

Детекторы космических лучей (ИЗМИРАН)

[, 2021]

1. Стандартный нейтронный супермонитор

Описание стандартного нейтронного монитора дано в [[Нейтронные детекторы, 2021](#)].



Крыша аппаратного зала отдела космических лучей ИЗМИРАН для уменьшения влияния снега выполнена в виде шатра. Один из детекторов станции нейтронный супермонитор 24nm64.

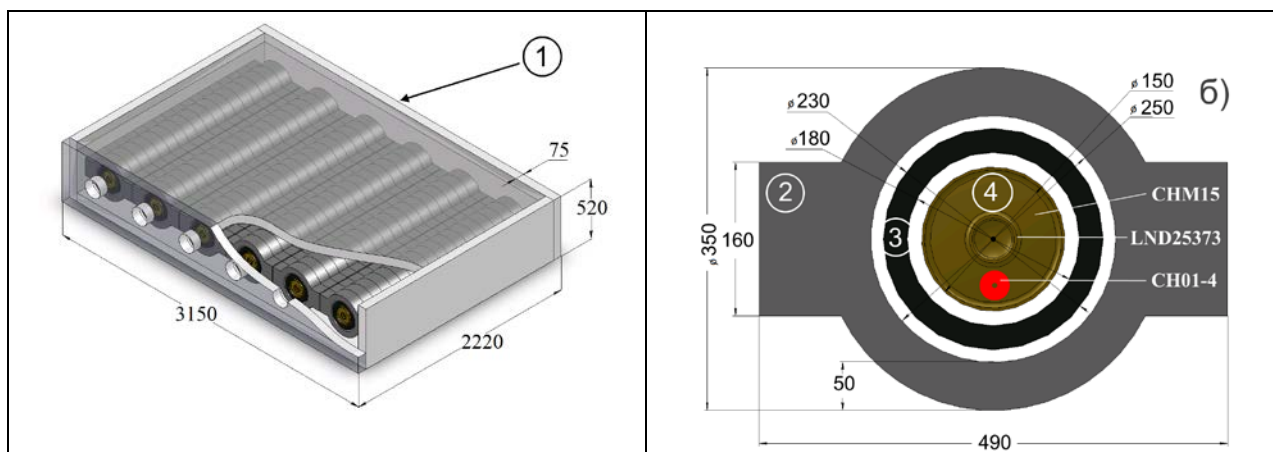


Рис.10. Внешний вид стандартной секции нейтронного монитора 6nm64 [Hatton & Carmichael, 1964; Carmichael, 1968] эффективной площади 6.21 м², состоящего из полиэтиленового отражателя (1), свинцового генератора нейтронов (2), полиэтиленового замедлителя (3) и пропорциональных счетчиков тепловых нейтронов (4). Размеры - в миллиметрах.

2. Мобильная лаборатория космических лучей

Детекторы расположены в 20-ти тонном морском контейнере. Состав:

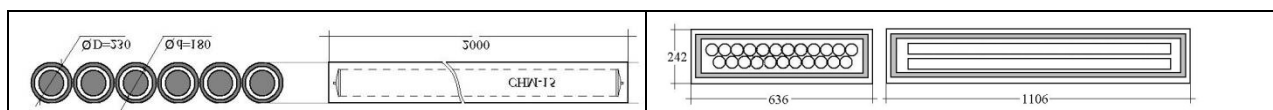
1. Детектор тепловых нейтронов

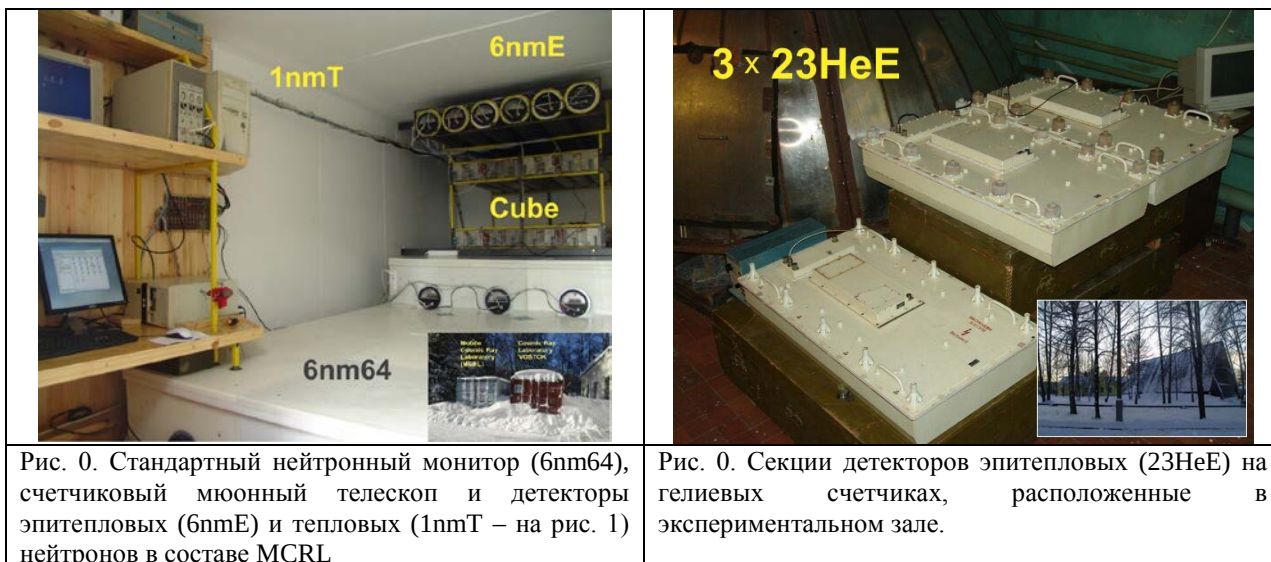
Для детекторов (рис.7) тепловых нейтронов (5×10^{-3} –0.5 eV) применяются счетчики нейтронов: CHM-15 и BP-28 ($\phi 150$ mm, L=1900 mm), CHM-18 ($\phi 30$ mm, L=250 mm), Гелий-2 ($\phi 30$ mm, L=1000 mm). Счетчик CHM-15 на уровне моря на средних широтах обеспечивает скорость счета 6800 имп./час (~ 2 s⁻¹). Обозначение такого детектора может быть, например, 1nmT для одиночного счетчикового детектора тепловых нейтронов.



2. Детекторы эпитепловых нейтронов

Для регистрации эпитепловых нейтронов (0.5 eV – 0.5 MeV) необходимо их замедлить до тепловых энергий. Для этого достаточен замедлитель толщиной 25 мм. Конструкция детектора эпитепловых нейтронов проста и показана на рис.8. Обозначение такого детектора может быть, например, 6nmE для шести счетчикового детектора эпитепловых нейтронов. Один детектор 1nmE на уровне моря на средних широтах обеспечивает скорость счета 9300 имп./час (~ 2.5 s⁻¹).





4. Антарктическая станция “Мирный”

Станция космических лучей на антарктической обсерватории “Мирный” в 1963 году была оснащена нейтронным монитором 18nm57, но в 1978 году для увеличения статистикой точности введен в строй нейтронный супермонитор 12nm64. В 2007 году на станции проведена полная модернизация электронного тракта и системы сбора данных. Установлена спутниковая связь Iridium для организации передачи данных в Москву практически в режиме реального времени (каждые 12 минут). В настоящее время на станции действует полноценная связь INMARSAT.

Уникальность станции космических лучей: высокоширотная, расположена в южном полушарии, в паре со станцией Баренцбург имеет хорошие характеристики для изучения северо-южной анизотропии, хотя и уступает паре станций Thule - McMurdo.



Общий вид антарктической обсерватории МИРНЫЙ



Здание Геофизики на станции Мирный
Освещенные окна – лаборатория космических лучей

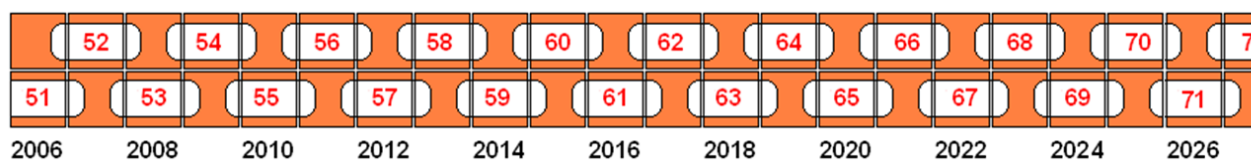


Нейтронный супермонитор 12nm64 на антарктической станции Мирный.

Нейтронный детектор 12nm64 на уровне моря на средних широтах обеспечивает скорость счета $\sim 125 \text{ s}^{-1}$.

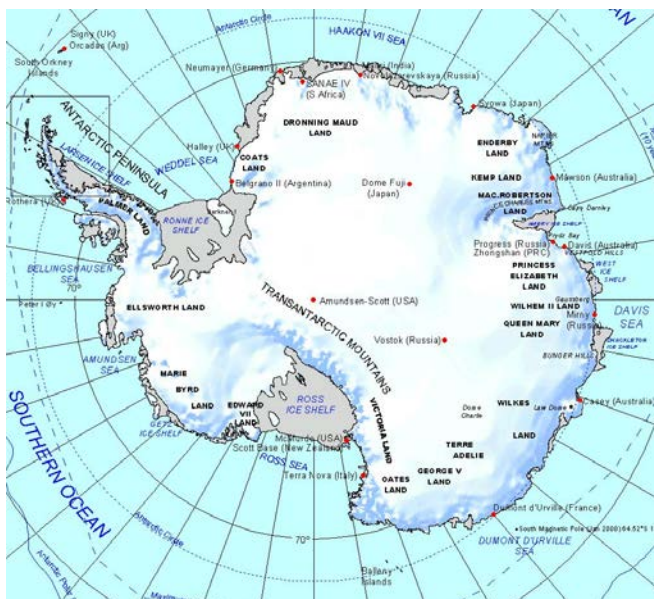
Зимовщики обсерватории Мирный Российских антарктических экспедиций.

Смирнов Дмитрий Владимирович	52	54	56	59	61	65	66	РАЭ
Соколов Александр Владимирович	53	55	57	60	63			РАЭ
Бунчук Сергей Александрович	58	62	64	67				РАЭ

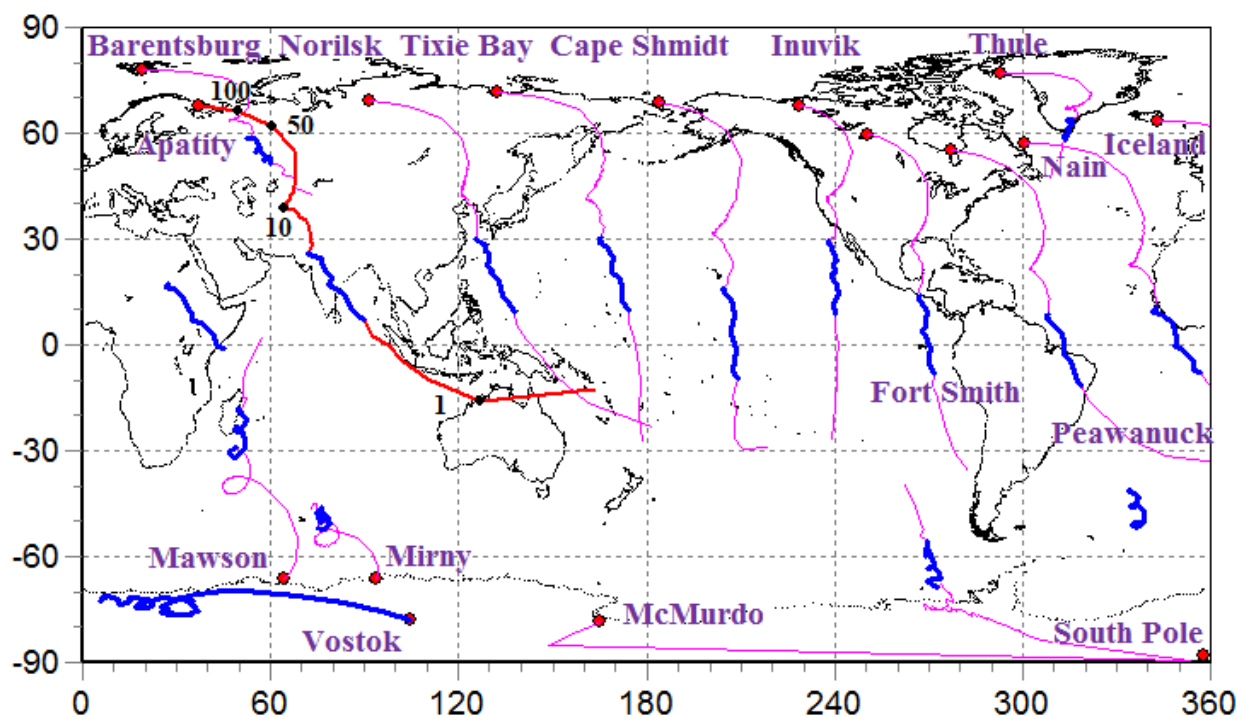


4. Антарктическая станция “Восток”

Latitude 78.47S Altitude 3488 m
Longitude 106.87E Rc $\approx$ 0.3 GV
Po= 620 mb;



Vostok Station, Antarctica



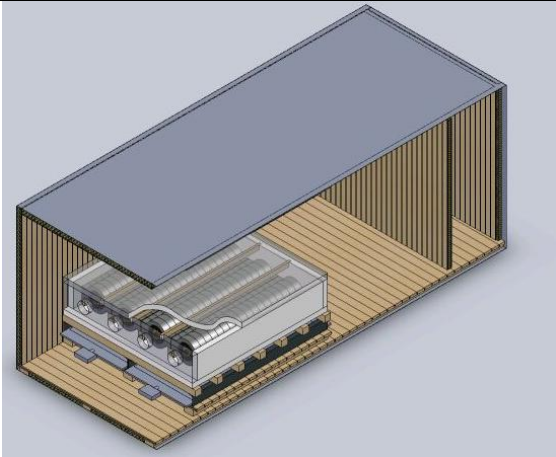
Асимптотические направления нейтронных детекторов сети “Космический корабль Земля”

Очень ценной для работы СЕТИ СКЛ является высокогорная антарктическая станция Восток: регистрация частиц низкочастотной части спектра, частицы собираются из полярного направления.

Нейтронный монитор типа 12nm57 на станции Восток был установлен в период МГГ, а в первой половине 70-х годов заменен нейтронным монитором 6nm64. Сейчас станция космических лучей Восток не работает. Проблема заключается в том, что на обсерватории Восток толщина снежного покрова увеличивается ежегодно на 40 см и некоторые здания за 50 лет оказались на 20-ти метровой глубине. Снег сильно усложняет эксплуатацию детекторов на таких станциях. Для решения этой проблемы оптимальным является размещение нейтронного монитора в контейнере на постоянных санях, которые можно ежегодно перемещать на новую площадку.

Фильм станция Восток. <https://www.youtube.com/watch?v=d4D1TiK7jBM>

Новости Южного Полюса <http://www.southpolestation.com>

	
В левом контейнере для станции Восток смонтирован нейтронный супермонитор 4nm64. Имеются монтажные места крепления для других детекторов космических лучей. Детектор смонтирован в ИЗМИРАН.	

Нейтронный детектор 4nm64 на уровне моря на средних широтах обеспечивает скорость счета $\sim 2400 \text{ s}^{-1}$.

5. Переформатированный нейтронный супермонитор

Более детальное описание стандартного нейтронного монитора дано в [Нейтронные детекторы, 2021; Yanke, 2021]. Детектор готовится для платформы “Северный полюс”. Стандартная секция нейтронного монитора 6nm64 предполагает использовать борные счетчики большого диаметра СНМ15, которые в настоящее время промышленностью не выпускаются. Переход на гелиевые счетчики диаметром $\varnothing 30$ мм или $\varnothing 50$ мм диктует необходимость переформатирования конструкции нейтронного монитора. В стандартном свинцовом кольце – множителе - не самым эффективным образом используется объем и вес, поскольку гелиевый счетчик занимает только 4 % объема (правая панель рис.10, счетчик СН01-4).

Переформатированный нейтронный монитор показан на рис.12 [Yanke, 2019], с использованием в качестве свинцового множителя стандартных свинцовых прямоугольных кирпичей как и в нейтронном мониторе Симпсона (рис.).

На рис.12 дан лицевой вид одного из модулей 5nm2020 площадью 1 m^2 (верхняя панель). Модуль содержит 5 счетчиков длиной 1 м и диаметром 30 мм или 50 мм, таким образом, можно использовать счетчики СН01-2, СН01-4 или LND253124.

Общее размещение секции нейтронного супермонитора 30nm2020 (например, в 20-ти футовом контейнере) показано на нижней панели рис.13.

Сравнение относительно стандартной секции нейтронного монитора 6nm64 на основе счетчика СНМ15 (скорость счета 60 cps) показывает, что переформатированный нейтронный монитор 30nm на основе гелиевых счетчиков СН01-4 дает увеличение чувствительности в 1.5 раза, а переход на счетчики LND253124 диаметром 50 мм увеличивает чувствительность в 2.6 раза.

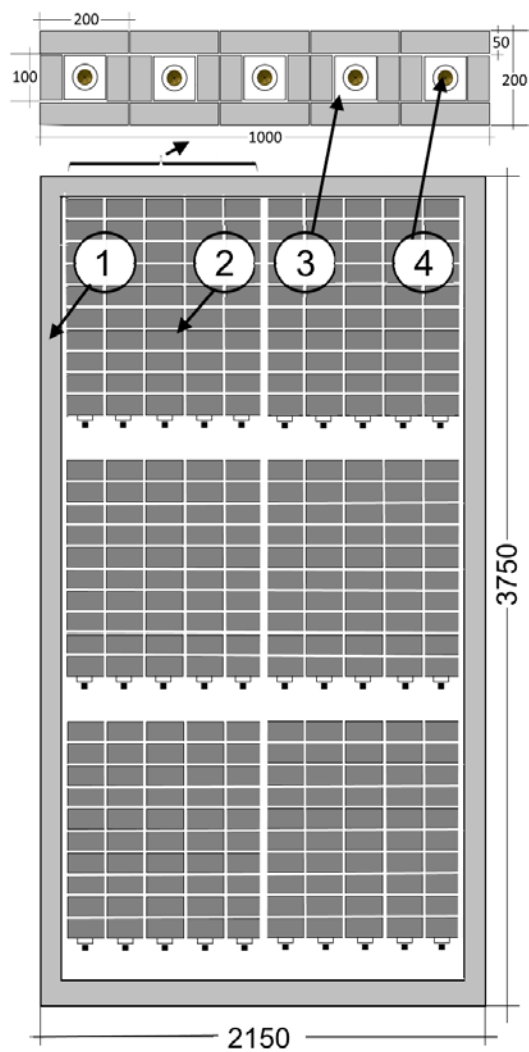


Рис.13. Лицевой вид модуля площадью 1 м^2 (верхняя панель) и расположение модулей нейтронного супермонитора 30nm2020 общей эффективной площадью 6.75 м^2 .



Рис. 00. Всесезонная самодвижущаяся платформа “Северный полюс”. Мюонный телескоп и нейтронный супермонитор в стандартном 20-футовом контейнере размещены на верхней палубе судна [<http://sudostroenie.info/novosti/22892.html>].

На уровне моря для средних широт одна секция нейтронного детектора 30nm2020 в лучшем исполнении на счетчиках LND253124 обеспечивает скорость счета $\sim 150 \text{ s}^{-1}$.

Цитируема литература

Нейтронные детекторы, 2021, [Neutron monitors design](#)

Yanke V.G. "Reformatting of the combined muon-neutron detector to increase efficiency: estimates, calculations, experiments", Physics of Atomic Nuclei, 2019, Vol. 82, No. 6, pp. 902–908, <https://doi.org/10.1134/S1063778819660499>