

Научно-исследовательская работа по физике элементарных частиц «Исследование источников фона космогенного происхождения в детекторе Darkside-20k»

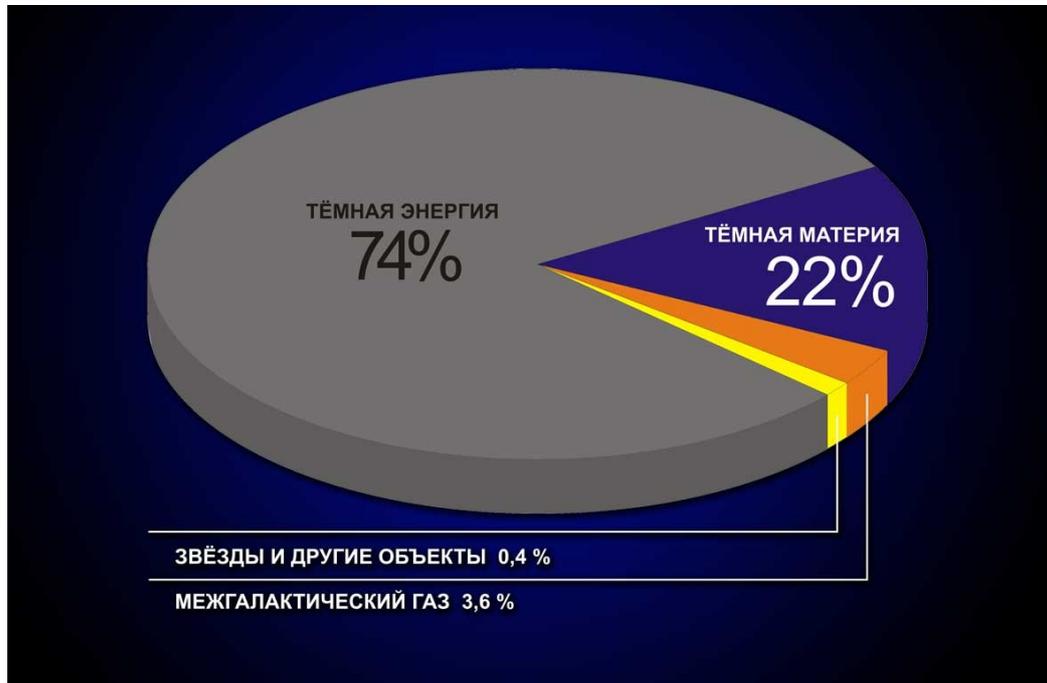
Руководитель НИР, с.н.с. ОФН,
НИЦ «Курчатовский институт»

И. Н. Мачулин

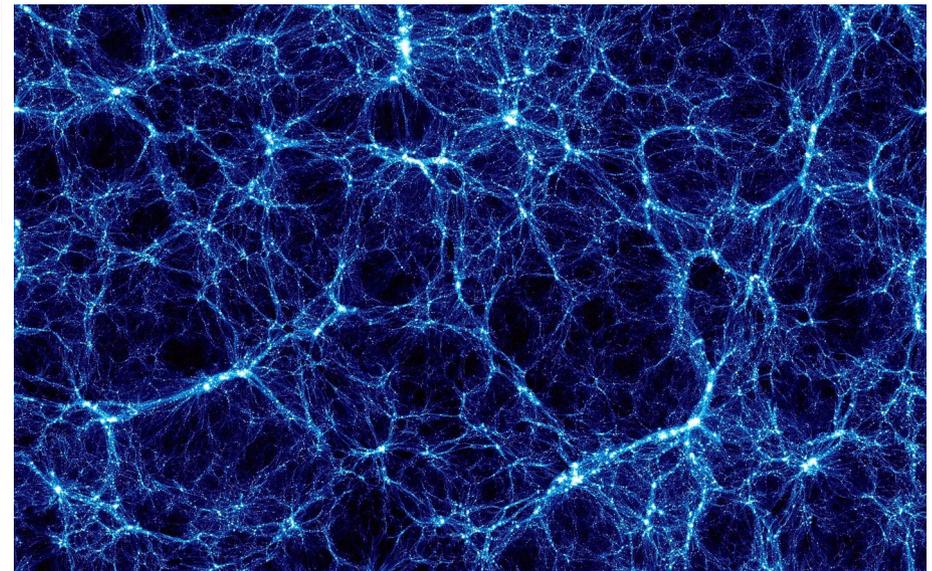
Студент гр. М20-115

Д. С. Голубков

Введение

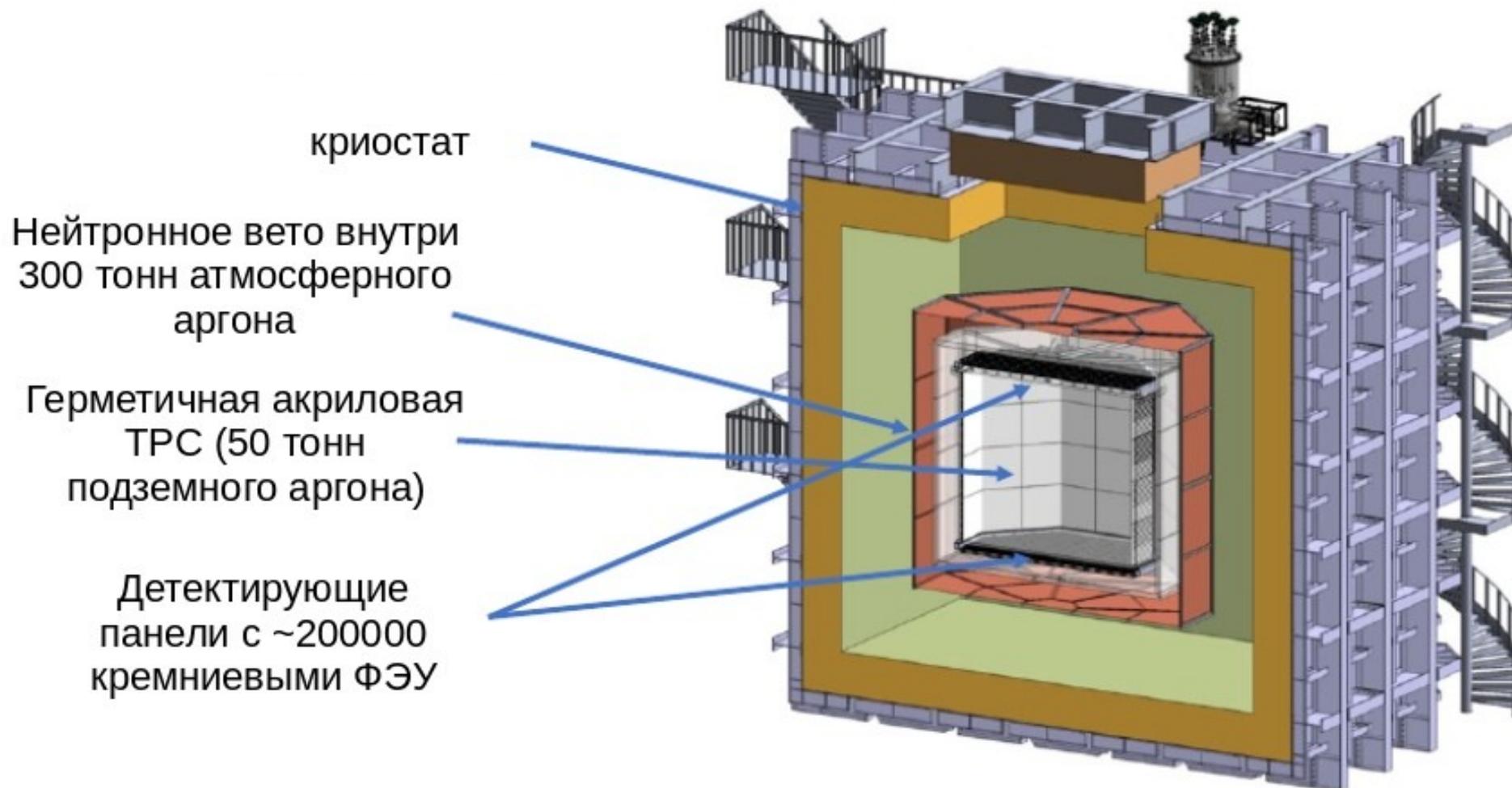


Существует много кандидатов гипотетических частиц тёмной материи. Одним из кандидатов является Weakly Interacting Massive Particles (WIMP).

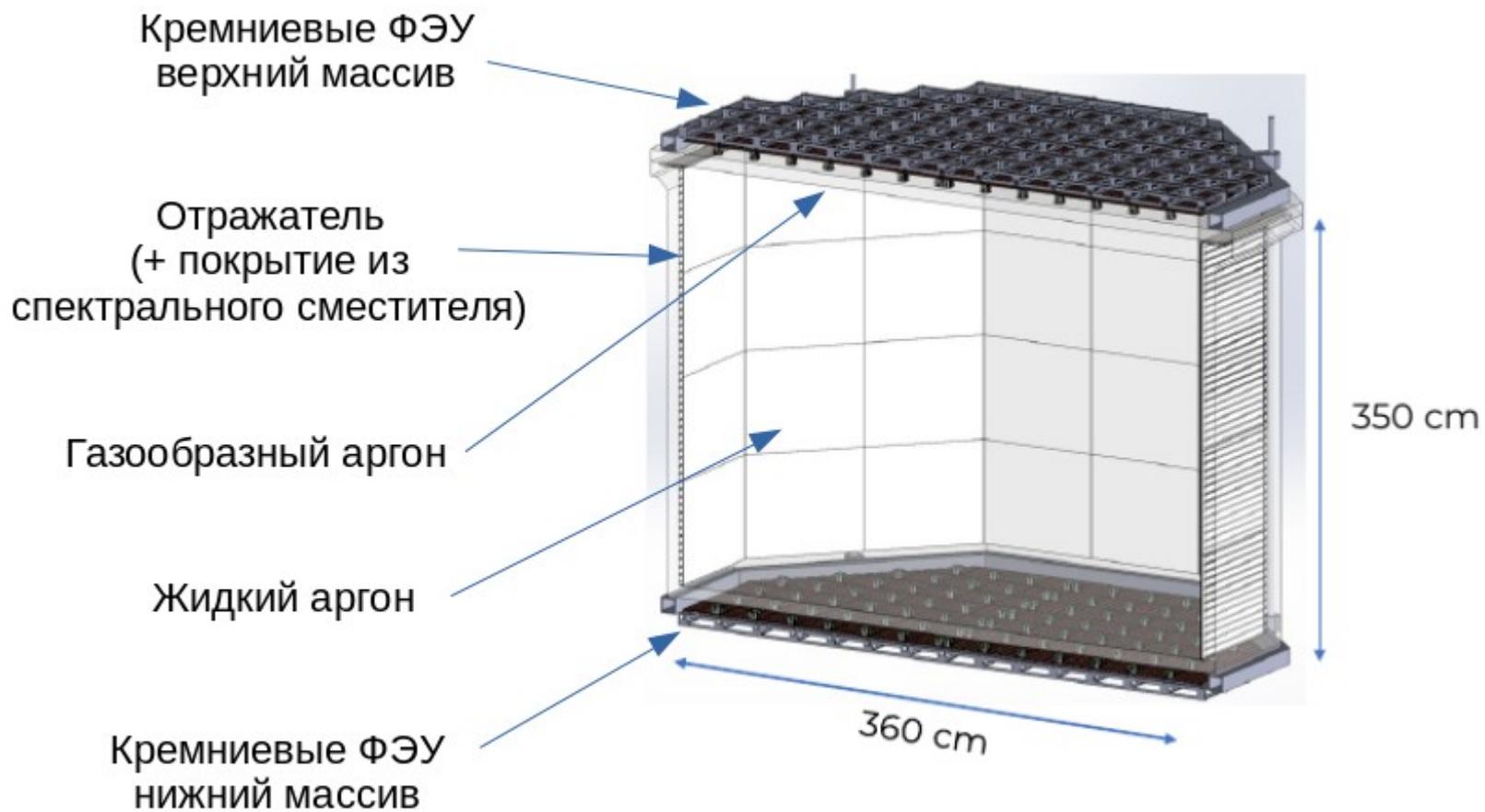


Наиболее убедительными экспериментальными фактами существования темной материи, полученными из астрономических наблюдений, являются результаты измерения скоростей слоёв галактик

Эксперимент Darkside-20k

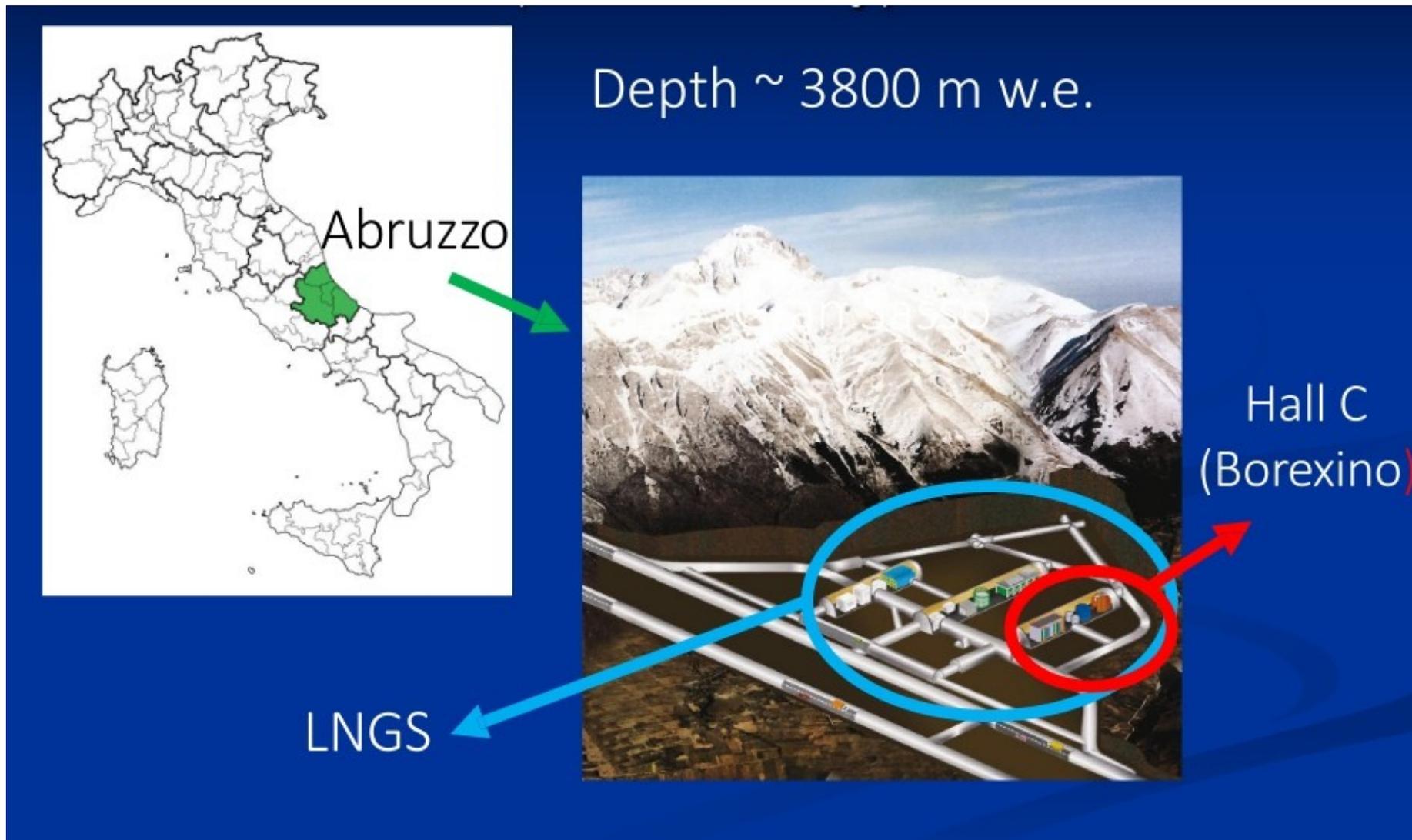


Временная проекционная камера (ТРС)



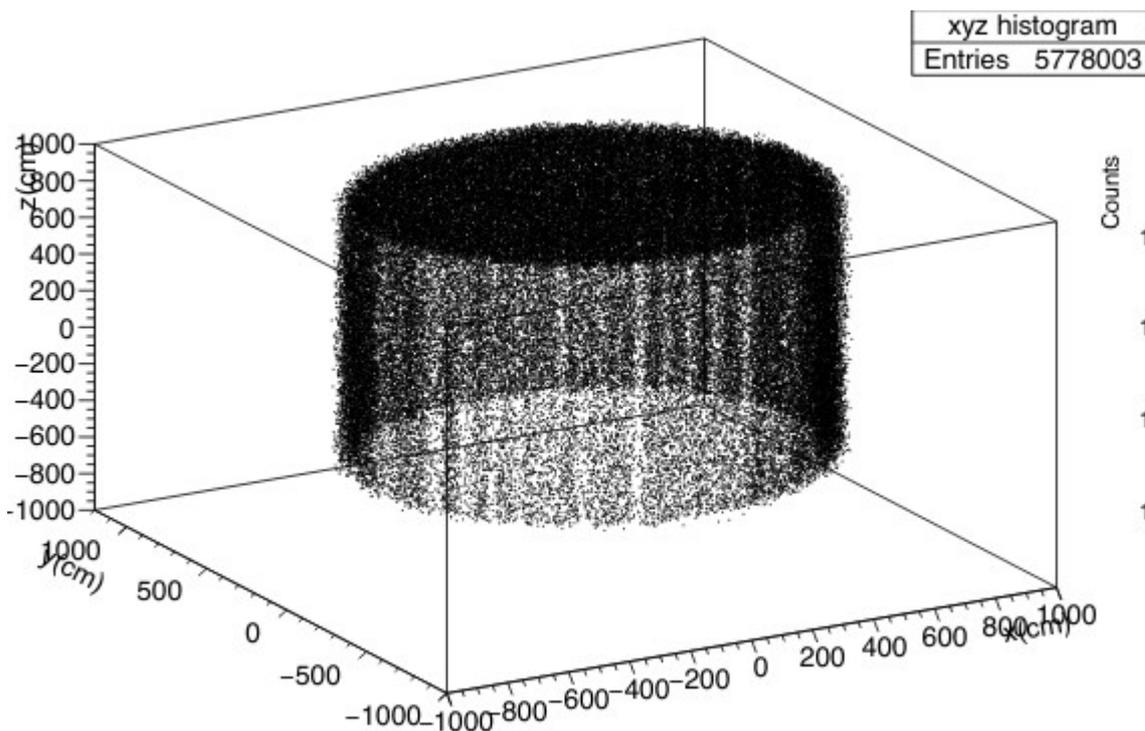
Расположение

- В Италии в регионе Абруцци находится Национальная лаборатория Гран-Сассо на глубине ~3800 метров водного эквивалента, где в холле С находится эксперимент Borexino, рядом с которым планируется поместить Darkside-20k

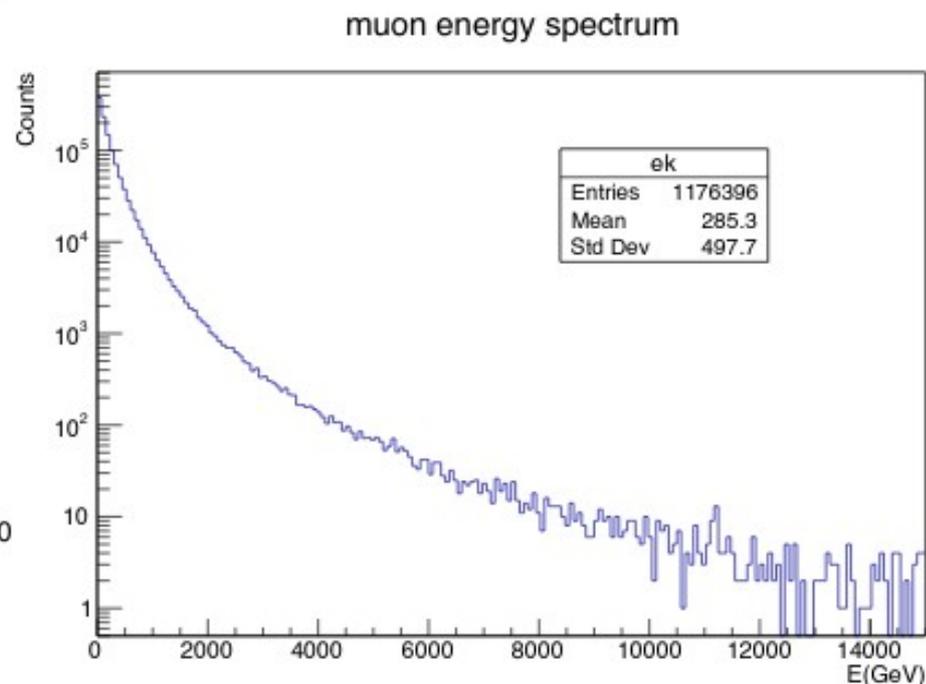


Космический фон

- Мюоны космогенного происхождения вырабатывают радиоактивные изотопы в мишени детектора



Расположения мюонов на поверхности цилиндра (радиуса 7 и высотой 14 метров)



Спектр энергий мюонов

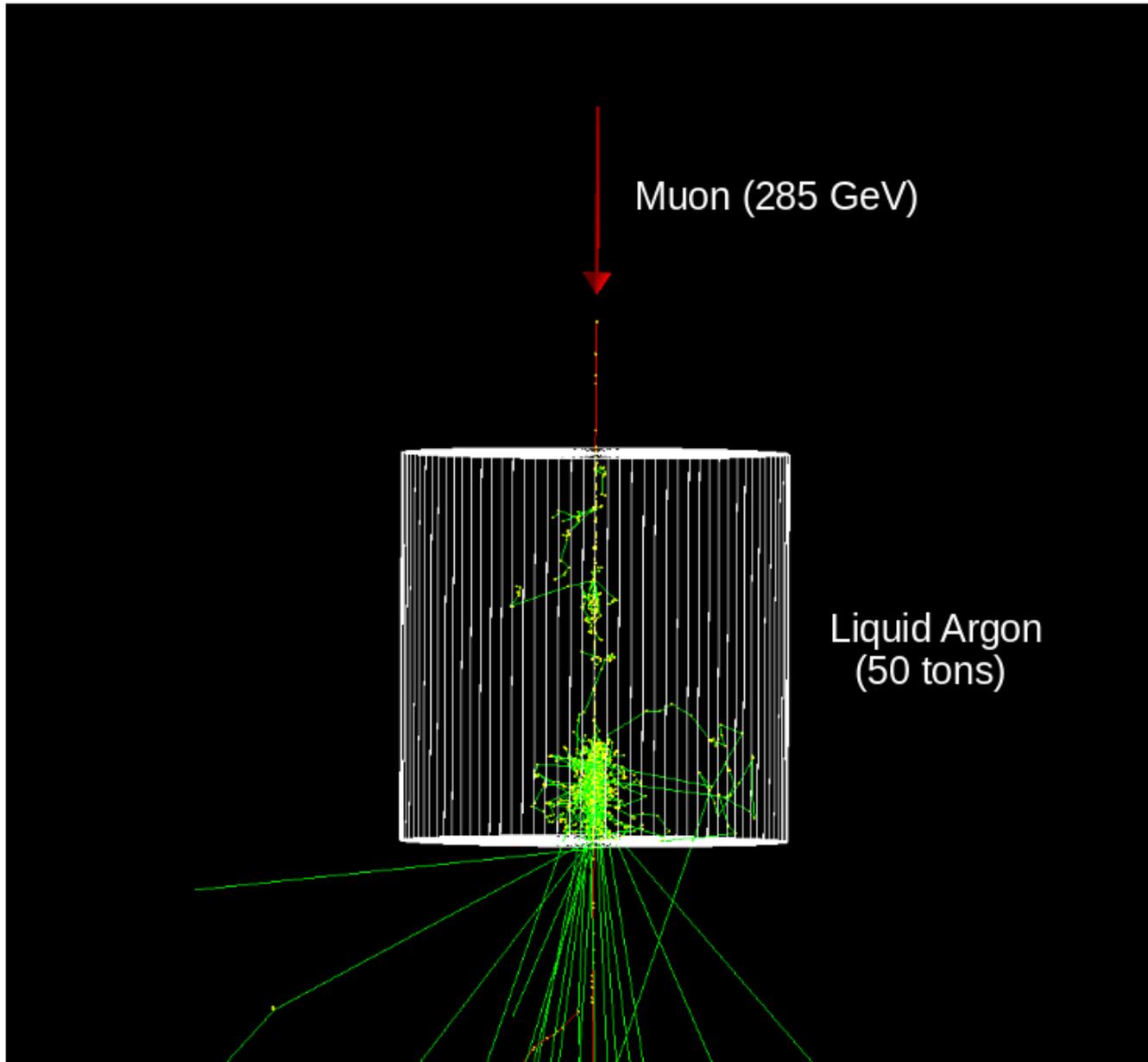
Поток мюонов f , пролетающих гору Гран-Сассо равен: $f = 3.4 \cdot 10^{-4} \text{ [с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}]$

Сравнение результатов работы программы с данными Borexino

	Данные от Borexino	Geant4 предыдущая модель (HP_Bertini_LEP_QGS)	Geant4 новая модель (QGSP_BIC_HP)
Сцинтиллятор	C_9H_{12}		
Изотопы	Выход [$10^{-7} \cdot (\mu\text{он} \cdot \text{г}/\text{см}^2)^{-1}$]		
${}^6\text{He}$	38 ± 15	8.9 ± 0.4	6.3 ± 0.5
${}^8\text{He} (\beta+n)$	<1.5	0.18 ± 0.05	0.26 ± 0.11
${}^8\text{Li}$	7 ± 7	7.8 ± 0.4	4.6 ± 0.4
${}^9\text{Li} (\beta+n)$	2.9 ± 0.3	1.68 ± 0.16	1.3 ± 0.2
${}^8\text{B}$	14 ± 6	1.44 ± 0.15	0.47 ± 0.14
${}^{12}\text{B}$	56 ± 3	29.7 ± 0.7	4.4 ± 0.4
${}^{11}\text{Be}$	<7.0	0.45 ± 0.09	0.17 ± 0.09
${}^9\text{C}$	<16	0.99 ± 0.13	0.60 ± 0.16
${}^{10}\text{C}$	18 ± 5	41.1 ± 0.8	8.2 ± 0.6
${}^{11}\text{C}$	886 ± 115	415 ± 3	105 ± 2
${}^{12}\text{N}$	<1.1	3.0 ± 0.2	3.1 ± 0.4

Выход изотопов: $\langle Y \rangle = N_i / (\langle l_\mu \rangle \cdot N_\mu)$, $\langle l_\mu \rangle = \rho \cdot L_\mu$

Моделирование мишени детектора Darkside-20k в пакете Geant4

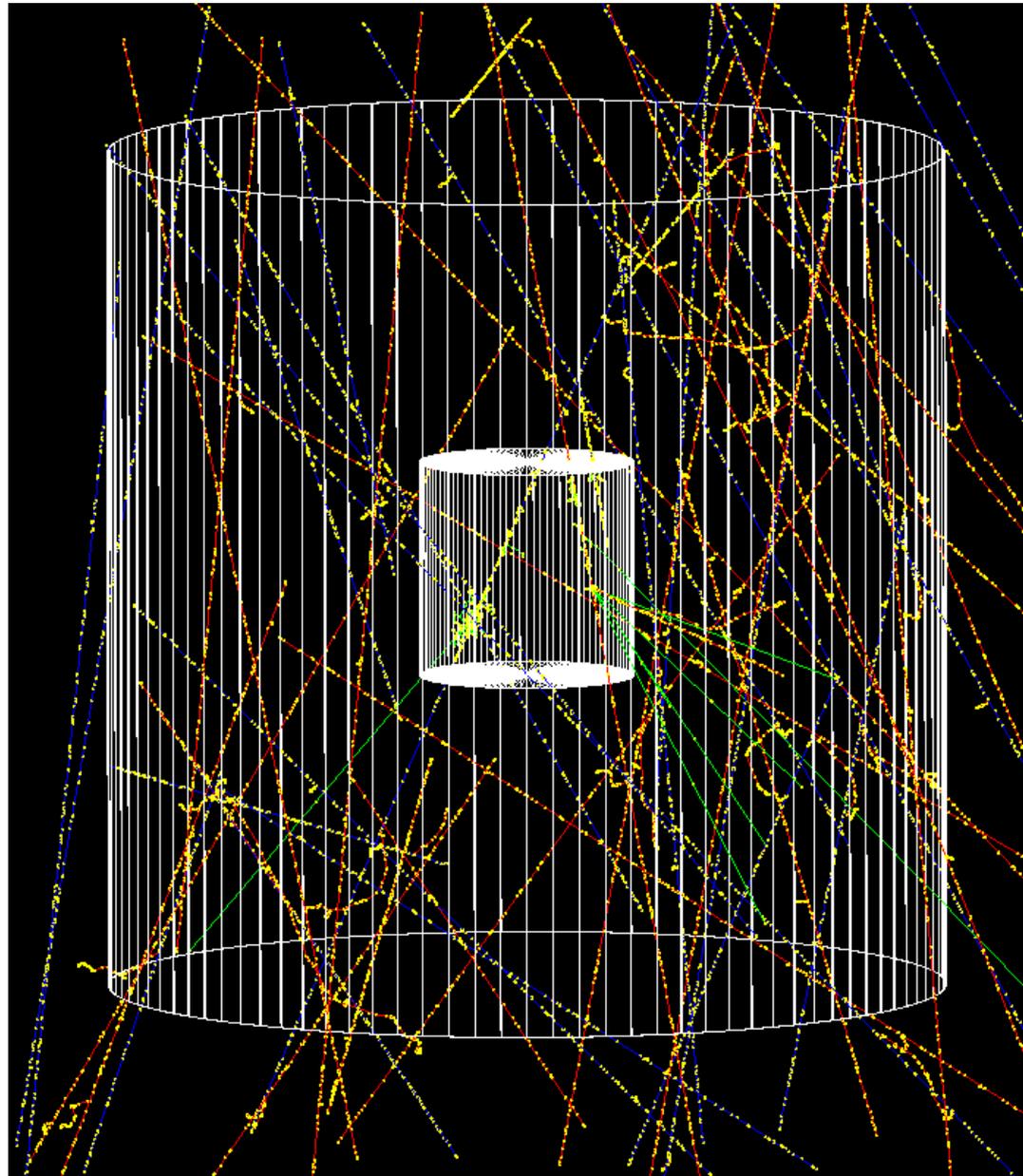


Результаты моделирования выхода изотопов в жидком аргоне

Изотопы β	Geant4 (QGSP_BIC_HP)		
	Выход [$10^{-7} \cdot (\mu\text{он} \cdot \text{г}/\text{см}^2)^{-1}$]	Изотопы $\beta+n$	Выход [$10^{-7} \cdot (\mu\text{он} \cdot \text{г}/\text{см}^2)^{-1}$]
^{41}Ar	63.7 ± 1.1	^8He	0.04 ± 0.03
^{40}Cl	36.5 ± 0.9	^9Li	0.28 ± 0.07
^{39}Cl	244 ± 2	^{11}Li	< 0.02
^{39}Ar	1916 ± 6	^{11}Be	0.12 ± 0.05
^{38}Cl	250 ± 2	^{13}B	0.12 ± 0.05
^{37}S	48.2 ± 0.9	^{17}N	0.14 ± 0.05
^{37}Cl	387 ± 3	^{22}F	0.24 ± 0.07
^{35}S	161.5 ± 1.8	^{24}F	0.12 ± 0.05
^{34}P	31.9 ± 0.8	^{27}Na	0.12 ± 0.05
^{33}P	53.9 ± 1.0	^{31}Al	0.58 ± 0.11
^{32}P	73.9 ± 1.2	^{32}Al	0.16 ± 0.06
^{31}Si	23.8 ± 0.7		
^{28}Al	24.6 ± 0.5		
^{10}Be	0.81 ± 0.13		
^3H	127.2 ± 1.6		

Моделирование 10^6 мюонов энергией 285 ГэВ для 50 тонн жидкого аргона

Моделирование космических мюонов



Моделирование космогенных мюонов под горой Gran Sasso

Изотопы β	Geant4 (QGSP_BIC_HP)		
	Выход [$10^{-7} * (\mu\text{он} * \text{г}/\text{см}^2)^{-1}$]	Изотопы $\beta+n$	Выход [$10^{-7} * (\mu\text{он} * \text{г}/\text{см}^2)^{-1}$]
^{41}Ar	33.3 ± 2.5	^8He	< 0.2
^{40}Cl	22.1 ± 2.5	^9Li	0.2 ± 0.2
^{39}Cl	172 ± 6	^{11}Li	< 0.2
^{39}Ar	1371 ± 17	^{11}Be	0.39 ± 0.28
^{38}Cl	184 ± 6	^{13}B	< 0.2
^{37}S	37.9 ± 2.7	^{17}N	< 0.2
^{37}Cl	284 ± 8	^{22}F	< 0.2
^{35}S	112 ± 5	^{24}F	< 0.2
^{34}P	27 ± 2	^{27}Na	< 0.2
^{33}P	33 ± 3	^{31}Al	0.39 ± 0.28
^{32}P	50 ± 3	^{32}Al	< 0.2
^{31}Si	16.9 ± 1.8		
^{28}Al	12.1 ± 1.5		
^{10}Be	1.5 ± 0.6		
^3H	106 ± 5		

Моделирование космических мюонов для 50 тонн жидкого аргона

- Всего было разыграно - 2357106 мюонов, количество мюонов попавших в объём аргона - 154231, средняя длина их пути в объёме - 237.4 см, средняя энергия мюонов - 285.3 ГэВ

Заключение

В ходе работы был смоделирован радиоактивный фон от космических мюонов для эксперимента Darkside-20k. Полученные результаты будут использоваться на конференциях группы анализа фонов детектора. В будущем планируется провести моделирование полного объёма детектора, провести оптимизацию программы и разыграть новые частицы.

Спасибо за внимание