

Астрофизические исследования в эксперименте TAIGA



Общие сведения о теме

Шифр темы: **02-2-1125-2011/2023**

Лаборатория: **ЛЯП**

Научное направление: **Физика частиц**

Руководитель темы **Бородин А.Н.**

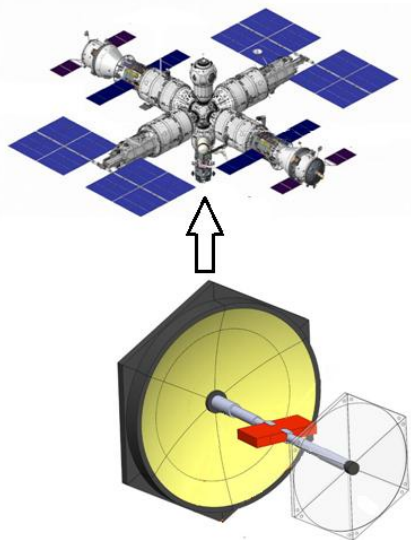
Заместитель руководителя темы **Ткачев Л.Г.**

Проект в теме

Астрофизические исследования в эксперименте TAIGA

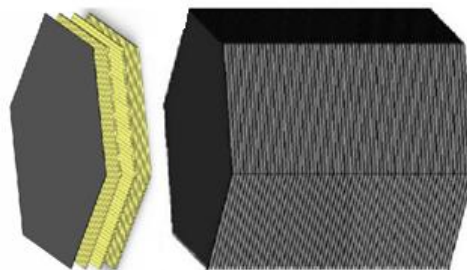
Дополнительная научная
активность

Исследование Восходящих и
Горизонтальных Широких
Атмосферных Ливней
(ИВГШАЛ).



51° 48' 35" N
103° 04' 02" E
675 m a.s.l.

Участие в подготовке космического
эксперимента Обсерватория Лучей
Высоких Энергий (ОЛВЭ-HERO)



Астрофизические исследования в эксперименте TAIGA

Более 200 источников с энергией гамма-квантов выше 1 ТэВ

1. Оболочки Сверхновых
2. Пульсарные туманности
3. Пульсары (Краб)
4. Двойные системы
5. Галактический центр
6. Блазары
7. Радиогалактики
8. Гамма-всплески

Глобальные задачи

1. Происхождение космических лучей
2. Релятивистские джеты и Активные Галактические Ядра
3. Поиск темной материи
4. Прозрачность Вселенной и аксионы
5. Поиск нарушений Лоренц инвариантности

Основные задачи

- 1. Исследование энергетического спектра гамма-квантов от Галактических источников и поиск новых источников гамма-квантов.**
(Крабовидная туманность, Dragonfly, J2227+610 (G106.3+2.7), J2031 +415 (CygnusCocoon), сверхновая Тихо-Браге)
- 2. Мониторинг потока гамма-квантов от близких внегалактических источников.**
Исследование формы спектра гамма-квантов с энергией выше 8 ТэВ от внегалактических источников позволит получить ограничения на плотность внегалактического фонового излучения (EBL), осуществить поиск «аксионоподобных» частиц.
- 3. Поиск гамма-квантов ТэВного диапазона от гамма-всплесков и гамма-квантов, скоррелированных с нейтрино высоких энергий.**
- 4. Поиск космических ускорителей, в которых протоны ускоряются до энергий 100 – 3000 ТэВ.** Для поиска таких ускорителей будет проведено исследование особенностей спектра заряженных космических лучей в интервале энергий 100–3000 ТэВ. Будет измерена доля протонов и гелия среди ядер заряженных космических лучей.
- 5. Исследование массового состава космических лучей в области перехода от галактических к внегалактическим лучам.**

Проект «TAIGA»

полученные результаты за последний отчетный период 2021-2023

Моделирование совместной работы IACT и HiSCORE.

Разработка программного обеспечения для анализа данных IACT+HiSCORE

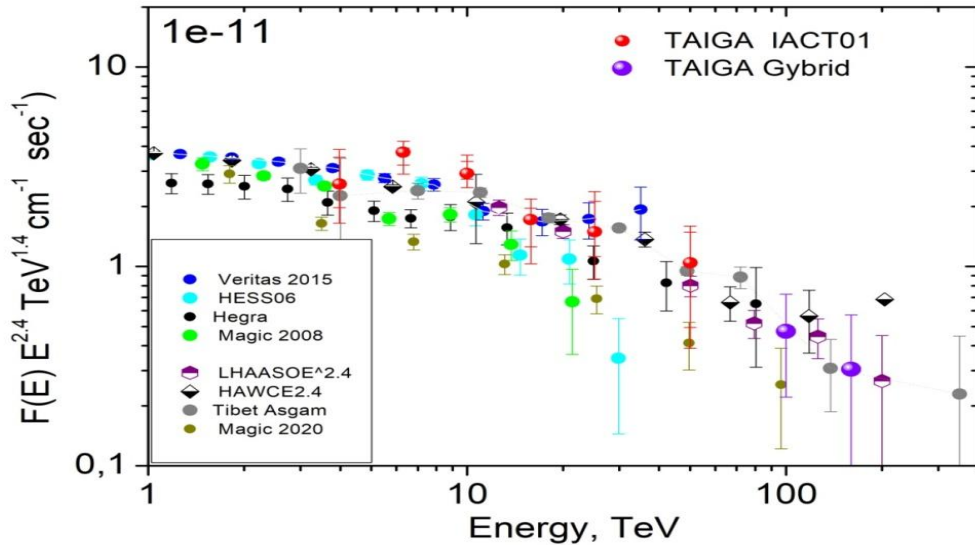
Участие в анализе данных и сборе данных на полигоне в Тункинской долине

Наблюдение ярчайших галактических и внегалактических источников гамма-излучения

Исследование гамма-излучения Крабовидной туманности.

Исследование потока гамма-квантов от блазаров Mrk 421 и Mrk 501 в стереорежиме

Ввод в эксплуатацию третьего и четвертого АЧТ (IACT)



Восстановленный спектр гамма-квантов от Крабовидной туманности по данным первого телескопа эксперимента TAIGA в сравнении с результатами измерений других обсерваторий за 150 часов наблюдения. Две последние точки получены по гибридным событиям (IACT01+HiSCORE).

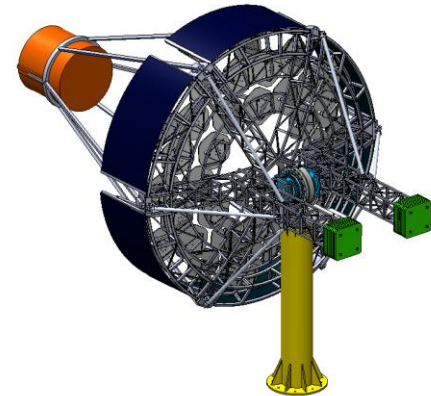
что планируется сделать

Мониторинг источников галактического гамма-излучения.

Установить верхний предел констант фотонно-аксионной конверсии на основе изучения энергетических спектров блазаров Mrk 421 и Mrk 501.

Планируется подготовить и установить

5 черенковский телескоп с модернизированной механической частью и Малый широкоугольный черенковский телескопа с детектором из матрицы SiPM



научная активность «Исследование Восходящих и Горизонтальных Широких Атмосферных Ливней (ИВГШАЛ)»

Научной задачей и целью ИВГШАЛ является измерение спектра, состава и источников КЛ в диапазоне 10^{19} - 10^{21} эВ.



06.04.2023

Российская орбитальная служебная станция

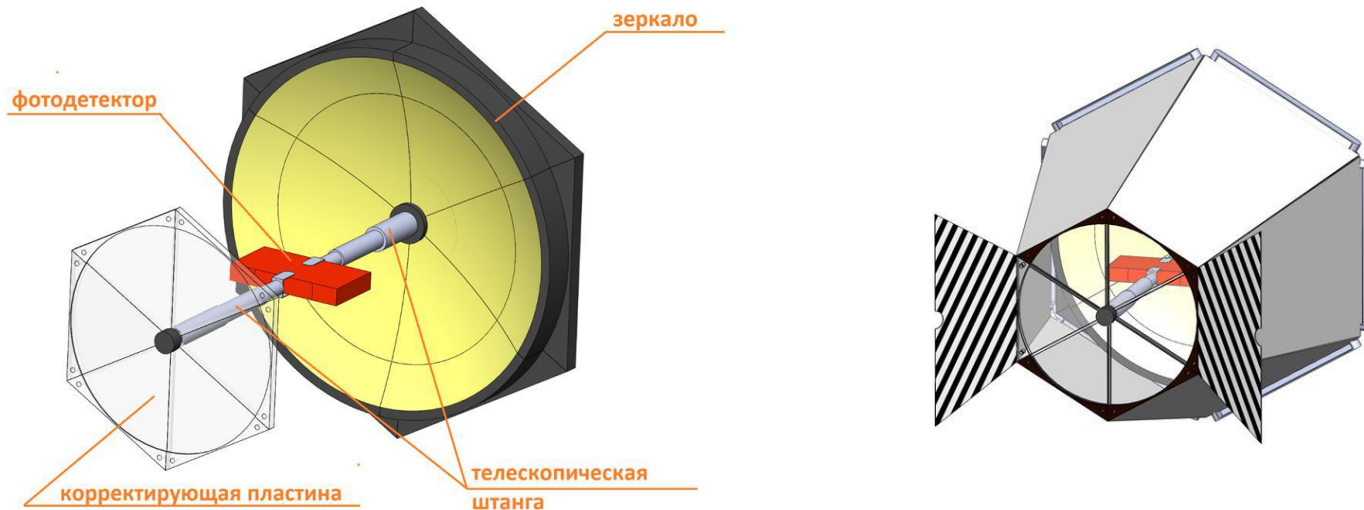


Космодром Восточный



научная активность «ИВГШАЛ»

Предлагается изготовить камеру Шмидта с диаметром главного зеркала в пределах 3000 мм. На рисунке представлен схематический вид оптической системы для диаметра главного зеркала 3000 мм: диаметр корректирующего планоида 1840 мм, диаметр фокальной поверхности 800 мм, поле зрения $\pm 15^\circ$. Необходимый угол зрения по вертикальной оси $\pm 2^\circ$, а по горизонтальной оси $\pm 15^\circ$.



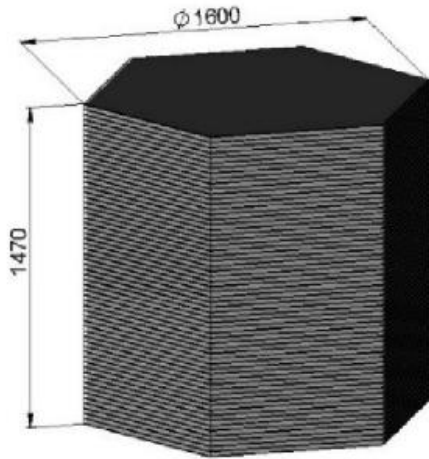
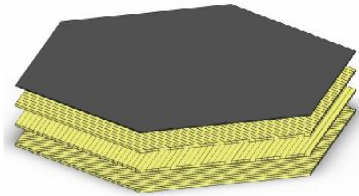
научная активность «Участие в подготовке космического эксперимента Обсерватория Лучей Высоких Энергий (ОЛВЭ-HERO)»

Измерение спектра, массового состава и анизотропии Космических Лучей в области $E=10^{12} - 10^{16}$ эВ

Предшественником ОЛВЭ-HERO (Обсерватория Лучей Высоких Энергий - High Energy Ray Observatory) был эксперимент **НУКЛОН**, в котором были измерены спектры и элементный состав КЛ в интервале энергий 10^{11} - 10^{15} эВ. Уникальные параметры проектируемого детектора позволят в течение 5 лет прямых внеатмосферных измерений получить данные, большая статистика которых позволит определить изменения состава диапазоне 10^{15} - 10^{16} эВ, который является переходным от галактических КЛ к внегалактическим КЛ, а также провести измерение угловой анизотропии КЛ.

Проект включен в Федеральную Программу Космических Исследований с запуском до 2030 г.

ОЛВЭ-HERO



Основные параметры детектора:

1. Эффективный геометрический фактор - протоны 9 м²ср; тяжелые ядра 14 м²ср; электроны и гамма 16 м²ср.

2. Фактор экспозиции:

протоны 90 м²ср год;

тяжелые ядра 140 м²ср год;

электронов и гамма 160 м²ср г.

3. Энергетическое разрешение:

протоны 25%,

ядра ~10-15%,

электроны и гамма ~5%.

4. Зарядовое разрешение:

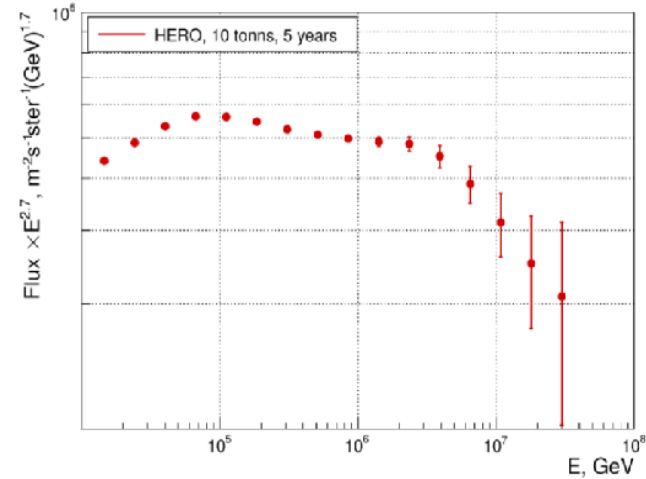
0,2 единицы заряда.

5. Уровень подавления: протоны/электроны 10⁵-10⁶,

гамма/электроны >10³.

Общая масса 10-12 тонн.

Потребляемая мощность <3500 Вт



Обеспечение людьми (FTE)

№ № п/п	Категория работника	Основной персонал, сумма FTE	Проект TAIGA, сумма FTE	Активность ИГВШАЛ, сумма FTE	Активность ОЛВЭ-HERO, сумма FTE
1.	научные работники	4.8	3,5	0,6	0,7
2.	инженеры	3,1	2,9	0,2	1
3.	специалисты	3,6	2,4	0,2	1
4.	рабочие				
	Итого:	12.5	8,8	1,0	2,7

№№ п/п	Категория работников	ФИО	Подразделение	Должность	Сумма FTE
1.	научные работники	Бородин А. Н.	ЛЯП	исследователь	1
		Ткачёв Л. Г.	ЛЯП	исследователь	1
		Горбунов Н.В.	ЛФВЭ	исследователь	0,3
		Гребенюк В. М.	ЛЯП	исследователь	1
		Лаврова М. В.	ЛЯП	исследователь	1
		Сатышев И.	ЛИТ	исследователь	0,5
2.	инженеры	Гринюк А. А.	ЛЯП	инженер	1
		Пан А.	ЛЯП	инженер	1
		Пороховой С. Ю.	ЛЯП	инженер	0,6
		Блинов А. В.	ЛЯП	инженер	1
		Скрыпник А.	ЛЯП	инженер	0,1
		Баландин С.	ЛЯП	инженер	0,1
		Соловьёв Н.	ЛЯП	инженер	0,1
3.	специалисты	Павлов Ю.	ЛЯП	техник	1
		Шайковский А.	ЛЯП	конструктор	0,6
		Шолтан Е.	ЛЯП	Старший лаборант	0,9
		Караташ Х.	ЛЯП	Старший Лаборант	1
	Итого:				12,2

Финансы (из форм для проектов)

№№ п/п	Наименование работ	Стоимость, к\$	Расходы в год (тыс. долл. США)				
			1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год...
1.	Международное сотрудничество (МНТС)	75	15	15	15	15	15
2.	Материалы	120	30	30	20	20	20
3.	Оборудование и услуги сторонних организаций						
4.	Пуско-наладочные работы	15	3	3	3	3	3
ВСЕГО:		210	48	48	38	38	38

Опубликованные (или уже принятые в печать) работы за отчетный период

1. GAMMA/HADRON SEPARATION FOR A GROUND BASED IACT IN EXPERIMENT TAIGA USING RANDOM FOREST MACHINE LEARNING METHODS

Vasyutina M., Sveshnikova L., Bonvech E.A., Bulan A.V., Chernov D.V., Kalmykov N.N., Korosteleva E.E., Kozhin V.A., Kryukov A.P., Kuzmichev L.A., Lubsandorzhev N.B., Mirzoyan R., Osipova E.A., Panov A.D., Podgrudkov D.A., Popova E.G., Postnikov E.B., Prosin V.V., Razumov, Silaev A.A. et al.

В сборнике: Proceedings of Science. 5. Сер. "5th International Workshop on Deep Learning in Computational Physics, DLCP 2021" 2022.

2. АСТРОКЛИМАТ РАВНИННЫХ ВЫСОКОГОРНЫХ ЗОН БОЛЬШОГО АЛТАЯ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ: ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛНОМАСШТАБНОГО ГАММА-АСТРОНОМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Мордвин Е.Ю., Волков Н.В., Ревякин А.И., Тогоо Р., Астапов И.И., Безъязыков П.А., Бланк М., Бонвеч Е.А., Бородин А.Н., Брюкнер М., Буднев Н.М., Булан А., Вайдянатан А., Вишневский Р., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гармаш А.Ю., Гафаров А.Р., Гребенюк В.М., Гресс О.А. и др.

Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2022. Т. 86. № 3. С. 452-456.

3. TAIGA—A hybrid array for high energy gamma-ray astronomy and cosmic-ray physics

N. Budnev(Irkutsk State U.), I. Astapov(Moscow Phys. Eng. Inst.), P. Bezyazeekov(Irkutsk State U.), E. Bonvech(SINP, Moscow), A. Borodin(Dubna, JINR) et al. (Sep 11, 2022)

Published in: **Nucl.Instrum.Meth.A 1039 (2022) 167047** • Contribution to: VCI2022

4. TAIGA - an advanced hybrid detector complex for astroparticle physics and high energy gamma-ray astronomy

N. Budnev(Irkutsk State U.), I. Astapov(Moscow Phys. Eng. Inst.), P. Bezyazeekov(Irkutsk State U.), E. Bonvech(SINP, Moscow), A. Borodin(Dubna, JINR) et al. (Aug 29, 2022)

Contribution to: ISVHECRI 2022 • e-Print: 2208.13757 [astro-ph.IM]

5. Primary Cosmic Rays Energy Spectrum and Mean Mass Composition by the Data of the TAIGA Astrophysical Complex

V. Prosin, I. Astapov, P. Bezyazeev, E. Bonvech, A. Borodin et al. (Aug 2, 2022)

Contribution to: ISVHECRI 2022 e-Print: 2208.01689 [astro-ph.HE]

6. Optimisation studies of the TAIGA-Muon scintillation detector array
TAIGA Collaboration I. Astapov(Moscow Phys. Eng. Inst.) et al. (Jun 17, 2022)

Published in: **JINST 17 (2022) 06, P06022**

7. Identification of electromagnetic and hadronic EASs using neural network for TAIGA scintillation detector array

TAIGA Collaboration I. Astapov(Moscow Phys. Eng. Inst.) et al. (May 16, 2022)

Published in: **JINST 17 (2022) 05, P05023**

Имеются публикации в журналах 1-2 квартиля (Q1 и Q2)

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research - Q2

Astrophysical Journal Letters - Q1

Journal of Instrumentation - Q2

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A - Q2

«TAIGA 1125»



06.04.2023

17