

Какую долю калия в земле допускает эксперимент Борексино?

L.V. Bezrukov (INR, Moscow)

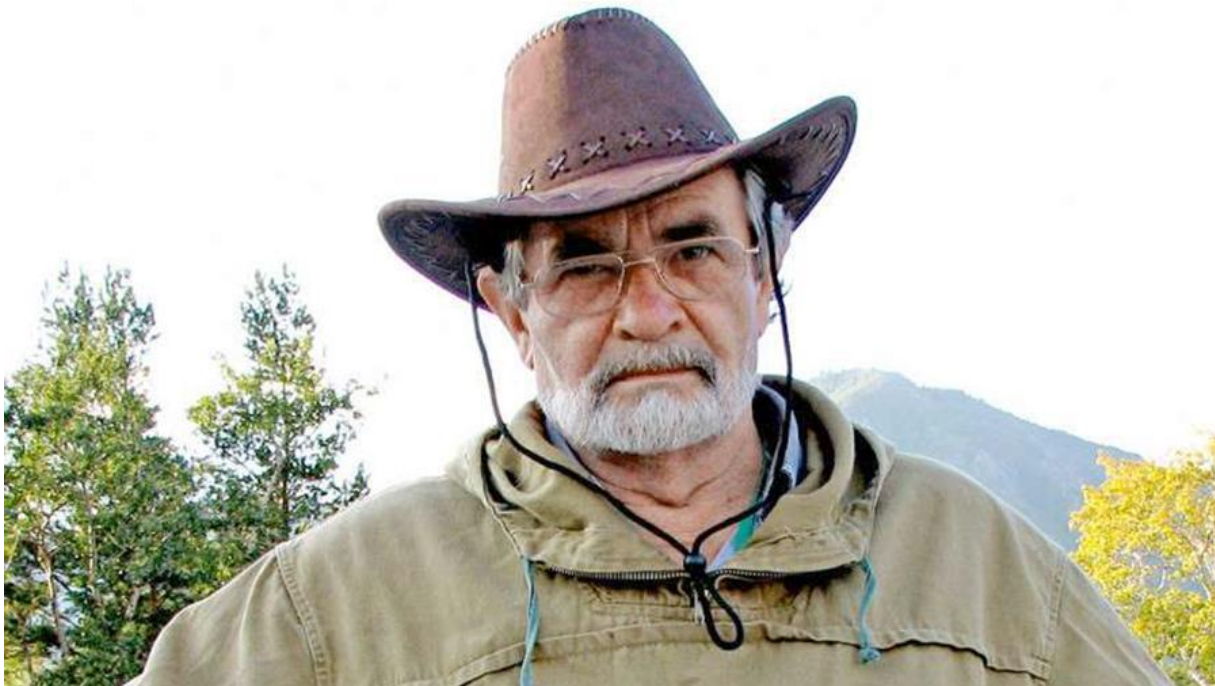
the work done with cooperation I.Karpikov, A.Mezokh,
Ya.Nikitenko, S.Silaeva, V.Sinev (INR, Moscow)

rcrc22, 27 June 2022

Владимир Николаевич Ларин

– создатель модели

«Изначально богатая водородом Земля» или «Гидридная модель Земли» (HE)



Он выступал в ИЯИ РАН.

Он завещал нам борьбу
за правильную модель
Земли.

Chemical Differentiation of Planets: A Core Issue.

Hervé Toulhoat and Viacheslav Zgonnik. The Astrophysical Journal, 924:83 (18pp),

2022 January 10

<https://doi.org/10.3847/1538-4357/ac300b>

Predicted Overall Compositions of the Earth in wt% for Major and Minor Elements

Element	Initially wt%	H Escaped wt%	H Retained wt%	Crust wt%	BSE wt%
H	83.28	0	4.050	1	
C	1.098	6.579	6.323	0.35	
N	0.046	0.275	0.264		
O	0.701	4.200	4.037	49	30
Na	0.858	5.141	4.941	2.4	
Mg	3.214	19.249	18.499	2.35	10 - 16
Al	0.864	5.176	4.974	7.49	
Si	2.622	15.702	15.091	26	12 - 18
S	0.308	1.845	1.773		
K	0.161	0.966	0.929	2.35	2·10⁻²
Ca	0.837	5.015	4.820	3.52	
Ti	0.026	0.158	0.152		
V	0.0034	0.020	0.0196		
Cr	0.156	0.935	0.898		
Mn	0.076	0.455	0.437		
Fe	5.310	31.804	30.566	4.2	40
Co	0.015	0.093	0.089		
Ni	0.374	2.241	2.153		

Связь потоков гео-антинейтрино с внутренним теплом Земли.

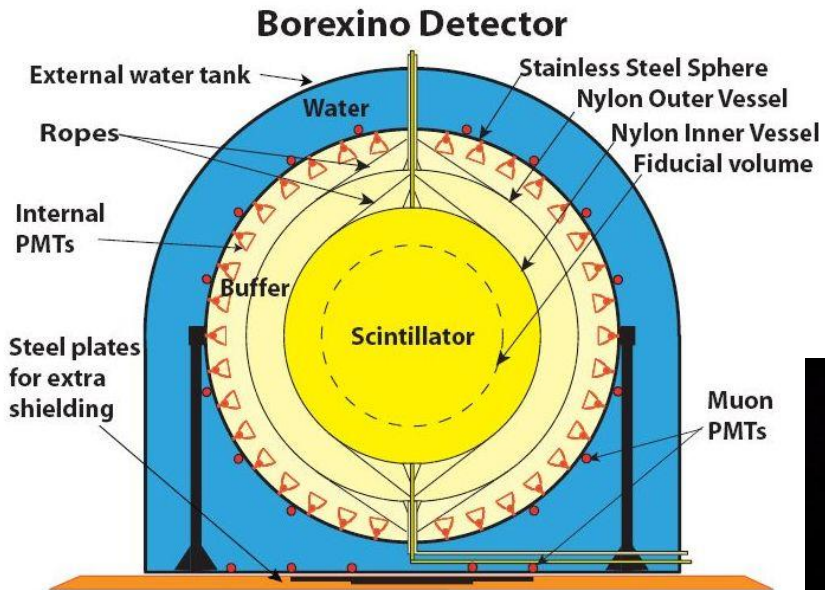
- ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th , ^{40}K decays in the Earth body are the source of heat and geoneutrinos.
- $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb} + 8\alpha + 6e + 6\tilde{\nu}_e + 51,7 \text{ MeV} (47,7)$
- $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + 6\alpha + 4e + 4\tilde{\nu}_e + 42,7 \text{ MeV} (40,4)$
- $^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ca} + e + \tilde{\nu}_e + 1.31 \text{ MeV} \quad \text{prob.} 0,893$
 $\rightarrow ^{40}\text{Ar} + \gamma + \nu_e + 1.51 \text{ MeV} \quad \text{prob.} 0,1066$

HE модель: $H_U + H_{Th} \approx 40 \text{ TW}$, $1\% \div 1.5\% \rightarrow H_K = 177 \div 265 \text{ TW}$.

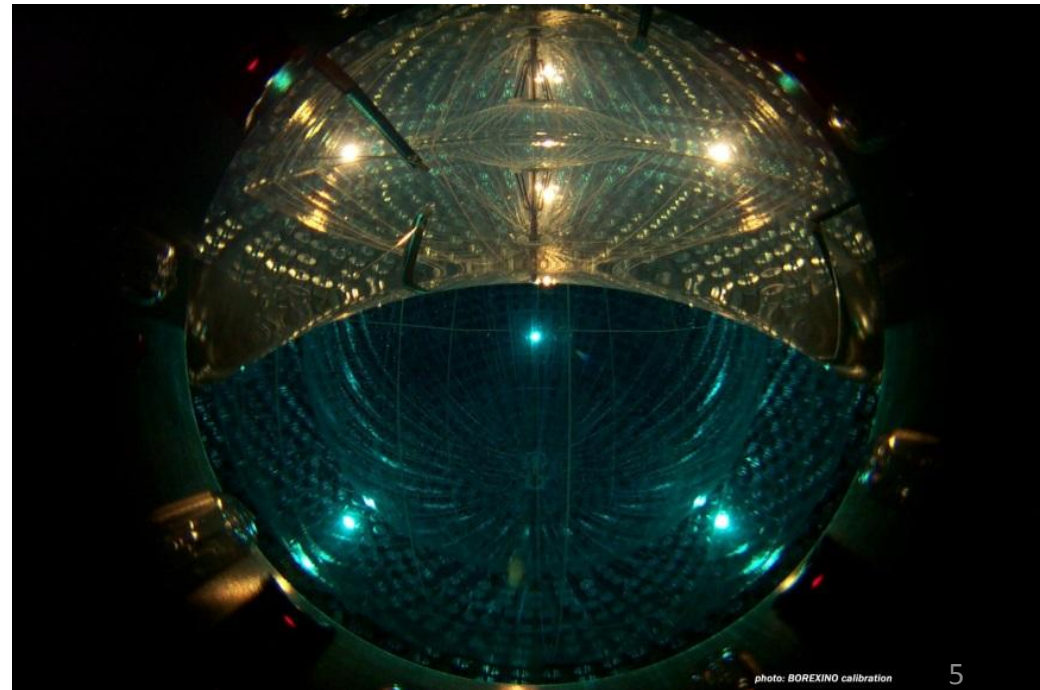
BSE модель: $H_U + H_{Th} \approx 20 \text{ TW}$, $H_K \approx 4 \text{ TW}$.

В гео-науку внедрён результат усреднения измерения потока внутреннего тепла Земли: $47 \pm 2 \text{ TW}$.

Borexino detector



100 t fiducial volume.
Total target mass 300 t.
 $R \sim 4$ events/year



M. Agostinti, K. Altenmuller, S. Appel, *et al.* (Borexino Collaboration), *Nature* **587**, 577 (2020);
arXive: 2006.15115 [hep-ex].

- $R(\text{CNO}) = 7.2 - 1.7 + 3.0 \text{ cpd}/100\text{t}$
- $R_{\text{theory}} = 4.93 \pm 0.78 \quad (68\% \text{ C.L.})$

Prediction 2015, 2020: Borexino will observe
6 ÷ 9 cpd/100tons as CNO- ν events.

Expected from CNO- ν in SSM is 4.9 cpd/100tons

Geoneutrino and Hydridic Earth model. Version 2. [Leonid Bezrukov](#). INR Preprint: 1378/2014, January 2014, Moscow. [arXiv:1308.4163v2](#) [astro-ph.EP]

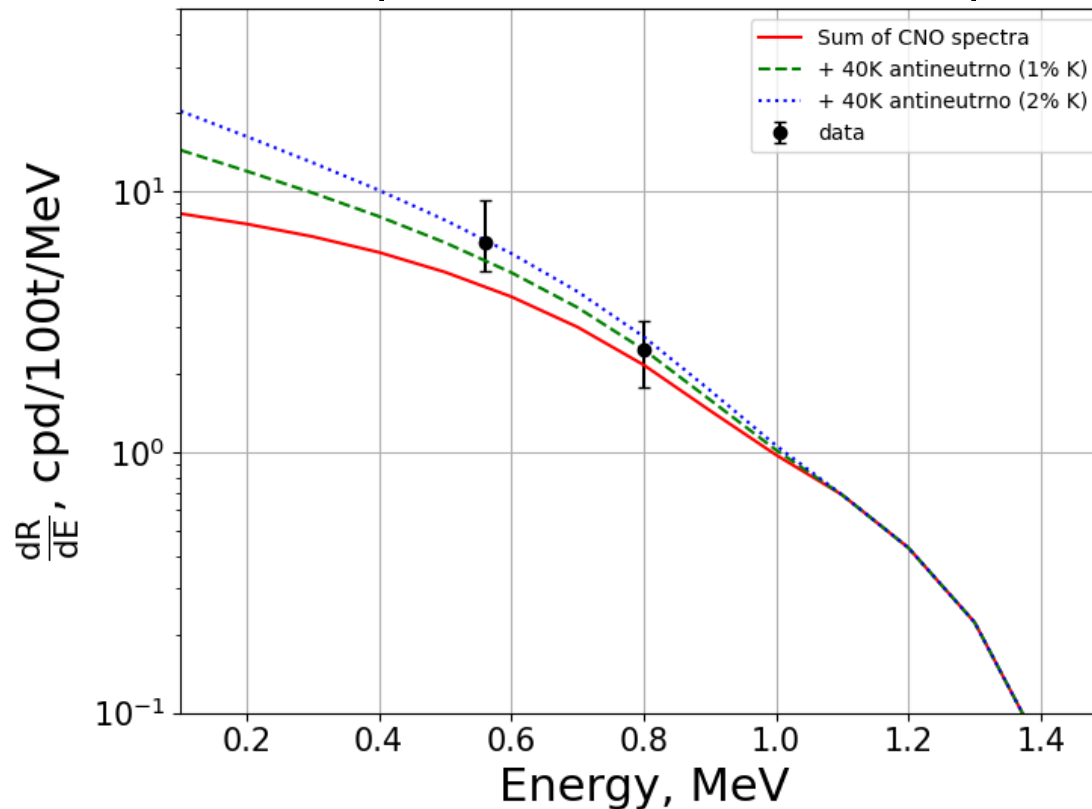
V.V.Sinev, L.B.Bezrukov, E.A.Litvinovich, I.N.Machulin, M.D.Skorokhvatov, S.V.Sukhotin. Looking for Antineutrino Flux from ^{40}K with Large Liquid Scintillator Detector, Physics of Particles and Nuclei.46 (2015) 186, doi:10.1134/S1063779615020173; arXiv:1405.3140 [physics.ins-det].

L.B.Bezrukov, I.S.Karpikov, A.S.Kurlovich, A.K.Mezhokh, S.V.Silaeva, V.V.Sinev, V.P.Zavarzina, On the contribution of the ^{40}K geo-antineutrino to single Borexino events. (2020) arXiv:2004.02533v2 [hep-ex]

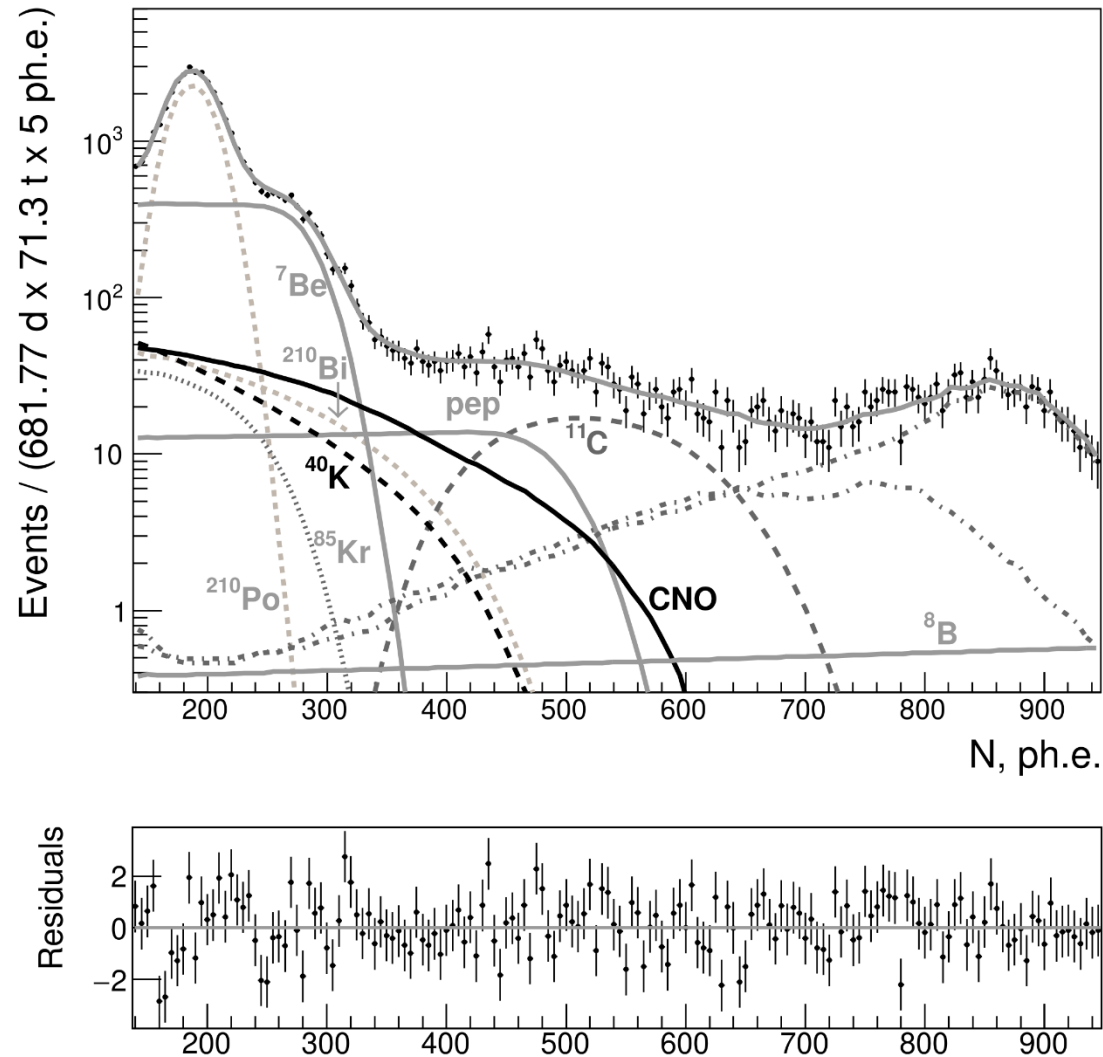
On first detection of solar CNO neutrinos. [arXiv:2007.07371v2](#) [hep-ex physics.ins-det] [L. B. Bezrukov](#), [I. S. Karpikov](#), [A. S. Kurlovich](#), [A. K. Mezhokh](#), [S. V. Silaeva](#), [V. V. Sinev](#), [V. P. Zavarzina](#). Интерпретация первой регистрации солнечных нейтрино CNO цикла детектором БОРЕКСИНО. *Л. Б. Безруков, В. П. Заварзина, И. С. Карпиков, А. С. Курлович, А. К. Межох, С. В. Силаева, В. В. Синёв*. Известия Российской Академии Наук, Серия физическая. № 4, том 85, с.566-569. 2021.

DOI: 10.3103/S1062873821040067

Энергетический спектр электронов отдачи при рассеянии нейтрино (или антинейтрино) на электронах сцинтиллятора а детекторе Borexino. Красным – солнечные CNO нейтрино, зелёным и синим – CNO нейтрино + ^{40}K гео-антинейтрино.



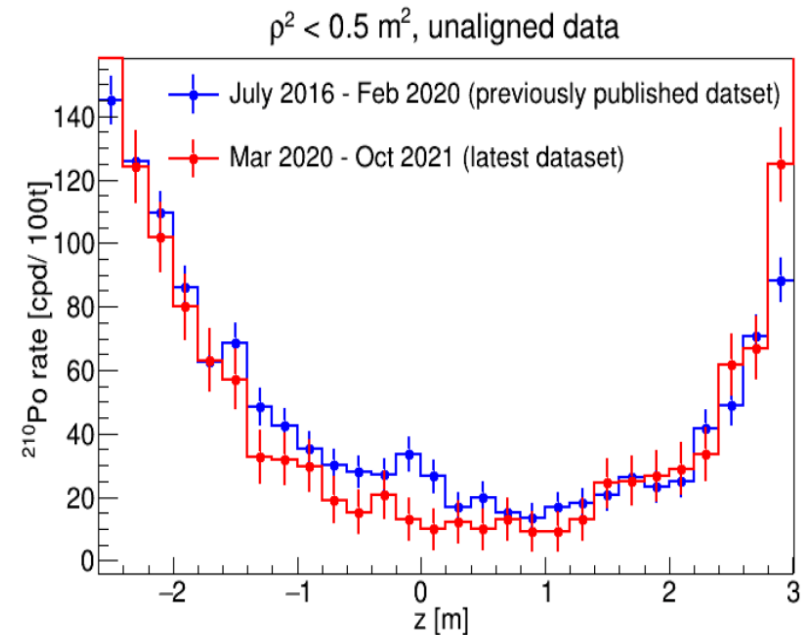
Potassium abundance in the Earth and Borexino data. L.Bezrukov,
A.Gromtseva, I.Karpikov, A.Kurlovich, A.Mezhokh, P.Naumov, Ya.Nikitenko,
S.Silaeva, V.Sinev, V.Zavarzina. arXiv:2202.08531 [physics.ins-det](2022)



New results on CNO neutrinos: what's new?

What is new with respect to the previous publication (2020)?

- Improvement of the MC which gives the reference shapes for the fit;
- Exposure increased by $\sim 33\%$
- Cleaner dataset: we removed the last 6 months of 2016 where contamination from unsupported ^{210}Po was still high;
- More stable temperature \rightarrow less unsupported $^{210}\text{Po} \rightarrow$ larger Low Polonium Field (LoPF) region;
- **This allows us to set a more stringent limit on ^{210}Bi ;**



$$R(^{210}\text{Bi}) < 10.8 \pm 1.0 \text{ counts/day/100t}$$

(It was: $R(^{210}\text{Bi}) < 11.5 \pm 1.3 \text{ counts/day/100t}$)

K-geo- ν . Выводы

- Добавление событий от $^{40}\text{K-geo-}\nu$ при анализе данных Борексина позволяет улучшить согласие экспериментального и фитированного спектров при скоростях счёта событий: $R(^{40}\text{K-geo-}\nu) = 7.05 \text{ cpd}/100\text{t}$, $R(^{210}\text{Bi}) = 6 \text{ cpd}/100\text{t}$ и $R(^{85}\text{Kr}) = 3.76 \text{ cpd}/100\text{t}$. Скорости счёта событий от CNO- ν и остальных источников не изменяются. Полученная скорость счёта от $^{40}\text{K-geo-}\nu$ соответствует 3.9% калия от массы Земли.
- Можно предложить детектор нового поколения, который сможет зарегистрировать поток калийных гео-antineutrino с высокой достоверностью. Это – детектор типа Борексина, но с очищенным от радиоактивности нейлоновым внутренним мешком. Это позволит измерить концентрацию ^{210}Bi в сцинтилляторе и увеличит статистику.

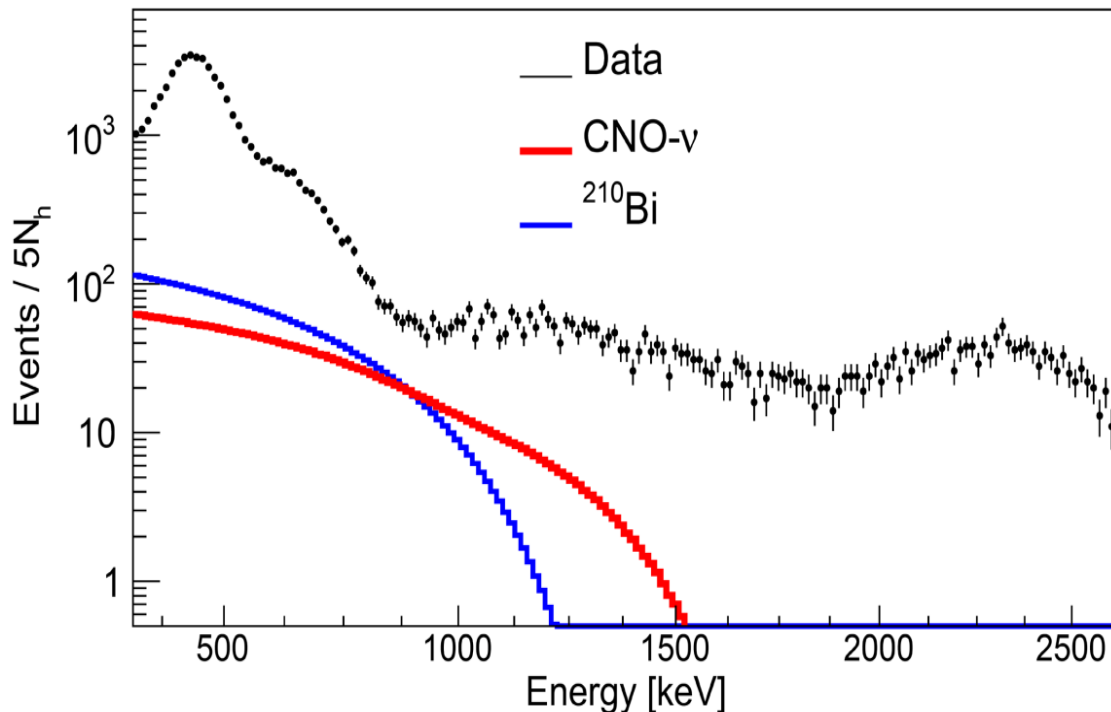
S. Appel, Z. Bagdasarian, D. Basilico, *et al.*
(Borexino Collaboration),
arXiv: 2205.15975 v1 [hep-ex] (2022).

$$R(\text{CNO}) = 6.7 - 0.8 + 2.0 \text{ cpd}/100\text{t}$$

CNO neutrinos: the problem of ^{210}Bi

The main problem for the extraction of CNO neutrinos is ^{210}Bi ;

Final Phase-III dataset: Jan 2017-Sep 2021; $N_{\text{ev}} = 110000$



THE PROBLEM

- The rate of CNO and ^{210}Bi is comparable;
- The spectral shape is very similar
→ the fit cannot disentangle the two contributions easily!



Need to determine the rate of ^{210}Bi independently in order to constrain it in the fit