

# Нейтрино и Земля

Leonid Bezrukov, INR

Valery Sinev, INR

Семинар ОЭФ ИЯИ РРАН 19.09.14

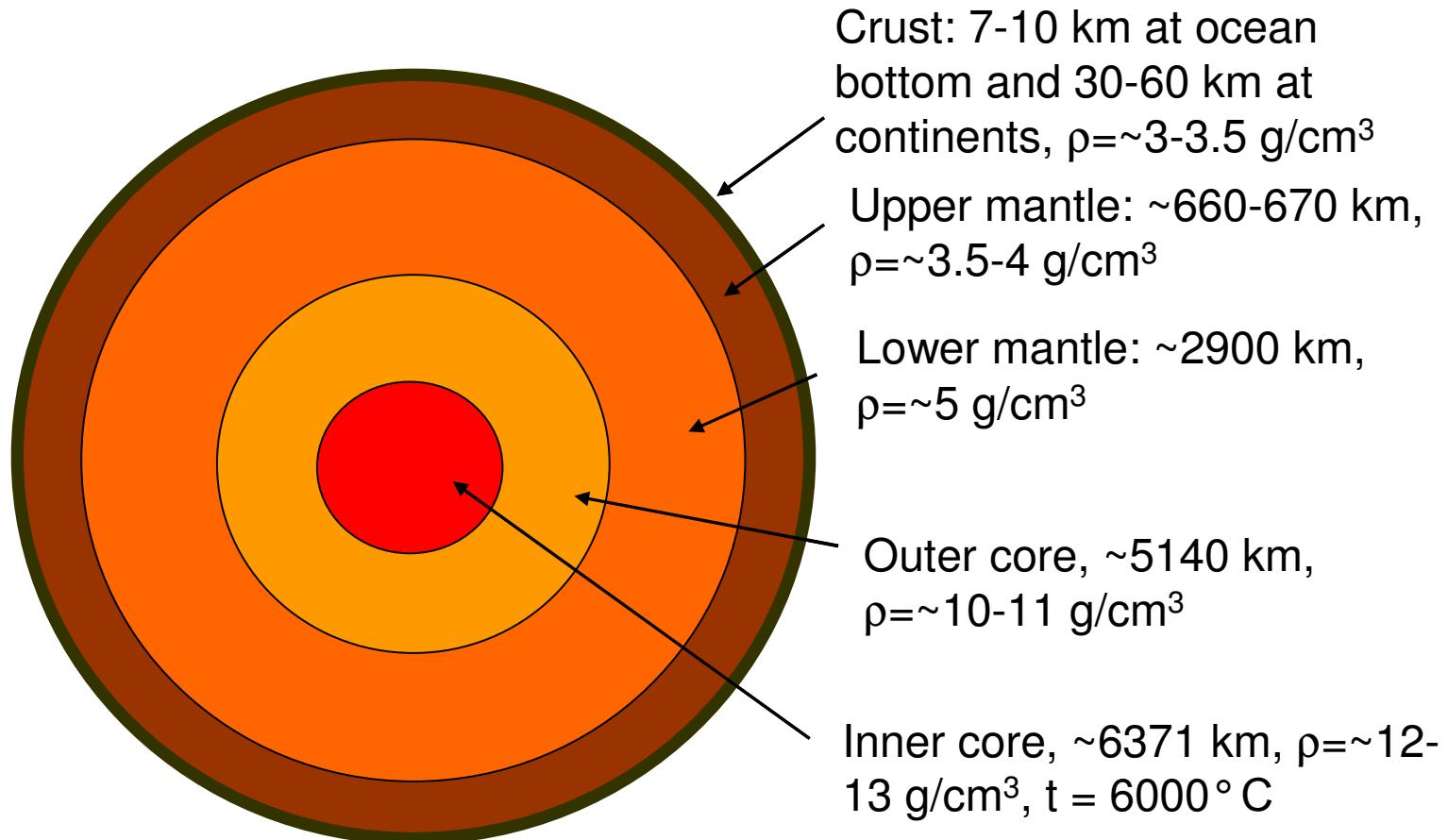
# Content of report

- Введение
- Модели Земли
- Геонейтрино
- Просвечивание Земли атмосферными нейтрино
- Электрическое поле Земли. Экспериментальные результаты. Выводы.
- Электрические токи в Земле и магнитное поле в рамках Гидридной модели Земли.
- Conclusions

# Can the neutrinos help to understand the Earth chemical composition, the Earth history ?

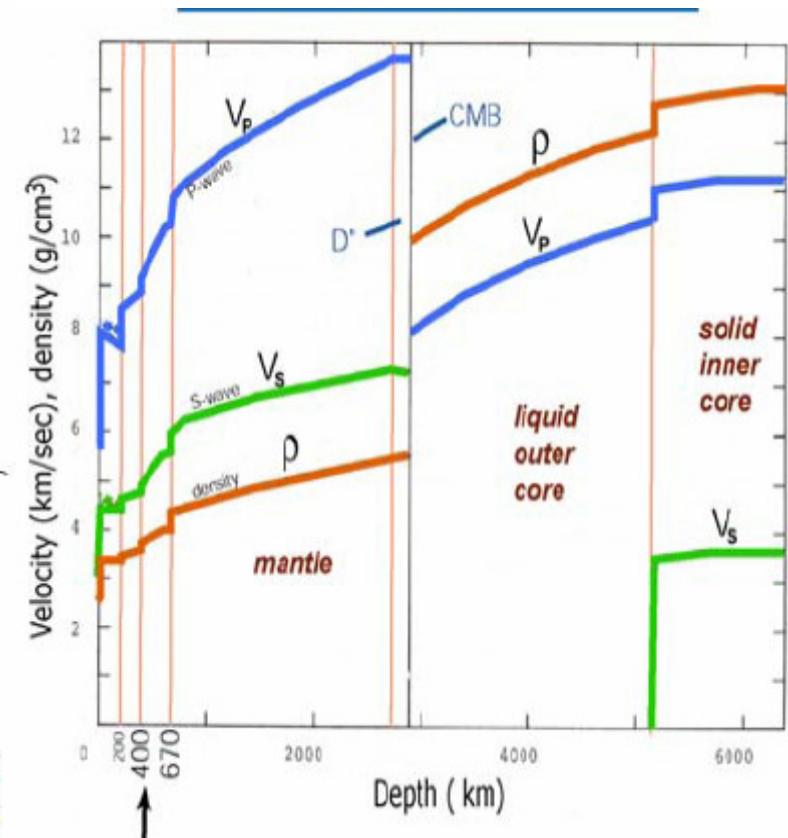
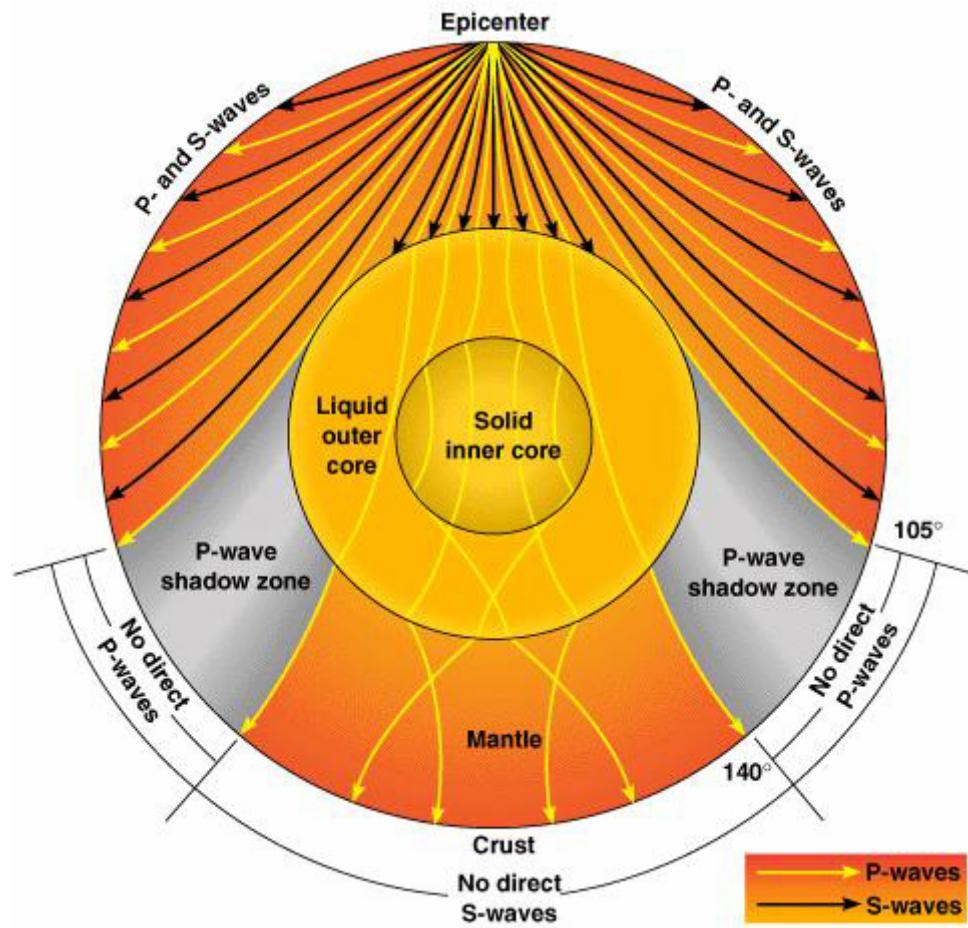
- **What are the extreme alternative Earth models?**
- **We found:**
  - 1. Bulk silicate Earth model (BSE)**
  - 2. Hydridc Earth or Primordial Hydrogen rich planet (HE)**

# Earth structure



At site <http://igppweb.ucsd.edu/~gabi/> data for  $2^\circ \times 2^\circ$  were available. (Now  $1^\circ \times 1^\circ$ )

# Seismology



P – primary, longitudinal waves

S – secondary, transverse/shear waves

# Bulk Silicate Earth (BSE)

**Basic idea:**

**Earth chemical composition ≡**

**meteorite chemical composition ≡**

**Asteroid Belt (AB) chemical  
composition**

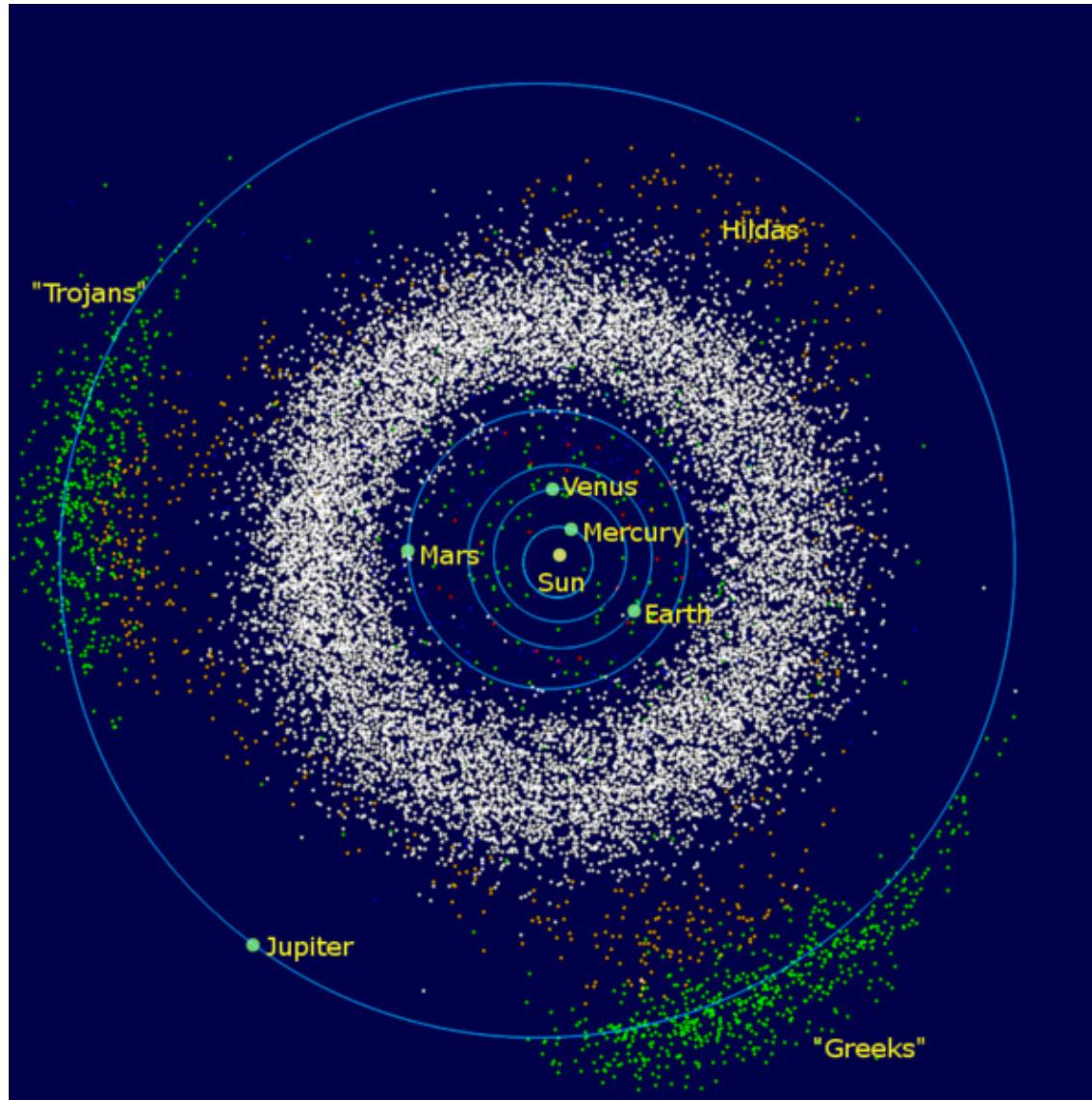
# Bulk Silicate Earth (BSE)

- Chondritic ratio:

$$R(\text{Th}/\text{U})_{AB} = m_{\text{Th}} / m_{\text{U}} = 3,9$$

- There are no any U, Th, K in Lower mantle and Core
- Core → Fe
- BSE introduced the problem: The calculated radiogenic heat 20 TW is not enough to explain the experimentally measured one 47TW

**The asteroid belt (shown in white) is located between the orbits of Mars and Jupiter.**



# Hydridic Earth (HE) model ( primordially Hydrogen-Rich Planet)

was born 40 years ago and does not killed up to now

- Basic idea:

Planet chemical composition depends on distance from the Sun.

Earth chemical composition ≠ Asteroid Belt (AB) chemical composition.

# Hydridic Earth (HE)

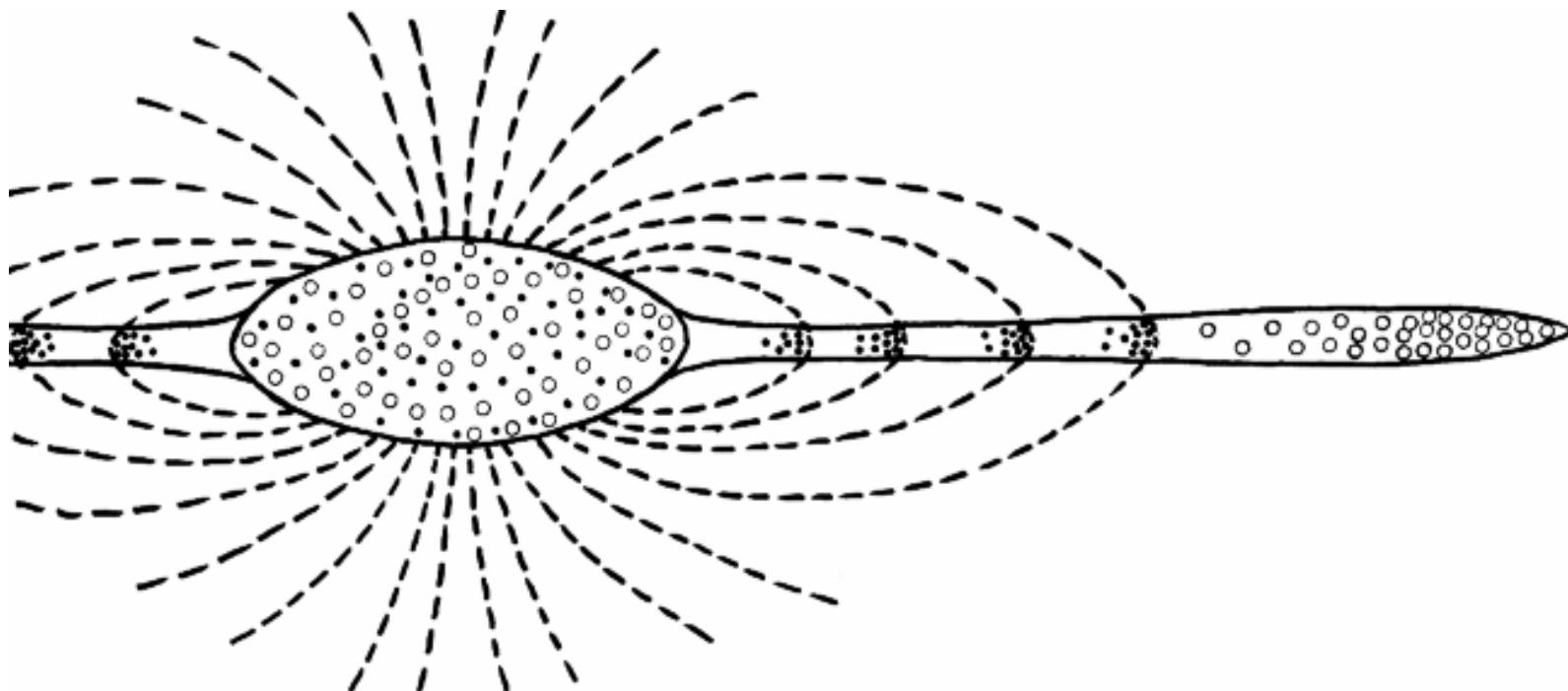
- $R(\text{Th}/\text{U})_{AB} = m_{\text{Th}} / m_{\text{U}} = 1.7$

Leonid Bezrukov. Geoneutrino and Hydridic Earth model.

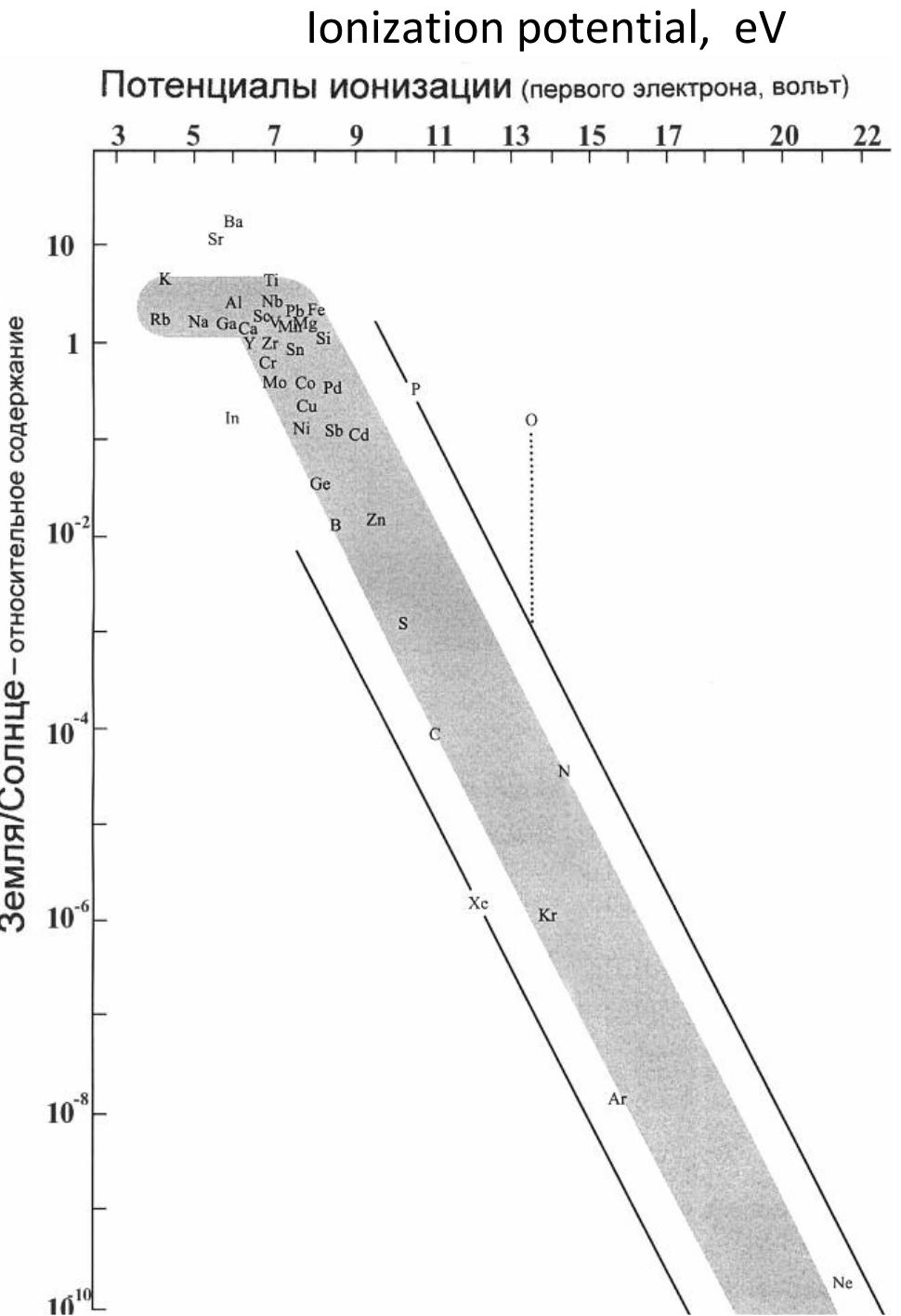
Preprint INR 1378/2014. arXiv:1308.4163

- There are U, Th, K in Lower mantle and Core
- Core  $\rightarrow \text{FeH}_{10}$
- HE model introduced the opposite problem: The calculated radiogenic heat 700 TW is larger than the experimentally measured one 47 TW.  
HE model can propose the explanation.

Separation of chemical elements in  
solar system was originated by  
magnetic field of Protosun

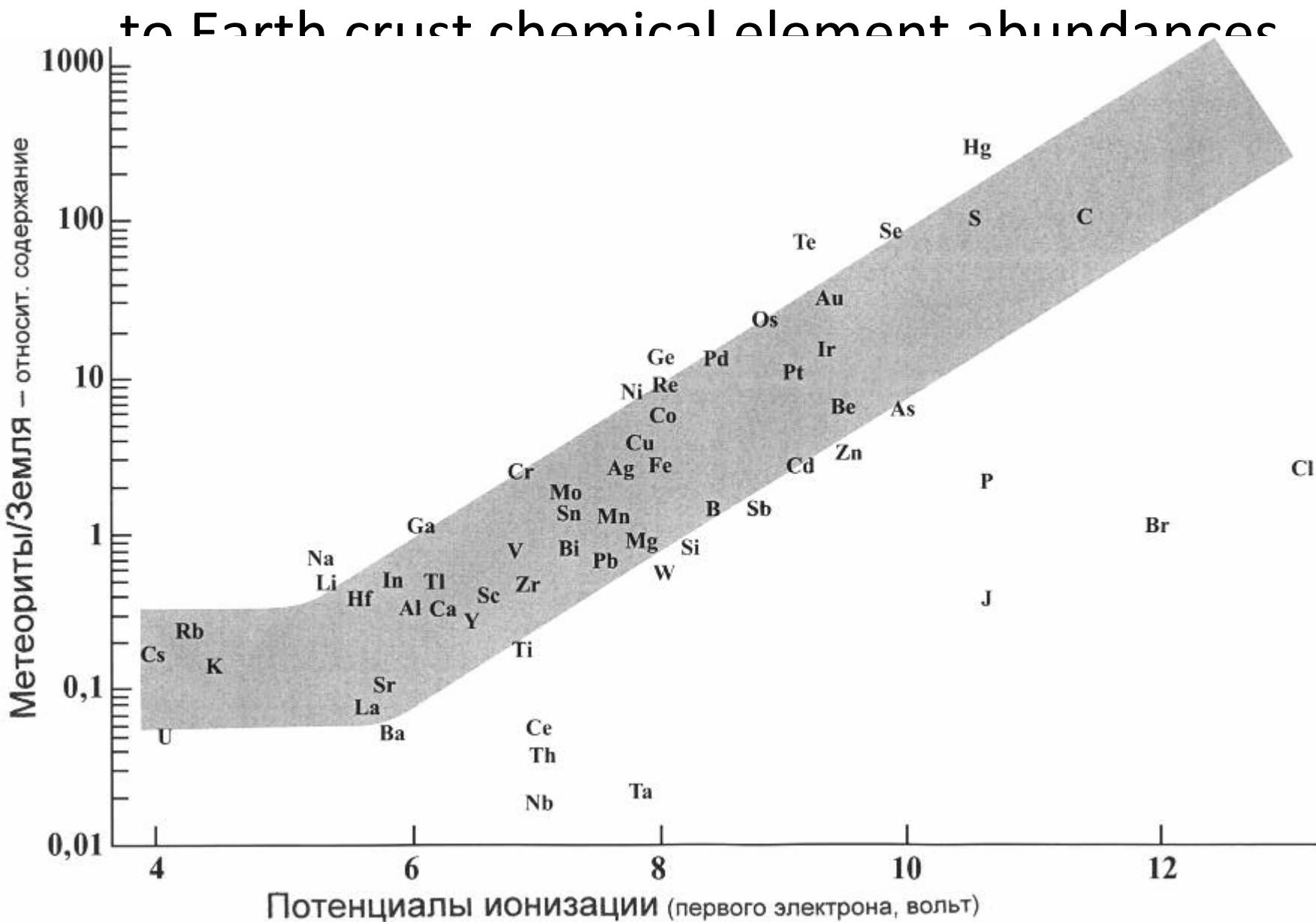


Ratio of Earth crust  
chemical element abundances  
to Sun  
chemical element abundances  
versus  
first ionization potential  
of these elements

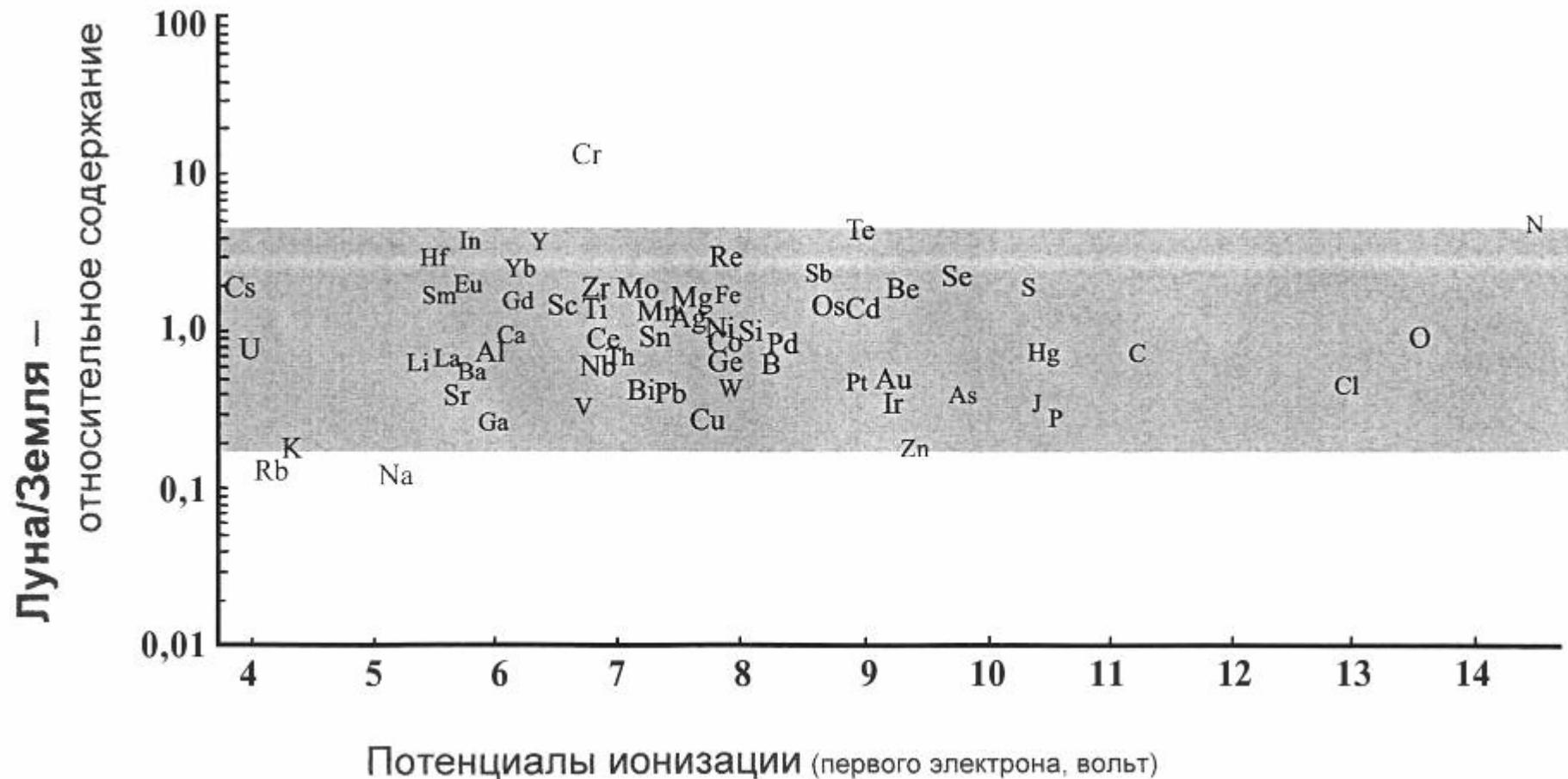


# Ratio of meteorite chemical elements

## abundances



# Ratio Moon /Earth



# Hydridic Earth

## Гидридная Земля

[Hydridic Earth model](#) can explain [the hydrogen degassation](#) of the Earth.

[The Earth hydrogen degassation](#) – the hydrogen starts from surface of the Earth core and goes to the cosmos space through the long chain of processes.

[Металлогидридная теория строения Земли](#) В. Н. Ларина позволила объяснить явление [водородной дегазации Земли](#).

1. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли (новая глобальная концепция). М., «Недра», 1975, 101 с., (АН СССР. Министерство геологии СССР. ИМГРЭ).
2. Ларин В.Н. Гипотеза изначально гидридной Земли. 2-е изд., перераб. и доп.. - М., Недра. 1980, 216 с
3. Ларин В.Н. Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначально гидридной Земли). М. «Агар» 2005, 248 с.
4. Larin,V. N., ed. C. Warren Hunt. Hydridic Earth: the New Geology of Our Primordially Hydrogen-Rich Planet. Polar Publishing, Calgary, Alberta, Canada, 1993.

**1. В.Н.Ларин, К.И.Шмолович. Геохимические модели Земли. Сборник «Модели механики сплошных сред». Новосибирск. 1963**

Исходный состав Земли (в свете магнитной сепарации)

Элемент	Распостра- ненность на Солнце (на 100 атомов кремния)	Распостра- ненность на Земле (на 100 атомов кремния)	Распостра- ненность на Земле (вес %)	Коэффициент недостачи
Кремний	100	100	45	1
Магний	79	79	31	1
Железо	13	13	12	1
Кальций	4,5	4,5	3	1
Алюминий	5	5	2	1
Натрий	3,6	3,6	1,5	1
Кислород	3 000	3,0	1,0	$10^{-3}$
Углерод	1 000	0,16-1,6	0,03-0,3	$10^{-3} - 10^{-4}$
Сера	60	0,06-0,6	0,03-0,3	$10^{-2} - 10^{-3}$
Азот	300	0,003-0,03	0,01	$10^{-4} - 10^{-5}$
Водород	3 000 000	300	4,5	$10^{-3} - 10^{-4}$

Predicted overall initial composition of the Earth. Major elements are typed in bold  
 (mass fraction larger than 0.1%).

[Chemical differentiation of planets: a core issue.](#) [Herve Toulhoat](#), [Valerie Beaumont](#), [Viacheslav Zgornik](#),  
[Nikolay Larin](#), [Vladimir N. Larin](#). Aug 2012. 15 pp. e-Print: [arXiv:1208.2909 \[astro-ph.EP\]](#)

Element	wt %	mol %	Element	wt %	mol %	Element	wt %	mol %
H	<b>1.830E+01</b>	<b>87.43</b>	Mg	<b>1.389E+01</b>	<b>2.75</b>	Sc	3.601E-03	<0.01
He	1.856E-05	<0.01	Al	<b>8.769E+00</b>	<b>1.57</b>	Ti	<b>2.100E-01</b>	<b>0.02</b>
B	4.220E-05	<0.01	Si	<b>9.028E+00</b>	<b>1.55</b>	V	2.329E-02	<0.01
C	<b>7.550E-01</b>	<b>0.30</b>	P	5.715E-03	<0.01	Cr	<b>1.046E+00</b>	<b>0.10</b>
N	5.562E-03	<0.01	S	<b>3.793E-01</b>	<b>0.06</b>	Mn	<b>4.518E-01</b>	<b>0.04</b>
O	<b>1.391E-01</b>	<b>0.04</b>	Cl	4.210E-04	<0.01	Fe	<b>1.942E+01</b>	<b>1.67</b>
F	1.260E-07	<0.01	Ar	1.883E-04	<0.01	Co	6.153E-02	0.01
Ne	2.675E-06	<0.01	K	<b>3.760E+00</b>	<b>0.46</b>	Ni	<b>1.627E+00</b>	<b>0.13</b>
Na	<b>1.341E+01</b>	<b>2.81</b>	Ca	<b>8.792E+00</b>	<b>1.06</b>			
				Balance			1,00E+02	100

# <http://hydrogen-future.com/>

- “Микросейсмическое зондирование” (Российское “know how”, автор А.В.Горбатиков) выявило у “водородных аномалий” подводящие каналы, уходящие глубоко в земную кору и в мантийные горизонты планеты. Таким образом, установлено - площадные *аномалии подпочвенного водорода* питаются из расположенных на глубине вертикальных трубообразных зон – своеобразных “водородо-проводов”.

# Geochemical model of primordial Earth (following to Vladimir Larin)

- | • Geosphere  | Depth range, km | Composition   |
|--------------|-----------------|---|
| • Outer core | 0 - 100         | $\text{MgH}_{0,1}; \text{SiH}_{0,1}; \text{FeH}_{0,1}$<br>$+ \text{MgH}_n; \text{SiH}_n; \text{FeH}_n (n = 10)$ |
| • Core       | 100 - 3730      | $\text{MgH}_n; \text{SiH}_n; \text{FeH}_n$<br>$(n = 10)$  |

# Geochemical model of modern Earth (following to Vladimir Larin)

Geosphere	Depth range, km	Composition
Lithosphere	0 - 150	CaO;MgO; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; SiO <sub>2</sub> ;Na <sub>2</sub> O; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ;H <sub>2</sub> O
Asthenosphere	150	Thin layer of Metalsphere with high hydrogen concentration
Metal sphere	150 - 2900	Mg <sub>2</sub> Si : Si : FeSi = 6 : 3 : 1
Outer core	2900 - 5000	MgH <sub>0,1</sub> ; SiH <sub>0,1</sub> ; FeH <sub>0,1</sub> +MgH <sub>n</sub> ; SiH <sub>n</sub> ; FeH <sub>n</sub> (n = 10)
Inernal core	5000 - 6371	MgH <sub>n</sub> ; SiH <sub>n</sub> ; FeH <sub>n</sub> (n = 10)

# Geoneutrinos

## Next step of geoneutrino research

- $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{40}\text{K}$  decays in the Earth body are the source of geoneutrinos.
- $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 8\alpha + 6e + 6\nu\bar{\nu} + 51,7 \text{ MeV}$
- $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 6\alpha + 4e + 4\nu\bar{\nu} + 42,8 \text{ MeV}$
- $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca} + e + \nu\bar{\nu} + 1.32 \text{ MeV}$

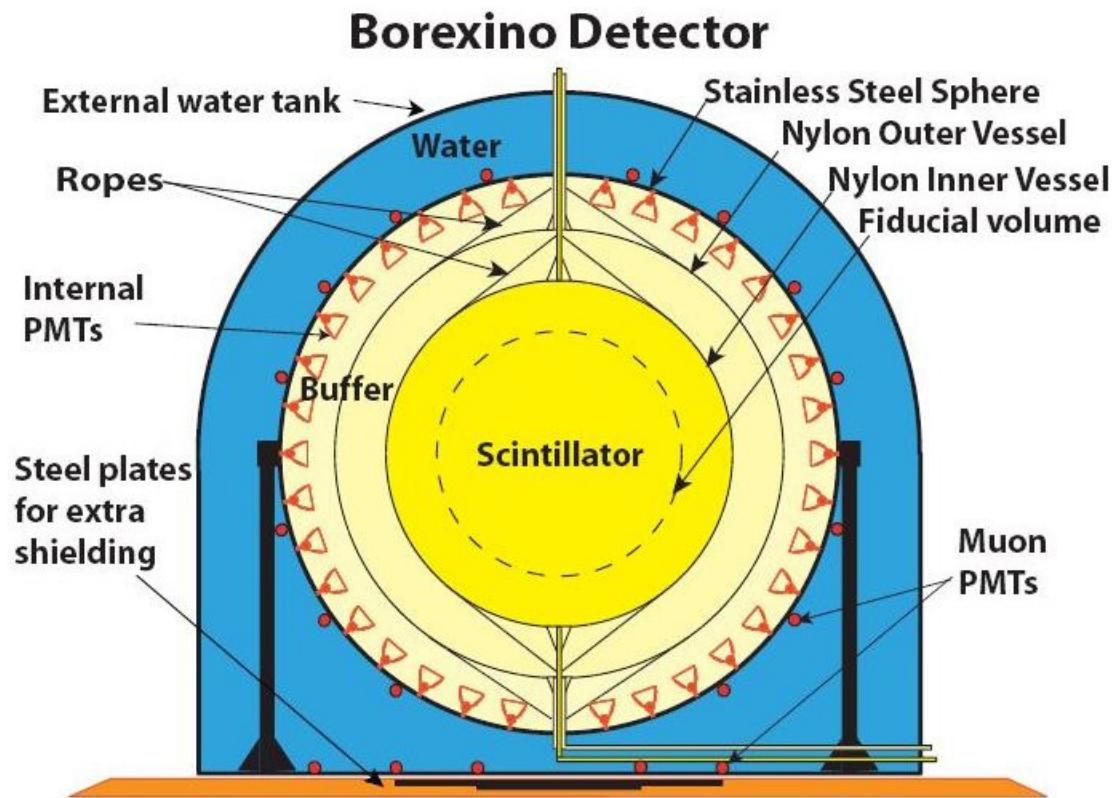
## Geoneutrino flux features.

- Geoneutrino fluxes are less than Solar neutrino fluxes on the Earth.
- Geoneutrino flux on the Earth surface depends on U, Th, K concentrations in the Earth and also on U, Th, K distribution into the Earth interior.

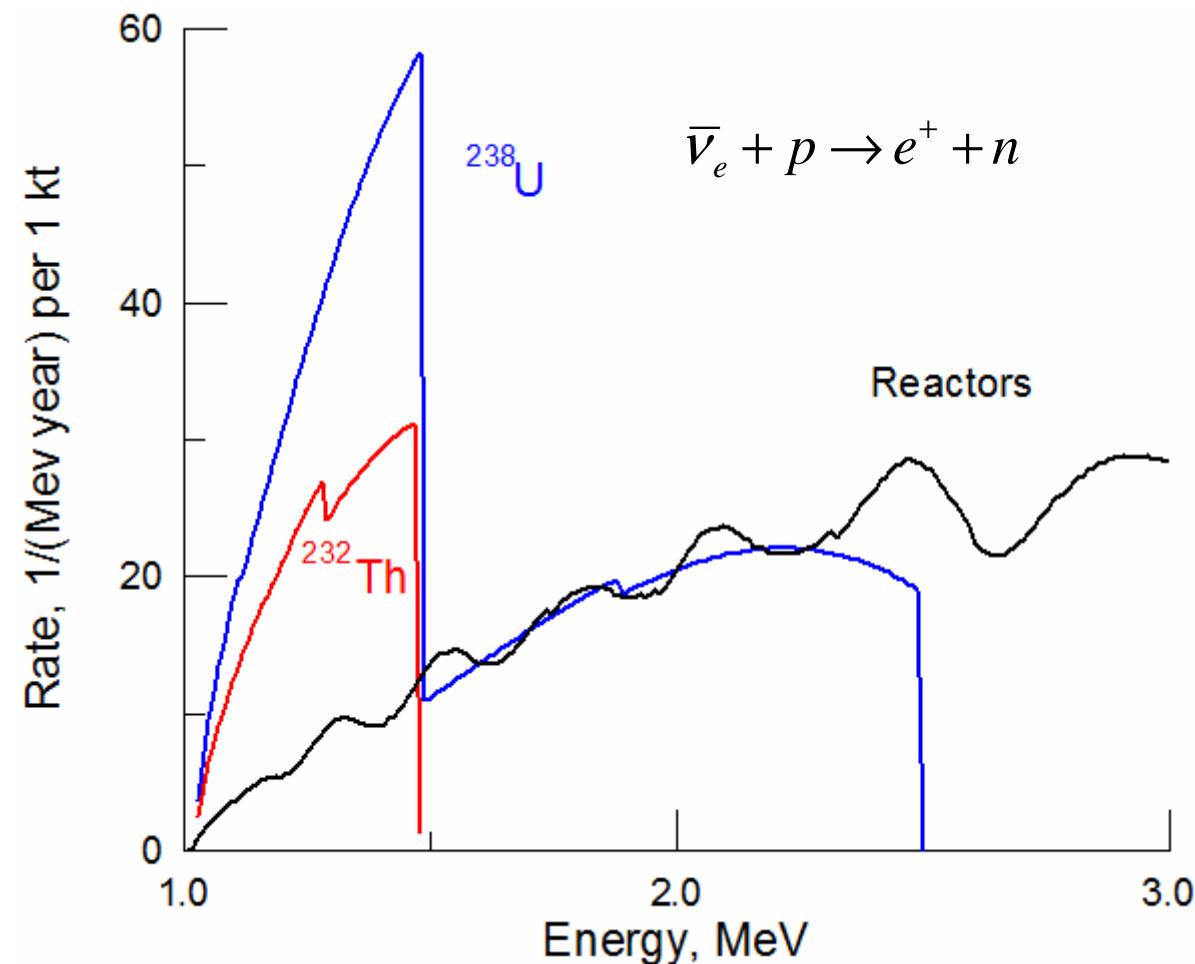
# First measurements of geoneutrino.

- **Borexino detector**
- **Kamland detector**
- **Sudbury detector – will be in operation in near future.**
- **All obtained results consistence with both extreme models of Earth.**

# Borexino detector



**Calculated dependence of counting rate of geoneutrino inverse beta decay reactions in 1 kt scintillation detector per year versus energy release in the first flash after neutrino reaction in detector. Blue curve - geoneutrino from U decay, red curve - geoneutrino from Th decay, black curve - calculated background from reactors for Gran-Sasso location**



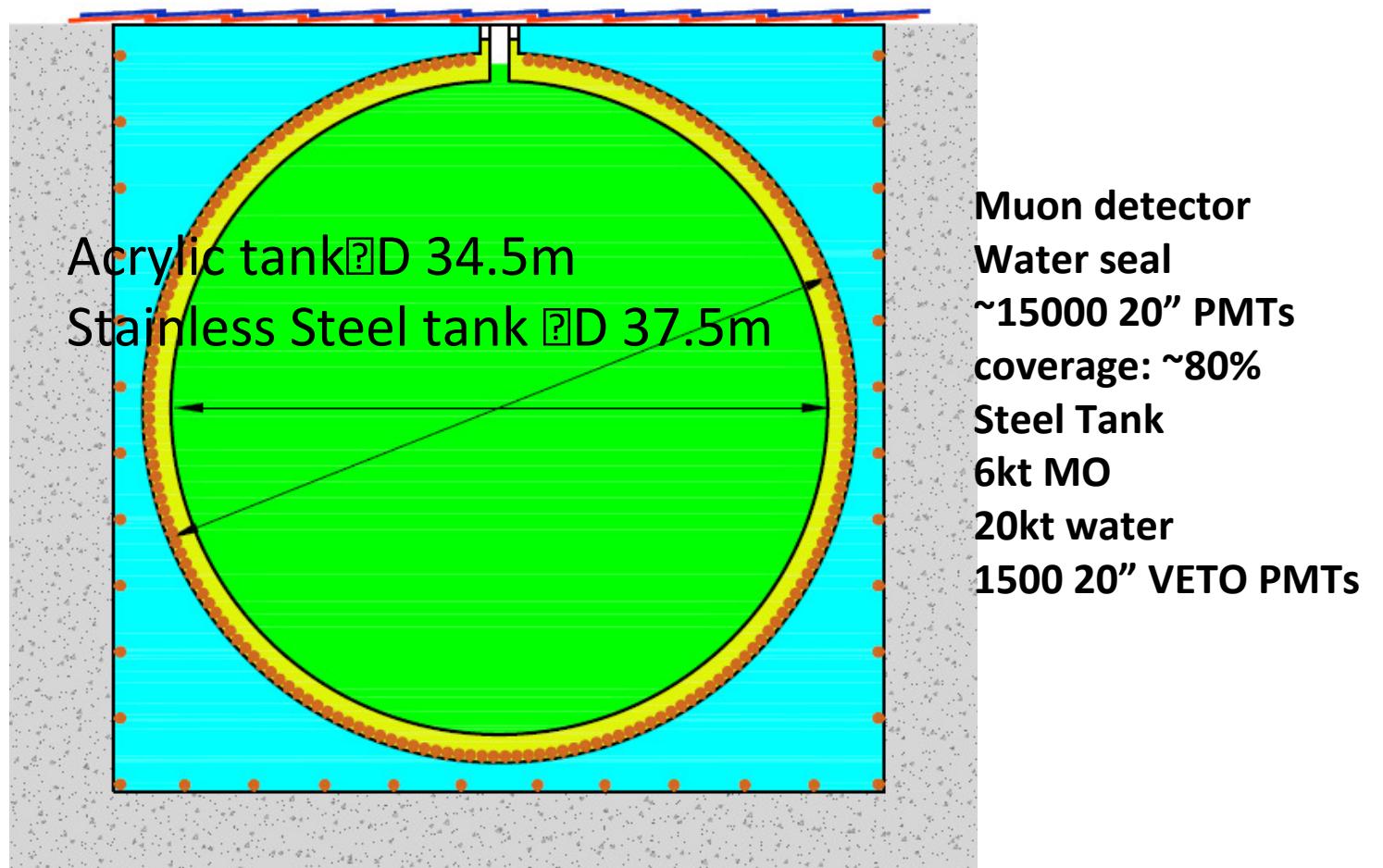
# Conclusion

- We propose to investigate the Th/U signal ratio from observed geoneutrino energy spectrum.
- We obtained that the exposition not less than  $25 \text{ kt}\cdot\text{year}$  is necessary to distinguish between extreme cases: BSE model and HE model.

L.Bezrukov, V.Sinev arXiv: 1405.3161v1

# JUNO plan: a large LS detector

## 2020 year



# LENA detector layout

Liquid Scintillator  
ca. 69kt LAB

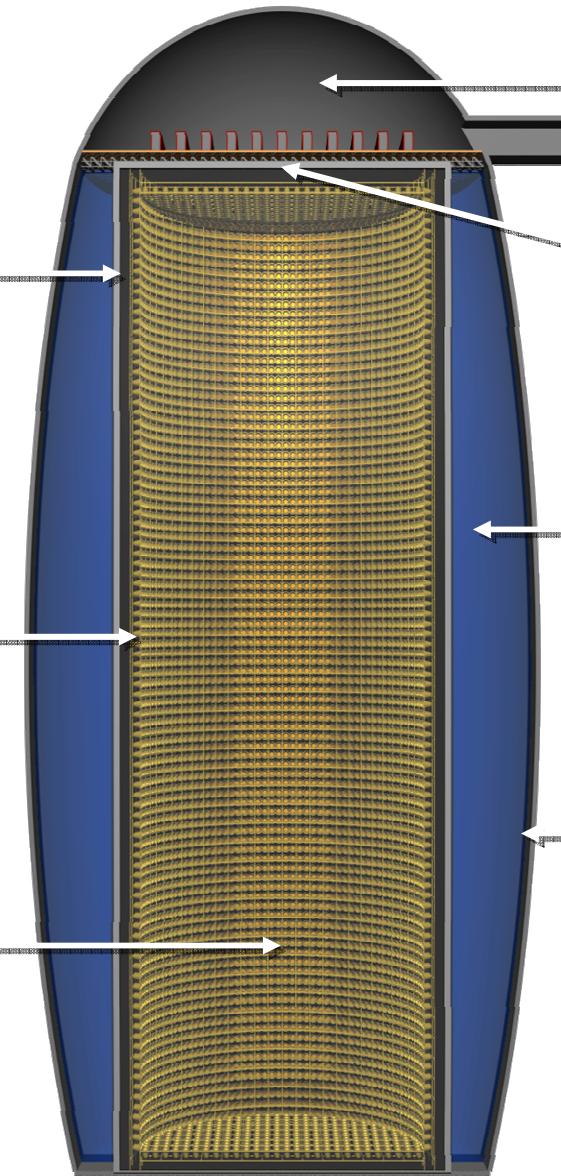
Concrete Tank  
 $r = 16\text{m}$ ,  $h = 100\text{m}$

PMT support structure  
radius: 14m

32,000 12"-PMTs  
Winston cones  
optical coverage: 30%

Optical shield

Active volume  
ca. 50kt of LAB



Electronics Hall  
dome of 15m height

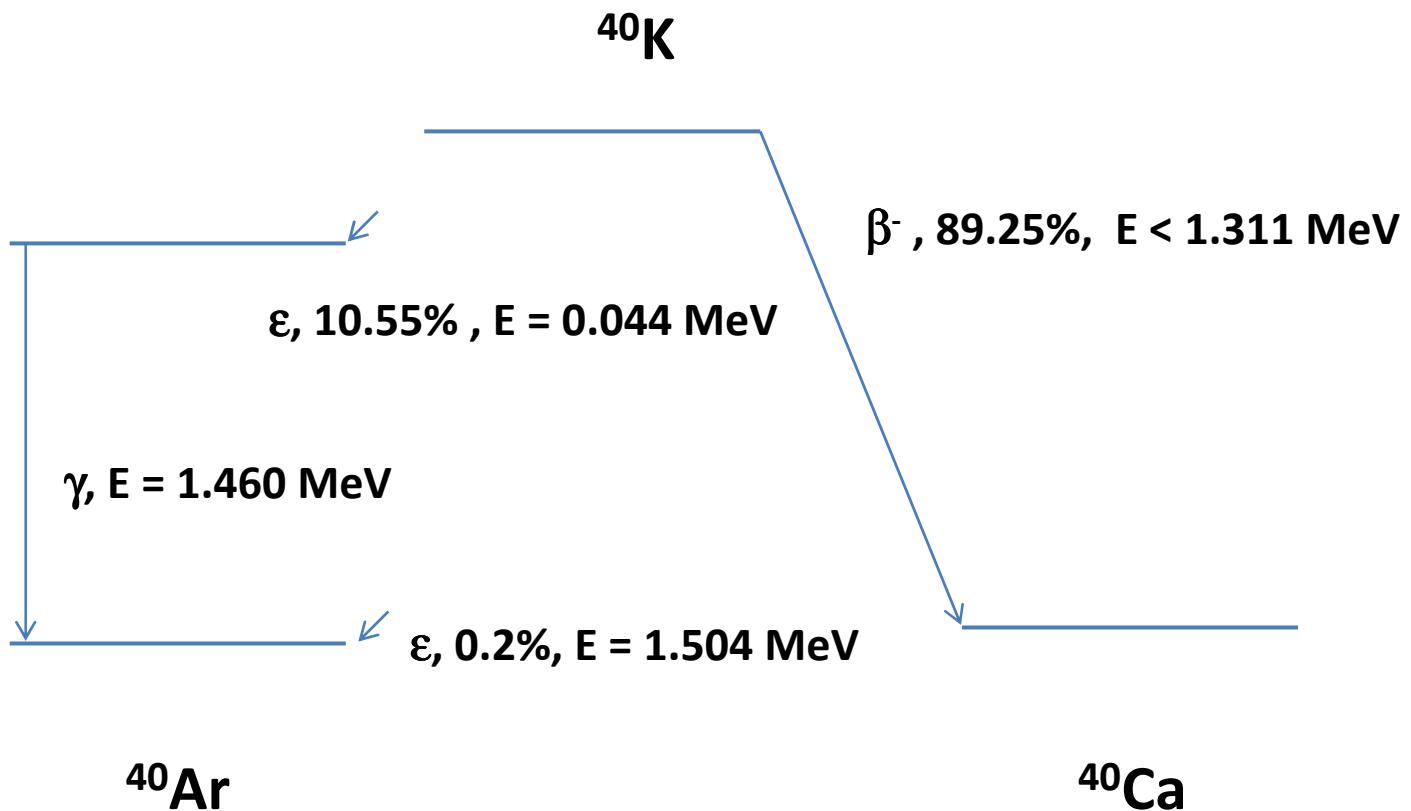
Top Muon Veto  
gas/solid scint. panels  
vertical muon tracking

Water Cherenkov Veto  
2000 PMTs,  $Dr > 2\text{m}$   
fast neutron shield  
inclined muons

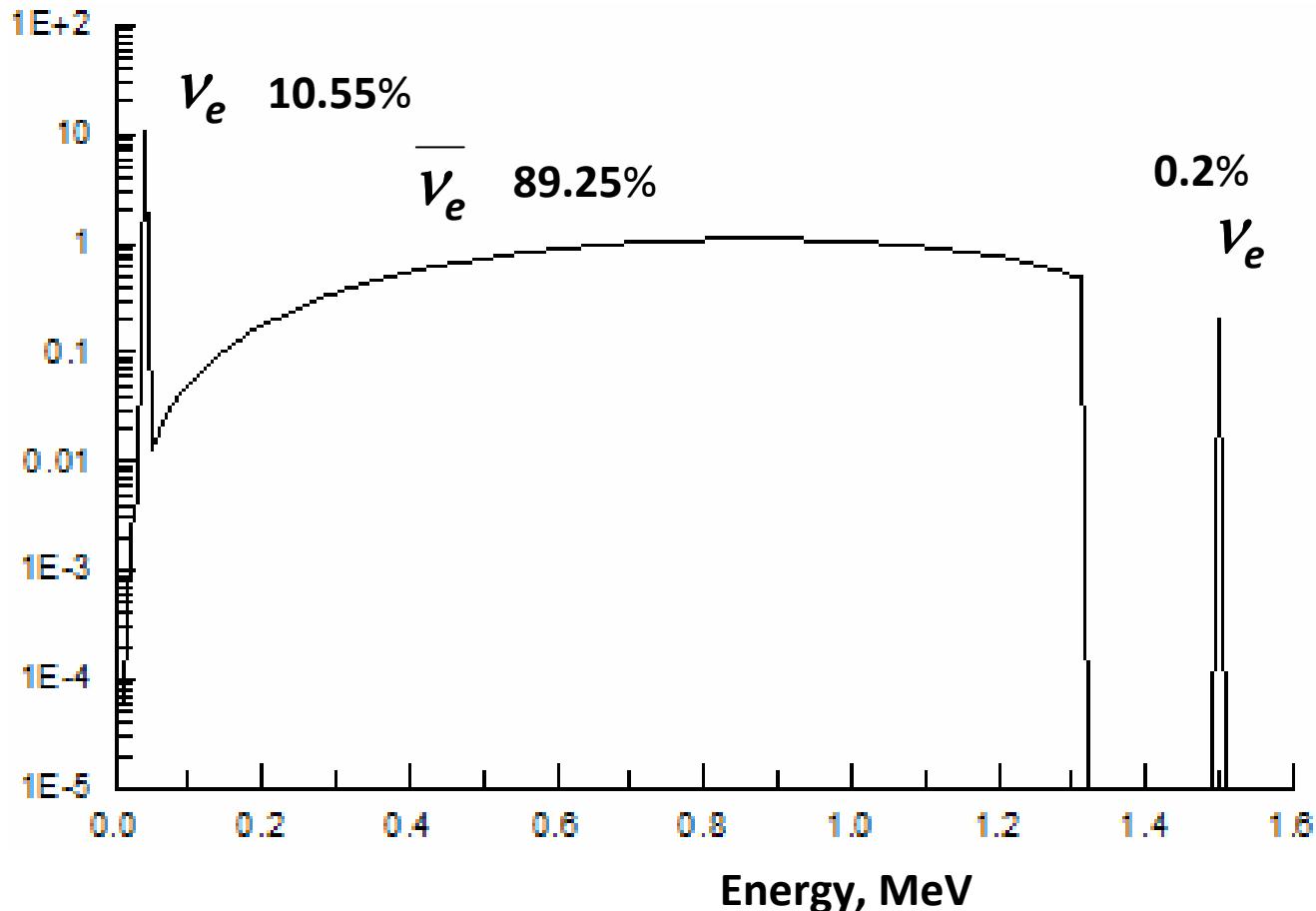
Egg-Shaped Cavern  
about 105 m<sup>3</sup>

Rock Overburden  
at least 4000 mwe

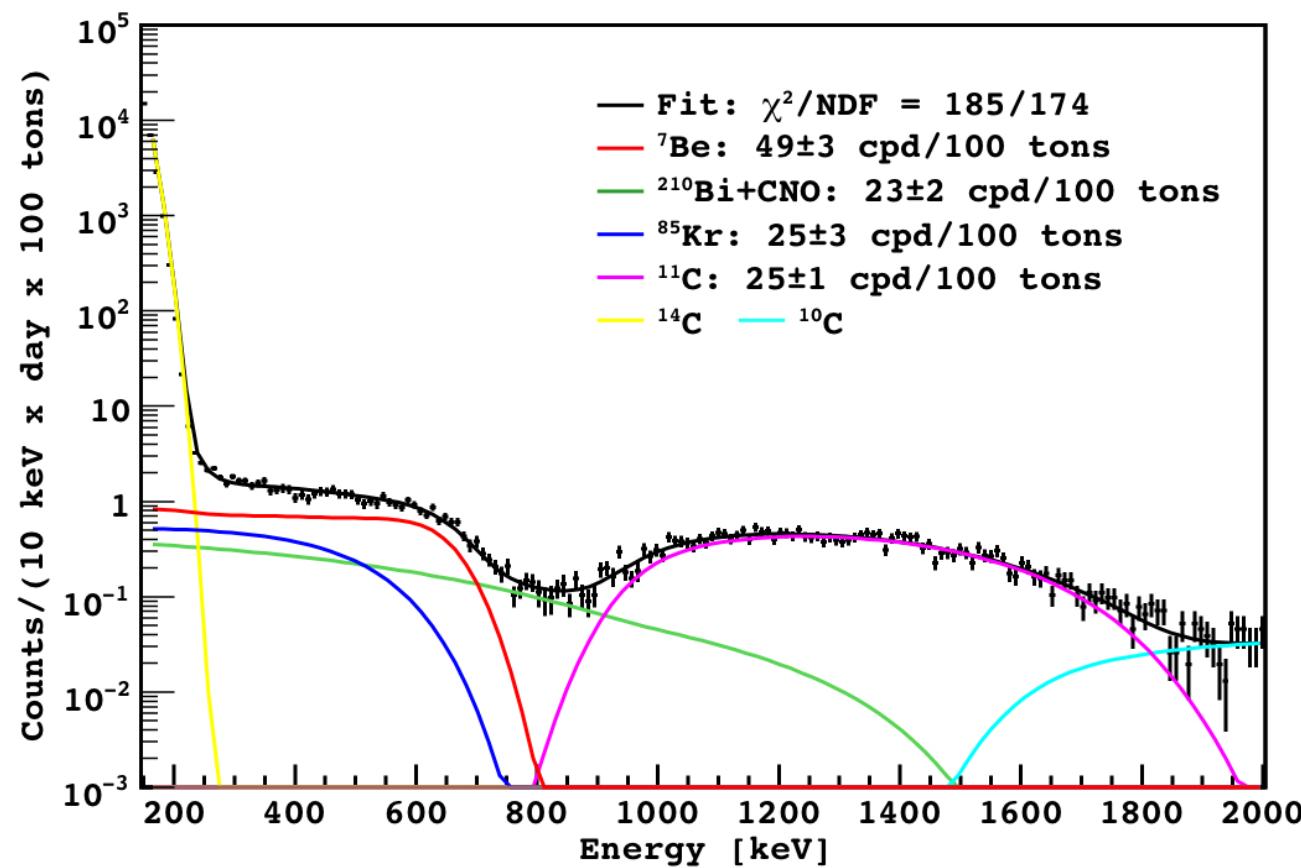
# $^{40}\text{K}$ decay scheme



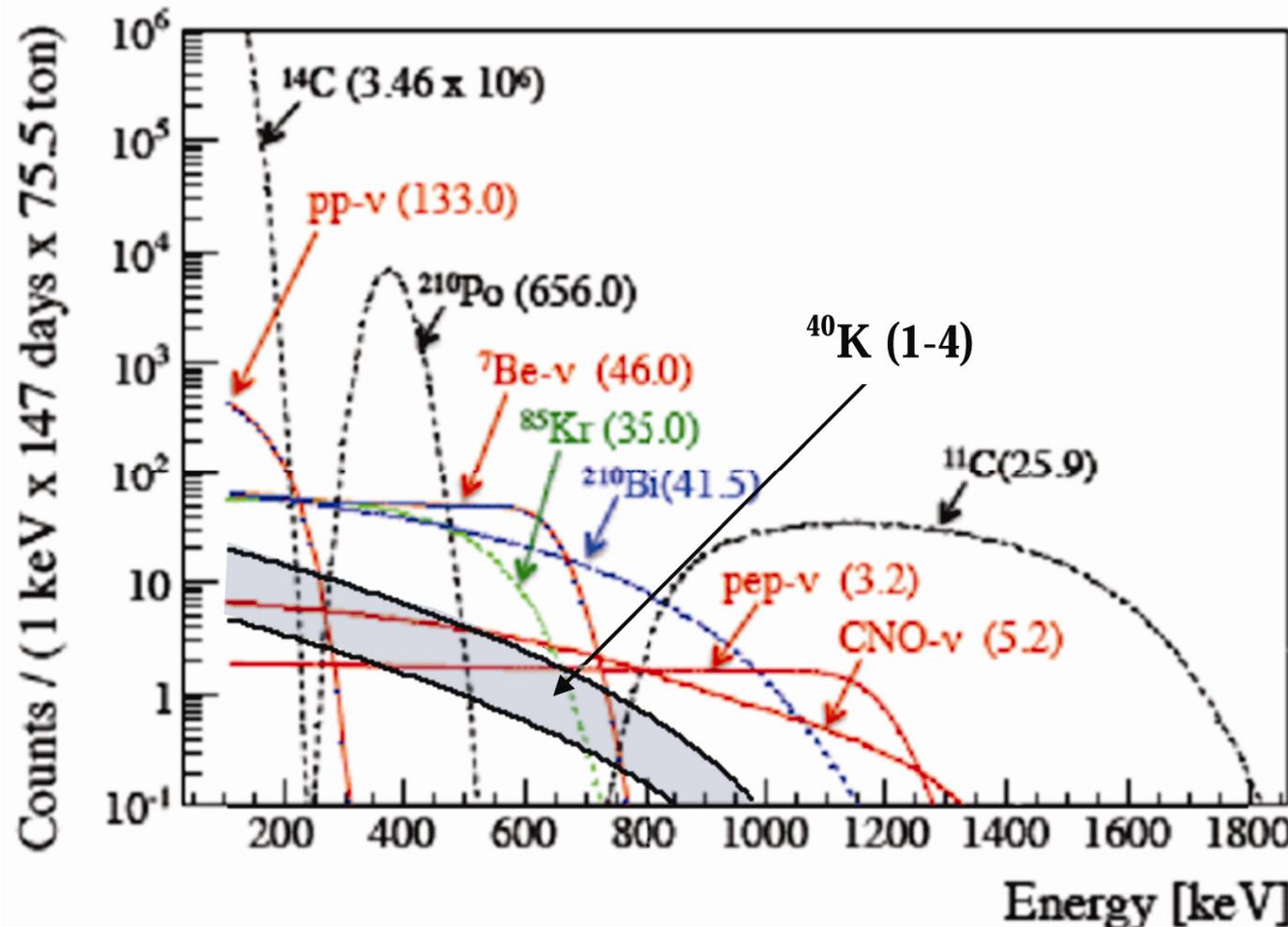
# Antineutrino and neutrino spectra of $^{40}\text{K}$



# Borexino



# Recoil electrons spectrum from $^{40}\text{K}$ in BOREXINO    $\nu_e + e \rightarrow \nu_e + e$



# Conclusion

- We showed that the effect from  $^{40}\text{K}$  geoneutrinos can achieve value of 10% from  $^7\text{Be}$  solar neutrinos effect
- Borexino could estimate the upper limit on the total potassium abundance in the Earth

V.Sinev, L.Bezrukov, at al. arXiv: 1405.3140v2

# Neutrino Earth tomography by atmospheric neutrino

Matter effect is proportional to electron density:

$$N_e \sim \frac{Z}{A} \rho$$

BSE model:

Core → Fe

$$\frac{Z}{A} = 0,464$$

$$\rho_{\text{core}} = 12,5 \text{ g/cm}^2$$

**Predicted overall initial composition of the Earth. Major elements are typed in bold  
(mass fraction larger than 0.1%).**

[Chemical differentiation of planets: a core issue.](#) [Herve Toulhoat](#), [Valerie Beaumont](#), [Viacheslav Zgornik](#),  
[Nikolay Larin](#), [Vladimir N. Larin](#). Aug 2012. 15 pp. e-Print: [arXiv:1208.2909](#) [astro-ph.EP]

Element	wt %	mol %	Element	wt %	mol %	Element	wt %	mol %
<b>H</b>	<b>1.830E+01</b>	<b>87.43</b>	Mg	<b>1.389E+01</b>	<b>2.75</b>	Sc	3.601E-03	<0.01
He	1.856E-05	<0.01	Al	<b>8.769E+00</b>	<b>1.57</b>	Ti	<b>2.100E-01</b>	<b>0.02</b>
B	4.220E-05	<0.01	Si	<b>9.028E+00</b>	<b>1.55</b>	V	2.329E-02	<0.01
C	<b>7.550E-01</b>	<b>0.30</b>	P	5.715E-03	<0.01	Cr	<b>1.046E+00</b>	<b>0.10</b>
N	5.562E-03	<0.01	S	<b>3.793E-01</b>	<b>0.06</b>	Mn	<b>4.518E-01</b>	<b>0.04</b>
O	<b>1.391E-01</b>	<b>0.04</b>	Cl	4.210E-04	<0.01	Fe	<b>1.942E+01</b>	<b>1.67</b>
F	1.260E-07	<0.01	Ar	1.883E-04	<0.01	Co	6.153E-02	0.01
Ne	2.675E-06	<0.01	<b>K</b>	<b>3.760E+00</b>	<b>0.46</b>	Ni	<b>1.627E+00</b>	<b>0.13</b>
<b>Na</b>	<b>1.341E+01</b>	<b>2.81</b>	Ca	<b>8.792E+00</b>	<b>1.06</b>			
				Balance			1,00E+02	100

# Geochemical model of modern Earth (following to Vladimir Larin)

Geosphere	Depth range, km	Composition
Lithosphere	0 - 150	CaO;MgO; Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ; SiO <sub>2</sub> ;Na <sub>2</sub> O; Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ;H <sub>2</sub> O
Asthenosphere	150	Thin layer of Metalsphere with high hydrogen concentration
Metalsphere	150 - 2900	Mg <sub>2</sub> Si : Si : FeSi = 6 : 3 : 1
External core	2900 - 5000	MgH <sub>0,1</sub> ; SiH <sub>0,1</sub> ; FeH <sub>0,1</sub> +MgH <sub>n</sub> ; SiH <sub>n</sub> ; FeH <sub>n</sub> (n = 10)
Inernal core	5000 - 6371	MgH <sub>n</sub> ; SiH <sub>n</sub> ; FeH <sub>n</sub> (n = 10)

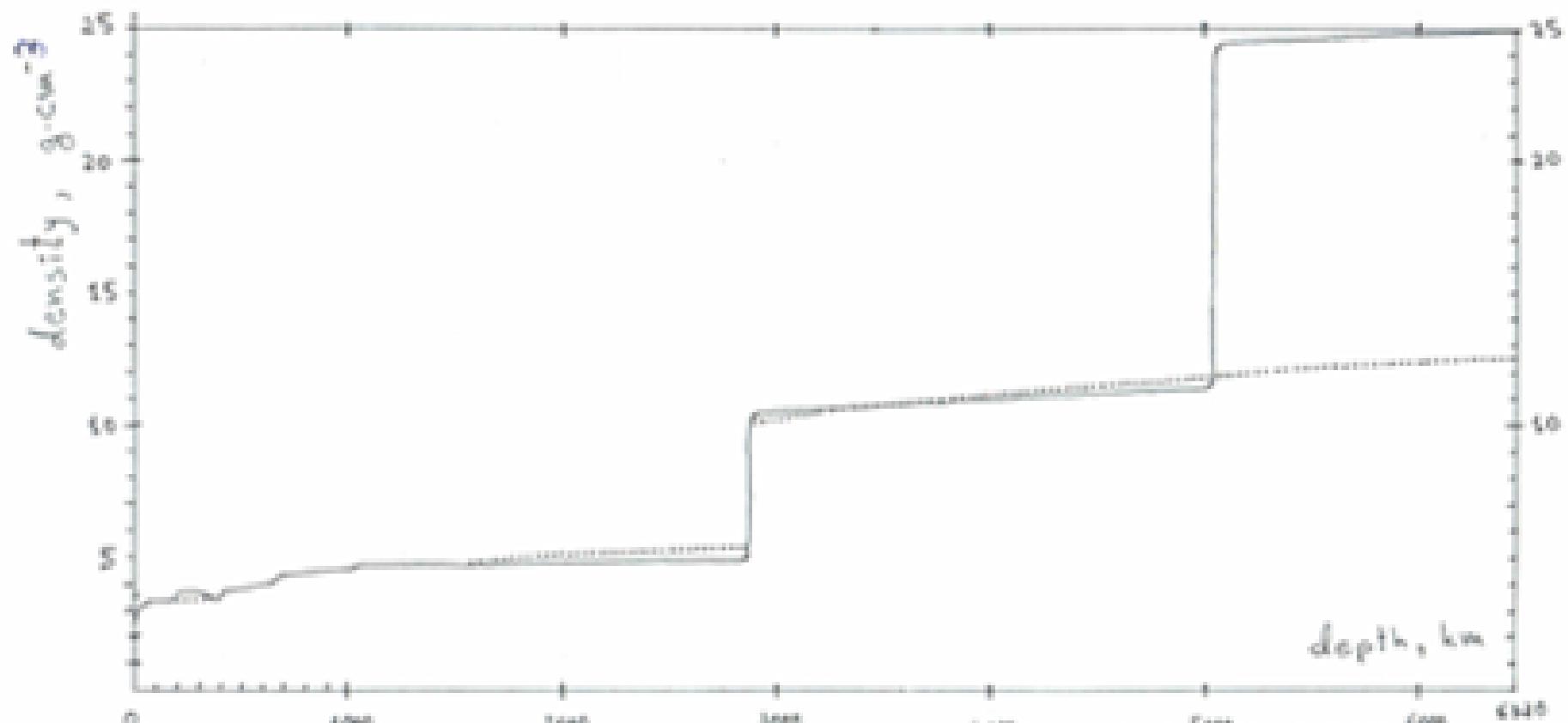
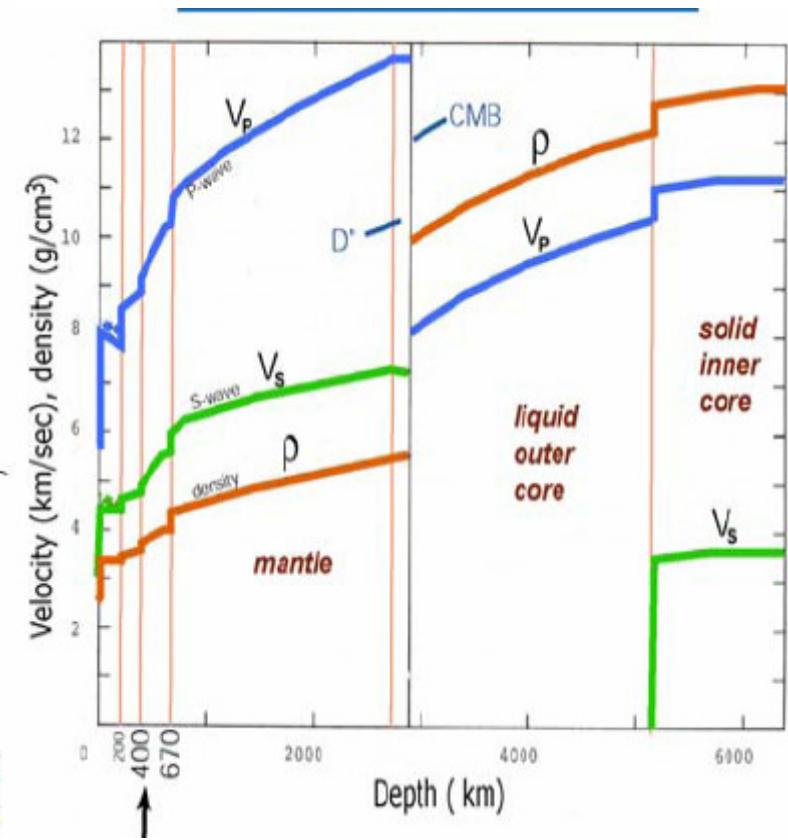
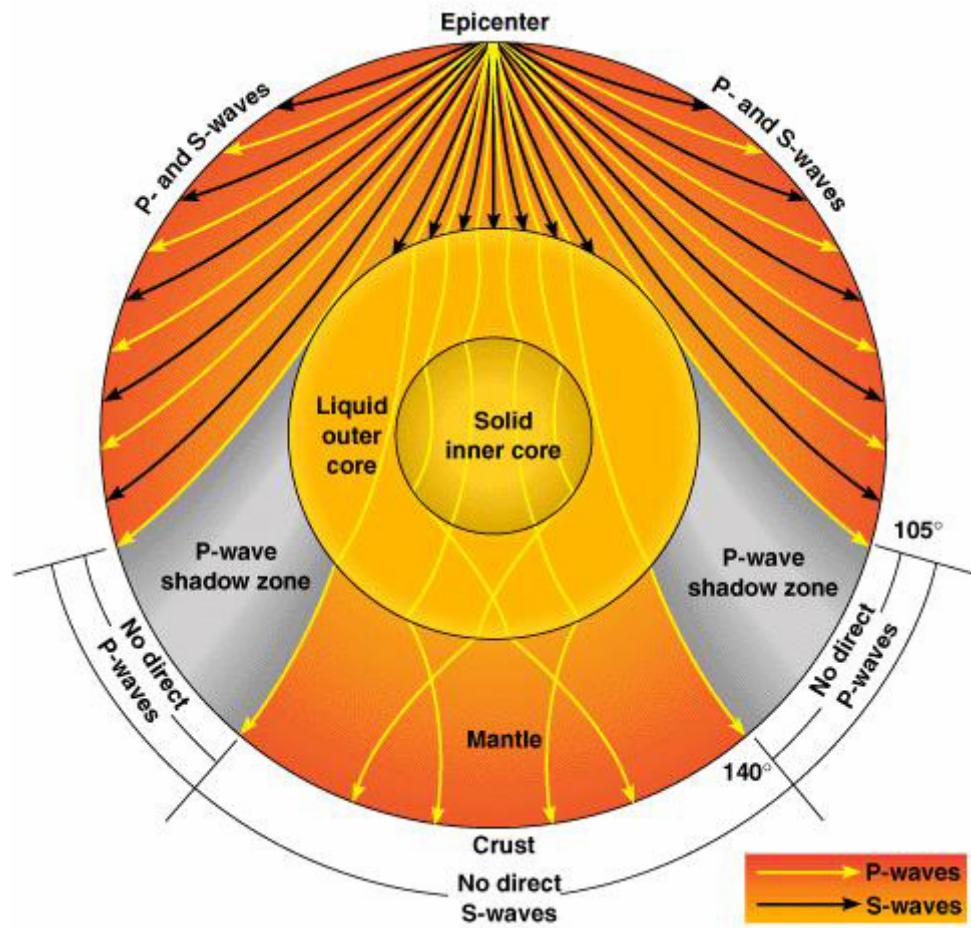


Fig. Earth density profile: density versus Earth depth. Dotted line is standard profile. Solid line is profile proposed by Hydridic Earth model of V.Larin [2].

# Seismology



P – primary, longitudinal waves

S – secondary, transverse/shear waves

# Speed of sound in solids

- The sound velocities of two types of acoustic waves propagating in a homogeneous 3-dimensional solid are :

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4G}{3}}{\rho}}$$

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

where  $\rho$  – density,  $K$  – bulk modulus or coefficient of stiffness,  $G$  – shear modulus.

# Earth core composition

- $G = 0$  in liquid.
- $K$  and  $G$  depend on pressure, chemical composition, phase of material, temperature.
- There are no information about  $K$  and  $G$  for conditions of the Earth core →  
→ there are no correct information about density, chemical composition, phase of material, temperature in the Earth core.

# Neutirno Earth tomography

Matter effect is proportional to electron density:

$$N_e \sim \frac{Z}{A} \rho$$

BSE model:

Core → Fe

$$\frac{Z}{A} = 0,464$$

$$\rho_{\text{core}} = 12,5 \text{ g/cm}^2$$

HE model:

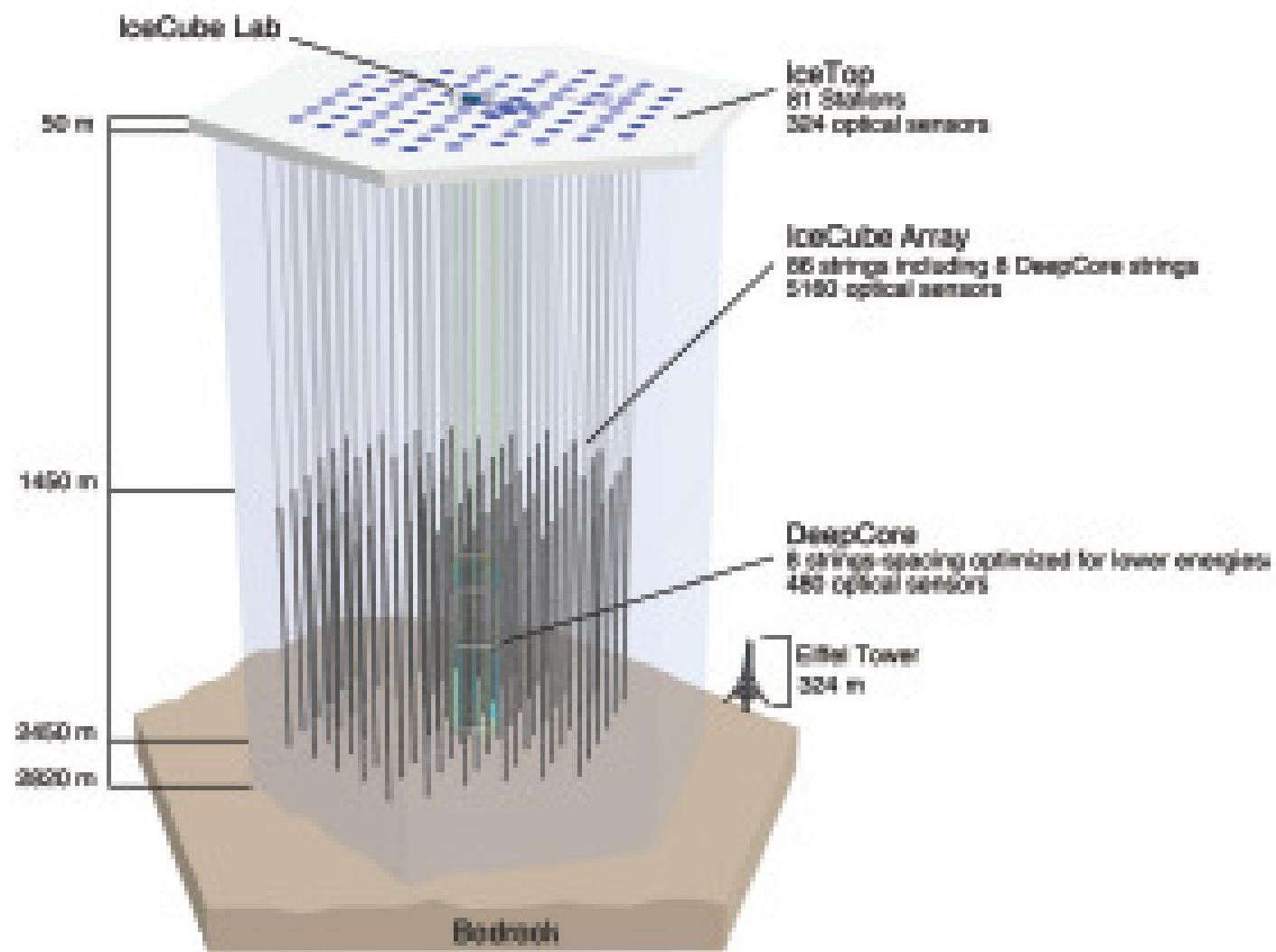
Inner Core → FeH<sub>10</sub>

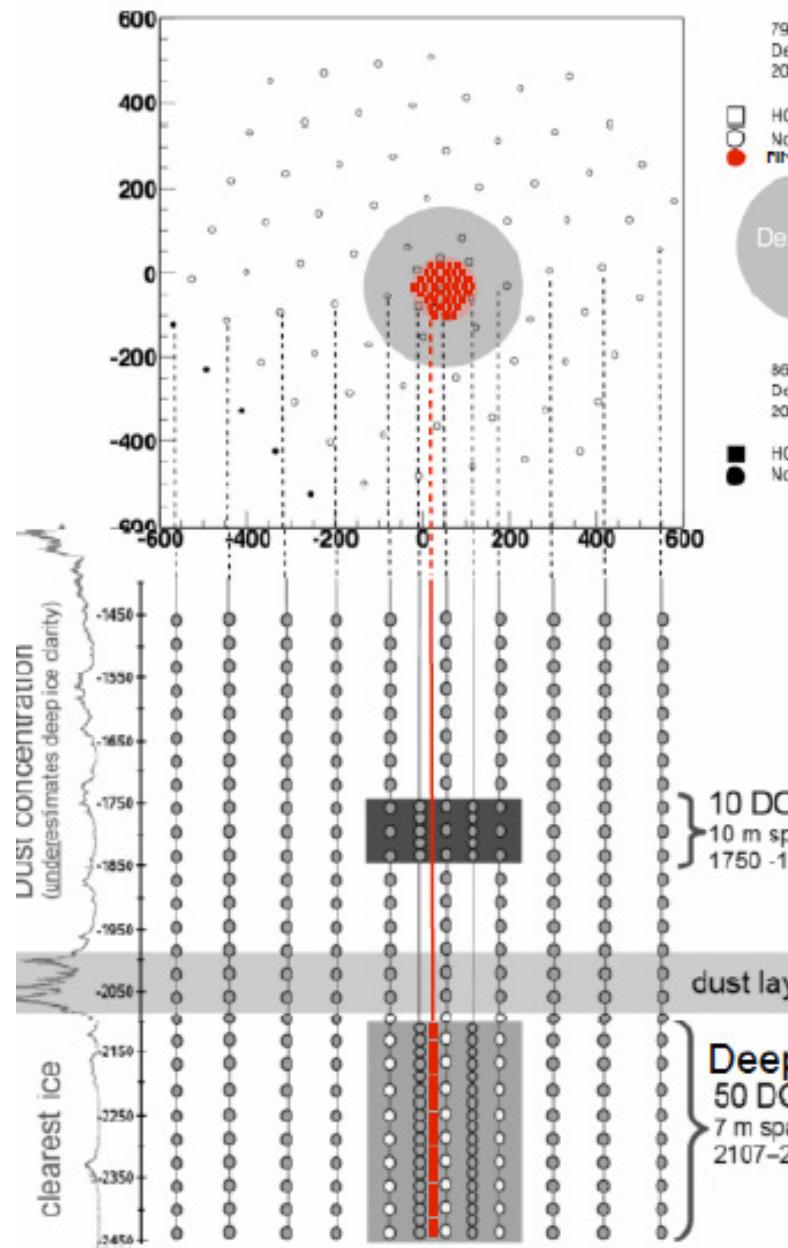
$$\frac{Z}{A} = 0,545$$

$$\rho_{\text{core}} = 24 \text{ g/cm}^2$$

External Core

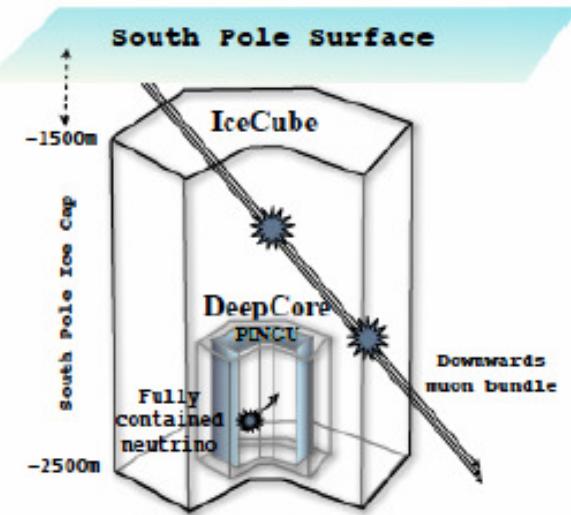
$$\rho_{\text{core}} = 12 \text{ g/cm}^2$$





(a) Baseline PINGU geometry.

low energy infill:  
PINGU



(b) Signal and background.

# arXive: 1401.2046v1 Letter of Intent

## PINGU

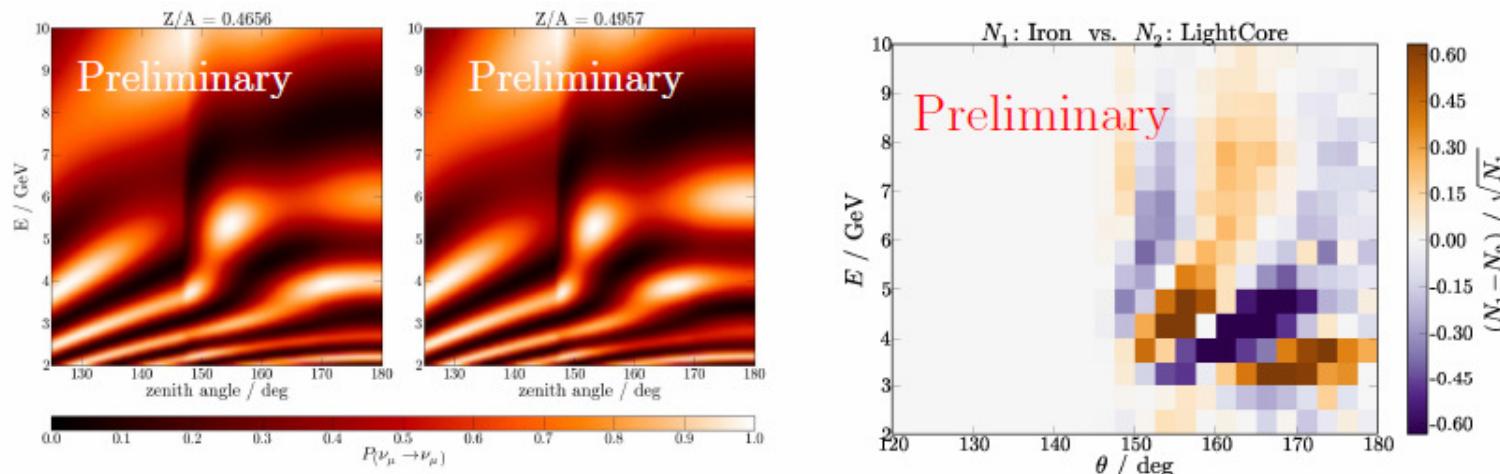
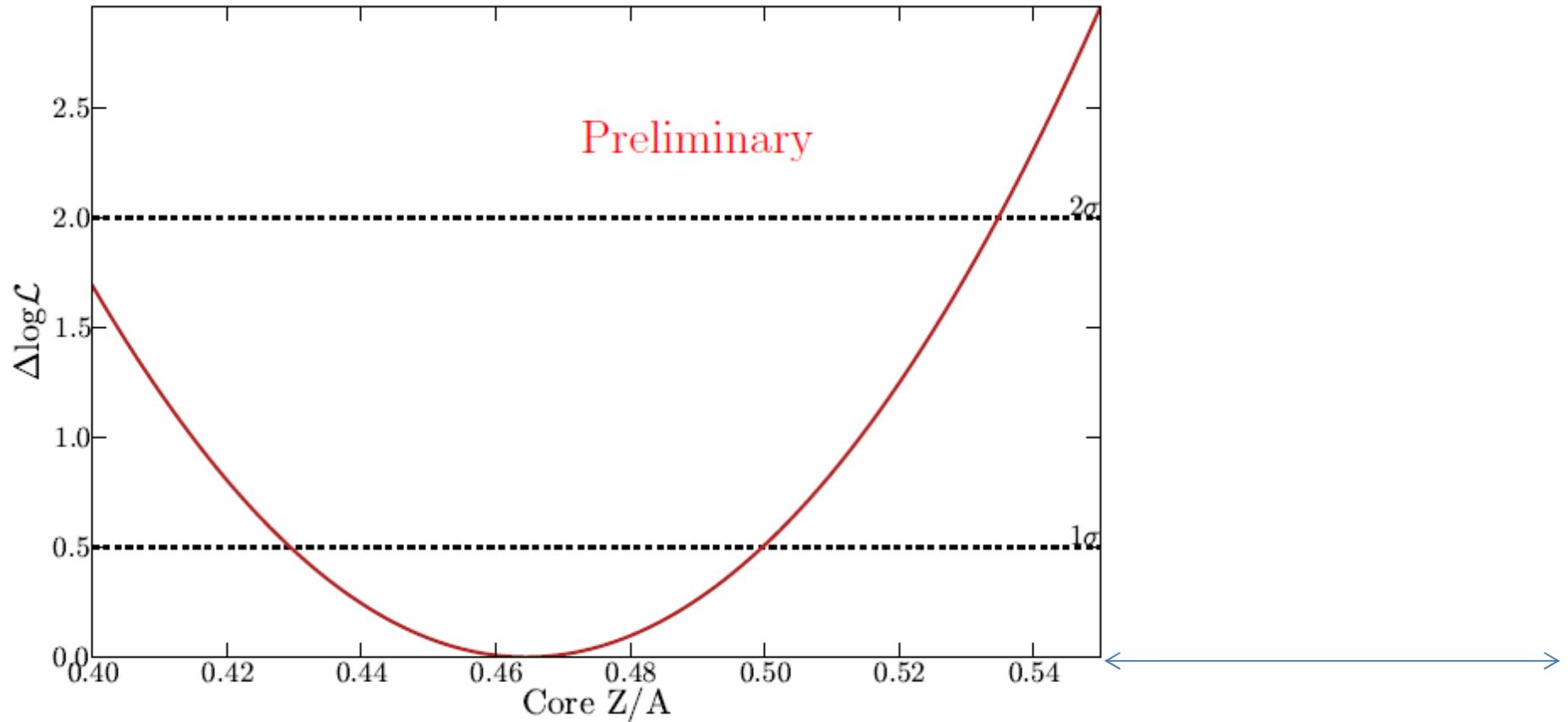


Figure 25: The impact of a changed core composition on the muon-neutrino survival probabilities is demonstrated by comparing the left most figure (pure iron core) and the middle figure (iron mixed with lighter elements). Signature of a pure iron Earth core with respect to a model assuming the same composition for mantle and core are shown on the right. The true neutrino energy and direction are shown for one year of data with 35% electron neutrino contamination.

arXive: 1401.2046v1 Letter of Intent

PINGU



The range  $Z/A = 0.55 - 1.0$   
is predicted by HE model

# conclusion

- PINGU and Geoneutrino detector of next generation (LENA type) should give us the important information for Earth sciences.

# Результаты изучения электрического поля Земли в ИЯИ РАН

- Наблюдения электрического приземного поля на Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН (БНО). Прибор для наблюдений был создан ак. Александром Чудаковым.
- Наблюдения за электрическим полем в озере Байкал.

г. Андырчи

Установка  
Андырчи

Установка  
Ковер

Вход в  
туннель

Поселок  
Нейтрин

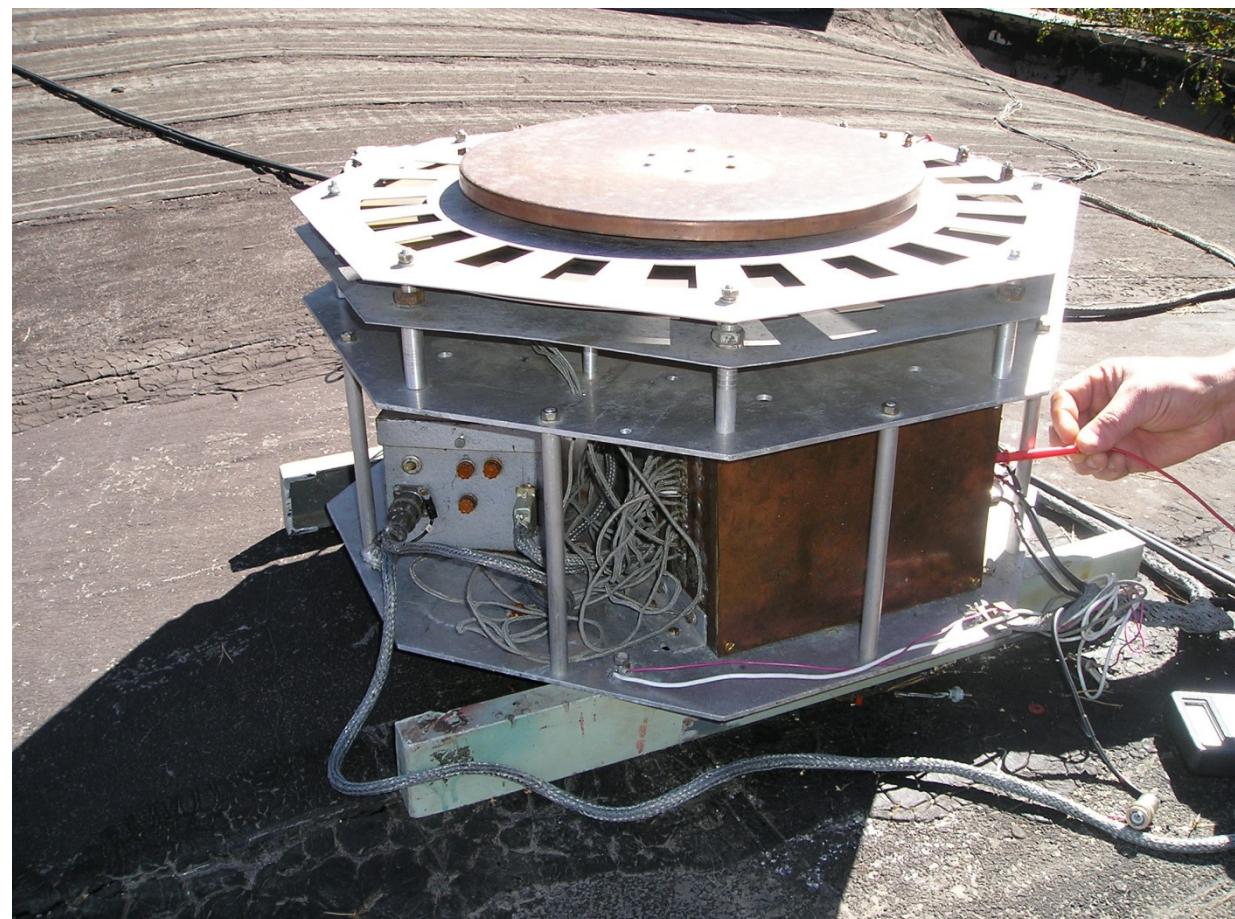


## Универсальный инструмент для измерения приземного электростатического поля атмосферы и электрического тока дождя

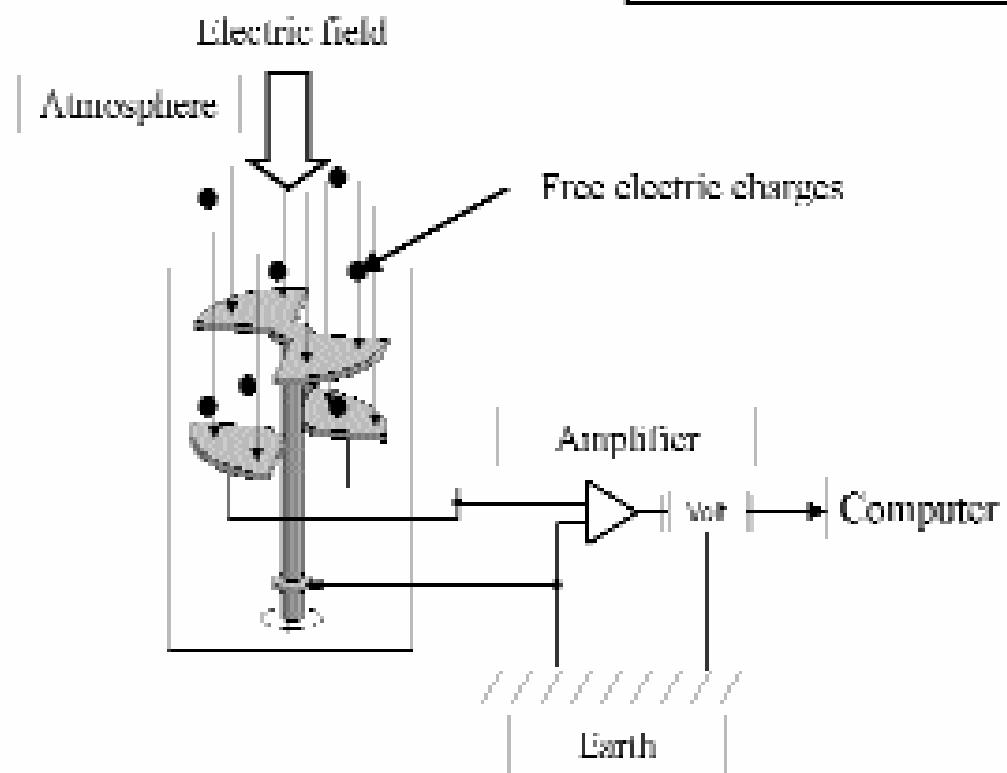
Измерение  
электростатического и  
медленно меняющегося поля  
в диапазоне от -40 кВ/м до  
+40 кВ/м с точностью  $\sim 10$   
В/м.

Электрический ток дождя  
измеряется в диапазоне от -  
50 нА/м<sup>2</sup> до +50 нА/м<sup>2</sup> с  
точностью  $\sim 10$  пА/м<sup>2</sup>.

Инструмент позволяет  
измерять не только грозовое  
поле, но и фоновое (поле  
хорошей погоды) единым  
методом.

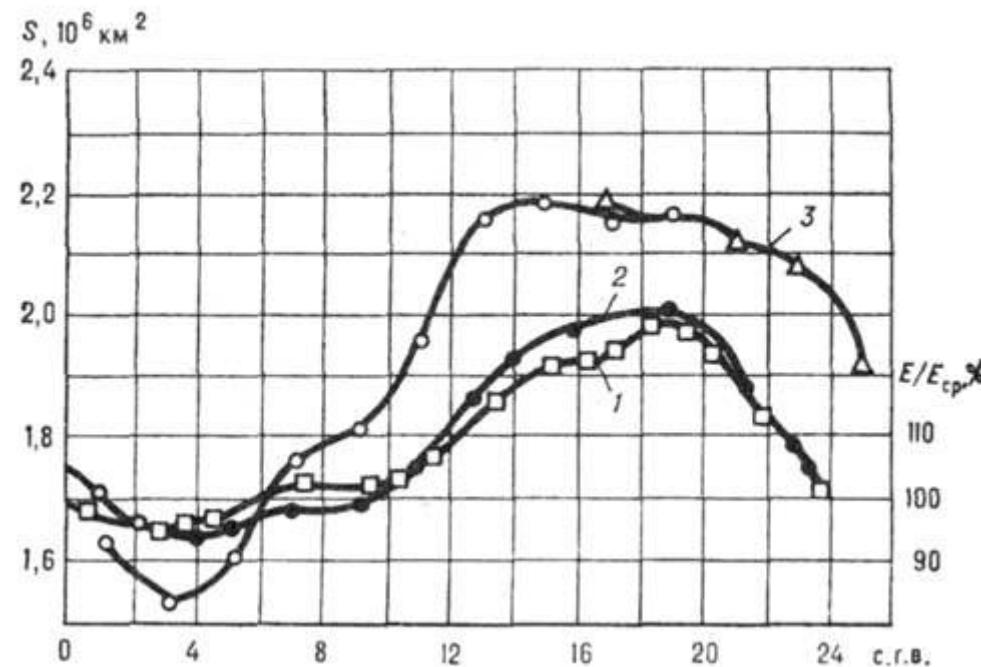


## *Field Mill*

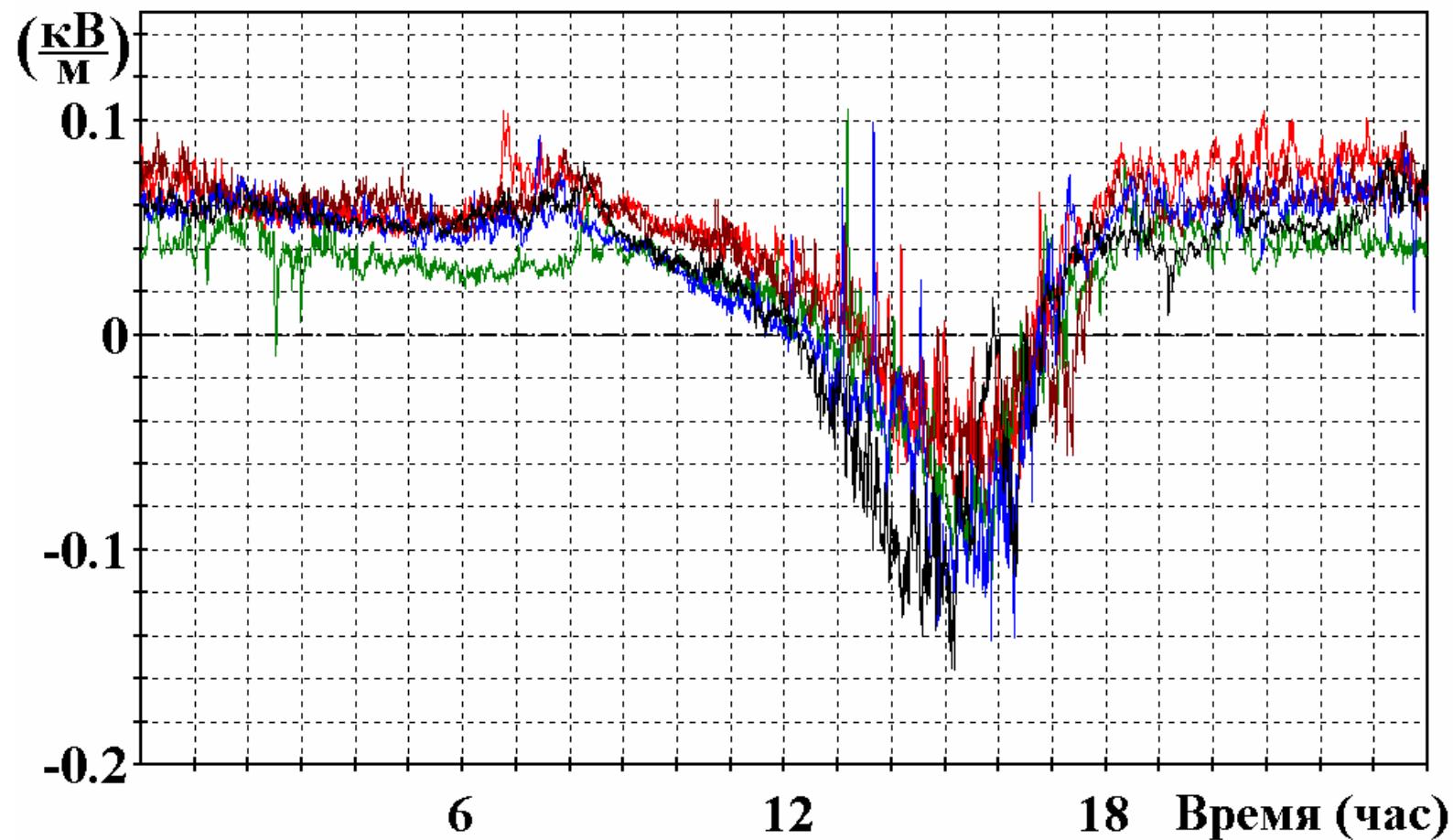


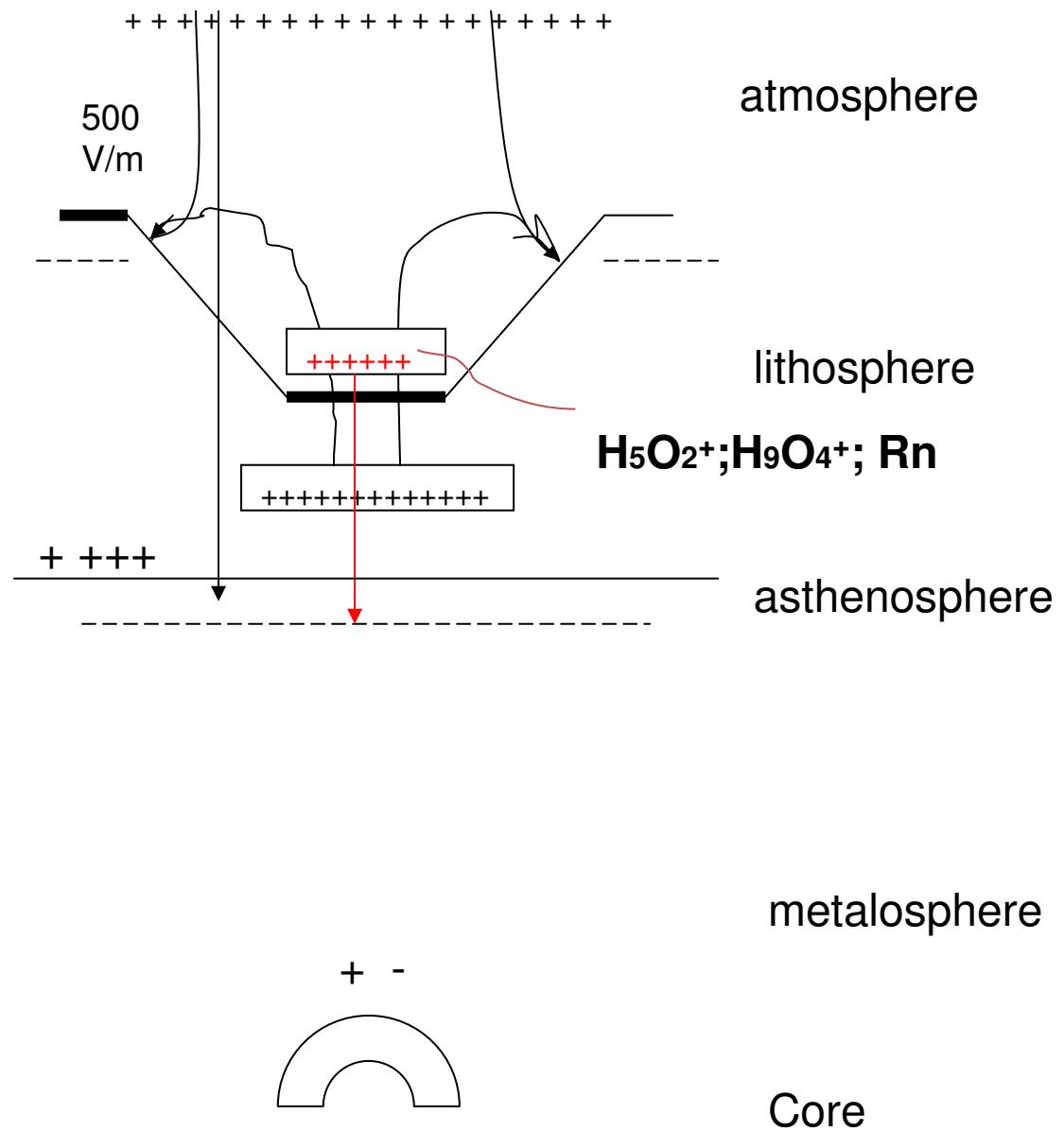
Суточный ход унитарной вариации [напряженности](#) по среднему Гринвическому времени (с. г. в.) электрического поля над океанами (1), в полярных областях (2) и суточный ход площади, занятой грозами (3).

Р.Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Т.5. Электричество и магнетизм.



Приземное электрическое поле (БНО) хорошей погоды 19, 20, 21, 22, 23, 27 сентября 2007 года. Время местное. Усреднение 20 с.



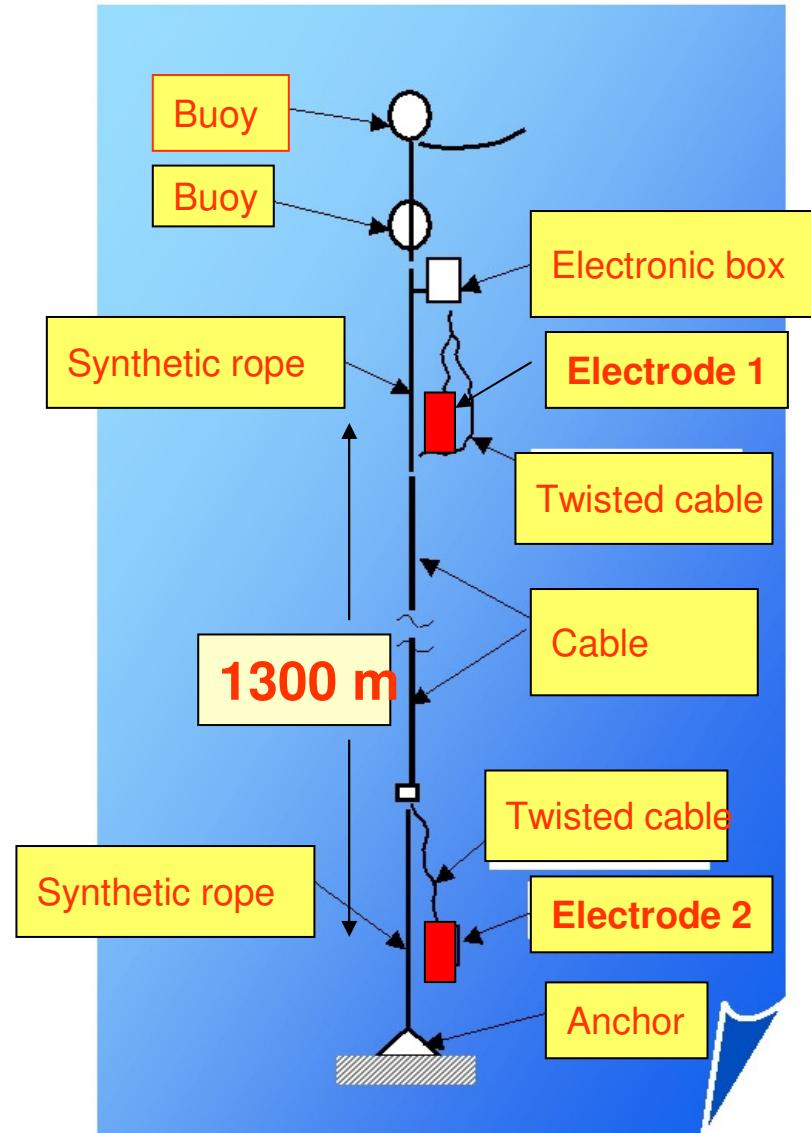


# Байкальская экспедиция ИЯИ РАН

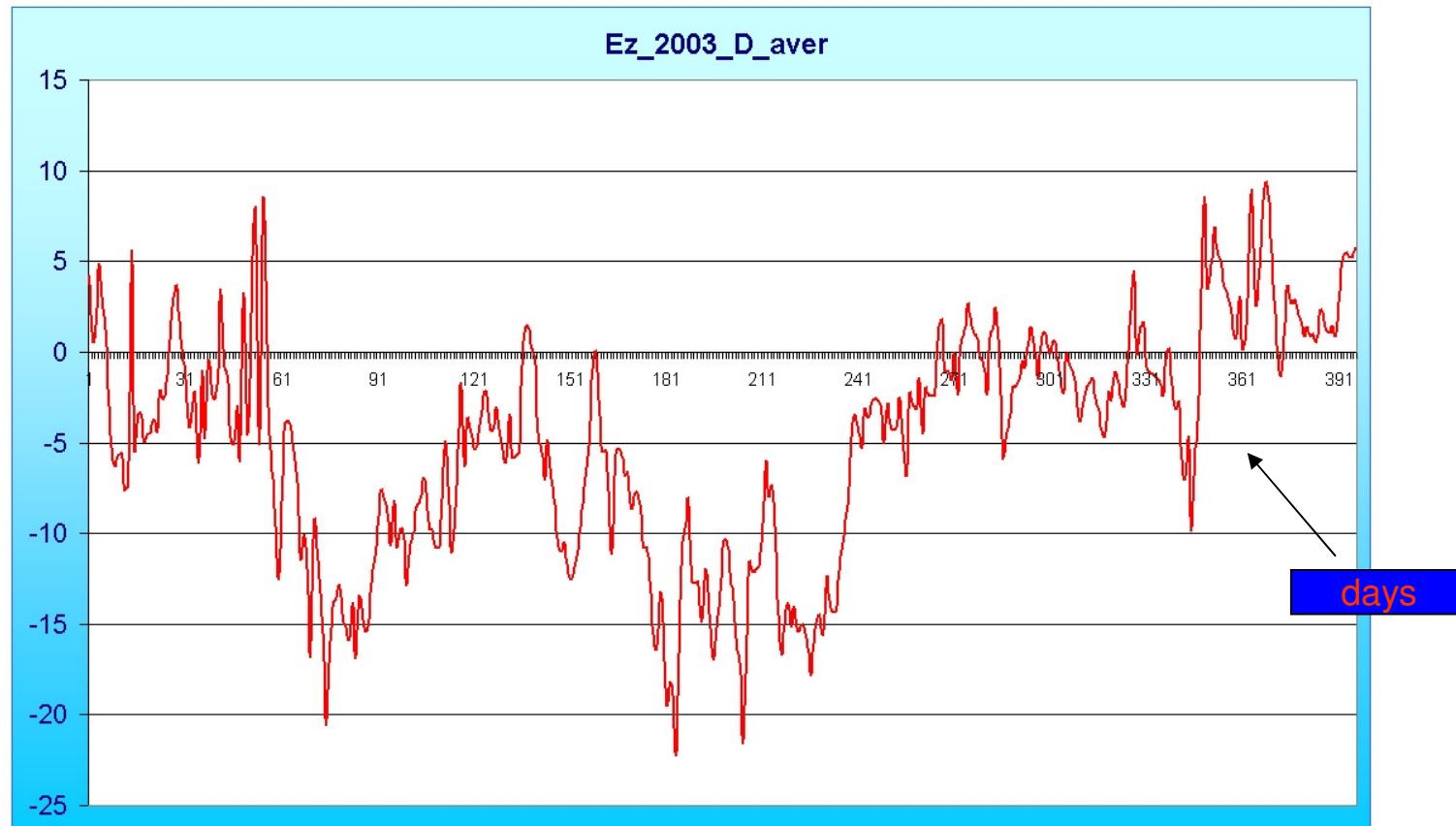


## GEOPHISICAL MOORING

Electrode 2 connects to plus (+) terminal of voltmeter

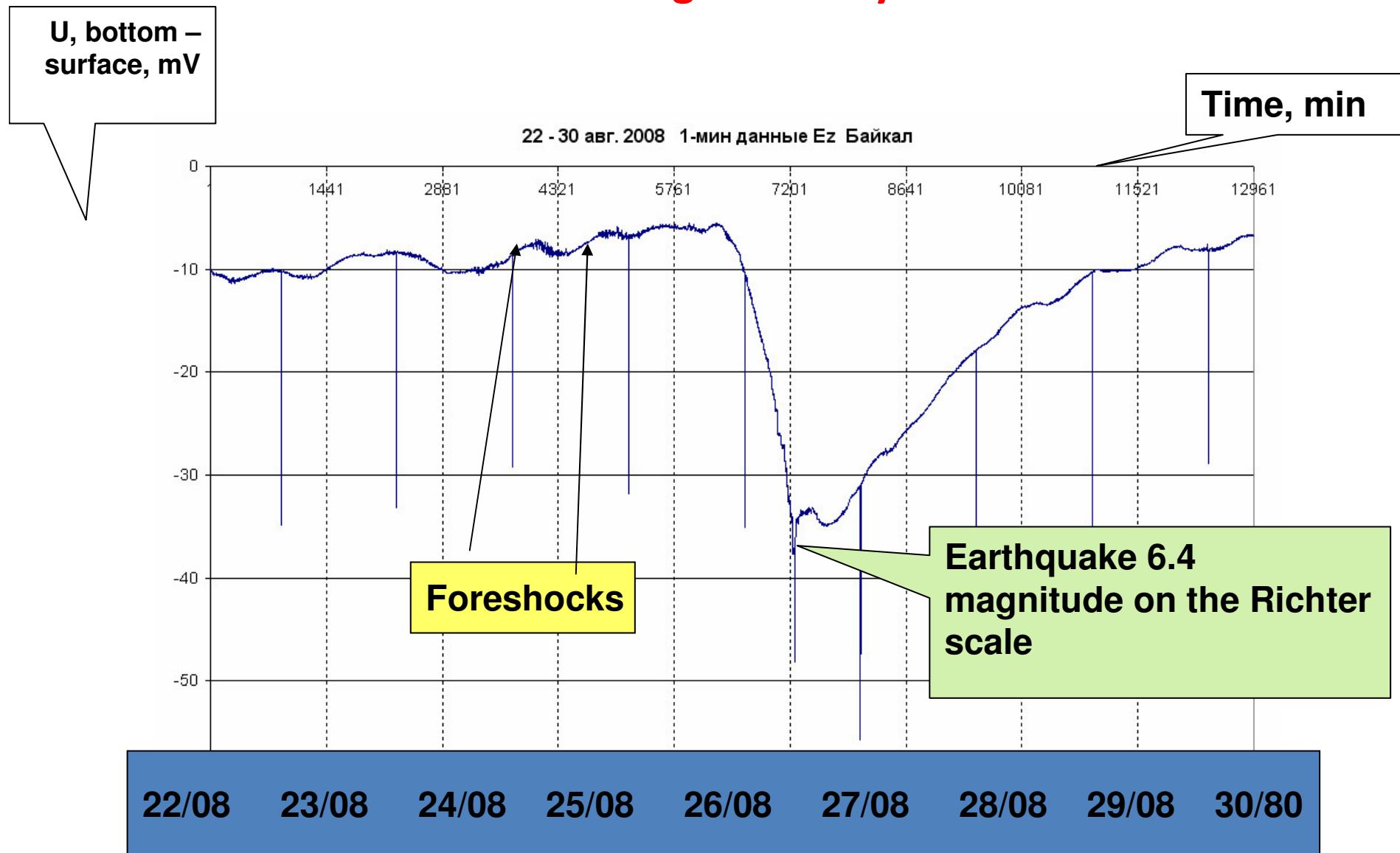


# Vertical component of electric field



# Surface – bottom electric potential difference

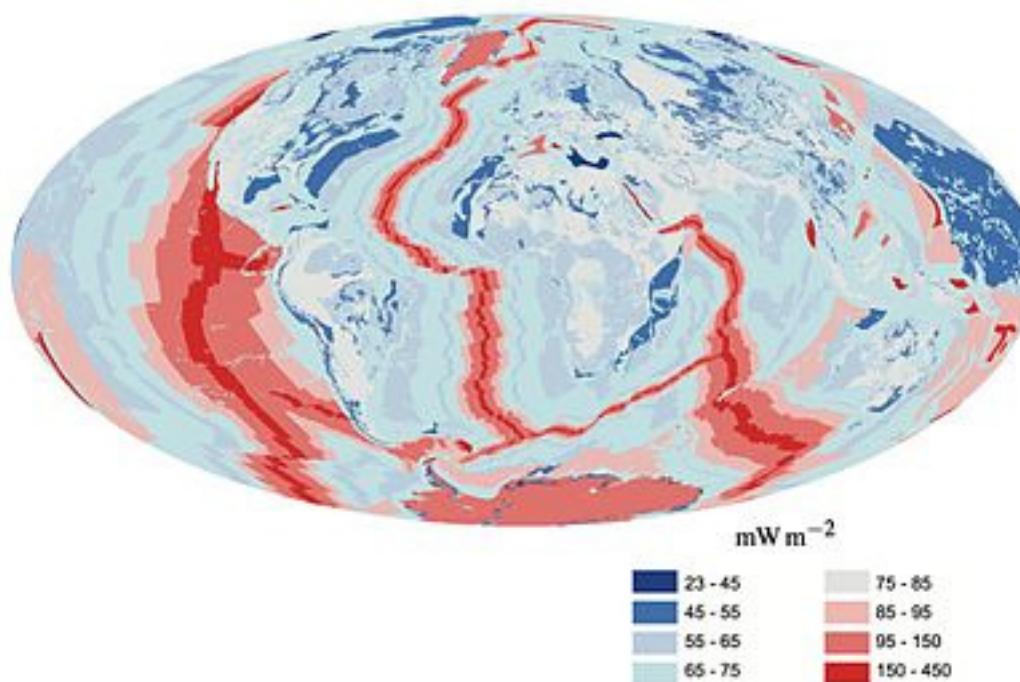
## 22 – 30 August 2008 year.



# ВЫВОДЫ

- Полученные данные могут быть поняты, если предположить, что **газы, выходящие из недр Земли – заряжены.**
- **На БНО и на Байкале эти газы несут положительный заряд (+).**
- **Положительно заряженные ионы в хорошую погоду поднимаются вверх нагретым воздухом. Этот процесс может заряжать атмосферный конденсатор.**
- Этот механизм позволяет понять суточный ход унитарной вариации напряженности по среднему Гринвичскому времени электрического поля хорошей погоды над океанами.

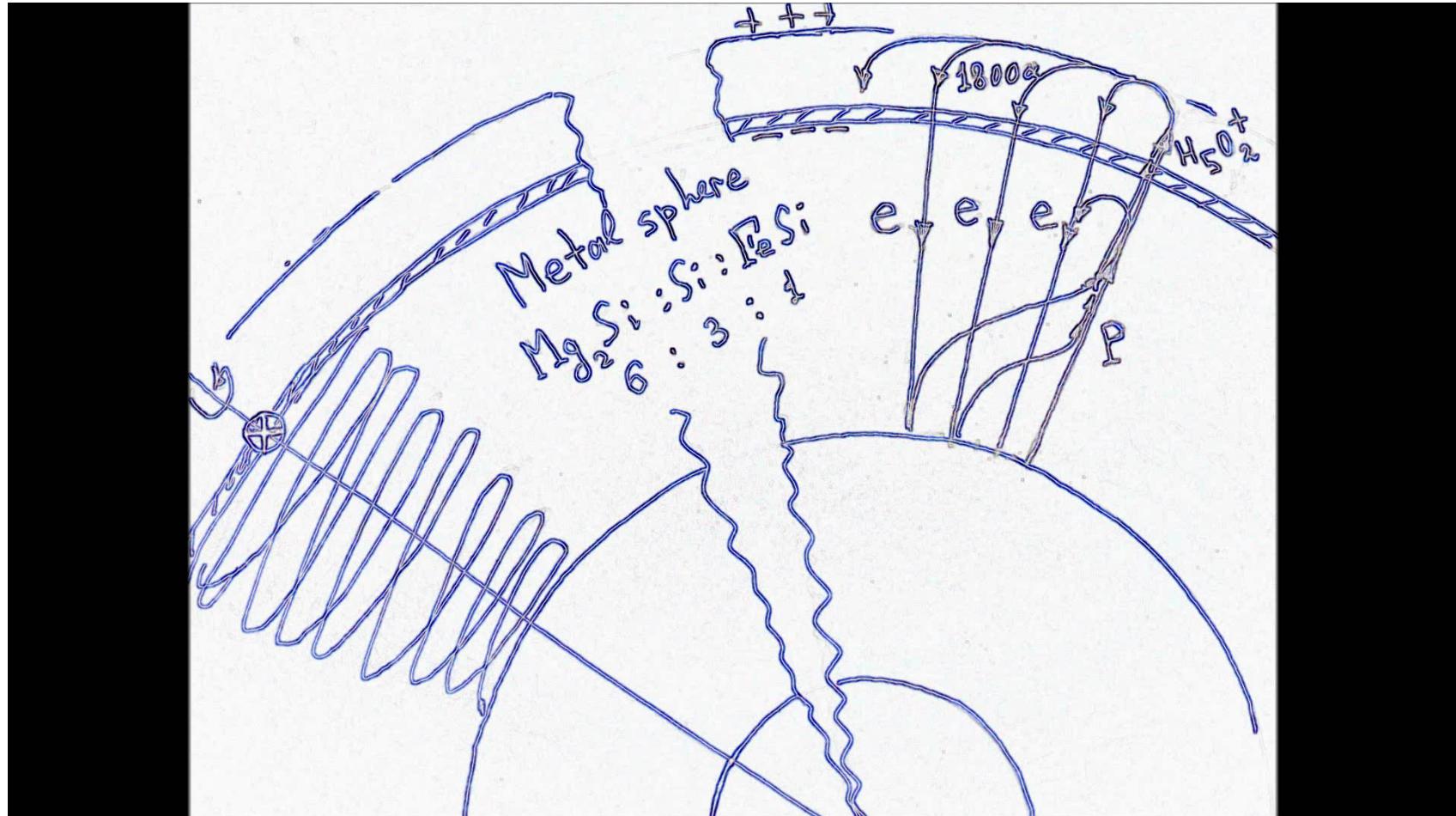
Global map of the flow of heat, in  $\text{mW m}^{-2}$ , from Earth's interior to the surface. Higher heat flows are observed at the locations of [mid-ocean ridges](#), and [oceanic crust](#) has relatively higher heat flows than [continental crust](#).



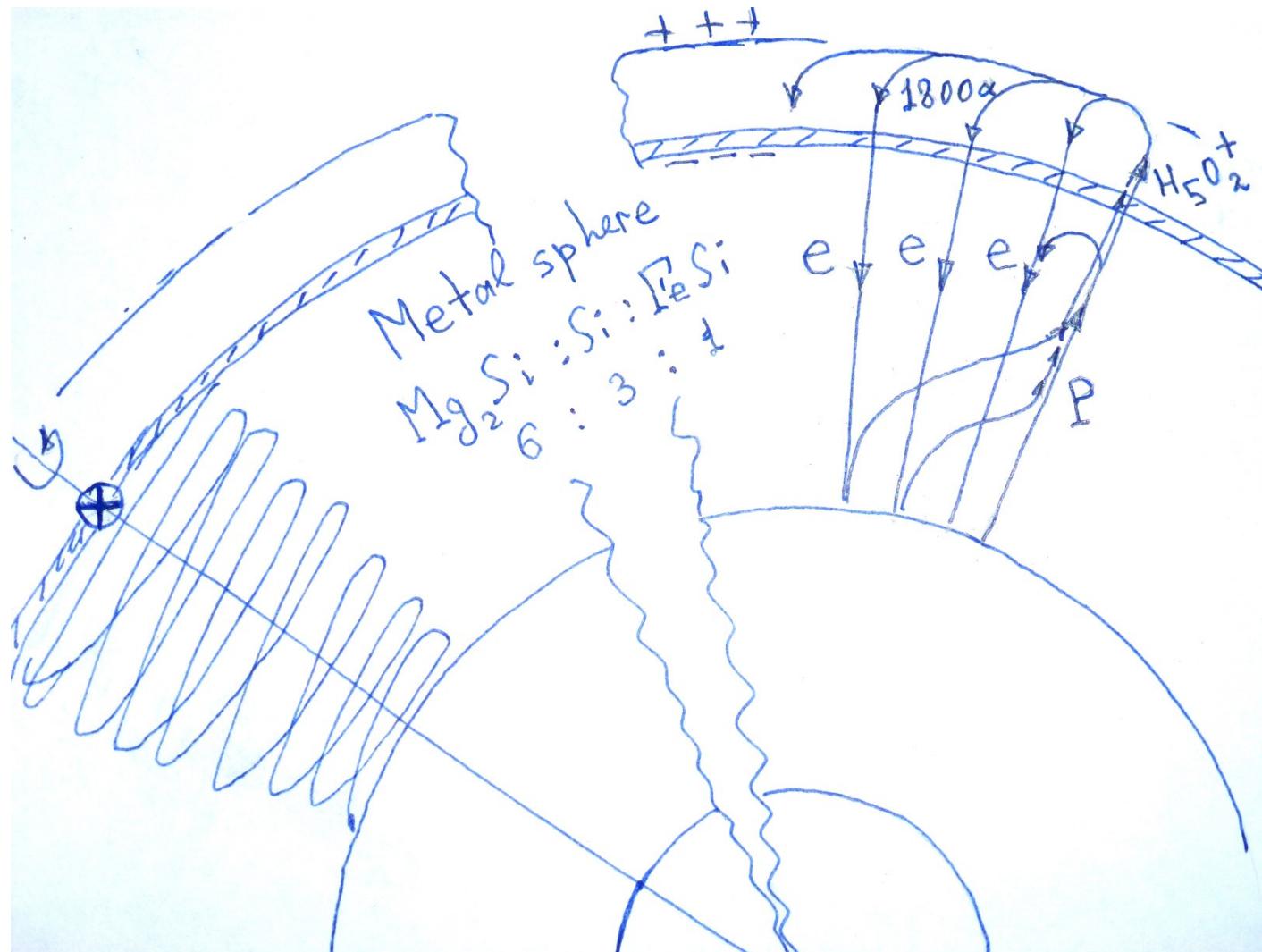
## Экспериментальные факты

- Измеренный электрический ток разряда земного конденсатора за счет ионизации воздуха – 1800 а. Ток разряда инициируется космическими лучами и существует повсеместно.
- **Ток заряда земного конденсатора должен быть  $i_{\text{зар}} = 1800$  а. Если не заряжать земной конденсатор он разрядится через полчаса.**

# Earth electrical currents in the HE model



# Earth electrical currents in the HE model



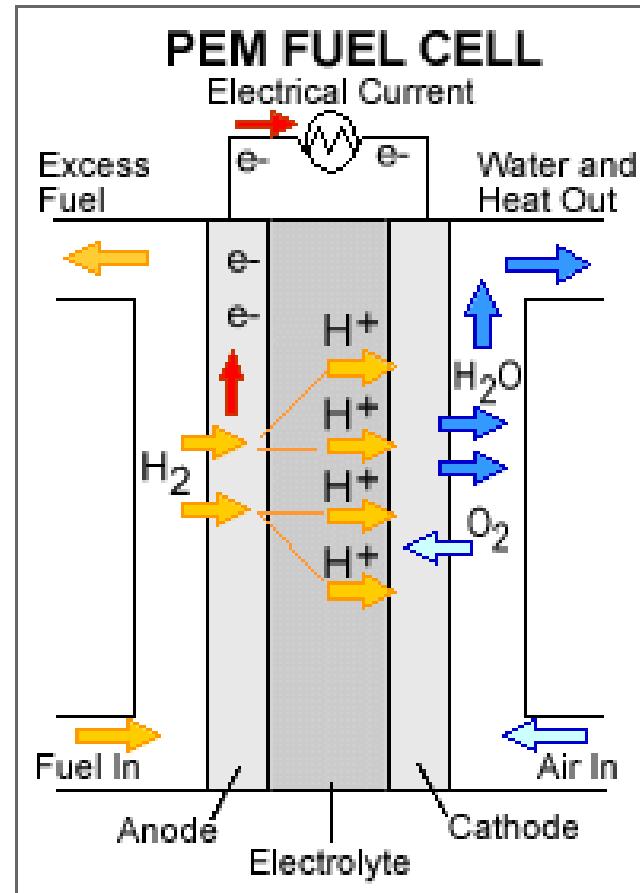
# Токи в Земле

- Inner core      Outer core      Metal sphere  
 $MgH_{10}$        $MgH \leftrightarrow Mg + H$        $Mg + H \rightarrow Mg + e + p$
- Повышение Т за счет распадов радиоактивных изотопов приводит на границе ядра Земли к появлению свободных электронов и протонов.
- Разная скорость диффузии  $e$  и  $p$  приводит к пространственному разделению зарядов в Metal sphere и к появлению электронного или протонного тока в направлении по радиусу Земли вверх. В настоящий момент мы имеем избыток объемного электронного заряда в теле Земли.

# Окклюзия

- Окклюзия (позднелат. *occlusio* — запирание, скрывание, от лат. *occludo* — запираю, закрываю), поглощение вещества из газовой среды твёрдыми телами или расплавами. При О. газы поглощаются не поверхностным слоем, а всем объёмом поглотителя. В этом смысле О. подобна абсорбции — растворению газов в жидкостях. Наиболее характерна О. газов металлами, например водорода металлами VIII группы периодической системы элементов. Так, при комнатной температуре 1 объём иридия поглощает более 800, а палладия — более 700 объёмов водорода. Окклудированный газ даёт с металлами твёрдый раствор; иногда часть поглощённого газа образует с ними химические соединения (гидриды, нитриды и др.).

# Proton exchange membrane fuel cell



# Hydrogen analyser CHA (SocTrade) from 400 ppm

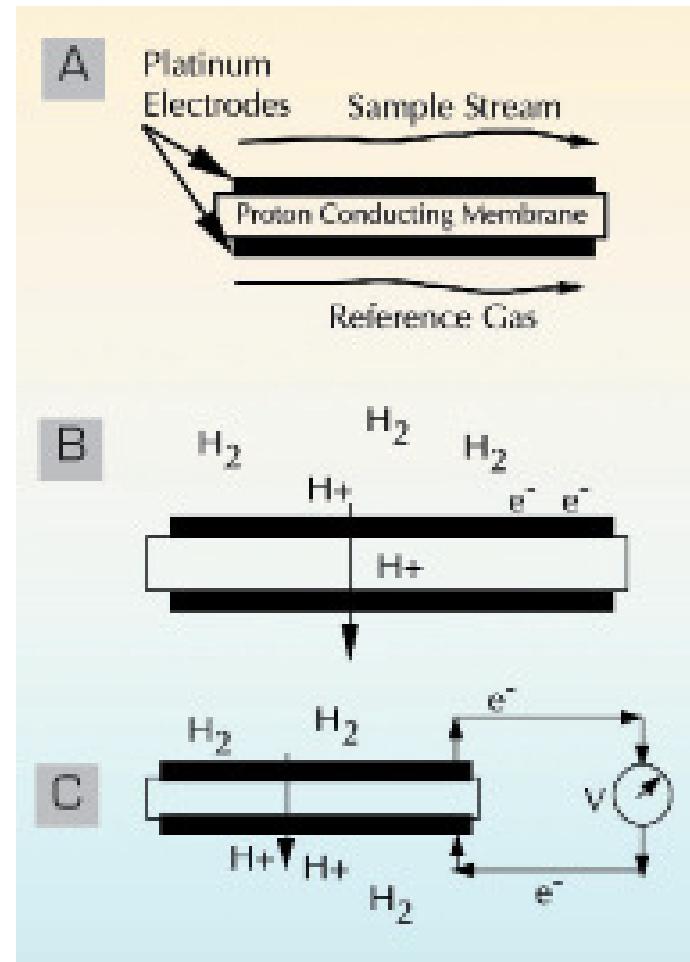
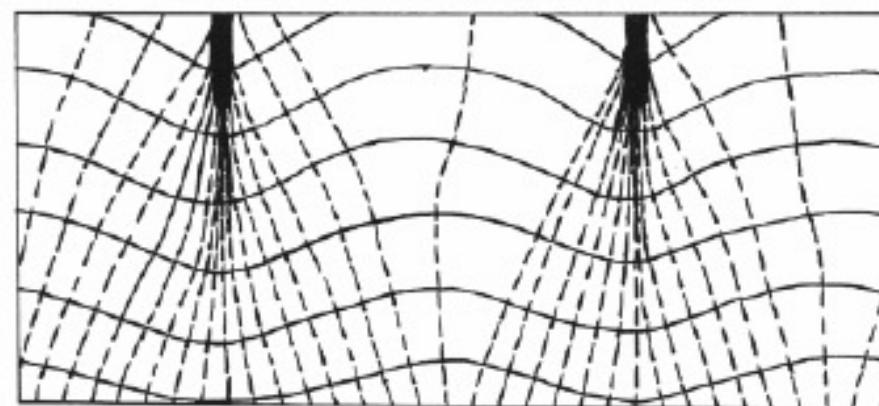
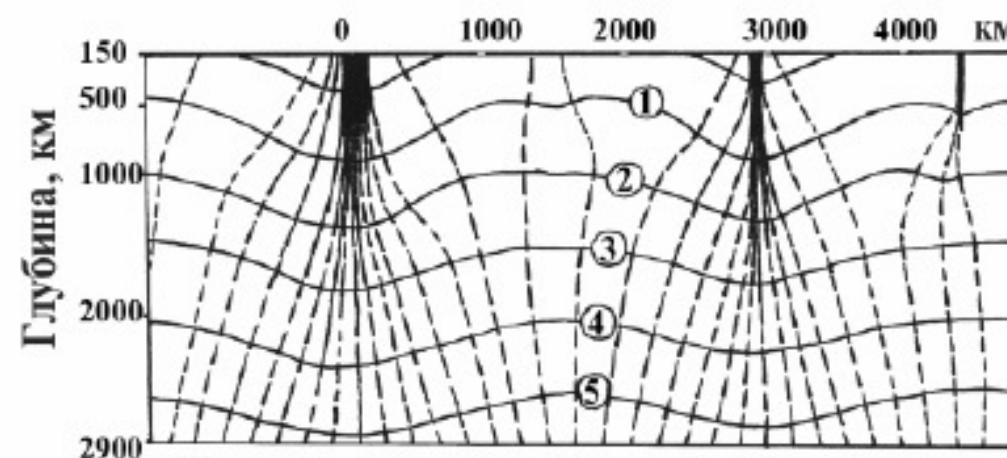


Рис. 33а, б, в, г.

Характер эволюции потока  
водорода в металлосфере (разрез).



а



б



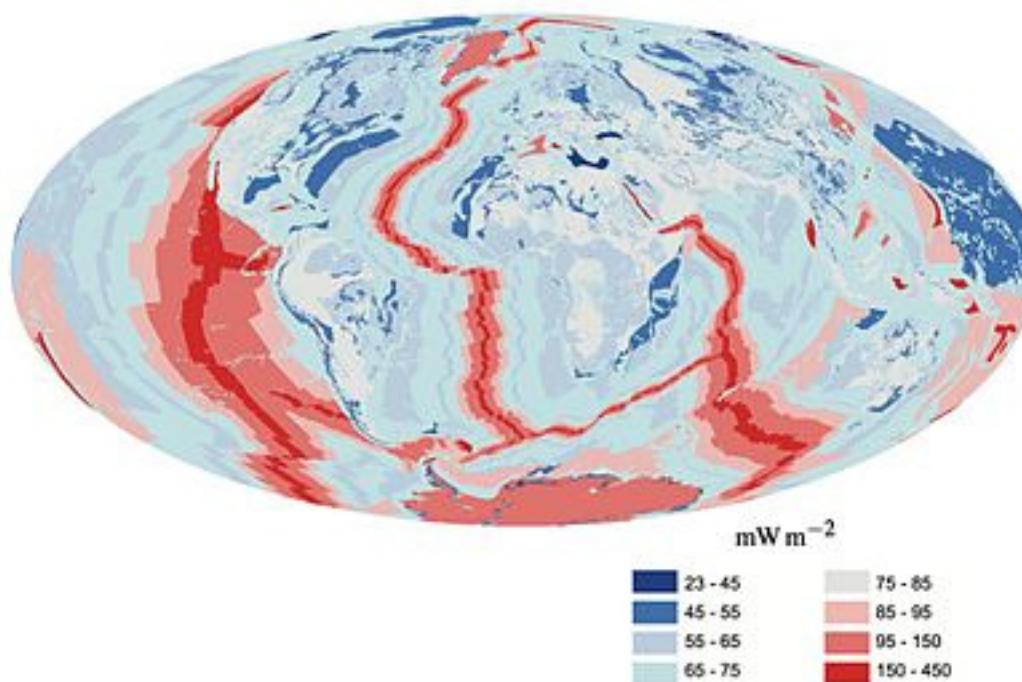
в

Электроны, диффундирующие по радиусу Земли от ядра к коре со скоростью  $\sim 0,1 \text{ мм}\cdot\text{с}^{-1}$  образуют магнитное поле, направленное от южного географического полюса к северному полюсу.

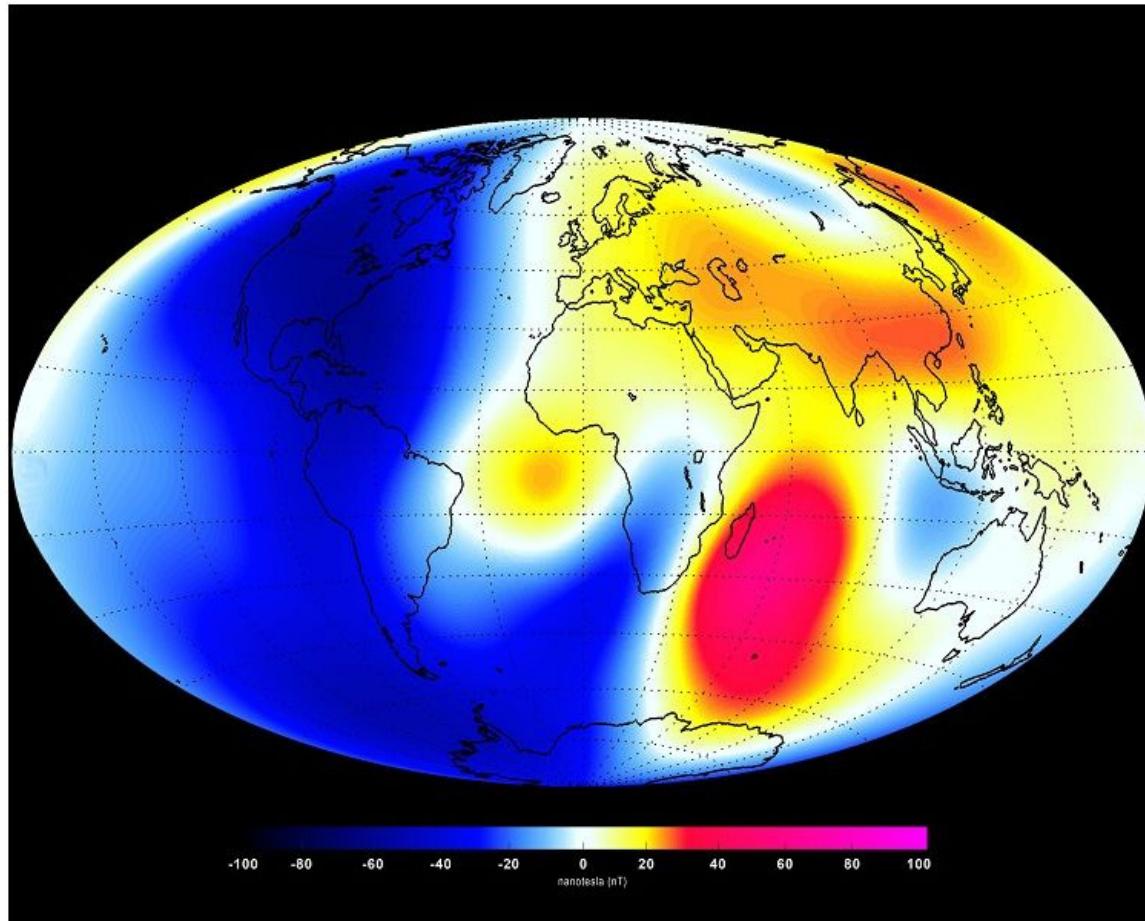


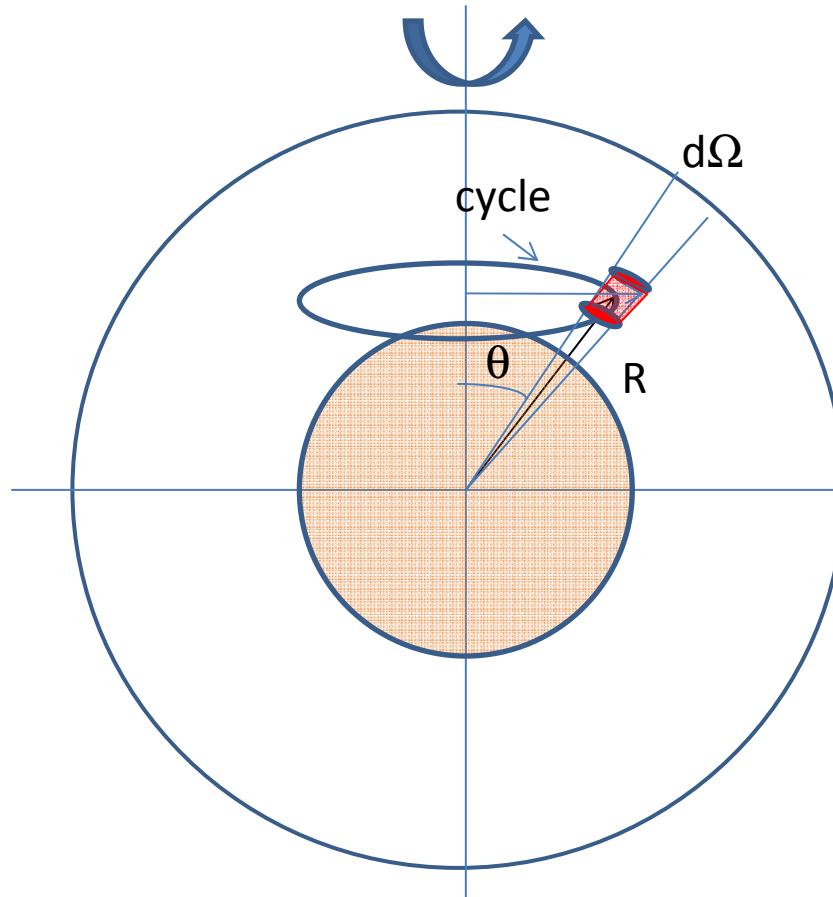
Отклонение усредненного вектора  $\mathbf{B}$  от оси вращения Земли может быть обусловлено неоднородностью температур в теле Земли.

Global map of the flow of heat, in  $\text{mW m}^{-2}$ , from Earth's interior to the surface. Higher heat flows are observed at the locations of [mid-ocean ridges](#), and [oceanic crust](#) has relatively higher heat flows than [continental crust](#).



Данные Европейской миссии Swarm.  
3 спутника запущены 22 нояб.2013





$$I = 1800 \text{ A}$$

$$i_R = I/4\pi d\Omega$$

$$dq/dR = i_R / v$$

$$dq = I/4\pi v d\Omega dR$$

$$i_{cyc} = dq/T, T - \text{day}$$

$$dH = i_{cyc}/2R\sin\theta$$

$$H = \frac{I}{4\pi} \frac{1}{Tv} \frac{1}{2} \int \frac{d\Omega dR}{R \sin \theta}$$

$$H = \frac{I}{2vT} \int_0^{\pi/2} \frac{d\theta}{\sin \theta} \int_{R1}^{R2} \frac{dR}{R}$$

$$H = \frac{I}{2vT} \ln \frac{R2}{R1} \ln |\operatorname{tg} \frac{\pi}{4}|$$

$$H = H_+ - H_- = C \left( \frac{1}{v_+} - \frac{1}{v_-} \right), C = 0.00378 \frac{A}{c}$$

## Пусть мы измеряем напряженность магнитного поля на полюсе Земли

$$H = H_+ - H_- = C \left( \frac{1}{v_+} - \frac{1}{v_-} \right), C = 0.00378 \frac{A}{c}$$

1. При скорости дрейфа (диффузии) электронов

$$v_e = 10^{-4} \text{ м}\cdot\text{с}^{-1} \quad \text{и} \quad v_e \ll v_p$$

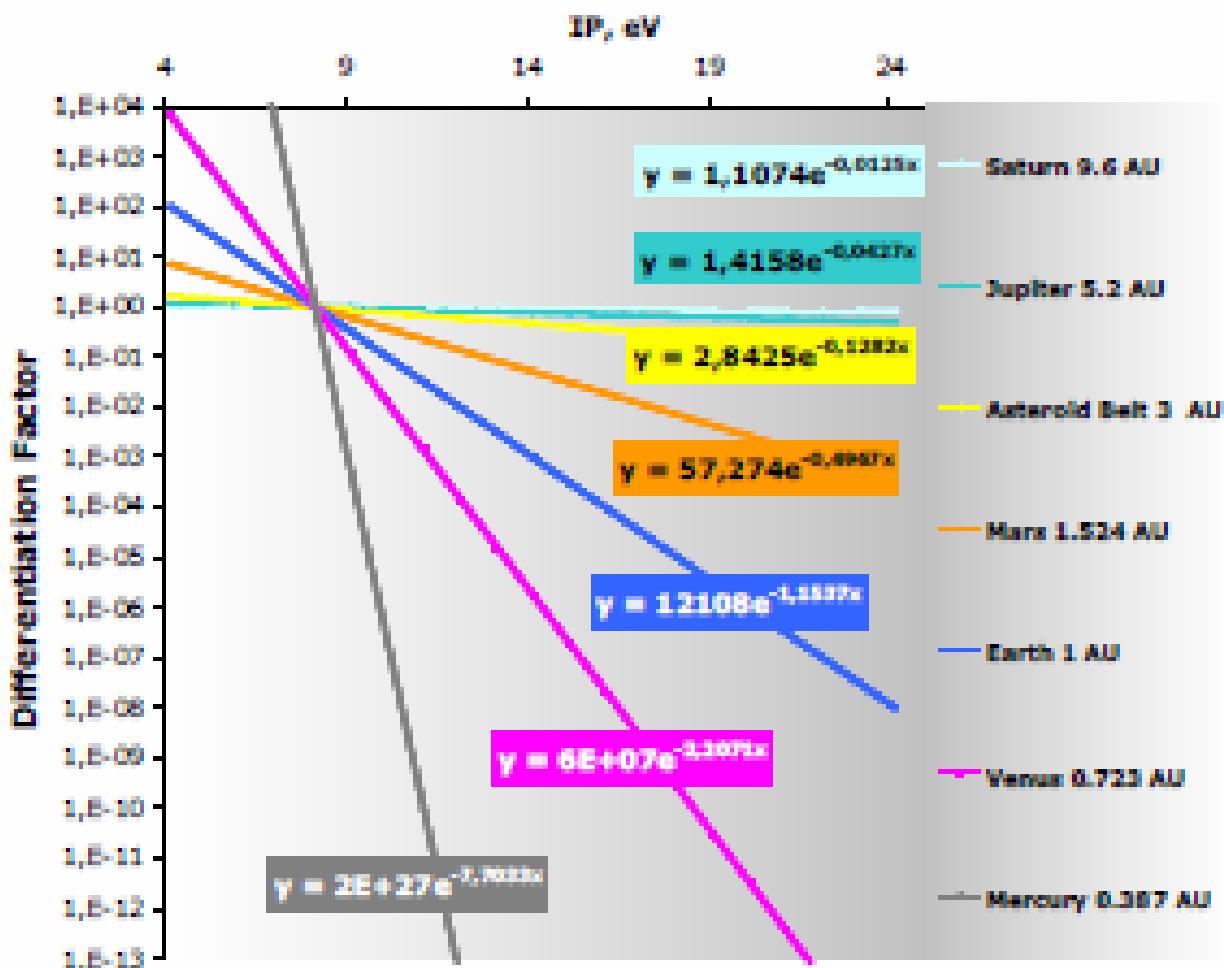
$$H = 37.8 \text{ А}\cdot\text{м}^{-1}$$

(надо сравнить с величиной напряженности поля  
на полюсе Земли

$$H_{\text{экс}} = 60 \text{ А}\cdot\text{м}^{-1}$$

2. При  $v_p \ll v_e$  происходит инверсия поля.

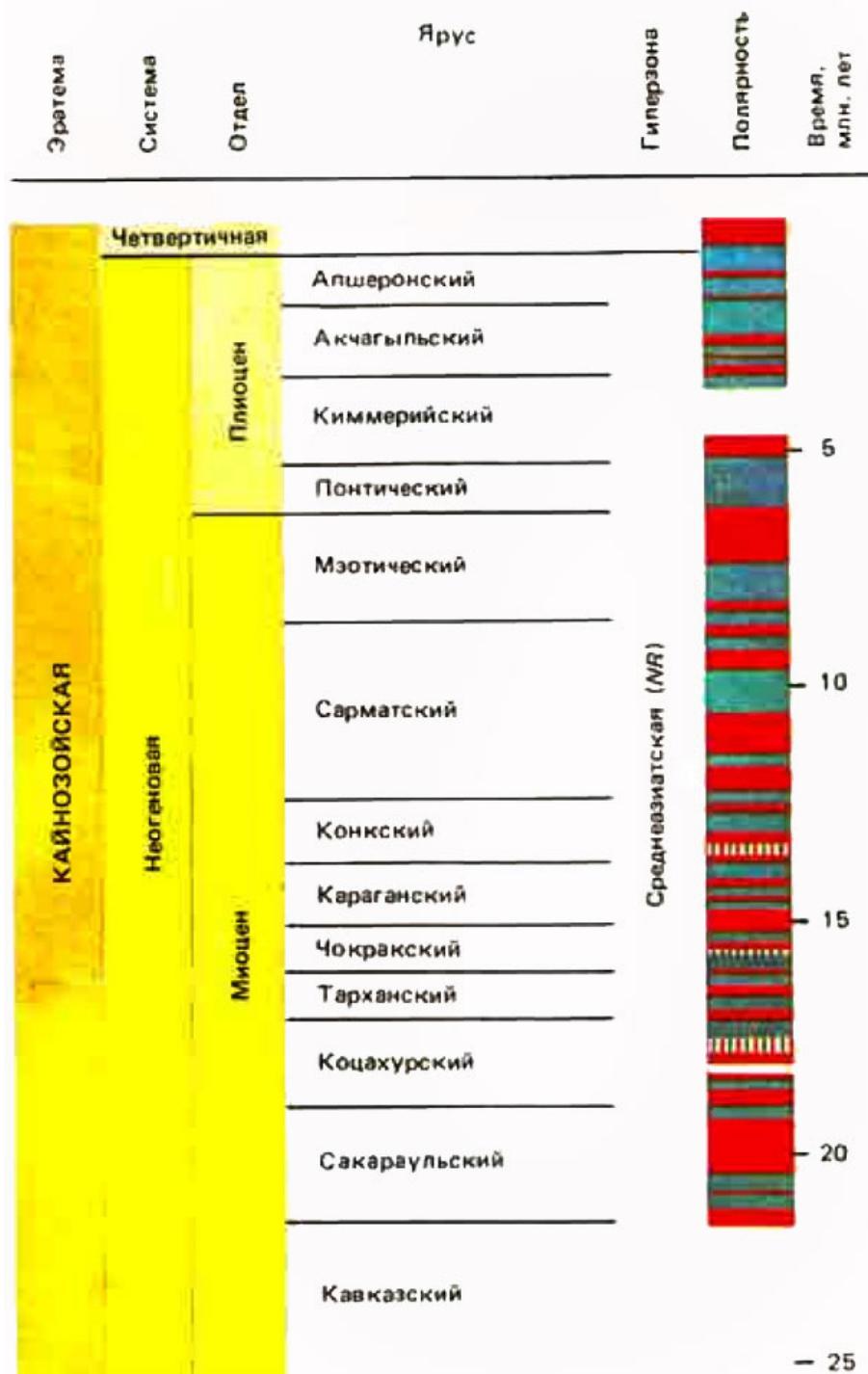
НЕ модель объясняет величины магнитных полей планет.  
Марс и Луна уже потеряли водород и не имеют магнитного  
поля. Венера медленно вращается.



# Выводы

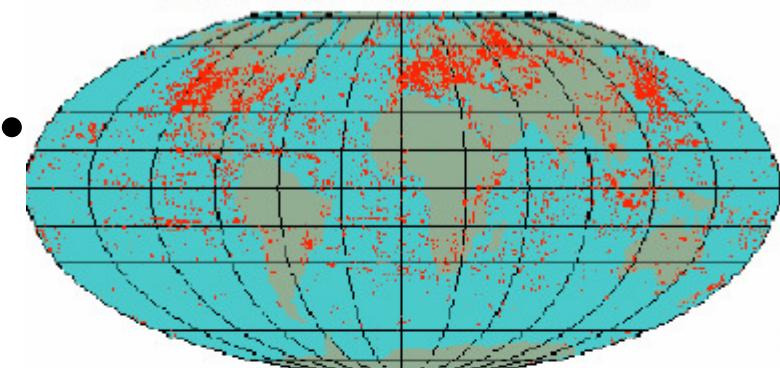
В рамках НЕ модели:

- Сформулирована идея модели электрического поля Земли и планет.
- Сформулирована идея модели магнитного поля Земли и планет.
- Продемонстрирована связь электрического и магнитного полей Земли с энерговыделением в Земле.
- Могут быть объяснены суточный ход унитарной вариации напряженности электрического поля хорошей погоды над океанами и переполюсовка магнитного поля Земли.

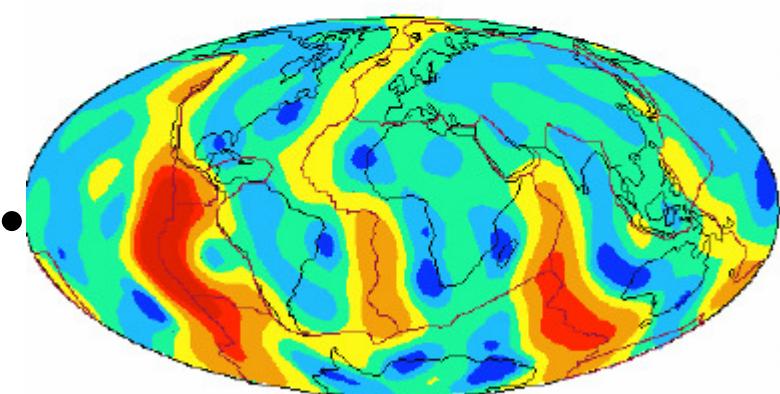


# Surface heat flux

Bore-hole measurements



Heat Flow



0    40    60    85    120    180    240    350  
mW m<sup>-2</sup>

Global Heat Flow Data (Pollack et al.)

- Conductive heat flow from bore-hole temperature gradient;
- **Total surface heat flux:**  
 $31 \pm 1 \text{ TW}$  (Hofmeister&Criss 2005)  
 $46 \pm 3 \text{ TW}$  (Jaupart et all 2007)  
 $47 \pm 2 \text{ TW}$  (Davis&Davies 2010)  
(same data, different analysis)

## SYSTEMATIC ERRORS

Different assumptions concerning the role of fluids in the zones of mid ocean ridges.

# Earth's energy imbalance

Atmos. Chem. Phys., 11, 13421-13449, 2011

[www.atmos-chem-phys.net/11/13421/2011/](http://www.atmos-chem-phys.net/11/13421/2011/)

- **J. Hansen<sup>1,2</sup>, M. Sato<sup>1,2</sup>, P. Kharecha<sup>1,2</sup>, and K. von Schuckmann<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, NY 10025, USA

<sup>2</sup>Columbia University Earth Institute, New York, NY 10027, USA

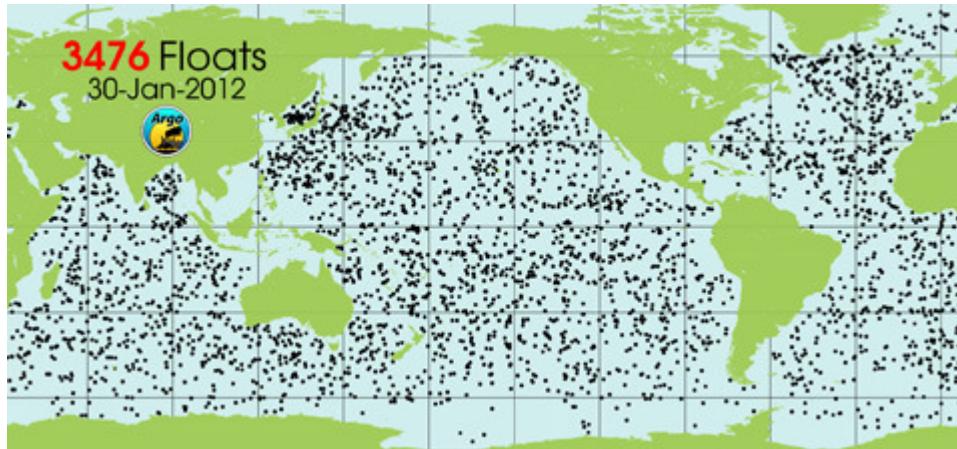
<sup>3</sup>Centre National de la Recherche Scientifique, LOCEAN Paris, hosted by Ifremer, Brest, France

- Improving observations of ocean heat content show that Earth is absorbing more energy from the Sun than it is radiating to space as heat, even during the recent solar minimum. The inferred planetary energy imbalance is  $0.58 \pm 0.15 \text{ W m}^{-2}$  during the 6-yr period 2005–2010
- $0,58 \text{ W m}^{-2} \cdot 5,1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2 = 3 \cdot 10^{14} \text{ W} = 300 \pm 76 \text{ TW}$

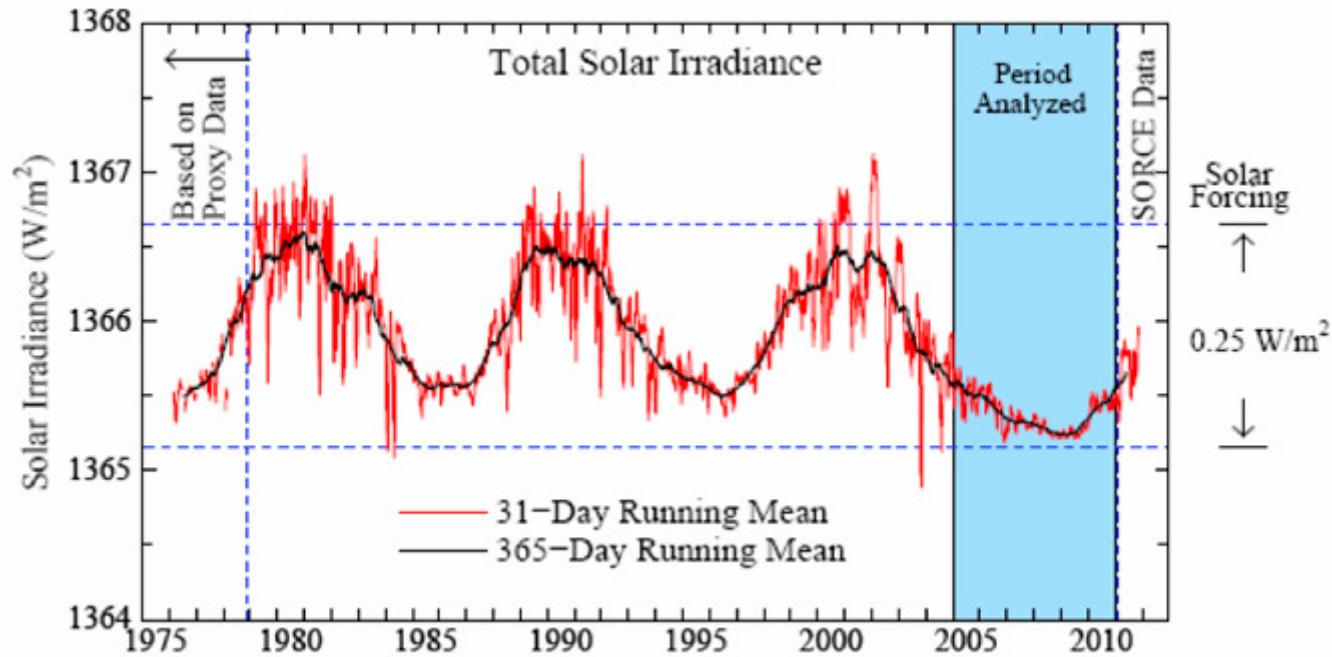
Примерно 90% избыточного тепла Земля накапливает в океанах. Потому именно океанические исследования являются решающими для уточнения моделей грядущих перемен климата (фото Argo Project).



# Argo Project



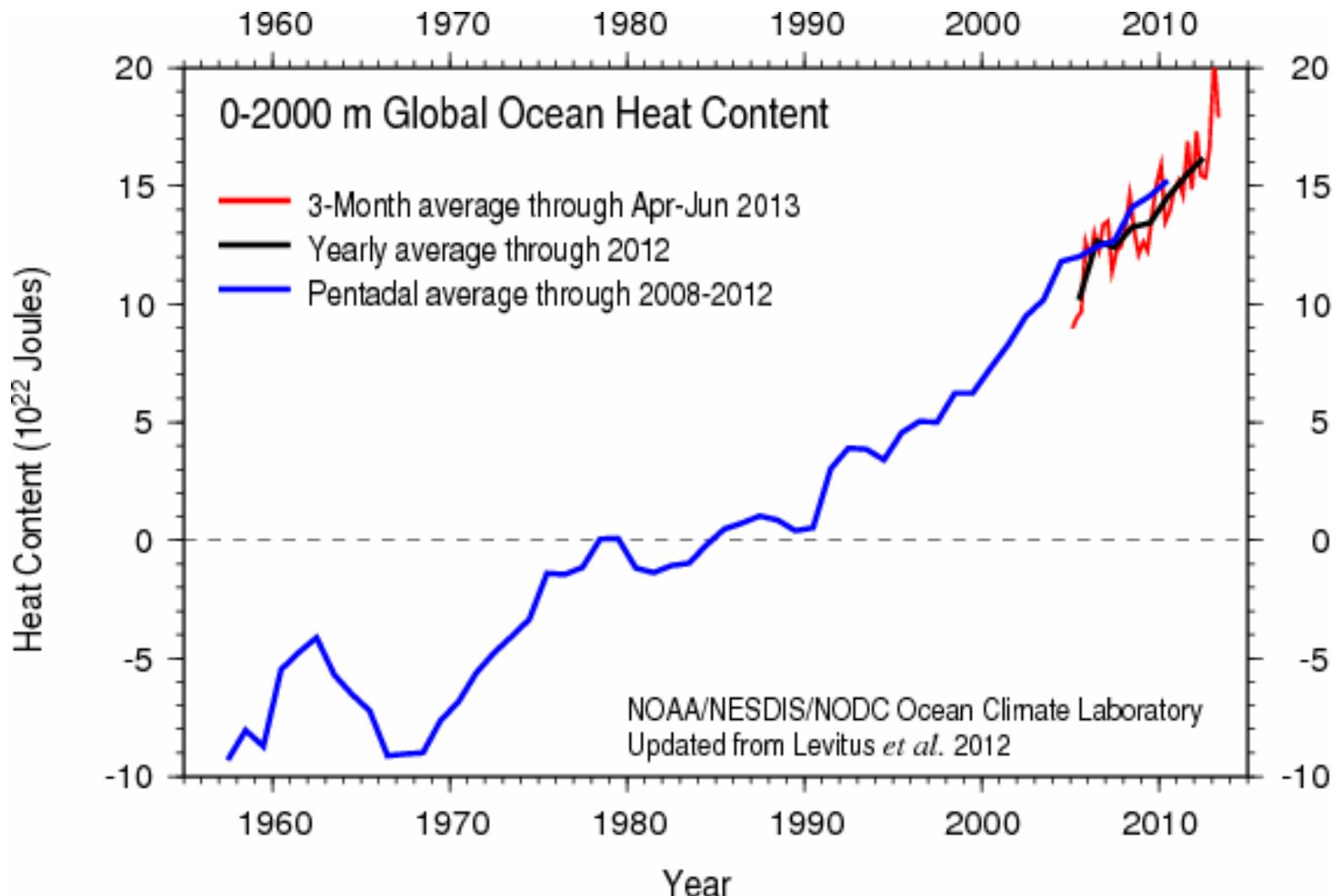
Глобальный охват сети буйков проекта Argo.  
На данный момент в Мировом океане  
плавает 3476 аппаратов этой системы  
мониторинга. Один из таких буёв был  
показан на предыдущем снимке .



- A graph of the sun's total solar irradiance shows that in recent years irradiance dipped to the lowest levels recorded during the satellite era. The resulting reduction in the amount of solar energy available to affect Earth's climate was about .25 watts per square meter, less than half of Earth's total energy imbalance.*

$$H = \rho c_p \int_{h2}^{h1} T(z) dz$$

$\rho$  - water density,  $C_p$  - sea water specific heat capacity,  
 $h2$  - bottom depth,  $h1$  - top depth,  $T(z)$  - temperature profile.



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000\\_Year\\_Temperature\\_Comparison.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png)

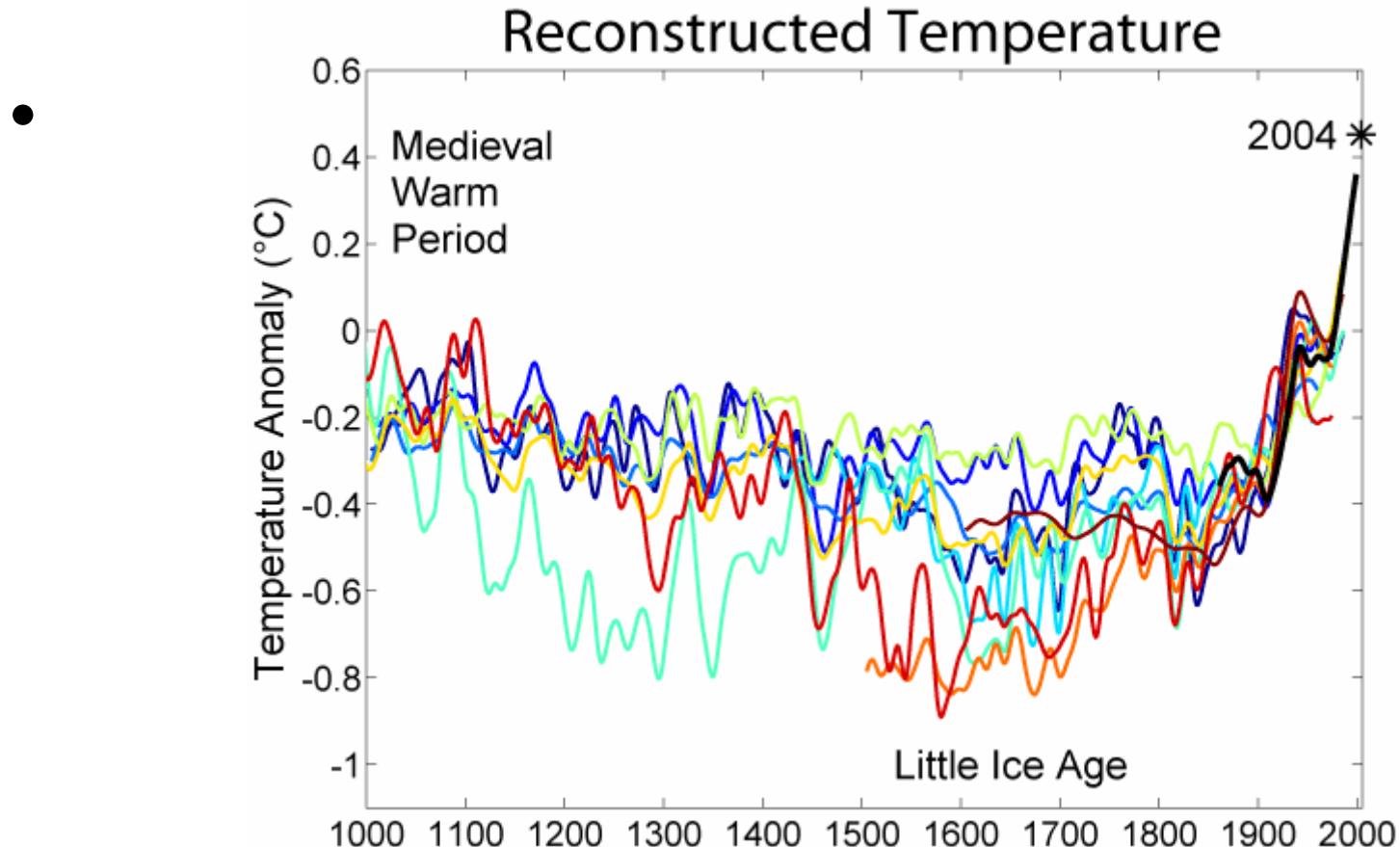
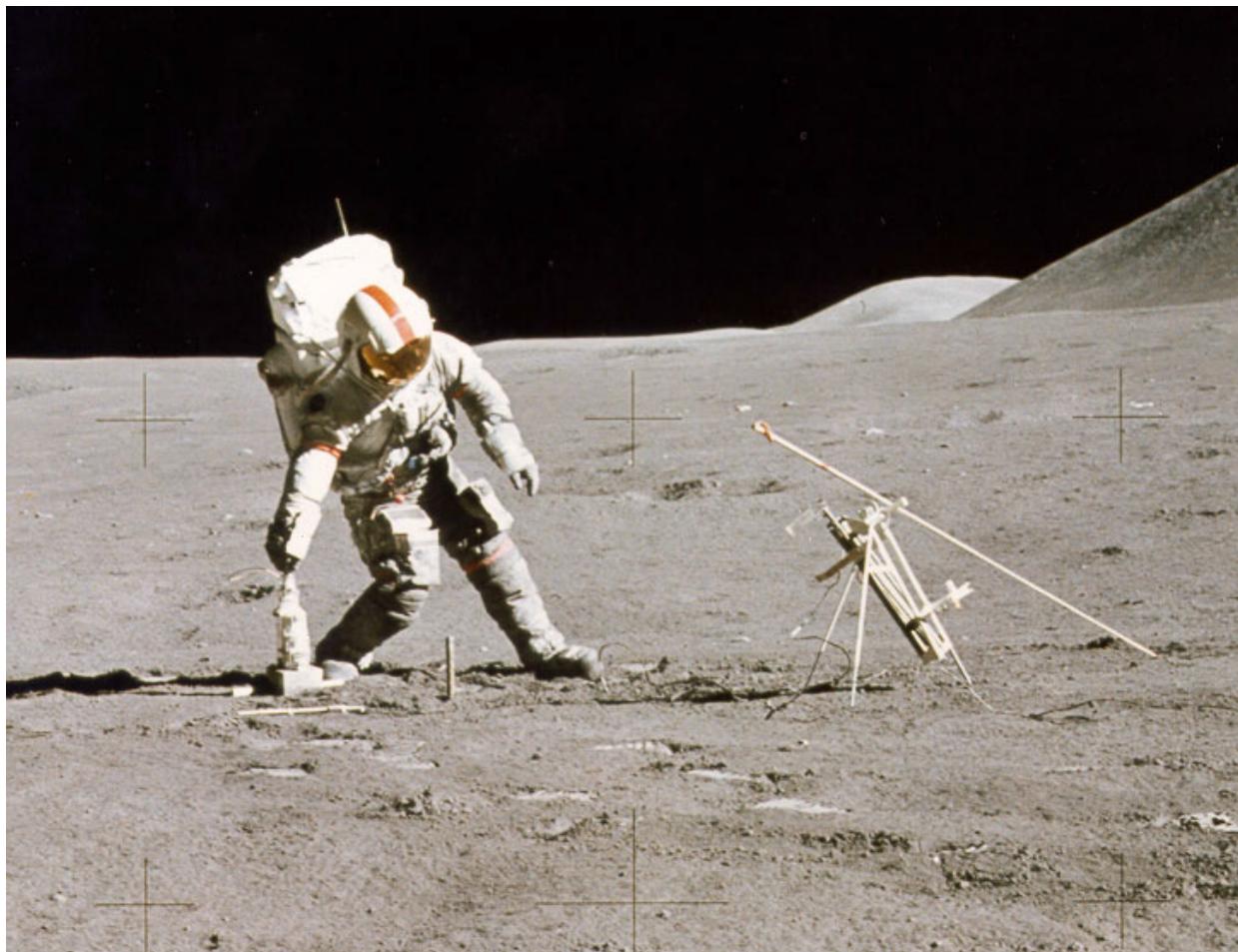
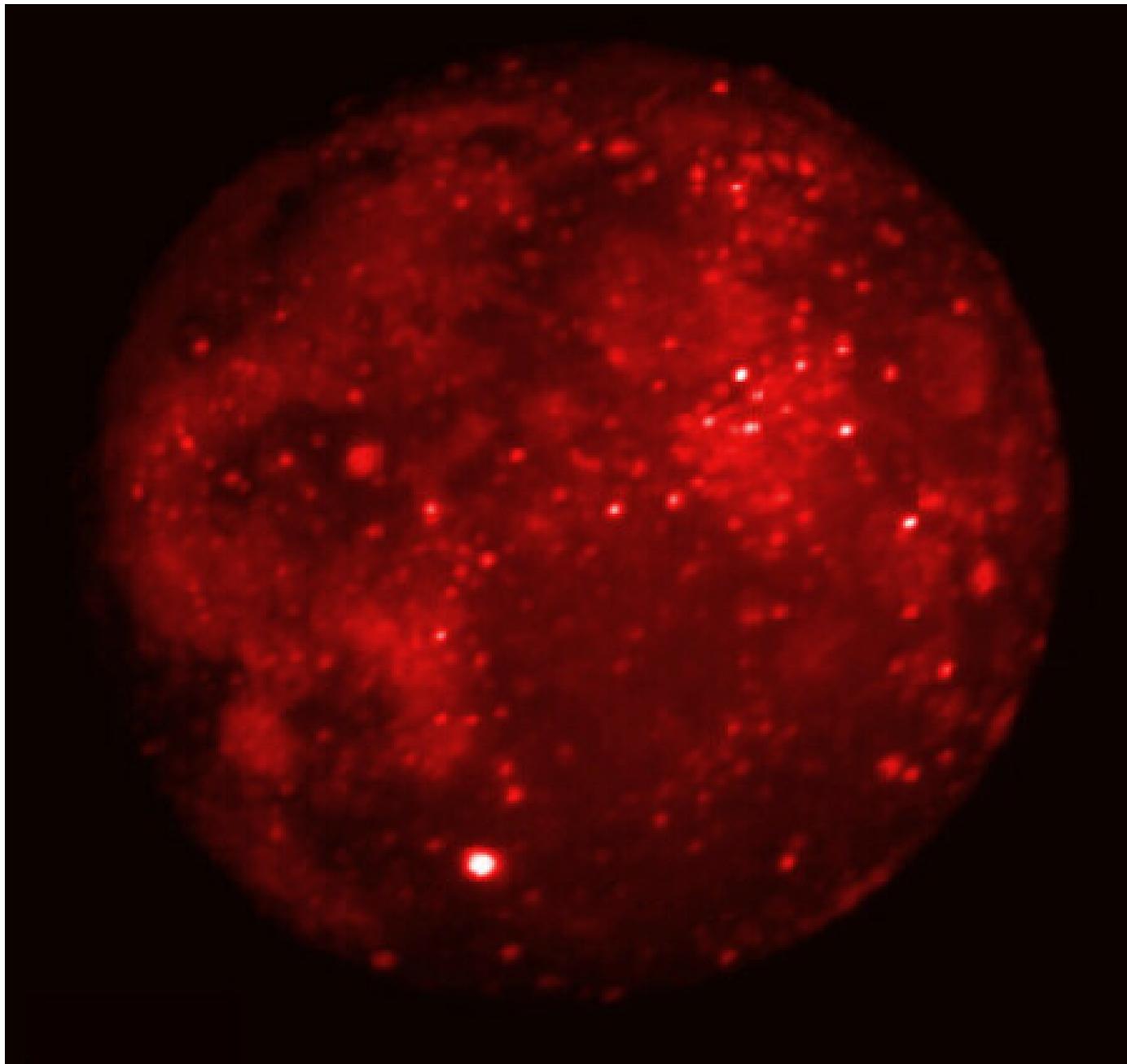


Photo of the Apollo 15 CDR setting up a deep drill. Drilling and extraction on the moon was very difficult and must have caused significant heating. Unless dark drill segments were immediately placed in the shade they would have been substantially heated. NASA photo AS15-87-11847.



# Moon photo in infrared



# Conclusion

- We introduce the new problem: where and how the Earth radiogenic heat is lost?
- We support the idea that the Earth heat flux can be not stable.
- The precision measurements of the heat flux during long period are highly important to investigate the heat flux stability.