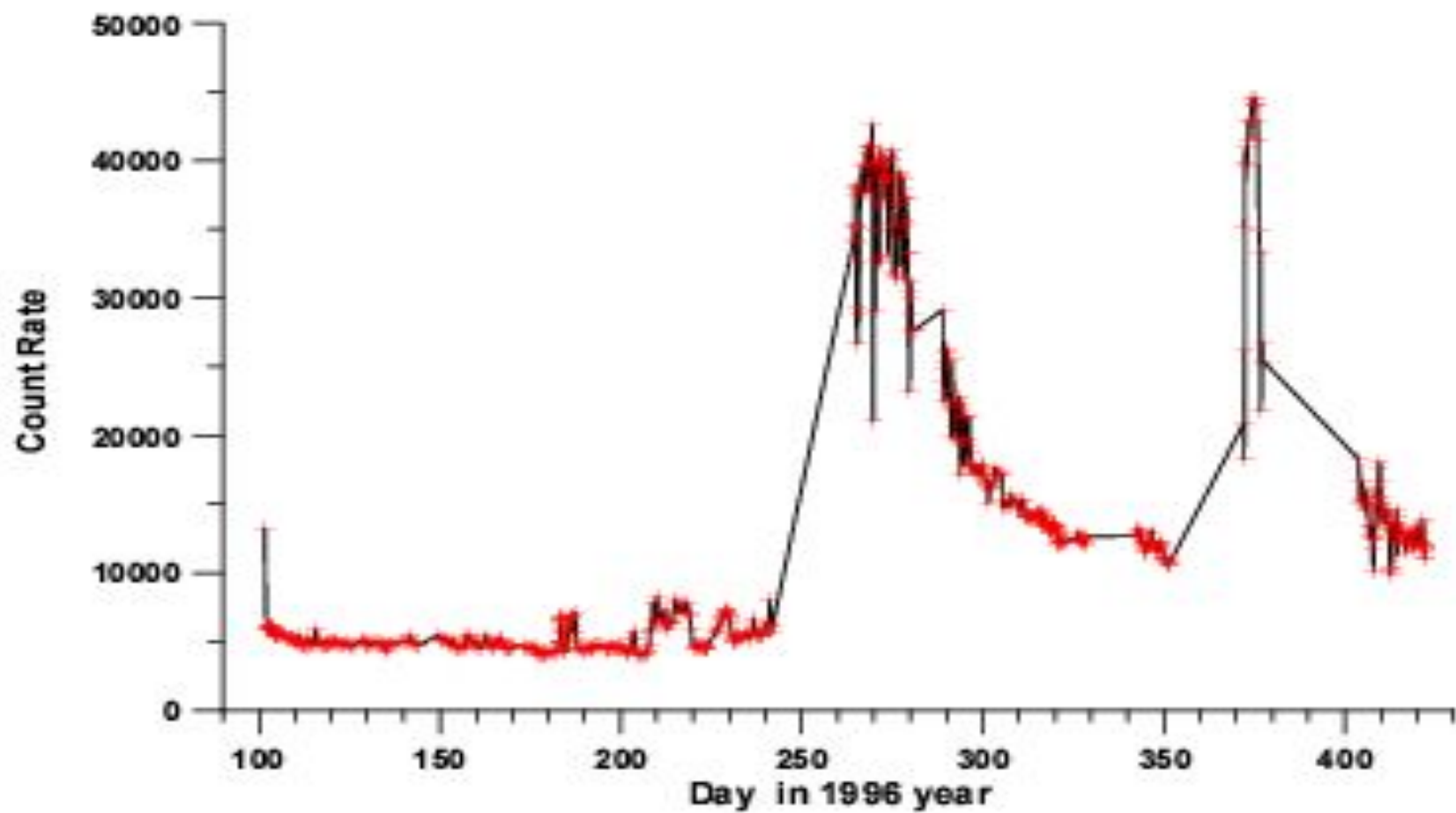
- Зависимость свечения от глубины в районе Нейтринного телескопа в марсе в разные годы. $I(\text{photon cm}^{-2} \text{s}^{-1}) = (3.5 \pm 1) N$

Counting rate of an optical module of NT-200 at 1993 -1994 years.

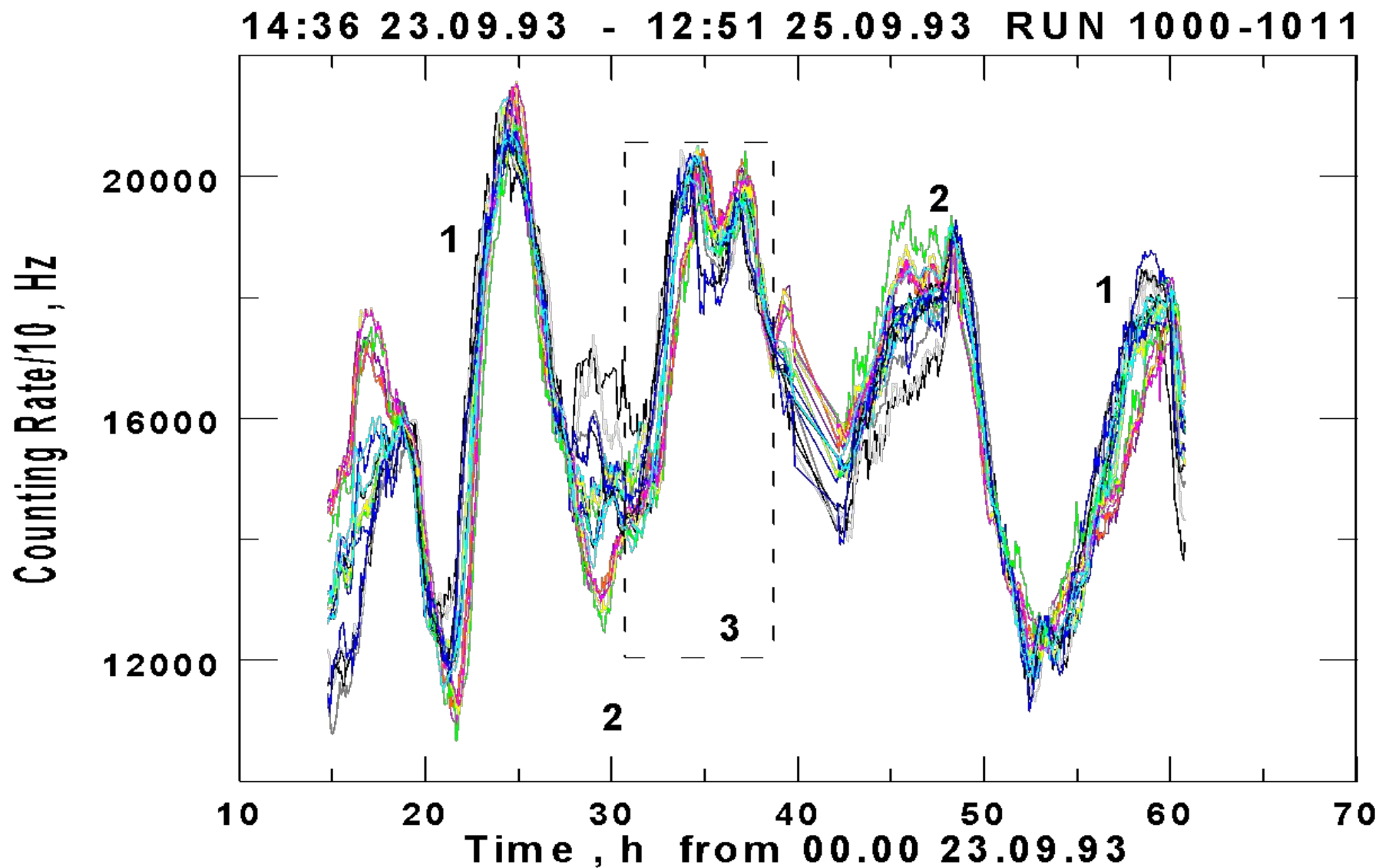


The luminescence is a natural indicator of development of hydrobiological and hydrophysical phenomena in the Lake Baikal.



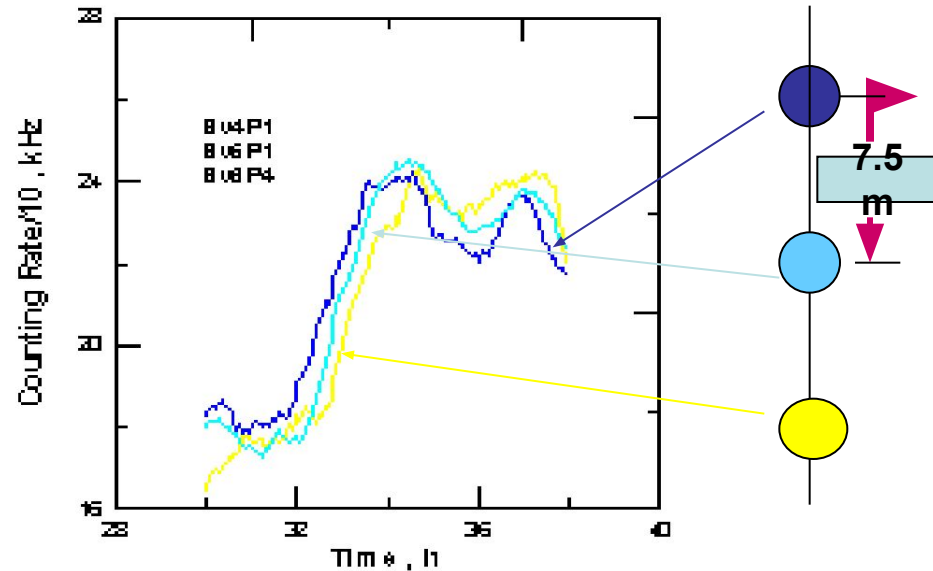


Counting rate of the 19 optical modules of NT-200 in September 1993 year.

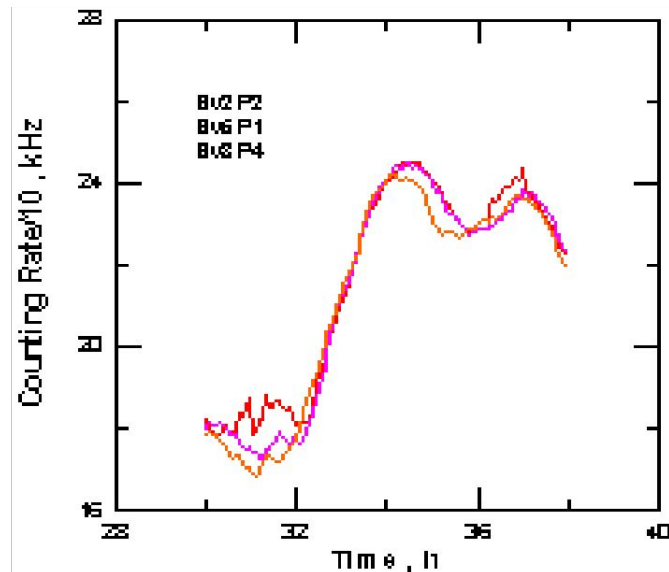
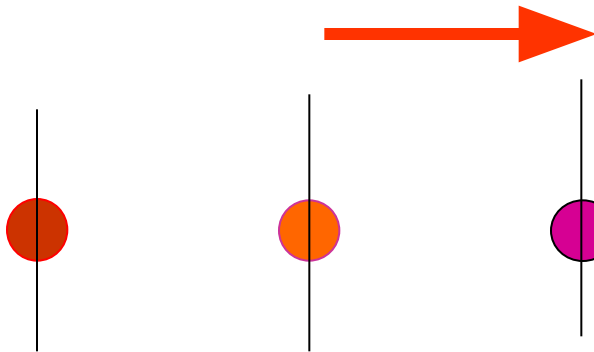


Vertical water motion.

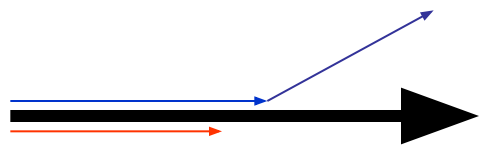
- Counting rate of the 3 optical modules of NT-200 situated
- on the **same vertical string**
- $V_{\text{vert}} = 2 \text{ cm/s}$!!!!!!!!!!!!!



- Counting rate of the 3 optical modules of NT-200 situated
- on the **same depth** on the different strings

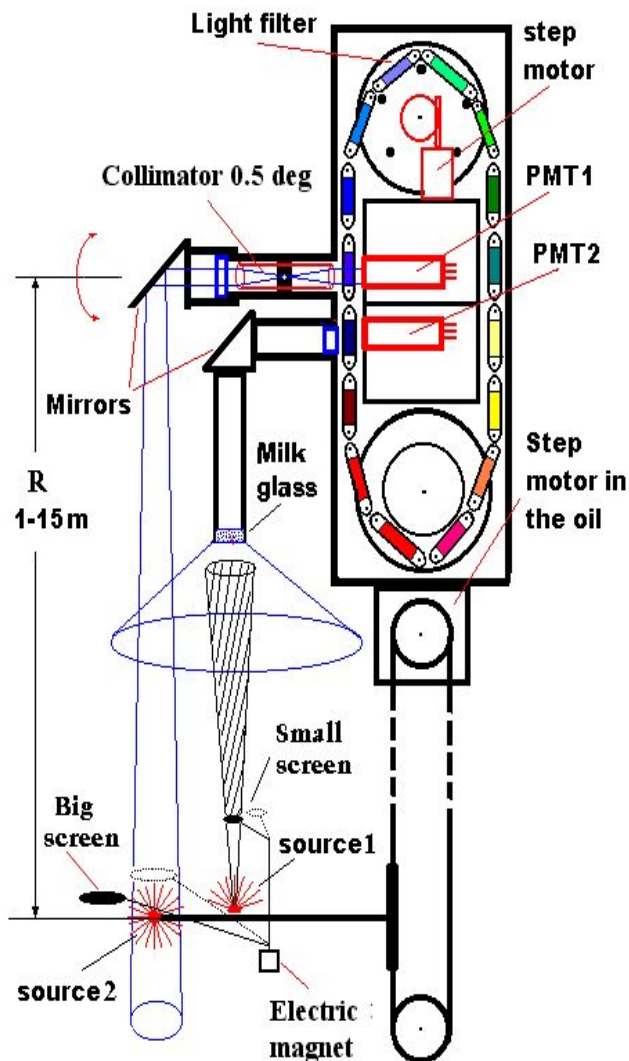


Гидрооптические исследования

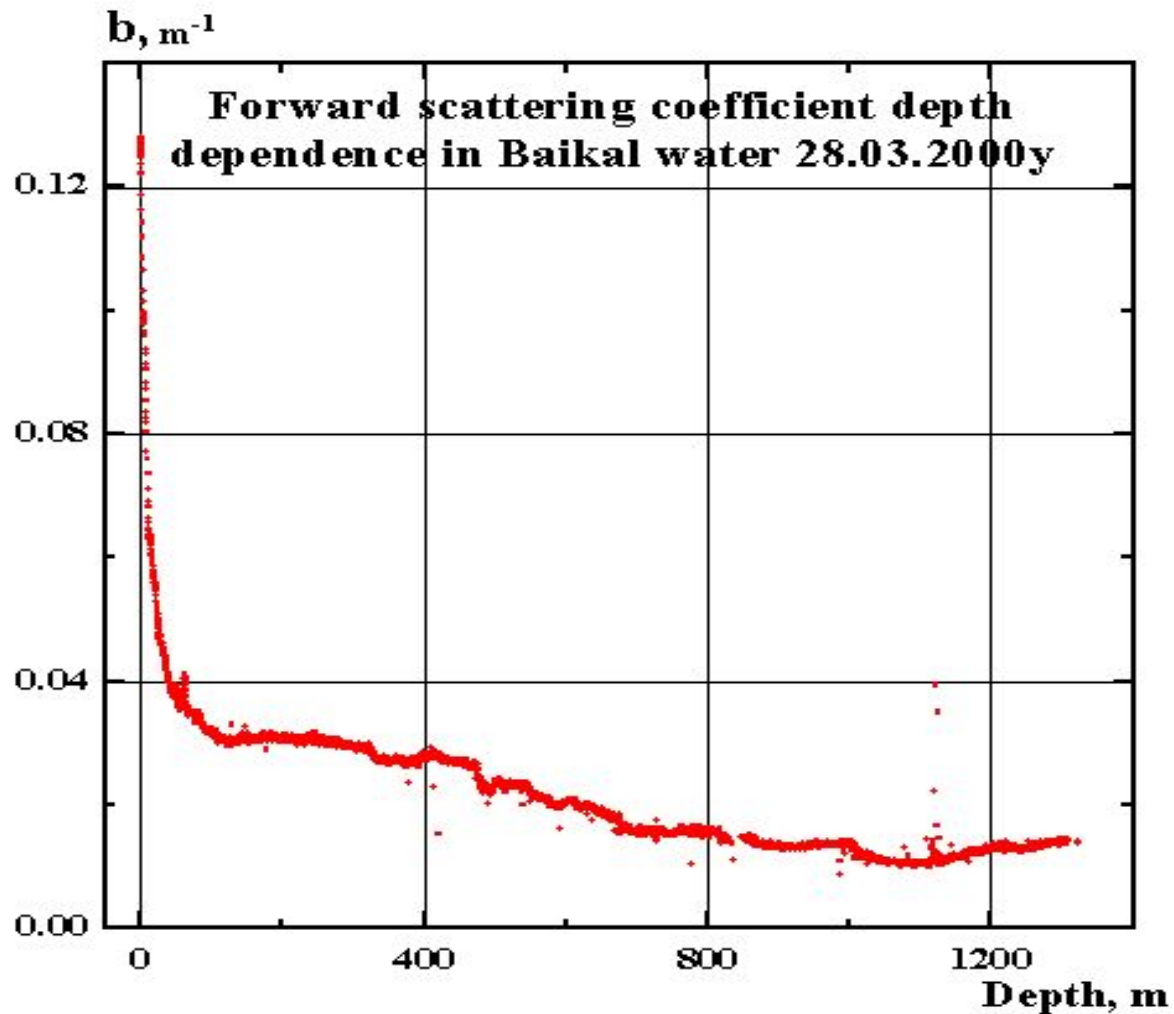


$$E(x) = E_0 \exp[-(a + b)x]$$

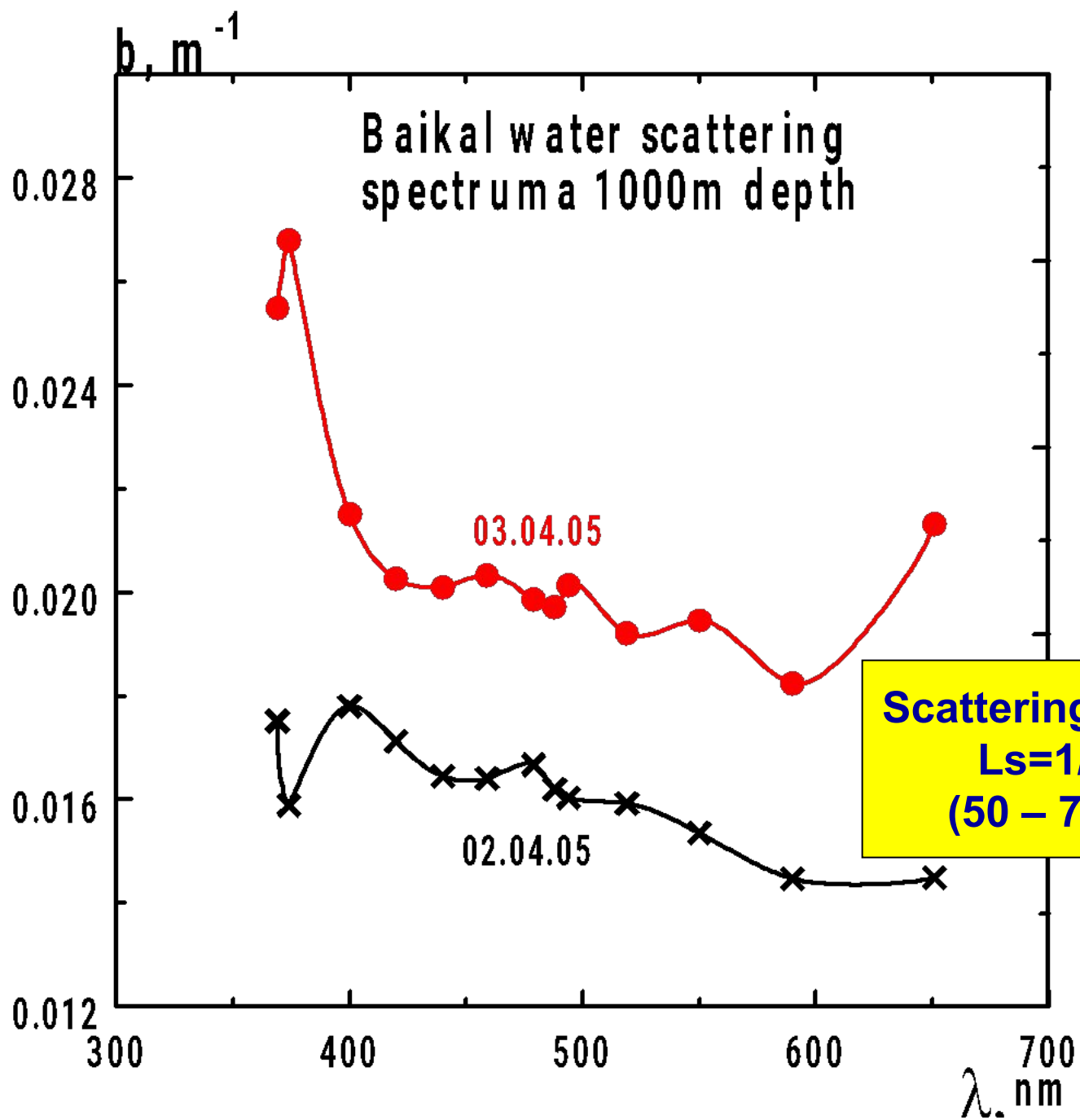
- E - поток фотонов
- a – коэффициент поглощения (определяется концентрацией и составом РОВ),
- b – коэффициент рассеяния (определяется концентрацией и составом взвеси),



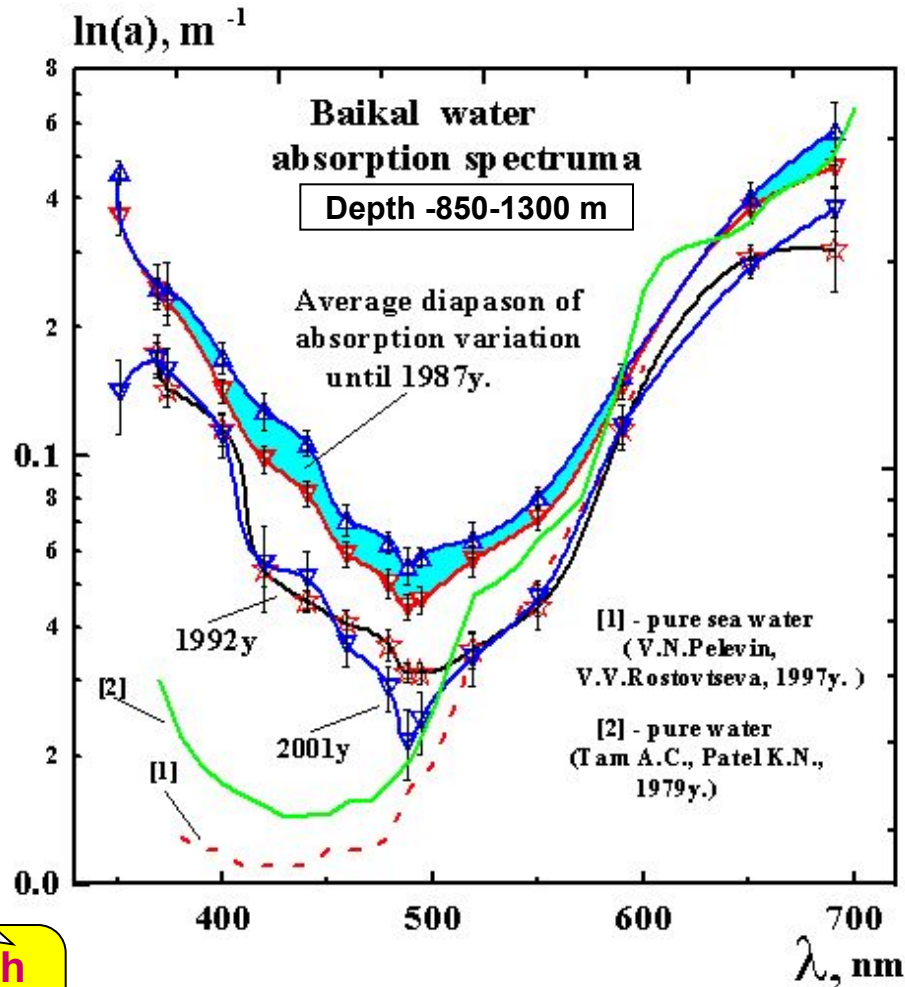
–	A
on	off
–	B
off	on
–	C
on	off
–	D
off	on
$n = A/B$ $K = nC/D$ $\sigma_{\downarrow} = \frac{\ln(1-C/A)}{R}$ $\sigma_{\uparrow} = \sigma_{\downarrow}/K$	



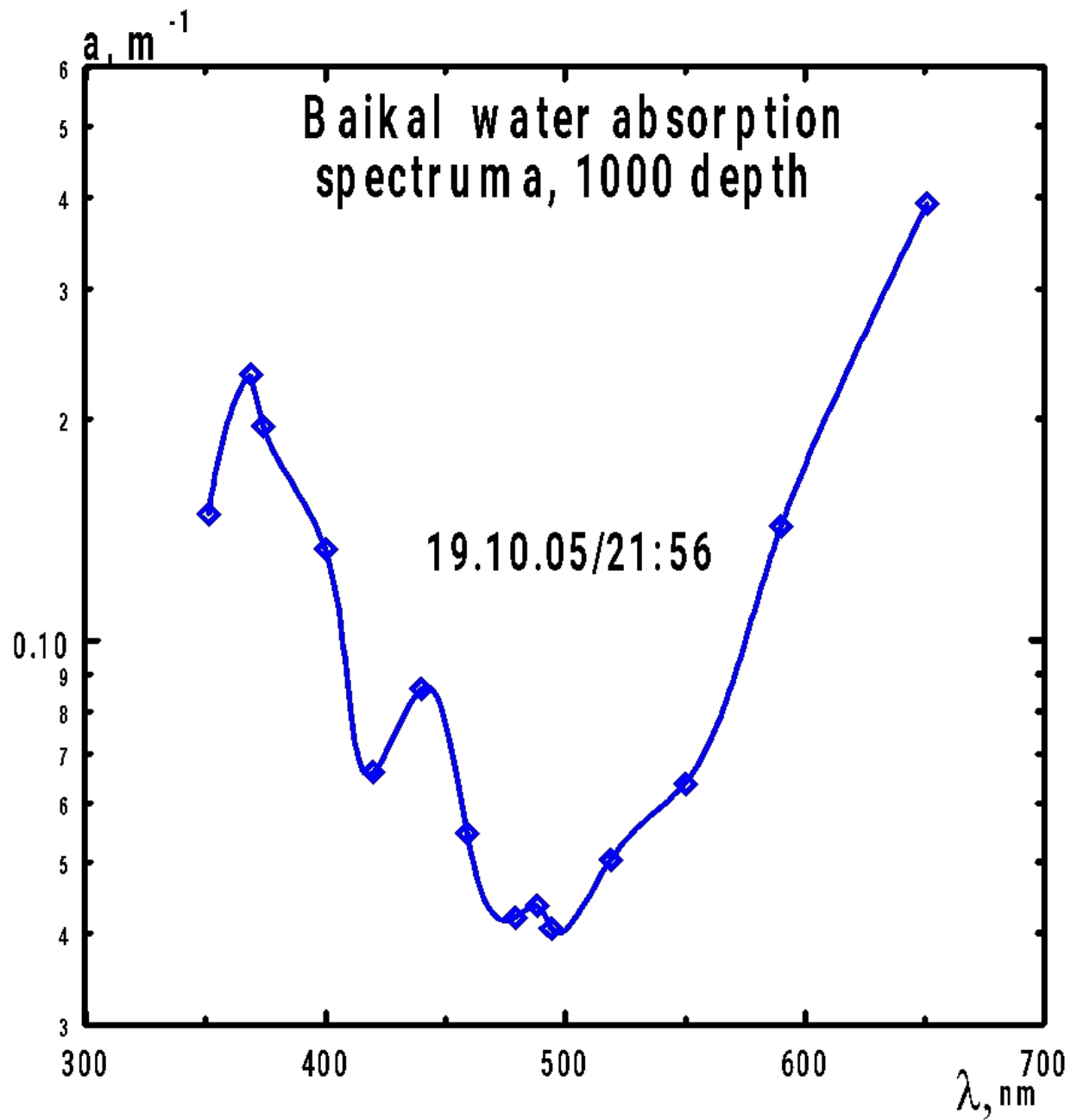
- Зависимость коэффициента рассеяния света от глубины на глубине 800 м 28.03.2000 года.



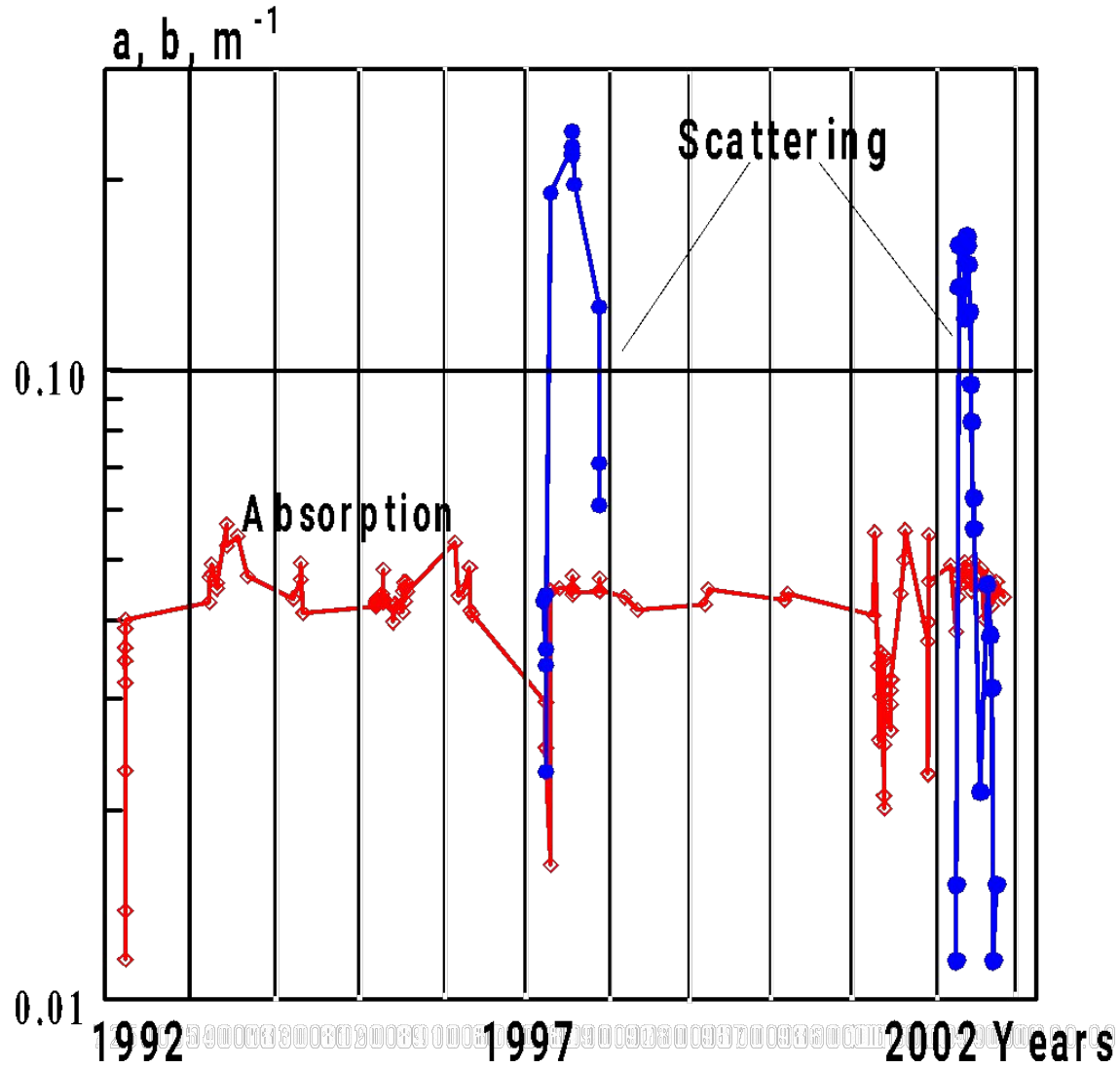
Absorption coefficient a at 1000 m depth



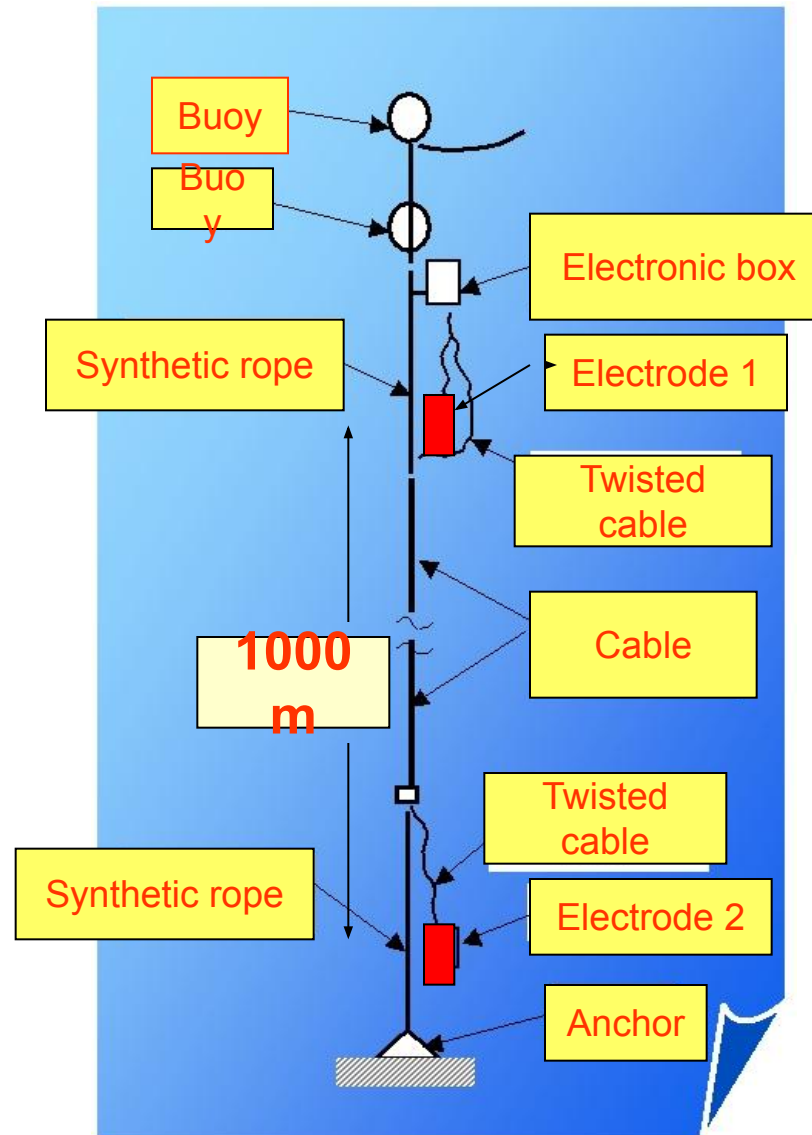
Absorption length
 $L_a = 1/a = (20-25) \text{ m}$
for 480nm



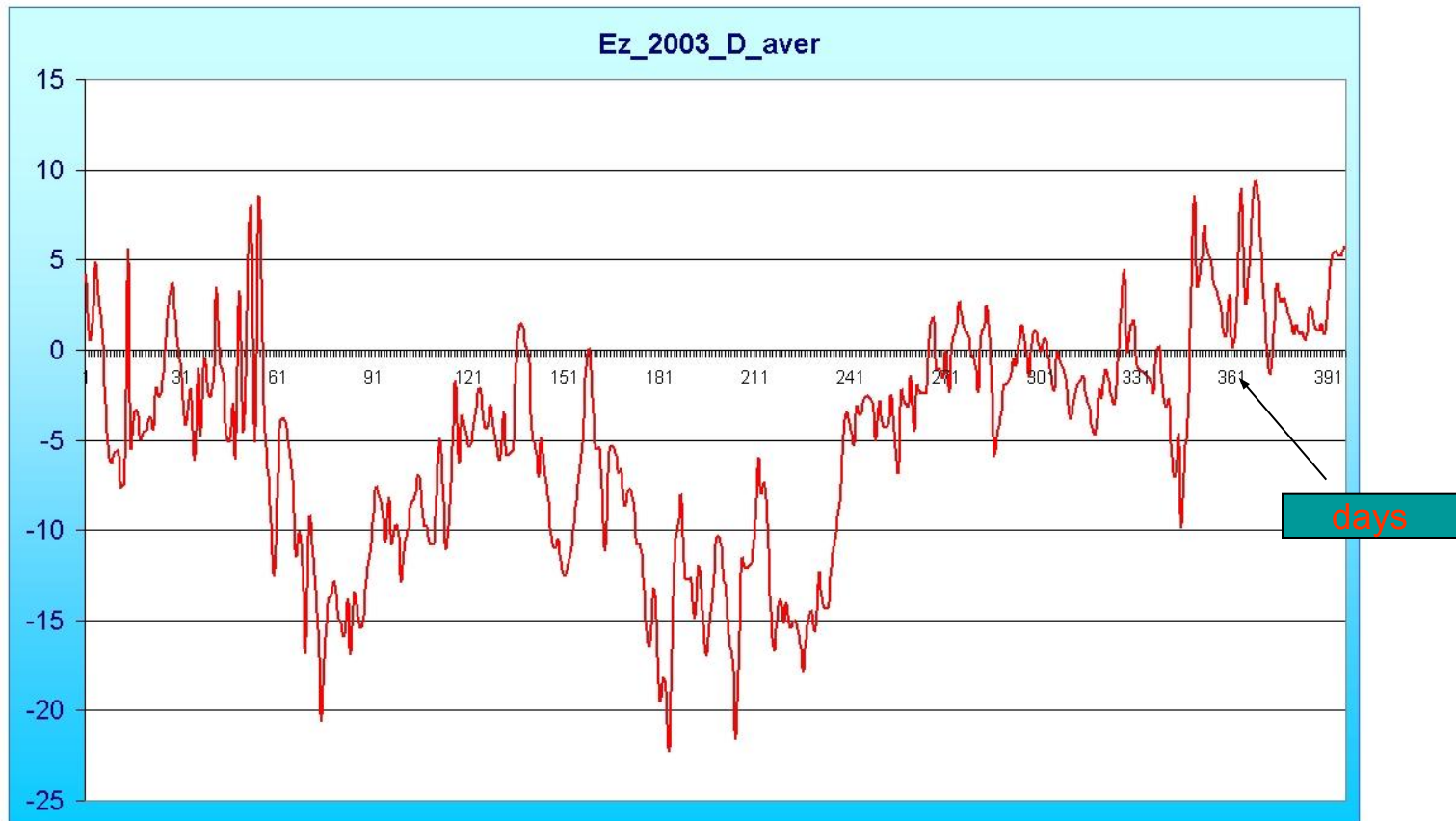
Results of long term absorption and scattering monitoring



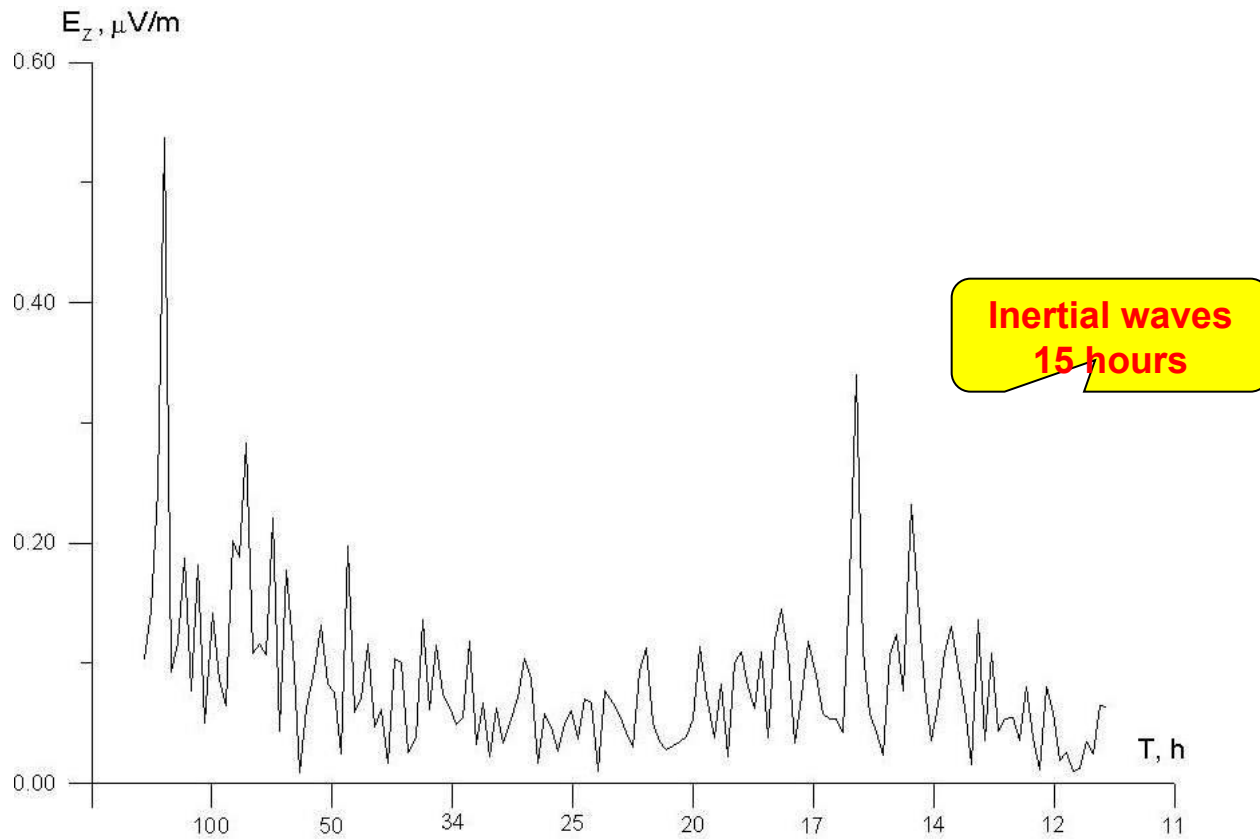
Geophysical Mooring



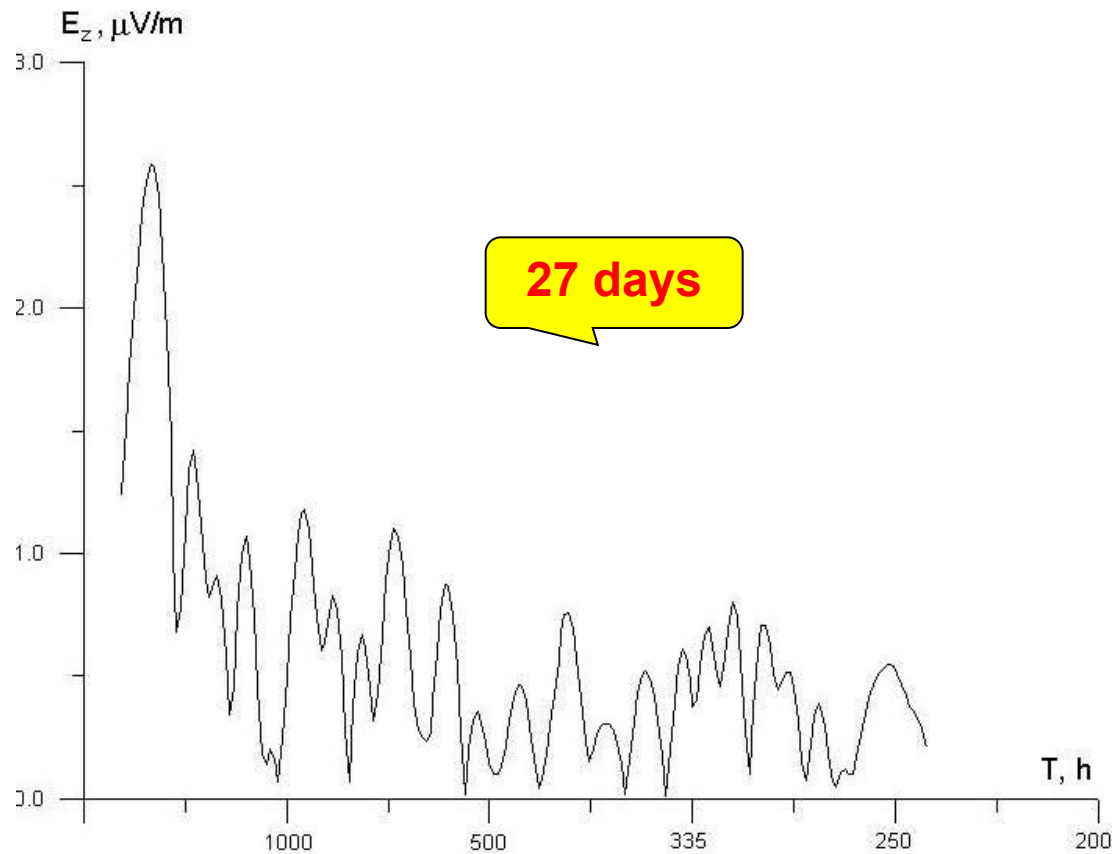
Vertical component of electric field

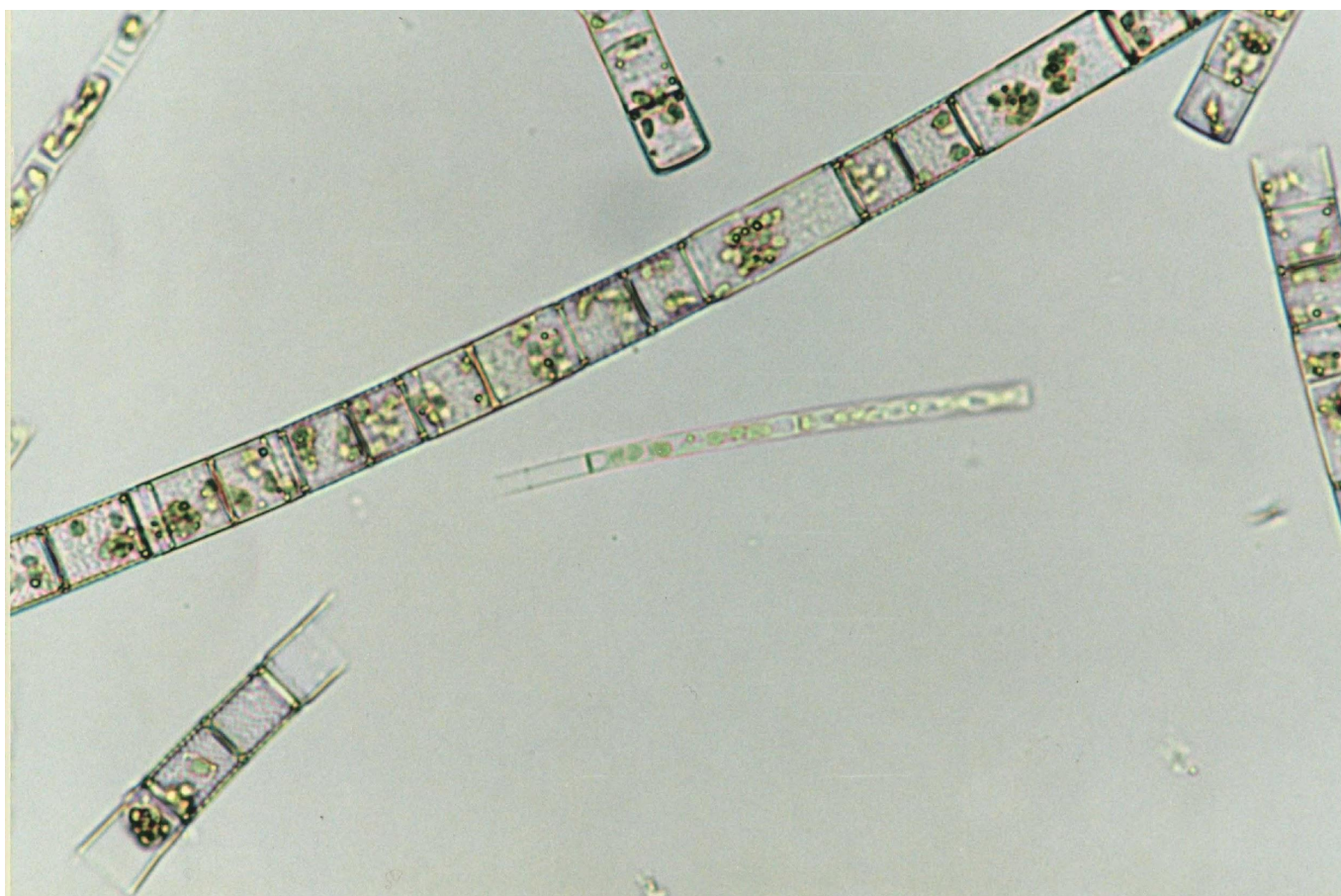


High frequency E_z variations.



Low frequency E_z variations.

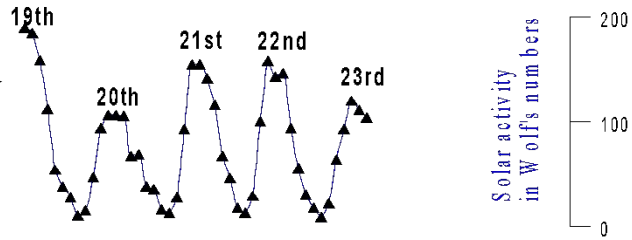




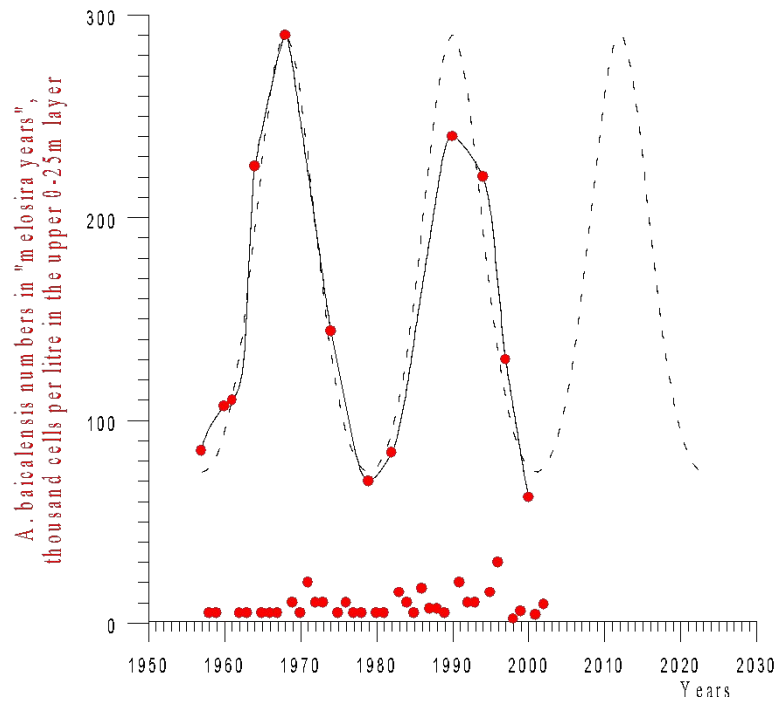
Мелозира байкальская - *Aulacoseira baicalensis*

Solar activity

Solar activity

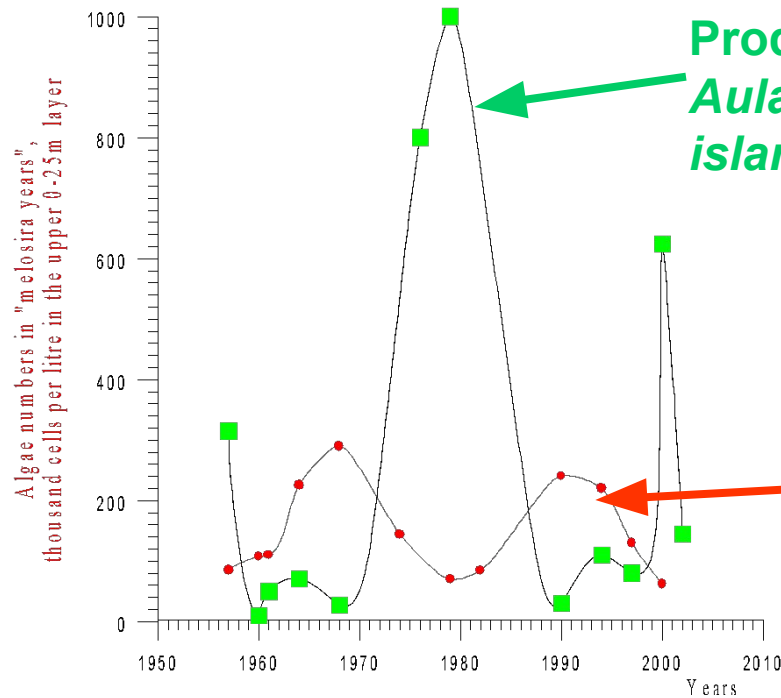
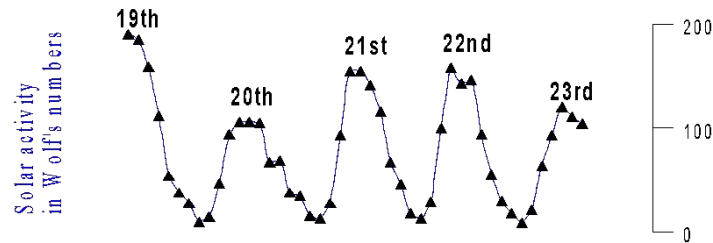


Productivity of *Aulacoseira baicalensis*



Solar activity

Solar activity



Productivity of *Aulacoseira islandica*

Productivity of *Aulacoseira baicalensis*

Заключение

- Развитые в рамках байкальского нейтринного проекта технологии, методы и приборы позволяют осуществлять долговременный многопараметрический мониторинг вариаций различных характеристик водной среды. С помощью этих данных, в принципе, можно делать выводы о развитии гидрофизических, гидробиологических и гидрохимических процессов в озере.
- Чрезвычайно важно сотрудничество ученых разных специальностей