

Разработка и создание систем активной компенсации магнитного поля и очистки жидкого сцинтиллятора прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа

Луканов А.Д.

Научный руководитель: д. ф.-м. н. Лубсандоржиев Б.К.

Объединенный семинар ОФВЭ и ОТФ
НИЦ КИ ПИЯФ, Санкт-Петербург
15.10.2026

Научная новизна и актуальность

- В рамках данной работы впервые в отечественной практике разработана и создана система активной компенсации магнитного поля для детектора нейтрино, которая позволяет снизить значения внешнего магнитного поля до около нулевых значений.
- Разработан и создан измерительный стенд для исследования влияния магнитного поля на параметры фотоэлектронных умножителей размерами до 20 дюймов, данный стенд позволяет компенсировать магнитное поле для трех компонент величиной до 1 Гс.
- Проведены исследования влияния магнитного поля на параметры фотоэлектронных умножителей. По результатам исследований показана необходимость использования системы компенсации магнитного поля в детекторе.
- Впервые в отечественной практике разработана и создана система хроматографической очистки, система вакуумной молекулярно-пленочной дистилляции и система водной экстракции. Применение данных методов очистки позволяет достичь требуемой чистоты и оптических свойств жидкого сцинтиллятора.
- Проведены исследования характеристик жидких сцинтилляторов на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом.

Положения, выносимые на защиту

- Разработка и создание системы компенсации магнитного поля для прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа с массой мишени 5 тонн
- Разработка и создание измерительного стенда для исследования влияния магнитного поля на параметры фотоэлектронных умножителей
- Результаты исследования влияния магнитного поля Земли и искусственного магнитного поля на параметры фотоумножителей
- Разработка и создание системы хроматографической очистки, системы вакуумной молекулярно-пленочной дистилляции, системы водной экстракции, предназначенных для очистки линейного алкилбензола
- Разработка методики хроматографической очистки, очистки методом вакуумной молекулярно-пленочной дистилляции
- Результаты исследования жидких сцинтилляторов на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом

Личный вклад

- Автором лично разработана система компенсации магнитного поля, получена оптимальная конфигурация системы, рассчитаны параметры установки.
- Лично автором разработан и создан измерительный стенд для исследования влияния магнитного поля на параметры фотоумножителей, разработан и создан магнитометр на основе модуля НМС5883L, который позволяет проводить измерения магнитного поля до 8 Гс с точностью до 0.005 Гс.
- Автор лично провел исследования влияния магнитного поля на параметры фотоэлектронных умножителей.
- При определяющем вкладе автора разработана и создана система хроматографической очистки, системы вакуумной молекулярно-пленочной дистилляции и системы водной экстракции, предназначенных для очистки линейного алкилбензола.
- Лично автором разработана методика хроматографической очистки и очистки методом вакуумной дистилляции.
- Вклад автора был решающим в исследованиях жидких сцинтилляторов на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом.

Публикации

Основные положения, выносимые на защиту, опубликованы в 7 статьях, входящих в список ВАК, индексируемых в базах Web of Science и SCOPUS:

1. А. Д. Луканов, А. А. Будзинская, Д. М. Воронин и др. Система компенсации магнитного поля Баксанского большого нейтринного телескопа // Журнал технической физики. 2025, том 95, №11, с. 2247-2255. DOI: 10.61011/JTF.2025.11.61609.30-25.
2. A.D. Lukanov, A.A. Budzinskaya, V.N. Gavrin et al. Infrastructure of 5-ton Prototype of Baksan Large Neutrino Telescope Project // Physics of Atomic Nuclei. V 88, 1075-1081 (2025). DOI:10.1134/S1063778825601702.
3. Lukanov A.D., Voronin D.M., Gavrin V.N. et al. Current Status of the Baksan Large Neutrino Telescope // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 87, 929–934 (2023). DOI:10.3103/S1062873823702805.
4. Lukanov A.D., Budzinskaya A.A., Gavrin V.N. et al. Baksan Large Neutrino Telescope Project: Prototypes and Perspectives // Phys. Atom. Nuclei 86, 1380–1384 (2023). DOI:10.1134/S1063778823060182.
5. A.Yu. Sidorenkov, A.A. Budzinskaya, A.N. Fazliakhmetov, ..., A.D. Lukanov, et al. Characterization of scintillator mixtures based on n-dodecane and linear alkylbenzene // Radiation physics and chemistry. 2026 Vol. 239 P.113337. DOI:10.1016/j.radphyschem.2025.113337.
6. Е. П. Веретенкин, В. Н. Гаврин, Б.А. Комаров, ..., А.Д. Луканов, др. Жидкие органические сцинтилляторы для регистрации редких событий, методы очистки от U, Th и K // Ядерная физика. 2022, том 85, №6, с. 459-467. DOI: 10.31857/S0044002722060149.
7. A.Yu. Sidorenkov, O.V. Borshchev, A.A. Budzinskaya, ..., A.D. Lukanov, et al. Research and Development of Highly Efficient Liquid scintillators // Physics of Atomic Nuclei. 2023. Vol. 87. N. 1. P. 347-350. doi: 10.1134/S1063778824010514

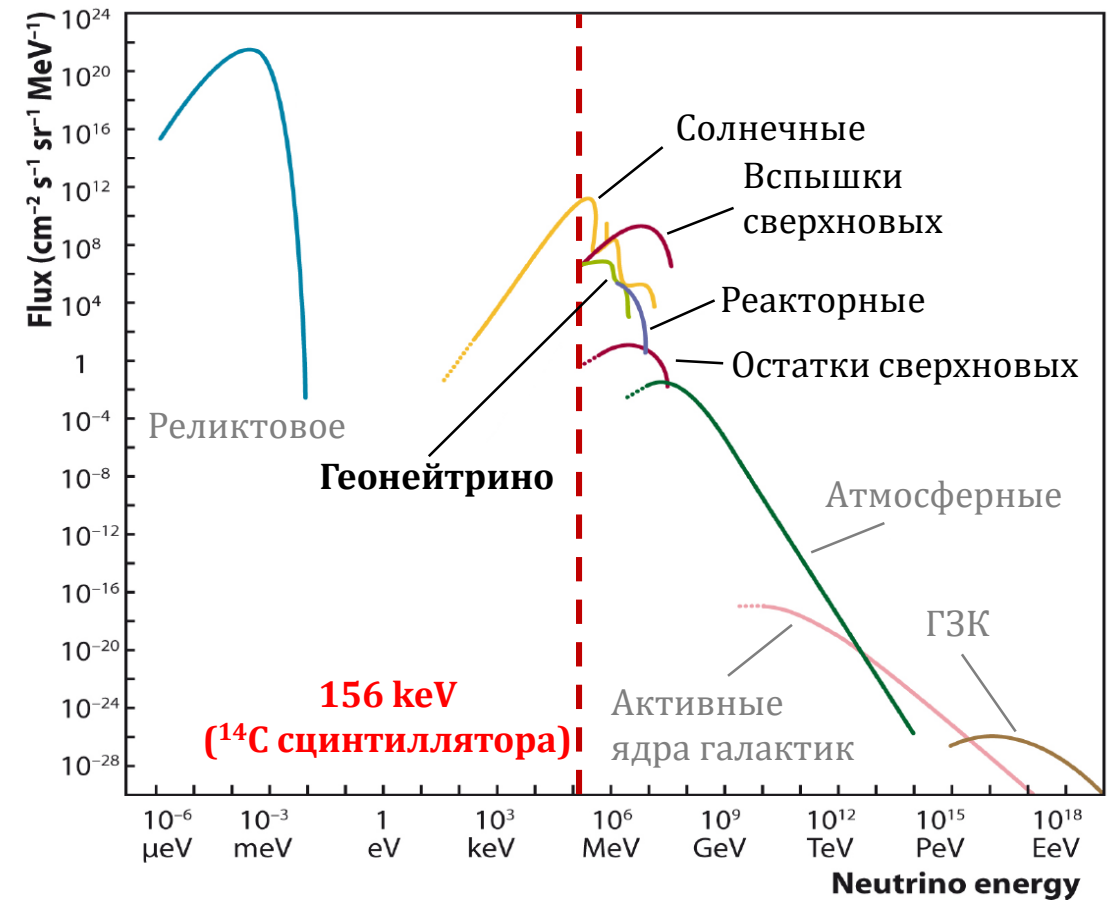
Апробация работы

Основные результаты диссертационной работы представлялись автором в устных и стендовых докладах на международных и российских конференциях:

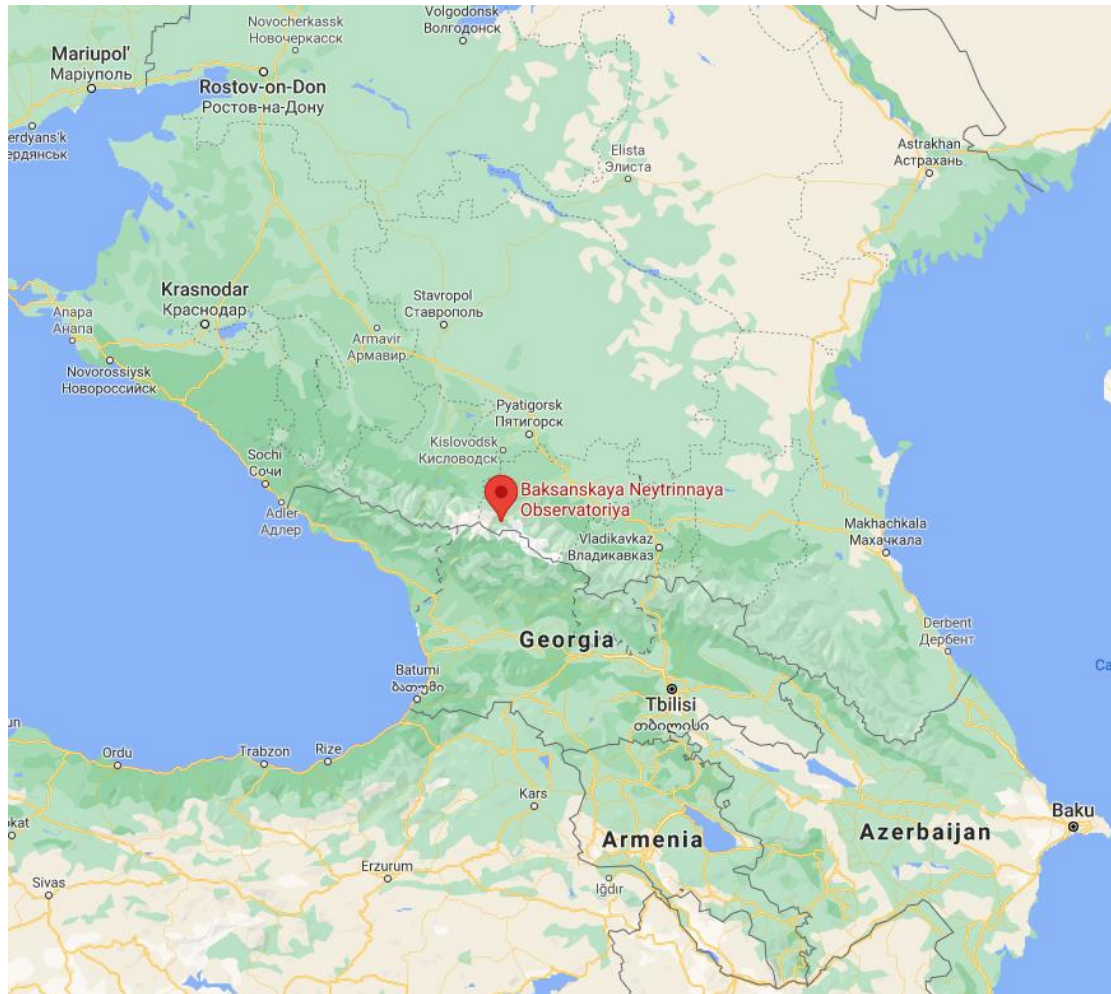
1. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2021", 12-23 Апреля 2021, Москва, Россия
2. 64-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 29 Ноября - 3 Декабря 2021, Москва, Россия
3. 37-я Всероссийская конференция по космическим лучам, 27 Июня – 2 Июля 2022, Москва, Россия
4. 6-th International conference on particle physics and astrophysics, 29 November - 2 December 2022, Moscow, Russia
5. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2023", 10-21 Апреля 2023, Москва, Россия
6. 65-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 3-8 Апреля, 2023, Москва, Россия
7. 7-th International conference on particle physics and astrophysics, 22-25 October 2024, Moscow, Russia
8. 66-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 1-6 Апреля, 2024, Москва, Россия
9. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2025", 11-25 Апреля 2025, Москва, Россия
10. LXXV Международная конференция "ЯДРО-2025". Физика атомного ядра и элементарных частиц. Ядерно-физические технологии", 1-6 Июля 2025, Санкт-Петербург, Россия

Основные цели проекта

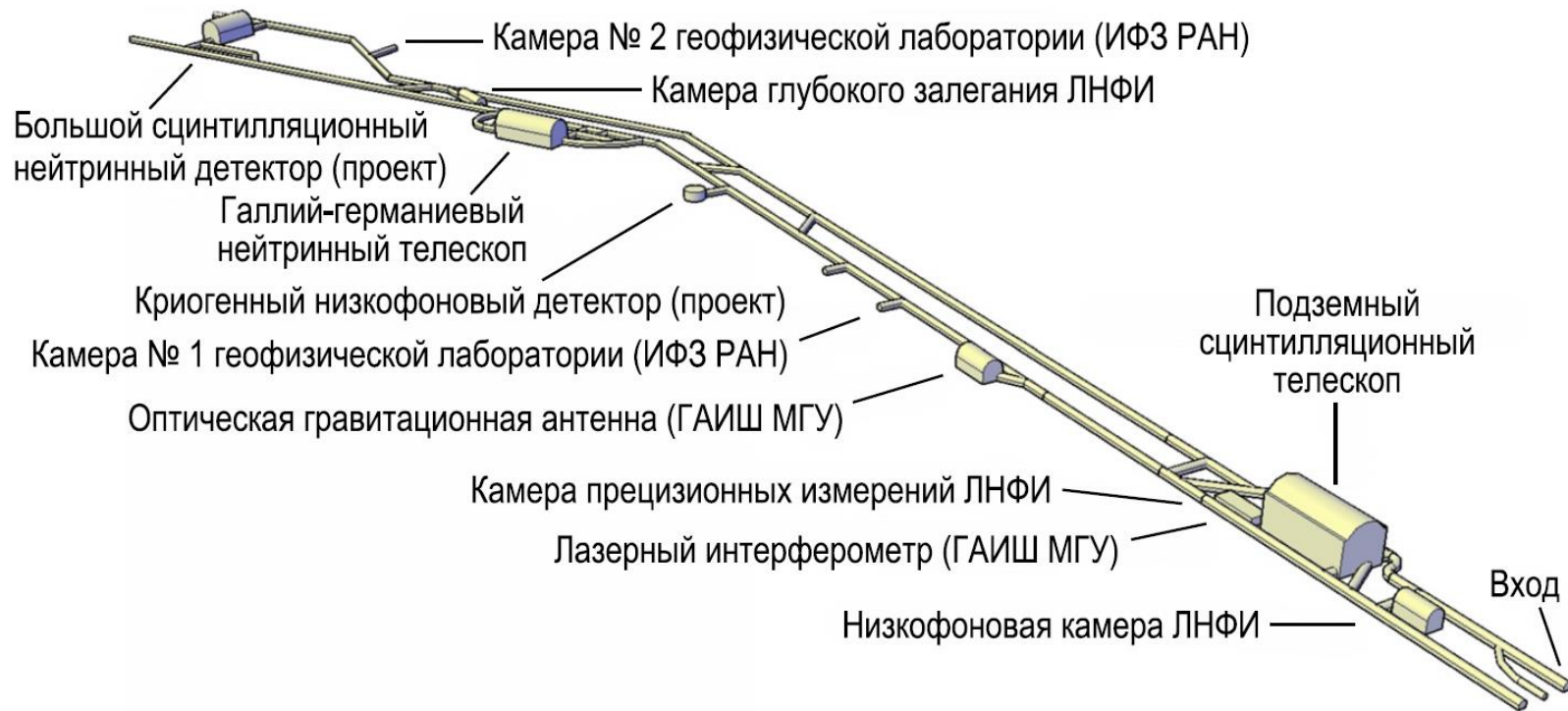
- Измерение потока геонейтрино;
- Регистрация CNO-нейтрино от Солнца;
- Регистрация изотропного потока антинейтрино, накопленного во Вселенной в результате гравитационных коллапсов ядер массивных звезд и образования нейтронных звёзд и черных дыр;
- Изучение динамики взрыва сверхновой путем регистрации интенсивности и спектра нейтринного всплеска;
- Регистрация общего потока антинейтрино от всех промышленных ядерных реакторов на Земле;
- Ряд прикладных задач. В первую очередь, способствование возрождению разработок и производства вакуумных и твердотельных фотодетекторов в России.



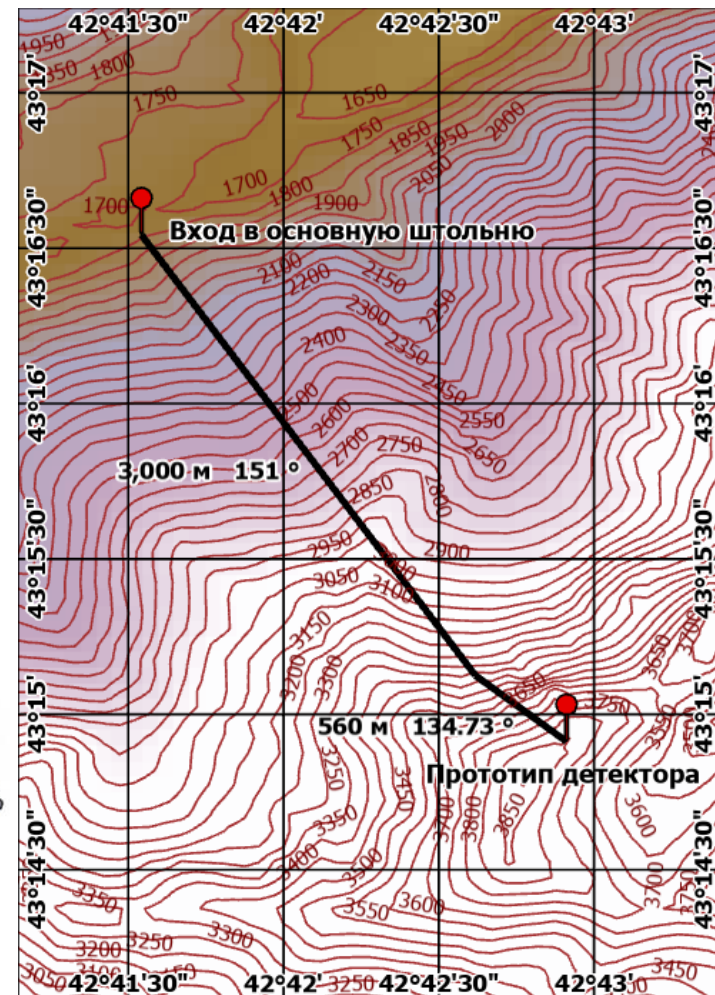
Расположение Баксанской Нейтринной Обсерватории ИЯИ РАН



Подземный комплекс БНО ИЯИ РАН



Вертикальная глубина ЛГГНТ: около 5550 м.в.э.



Стадии проекта

Первый этап – строительство прототипа с жидким сцинтиллятором массой 0.5 т, расположенного в лаборатории галлий-германиевого нейтринного телескопа (ГГНТ) БНО ИЯИ РАН (завершено).

Второй этап – создание прототипа с массой жидкого сцинтиллятора 5 т, также расположенного в лаборатории ГГНТ, для тестирования применяемых научно-технических методов (на стадии сборки детектора).

Третий этап – проектирование и строительство крупномасштабного прототипа с сцинтиллятором массой 20 т.

Четвертый этап – проектирование, строительство и запуск полномасштабного детектора, способного решать весь комплекс задач проекта.

Первая стадия проекта

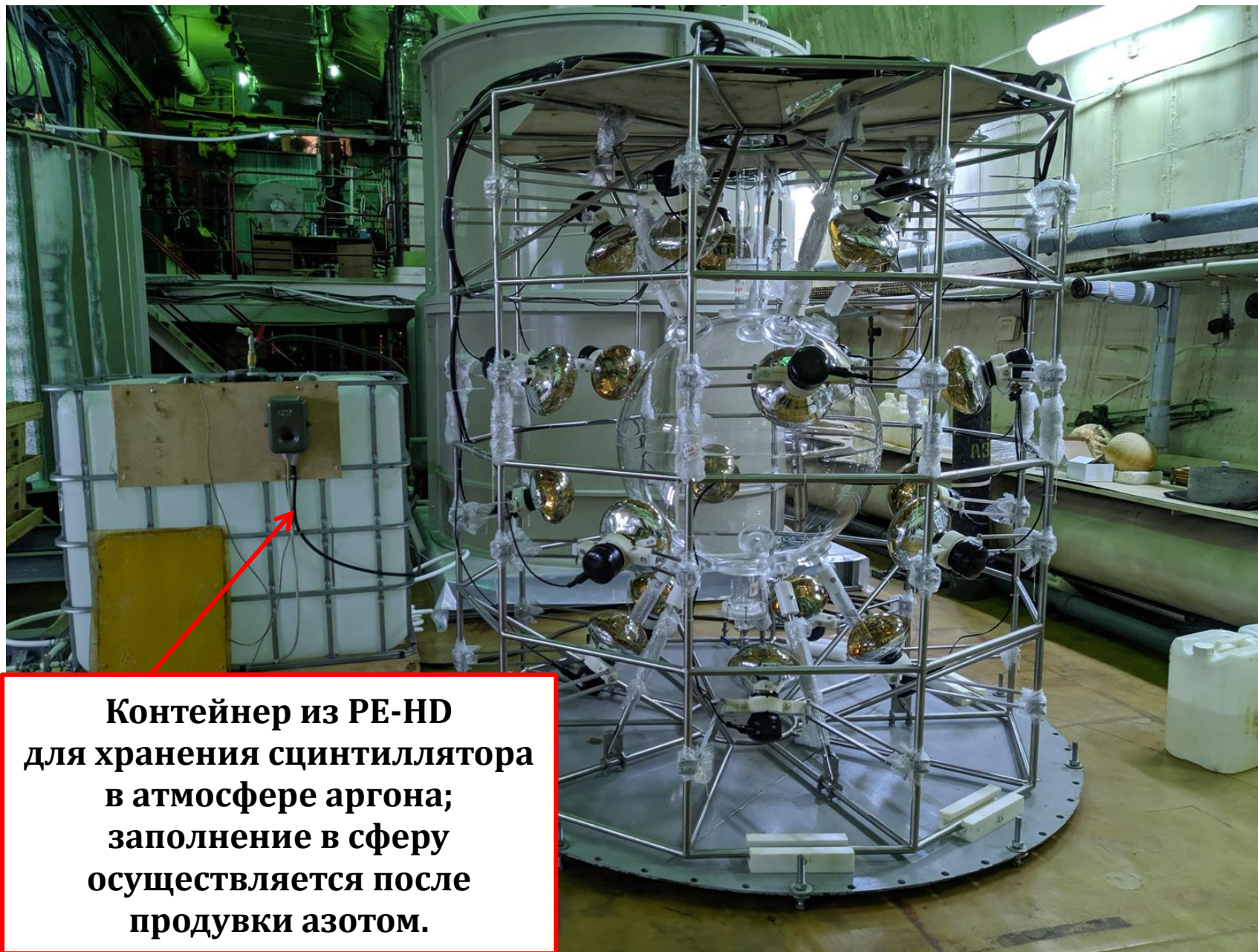


**Водный резервуар из ПП
объёмом 11.5 м³**

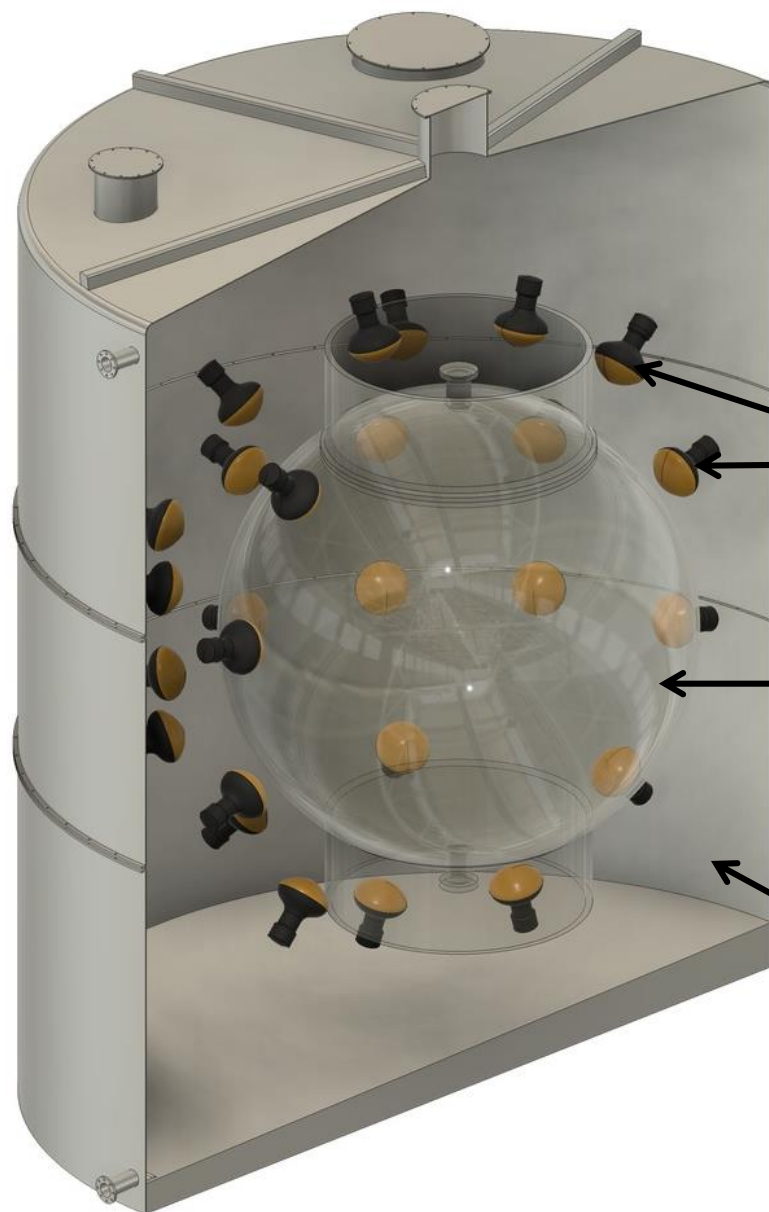
Каркас из нержавеющей стали

**Двадцать 10-дюймовых ФЭУ
Hamamatsu R7081-100 WA-70S**

**Акриловая сфера радиусом 48 см
для жидкого сцинтиллятора на
Основе ЛАБ**



Вторая стадия проекта

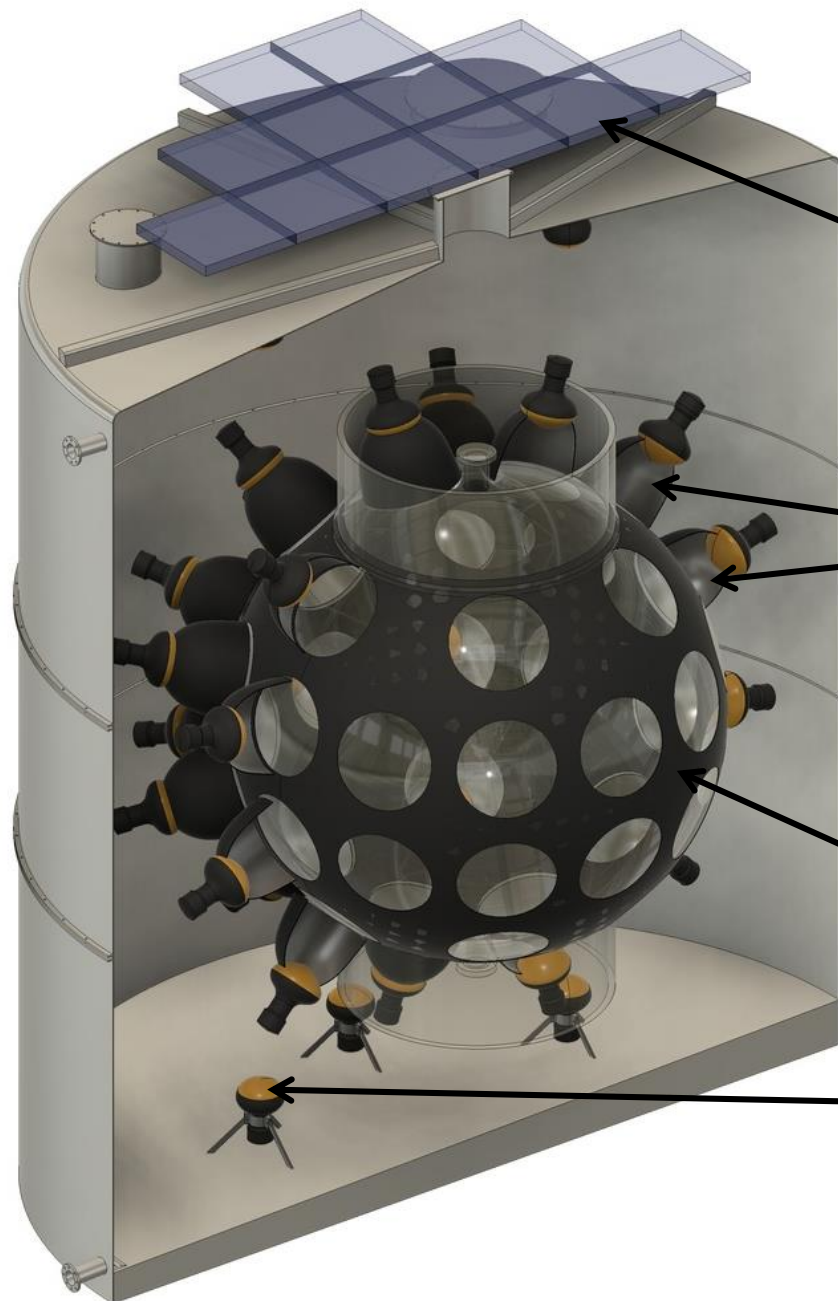


Сорок два 10-дюймовых ФЭУ
Hamamatsu R7081-100 WA-70S

Акриловая сфера 5.575 м³

Стальной водный резервуар
объёмом 50 м³





**Мюонный детектор на
основе пластикового
сцинтиллятора и
кремниевых фотодетекторов**

**Концентраторы
света со светоотражающей
внутренней и светопоглощающей
наружной поверхностями**

**Светопоглощающая плёнка
для оптического разделения
сцинтилляционной мишени и
черенковского детектора**

**Двенадцать 8-дюймовых ФЭУ
Hamamatsu R5912-100 WA-70S
для водного черенковского
детектора (мюонного вето)**

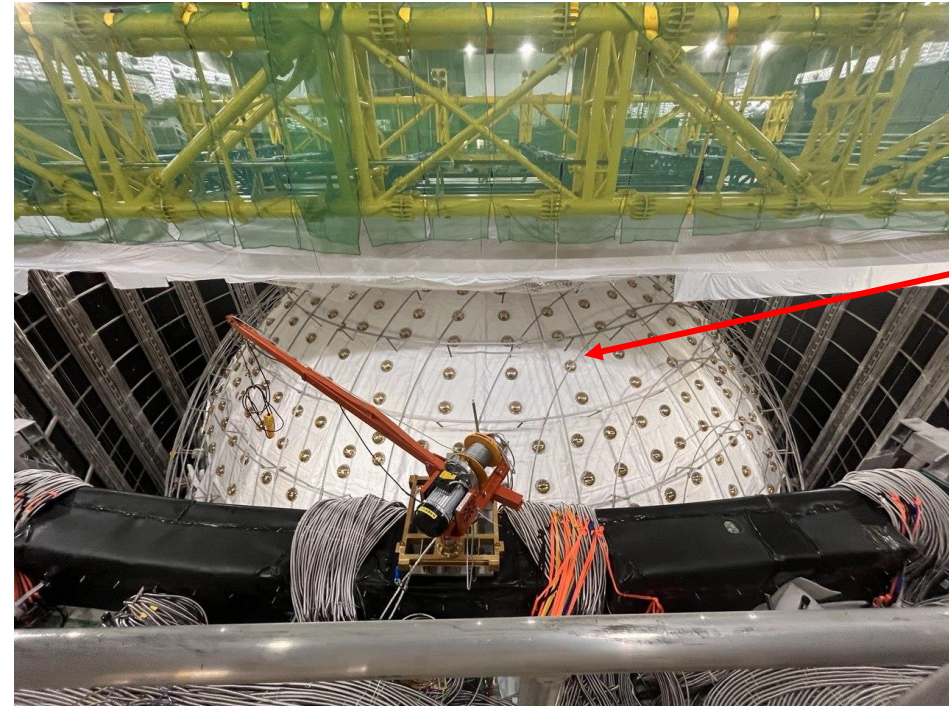


Влияние магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

- Магнитное поле Земли влияет на параметры фотоумножителей, что приводит к ухудшению характеристик ФЭУ, поэтому необходимо использовать компенсацию магнитного поля

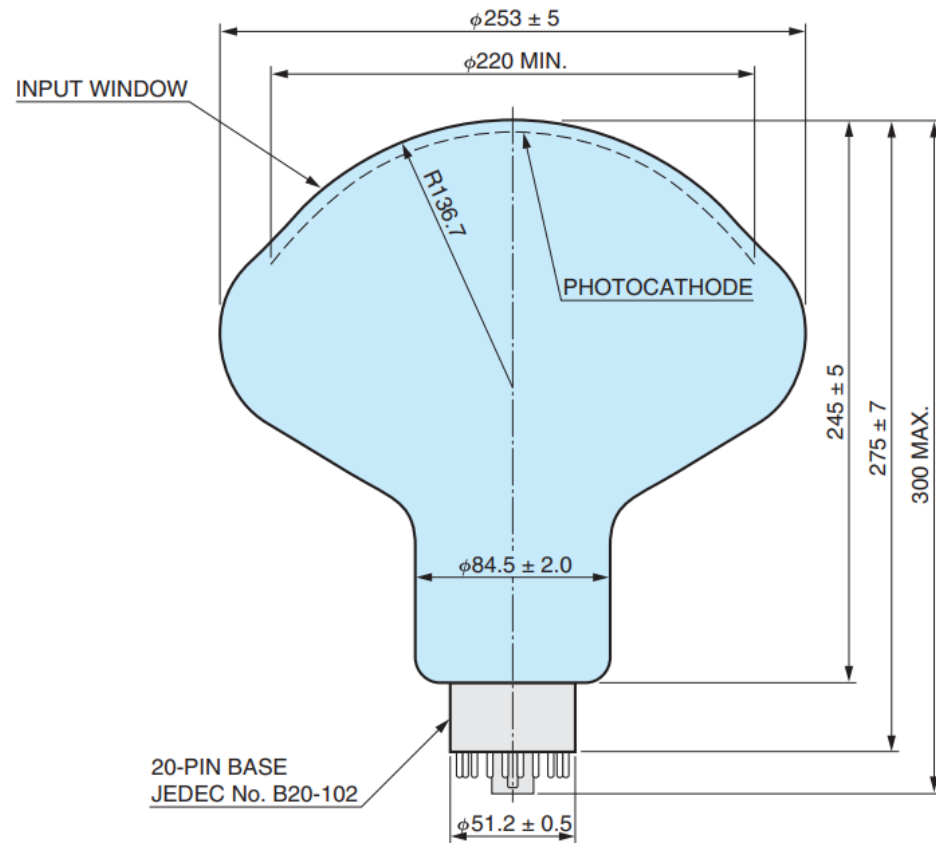


Магнитные экраны Vorexino



Катушки Гельмгольца JUNO

ФЭУ Hamamatsu R7081-100 WA-S70



Оптический модуль прототипов ББНТ

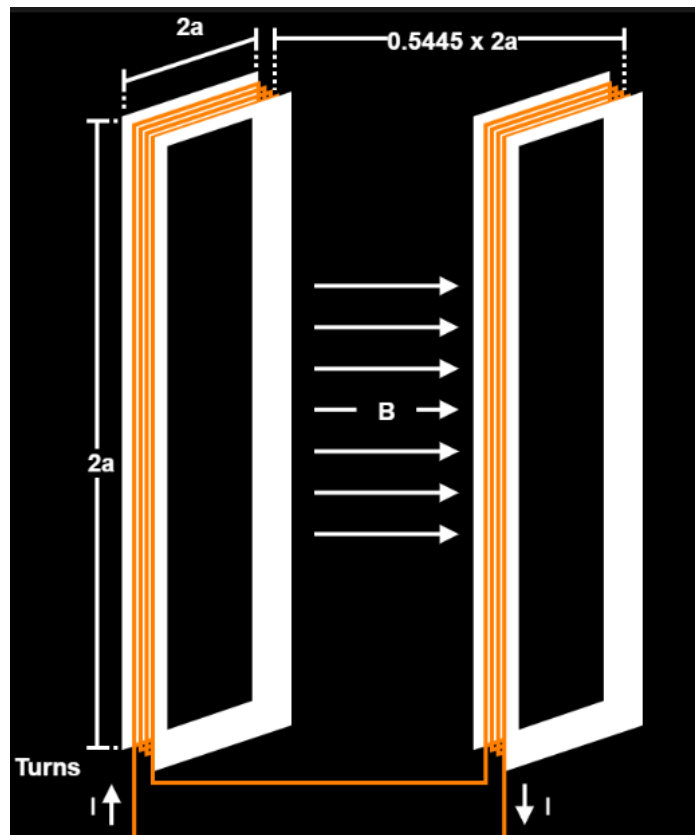
Измерение магнитного поля

- Магнитное поле в месте расположения прототипа измерено магнитометром, разработанным нами на основе модуля HMC5883L.
- Для получения корректных данных модуль откалиброван.
- Калибровочные коэффициенты рассчитаны программой «Magnetometer»*.



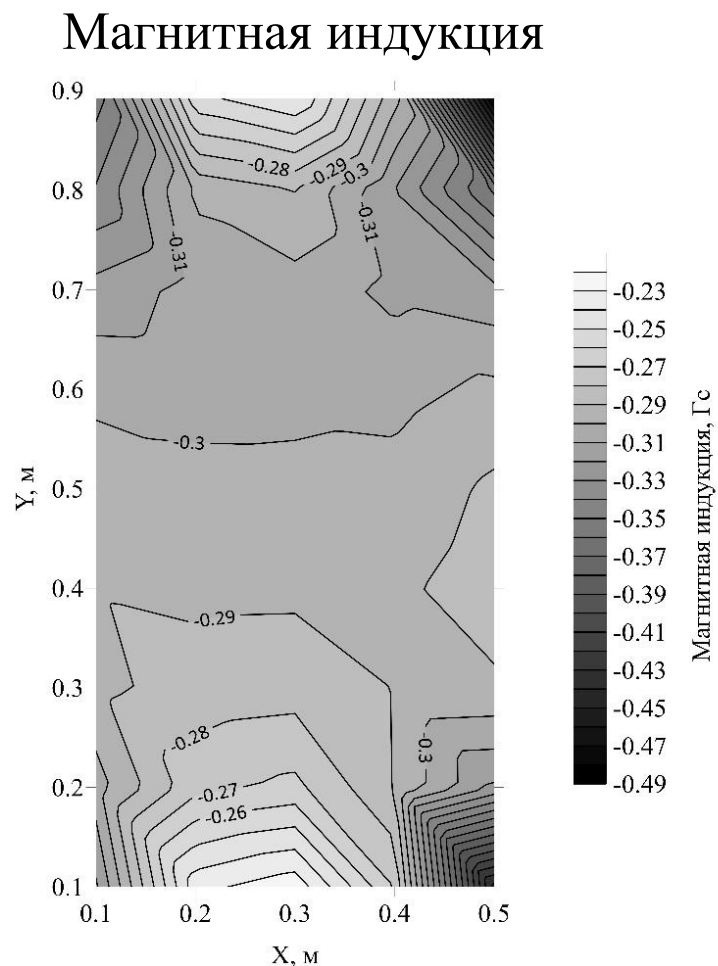
*<https://atadiat.com/en/download/magnetometer-v1-2-magnetometer-soft-hard-iron-calibration-tool-by-sailboatinstruments/>

Конструкция катушек Гельмгольца



$$B = 1.01796 \frac{2\mu_0 n I}{\pi a}$$

μ_0 – магнитная постоянная
 n – количество витков в каждом кольце
 I – сила тока
 a – половина длины стороны



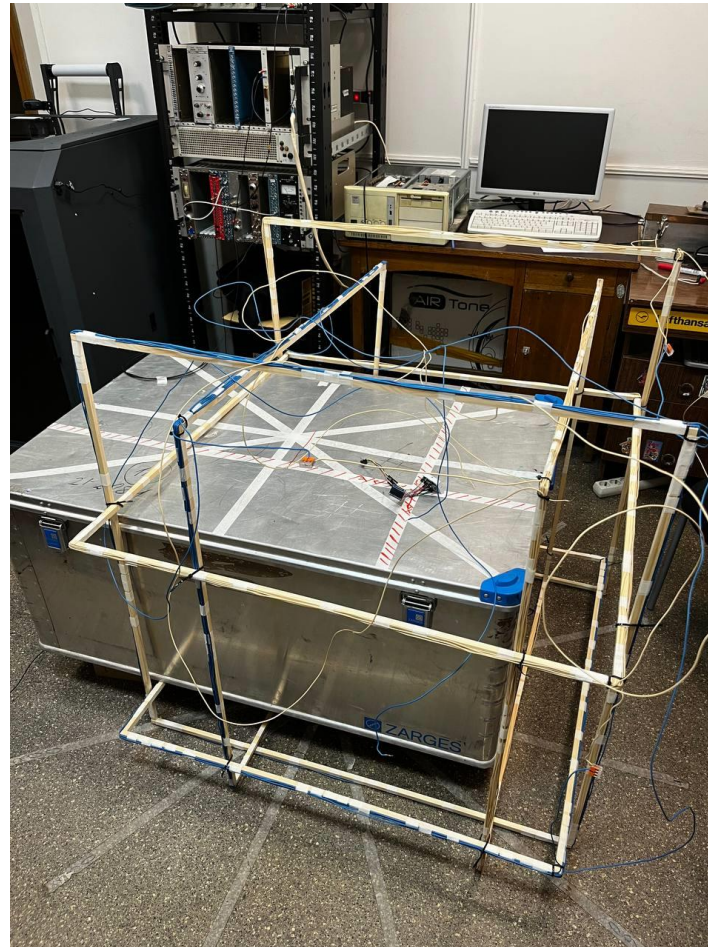
Измерительный стенд для исследования влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

Величина магнитного поля в месте расположения ФЭУ:

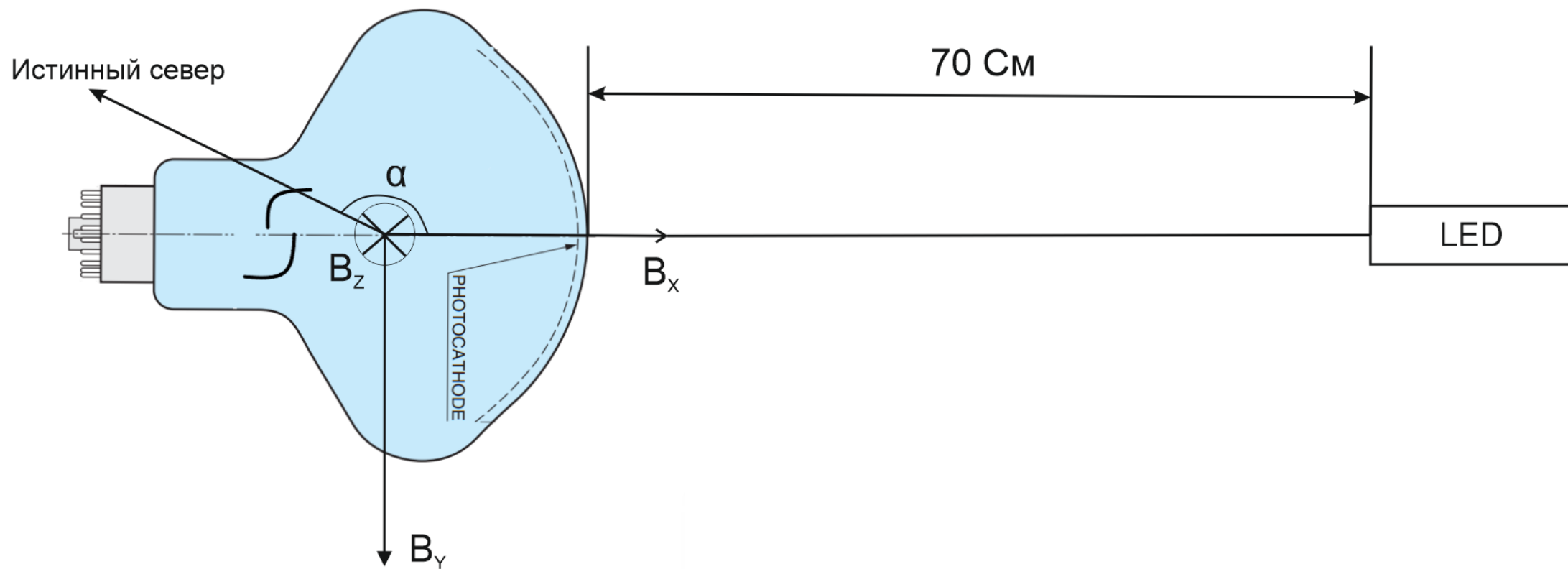
$$B_x = 0.08 \text{ Гс}$$

$$B_y = -0.22 \text{ Гс}$$

$$B_z = 0.43 \text{ Гс}$$

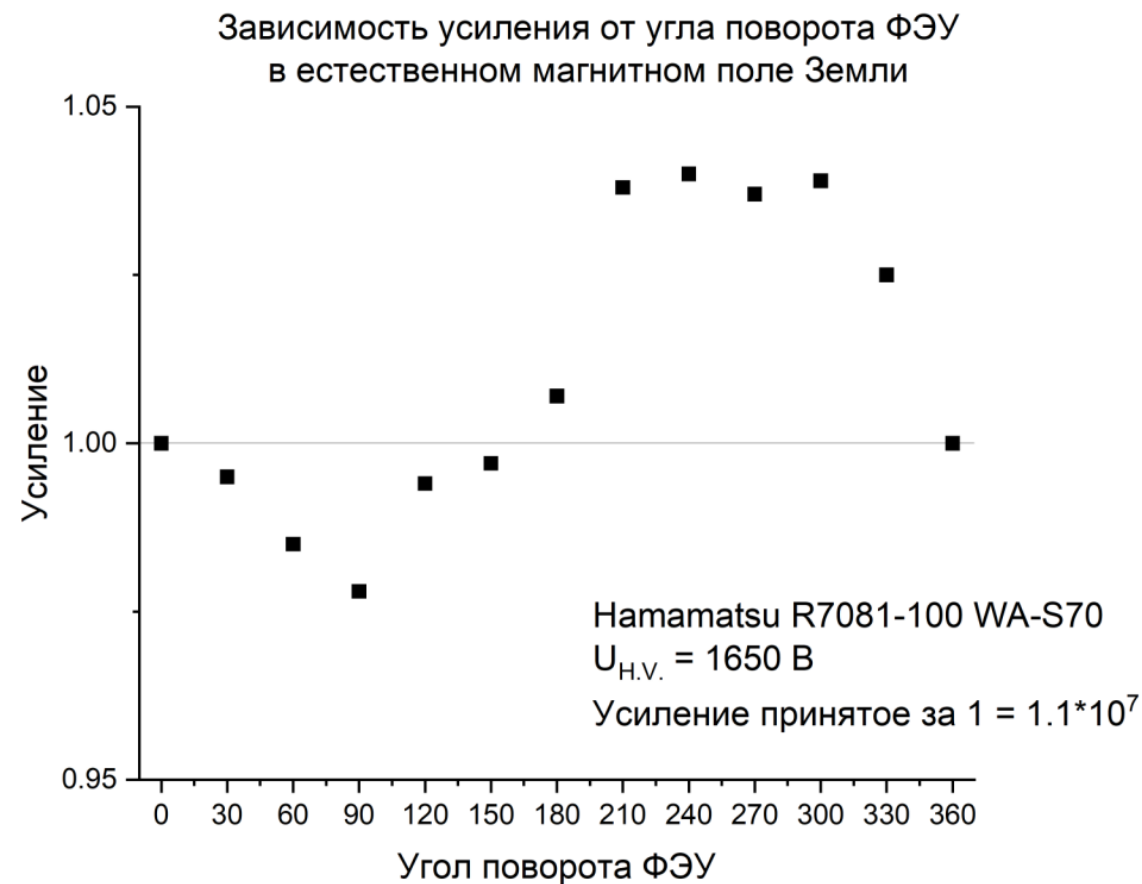
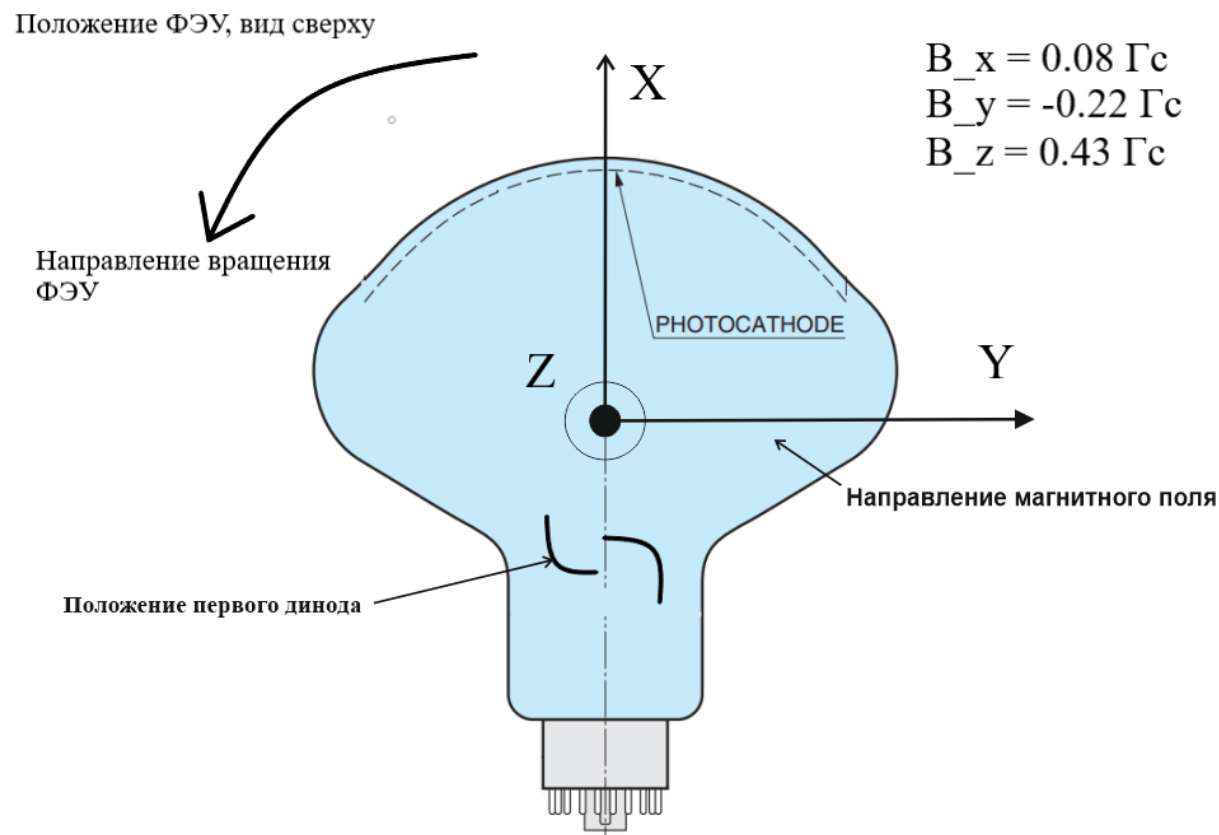


Влияние магнитного поля Земли на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70



Вид сверху

Влияние магнитного поля Земли на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

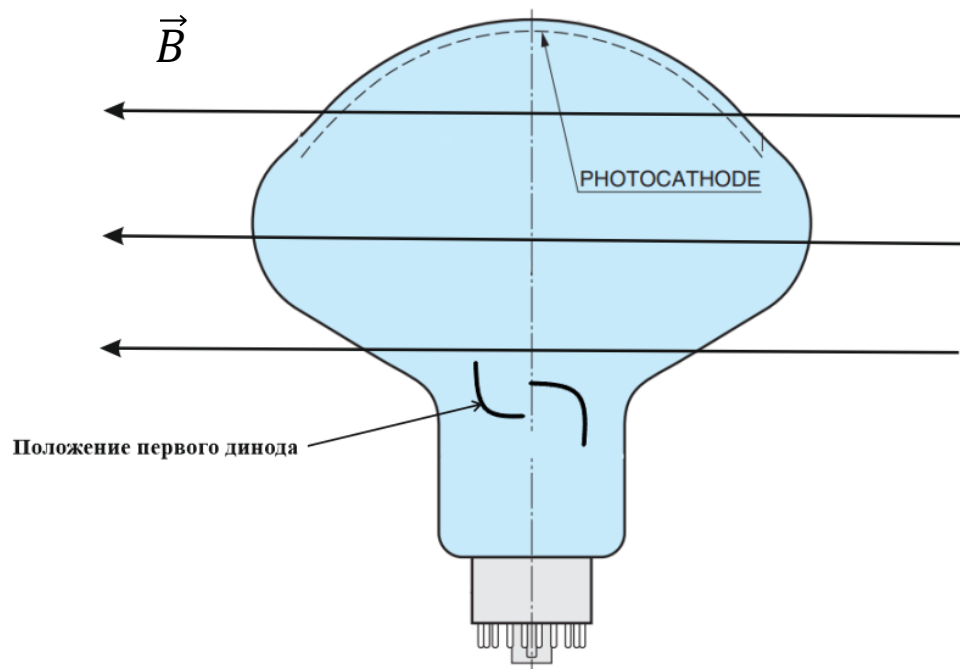


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

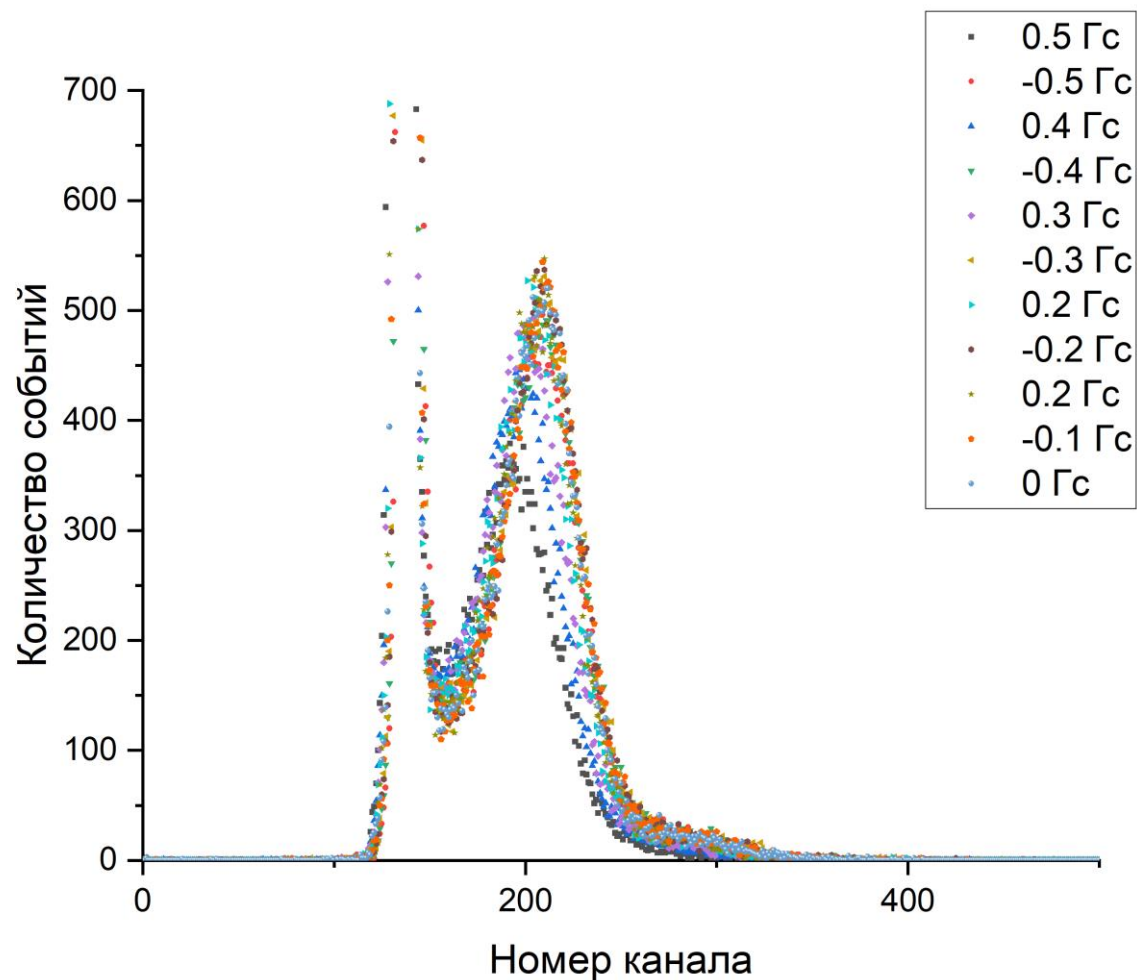
- Горизонтальная компонента X изменяется в диапазоне от -0.5 до 0.5 Гс с шагом 0.1 Гс.
- Y - и Z -компоненты компенсированы



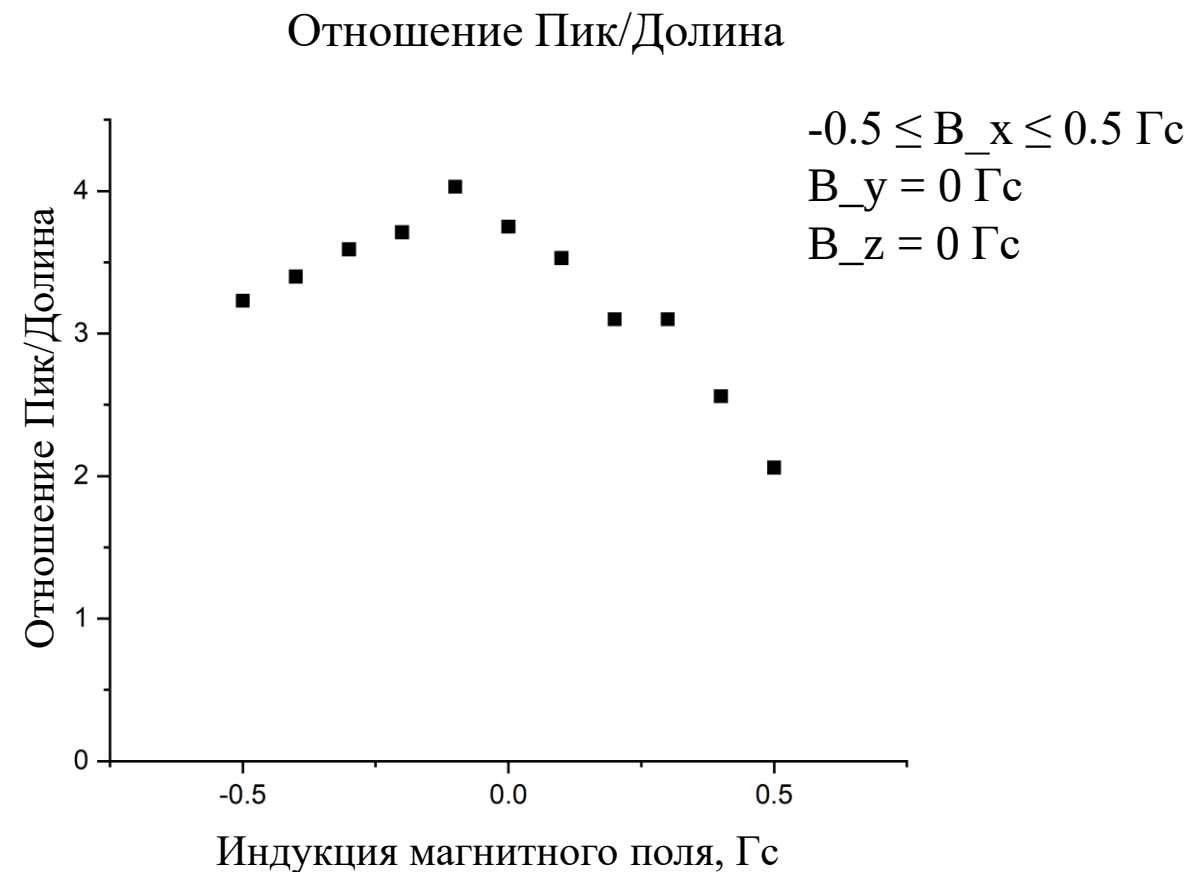
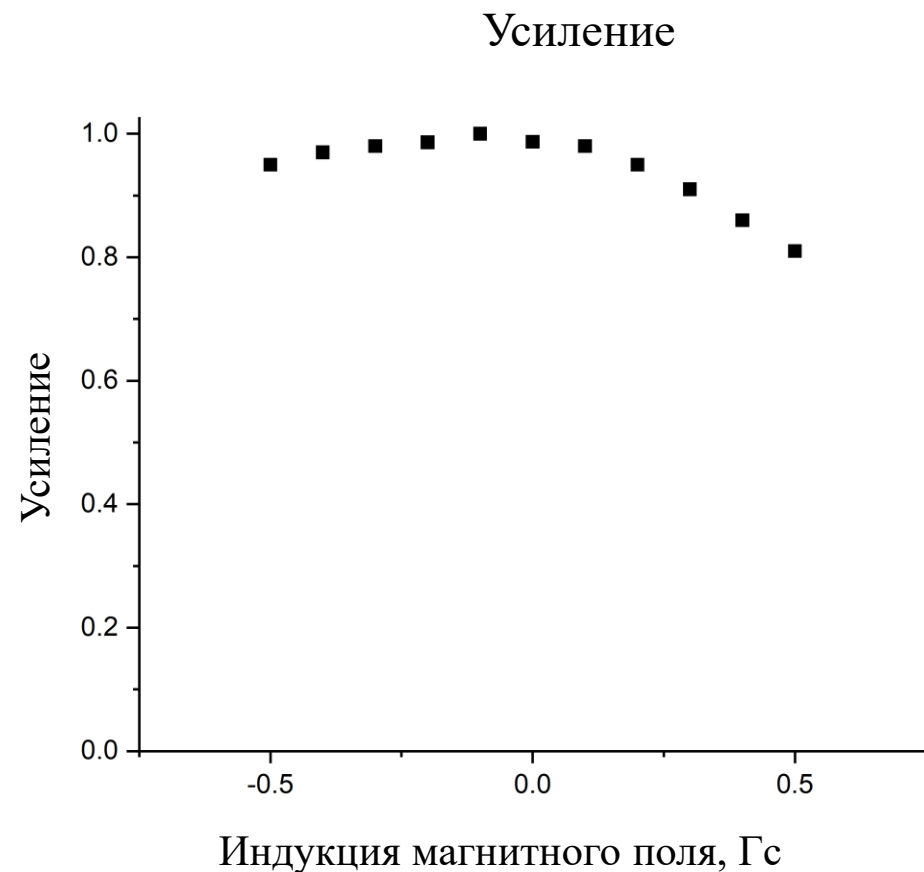
Положение ФЭУ, вид сверху



Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

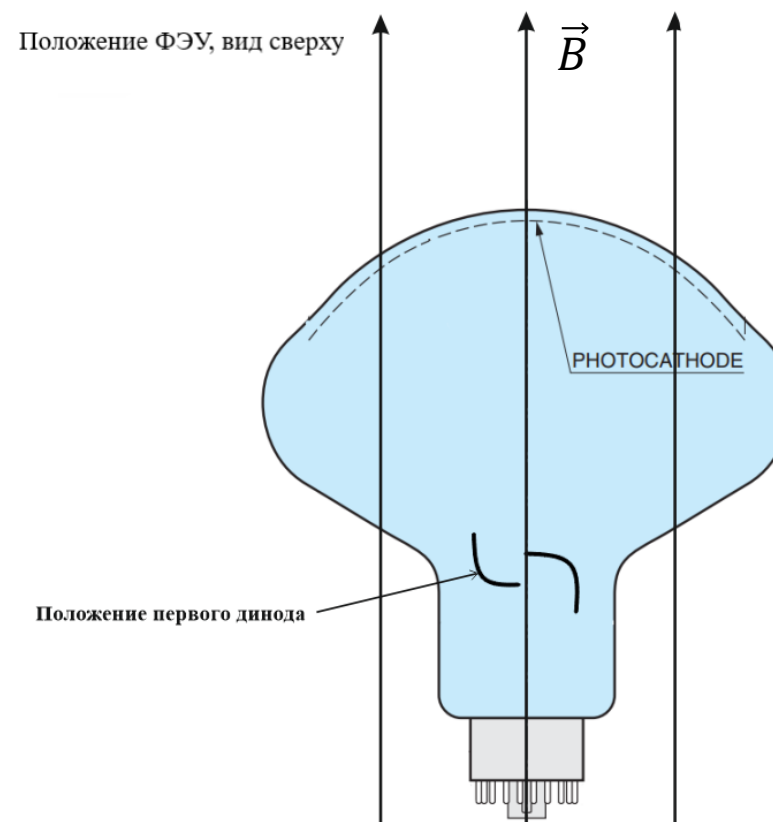


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

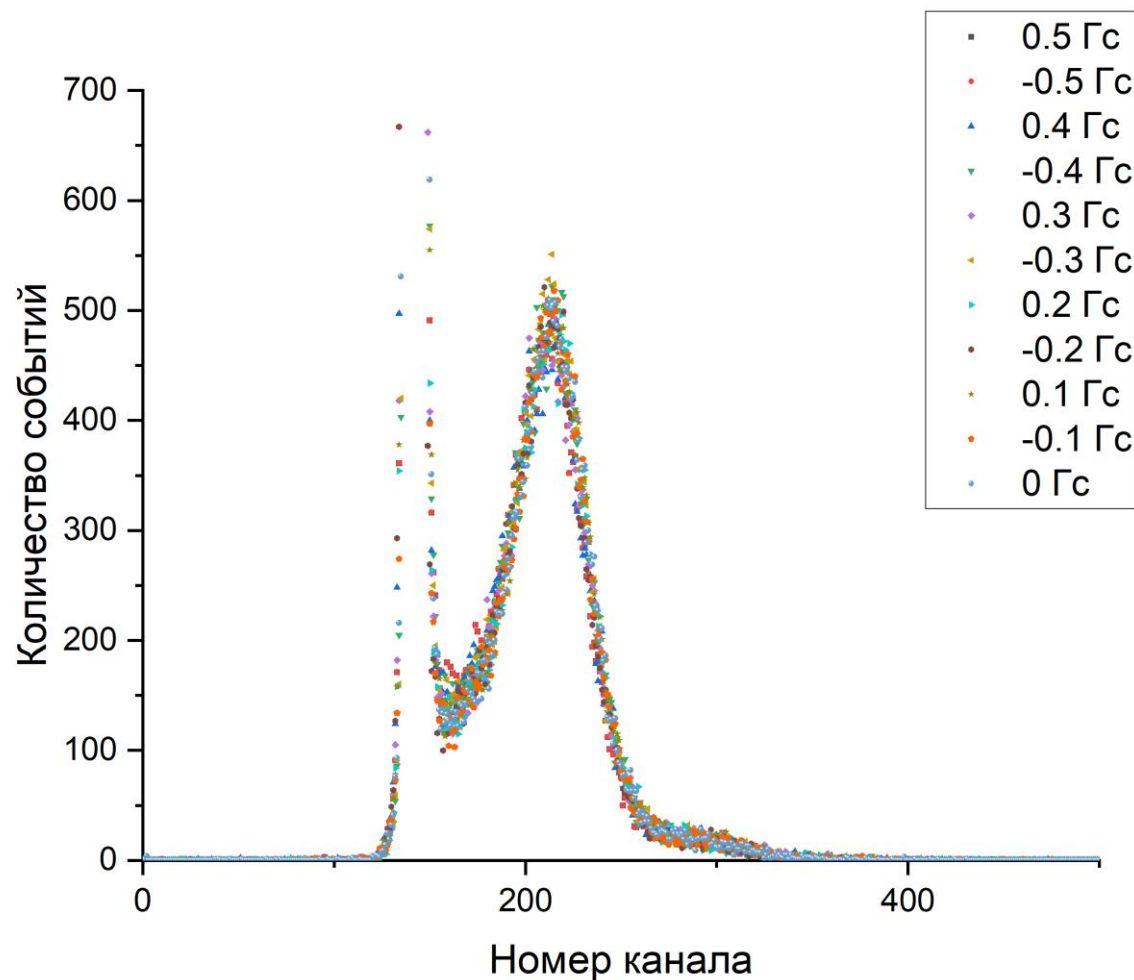


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

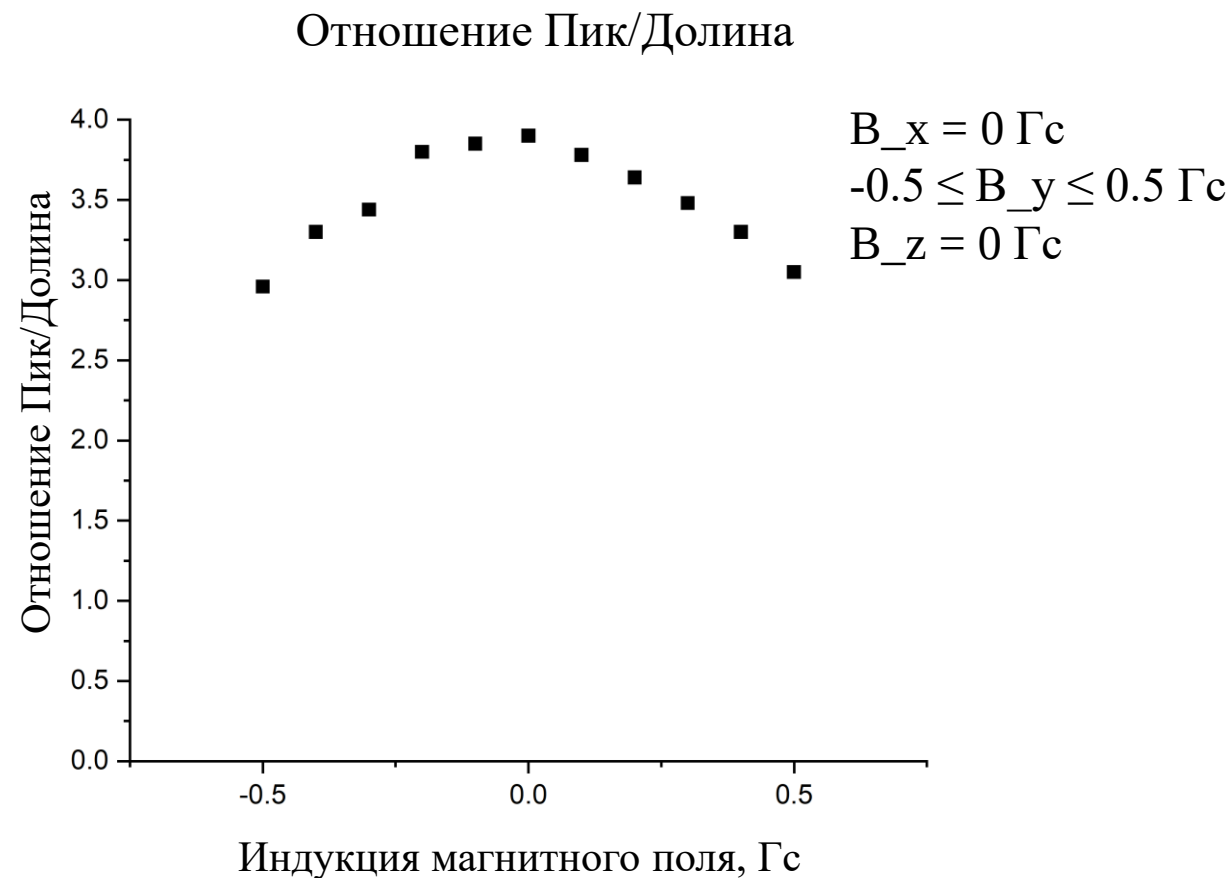
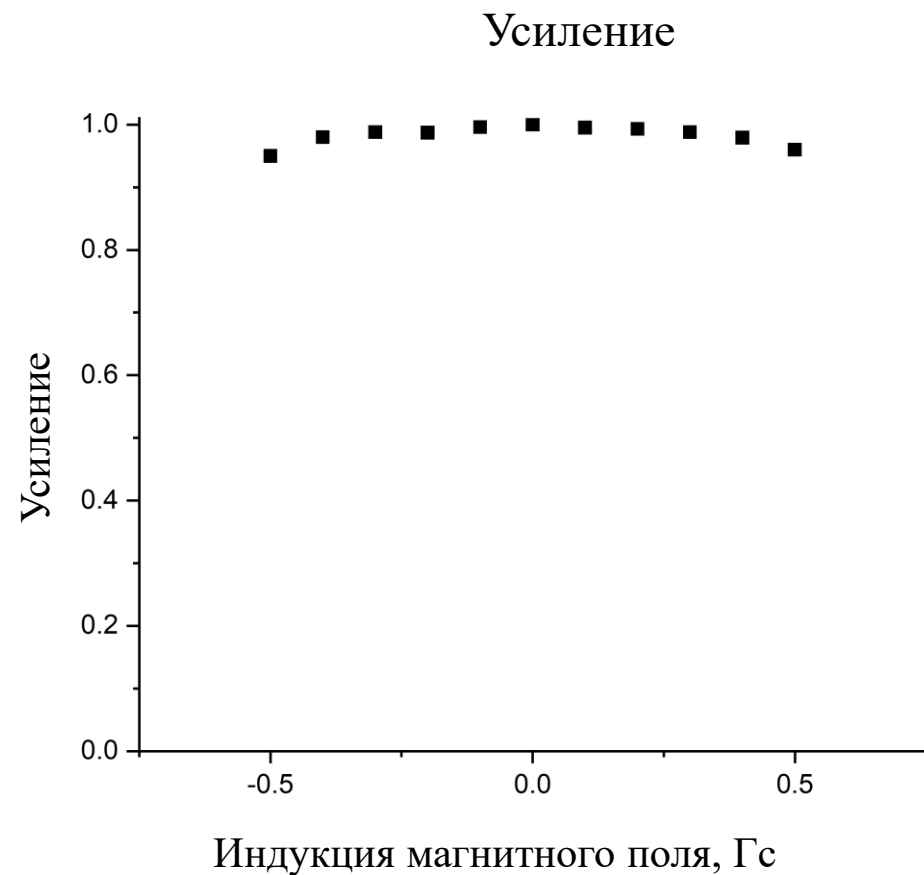
- Горизонтальная компонента Y изменяется в диапазоне от -0.5 до 0.5 Гс с шагом 0.1 Гс
- X- и Z-компоненты компенсированы



Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

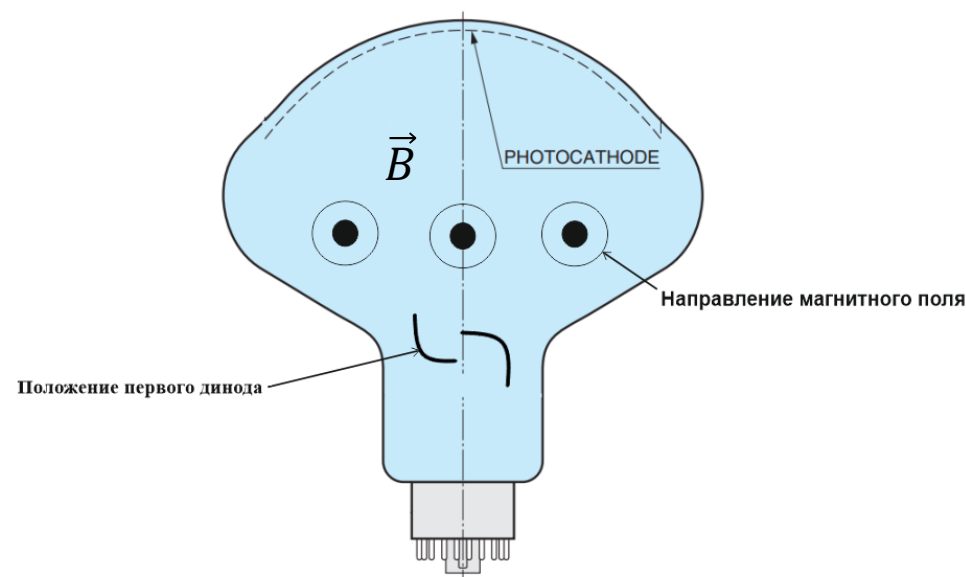


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

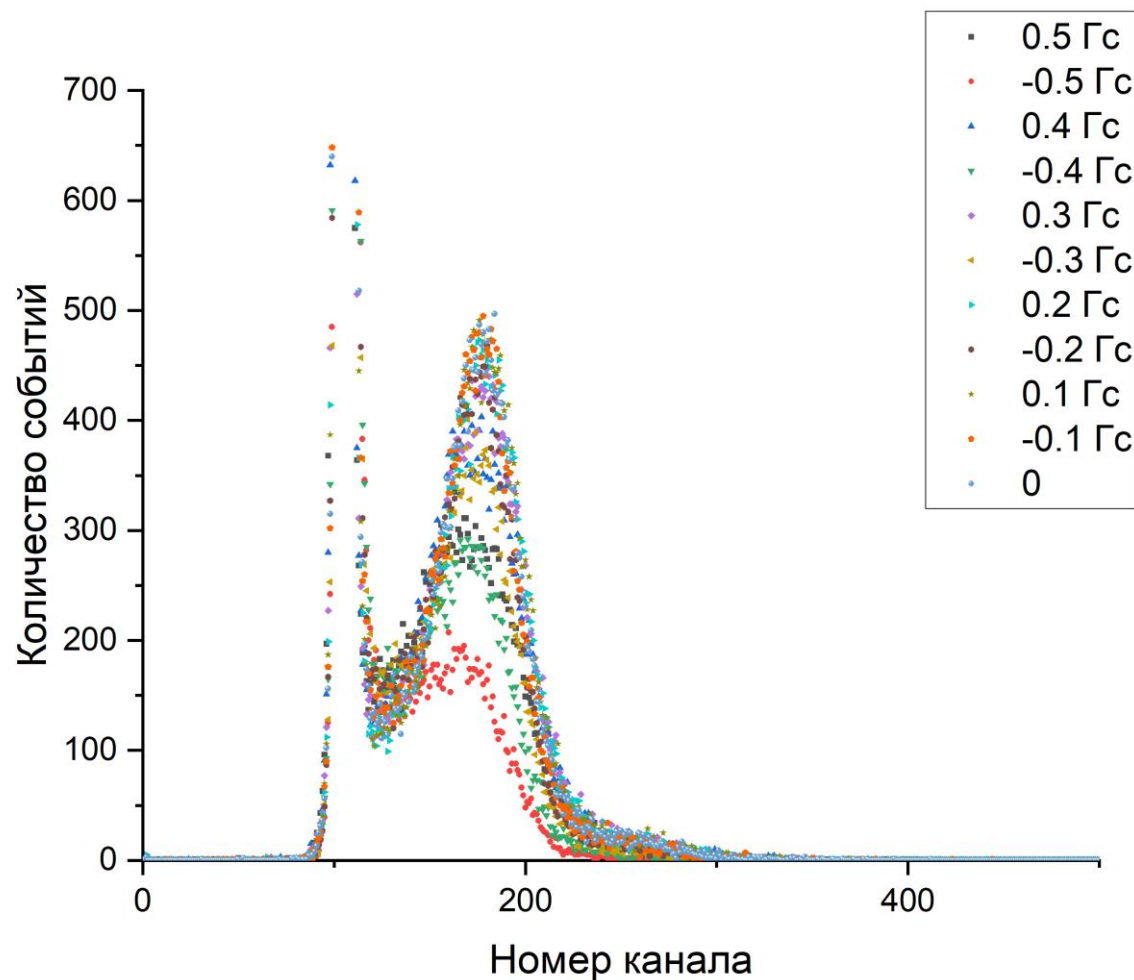


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

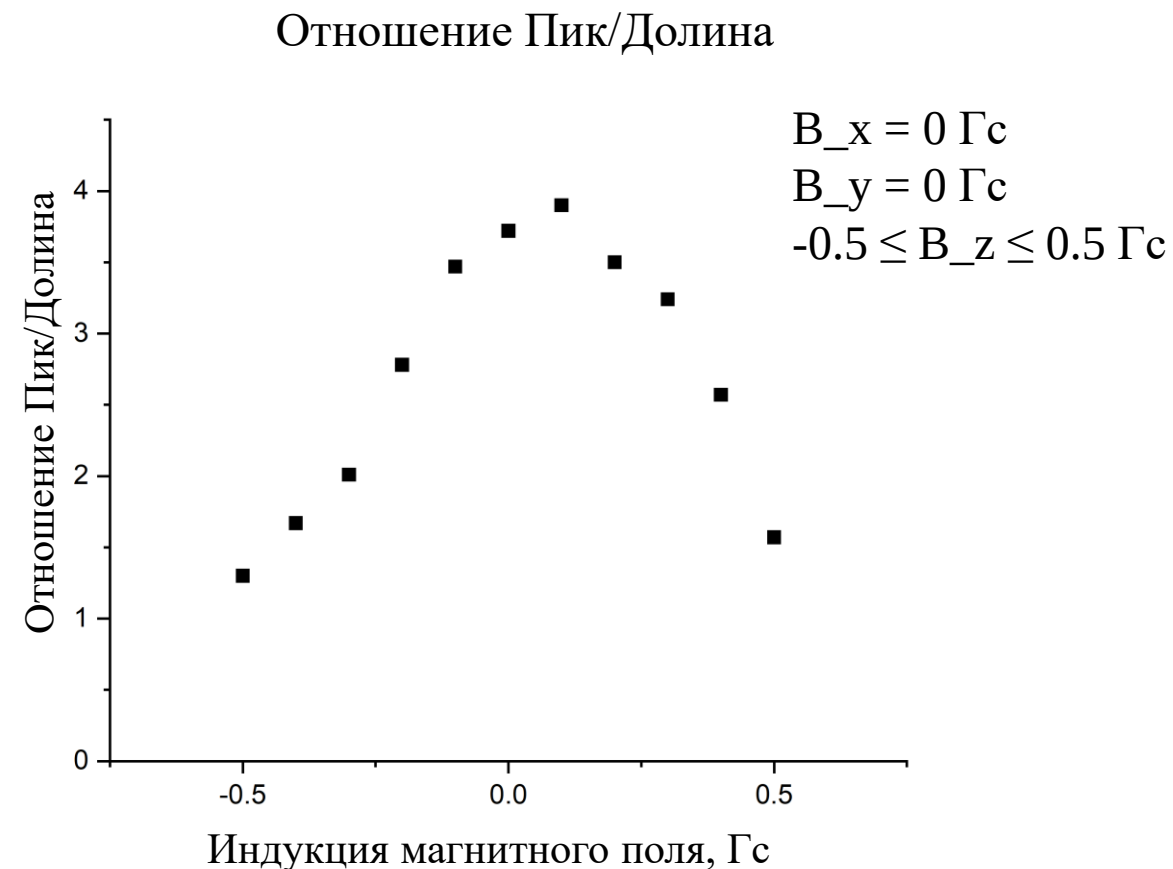
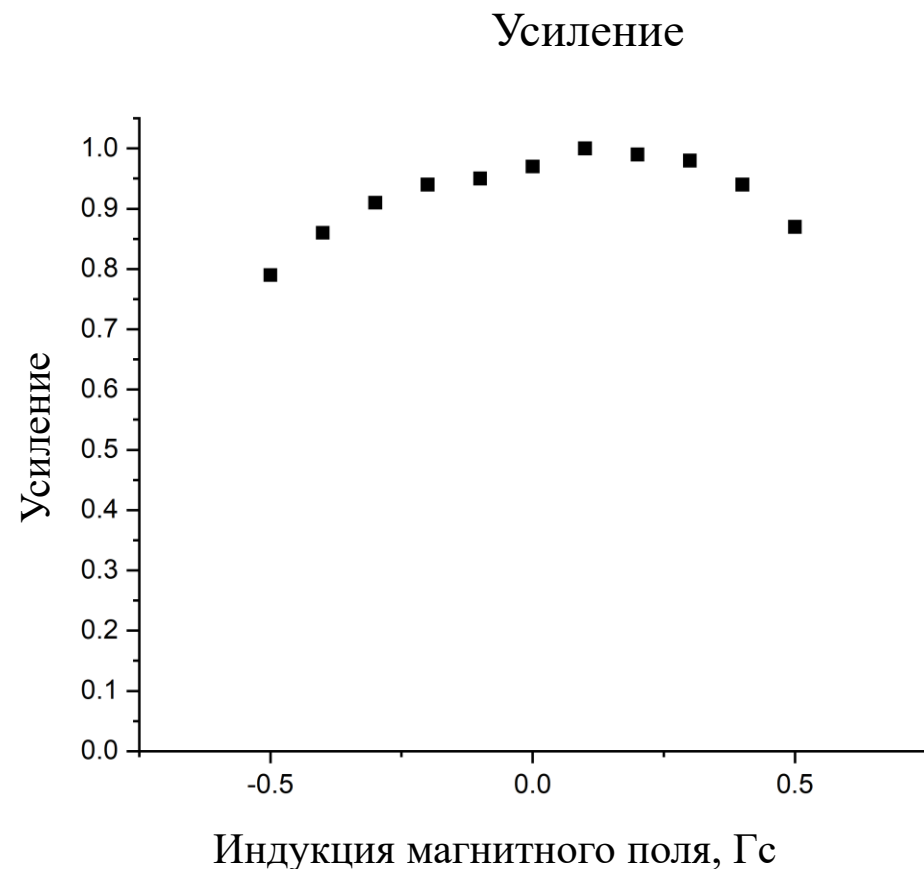
- Вертикальная компонента Z изменяется в диапазоне от -0.5 до 0.5 Гс с шагом 0.1 Гс
- Компоненты X - и Y -компоненты компенсированы



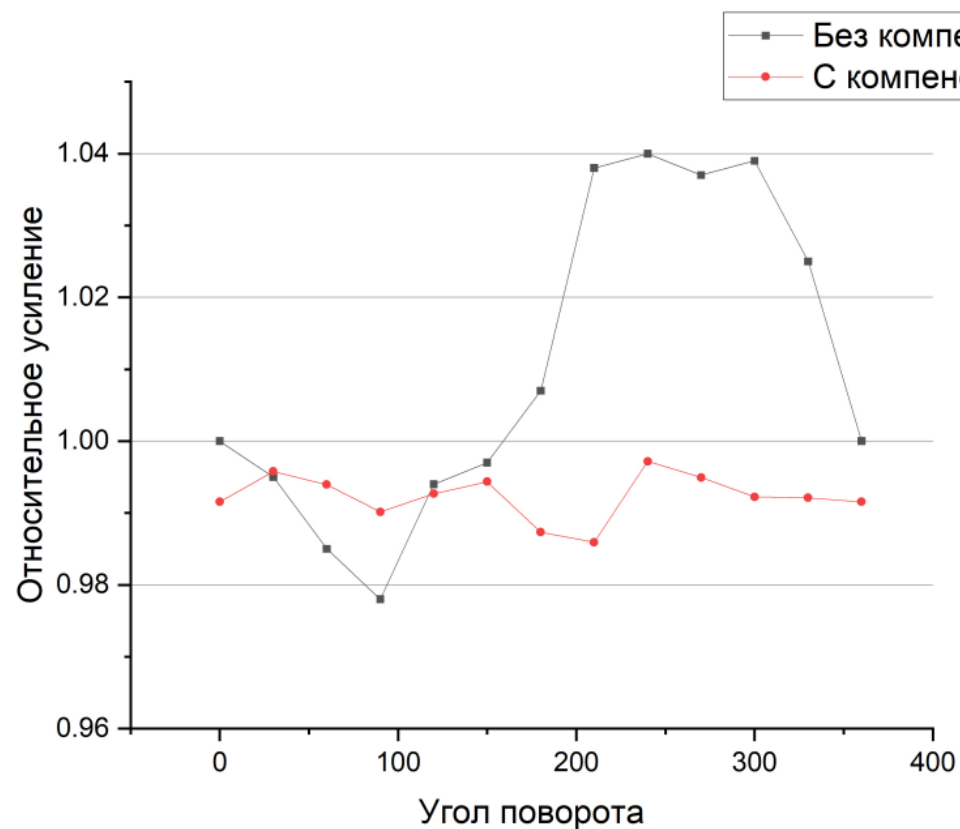
Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70



Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

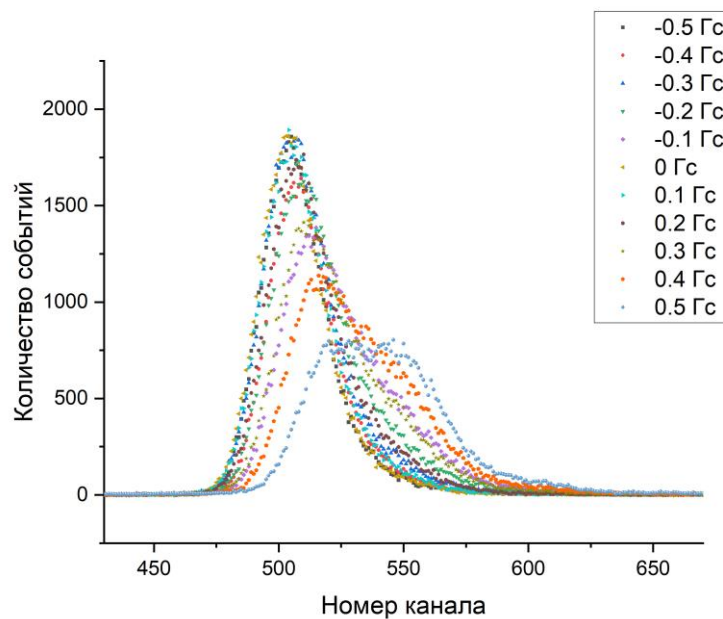


Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

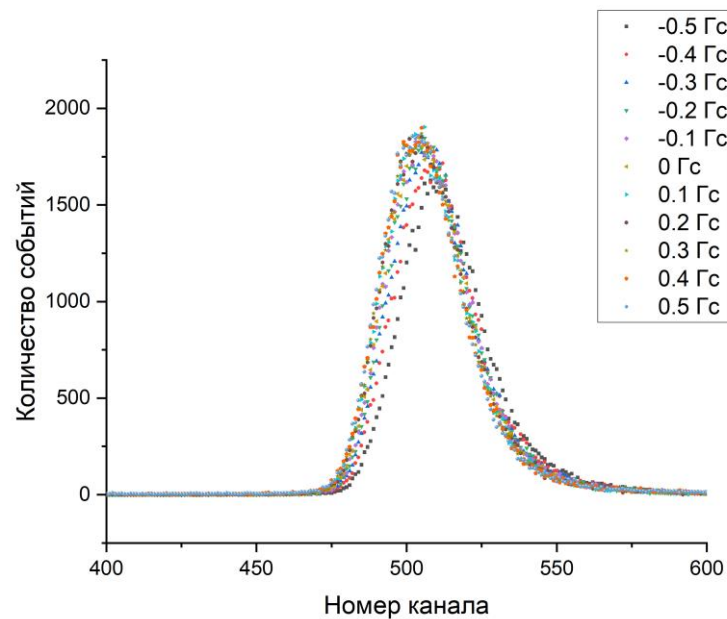


ФЭУ Hamamatsu R7081-100 WA-S70

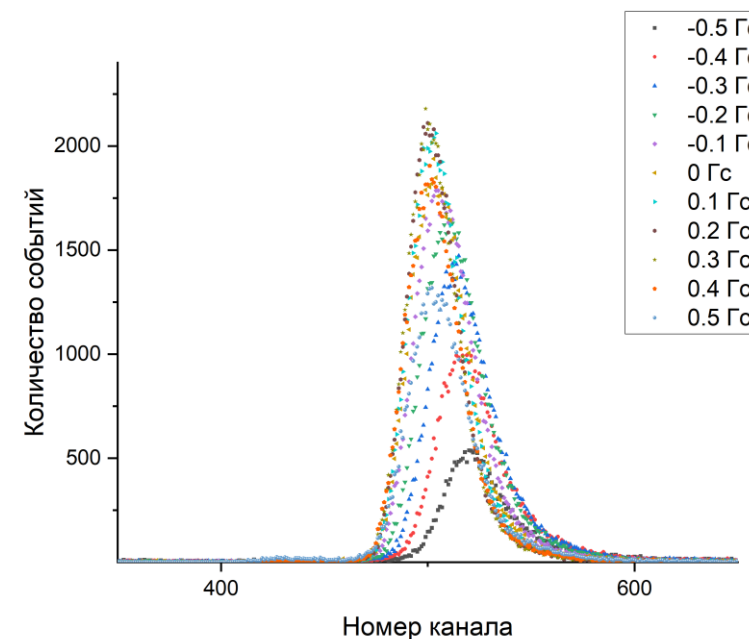
Измерение влияния магнитного поля на разброс времени пролета фотоэлектронов («джиттер»)



$-0.5 \leq B_x \leq 0.5$ Гс
 $B_y = 0$ Гс
 $B_z = 0$ Гс

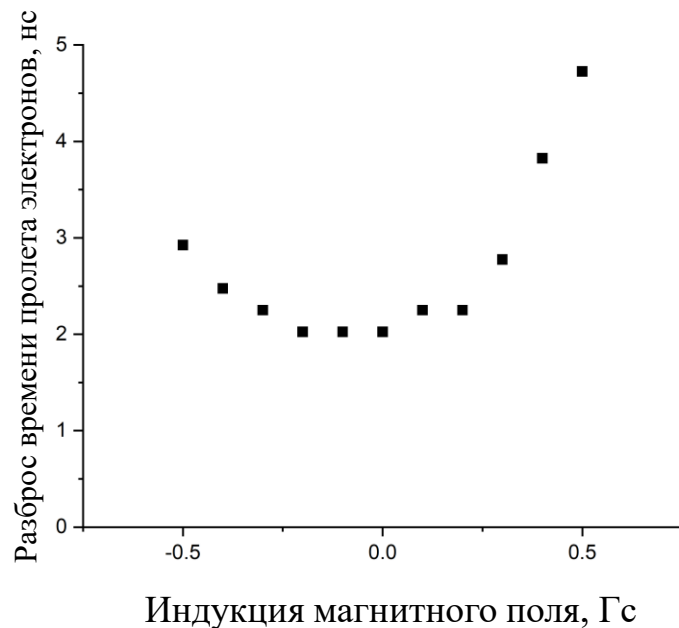


$B_x = 0$ Гс
 $-0.5 \leq B_y \leq 0.5$ Гс
 $B_z = 0$ Гс

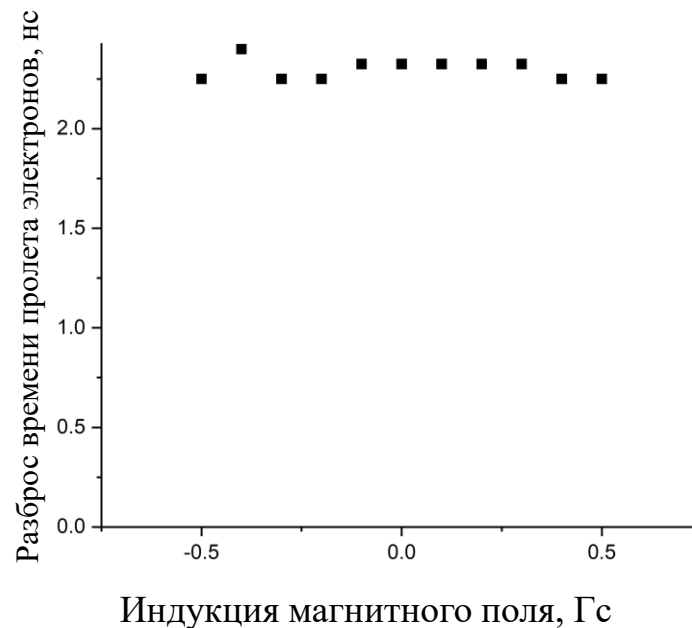


$B_x = 0$ Гс
 $B_y = 0$ Гс
 $-0.5 \leq B_z \leq 0.5$ Гс

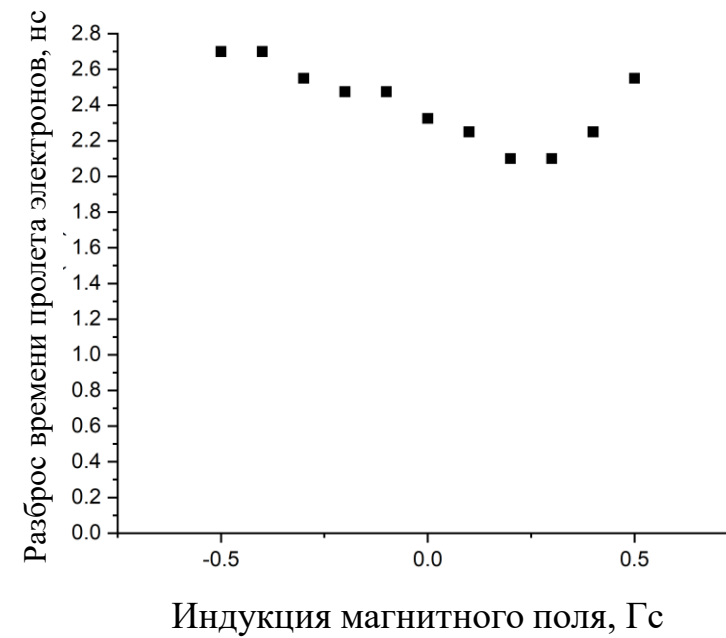
Измерение влияния магнитного поля на разброс времени пролета фотоэлектронов («джиттер»)



$-0.5 \leq B_x \leq 0.5$ Гс
 $B_y = 0$ Гс
 $B_z = 0$ Гс



$B_x = 0$ Гс
 $-0.5 \leq B_y \leq 0.5$ Гс
 $B_z = 0$ Гс



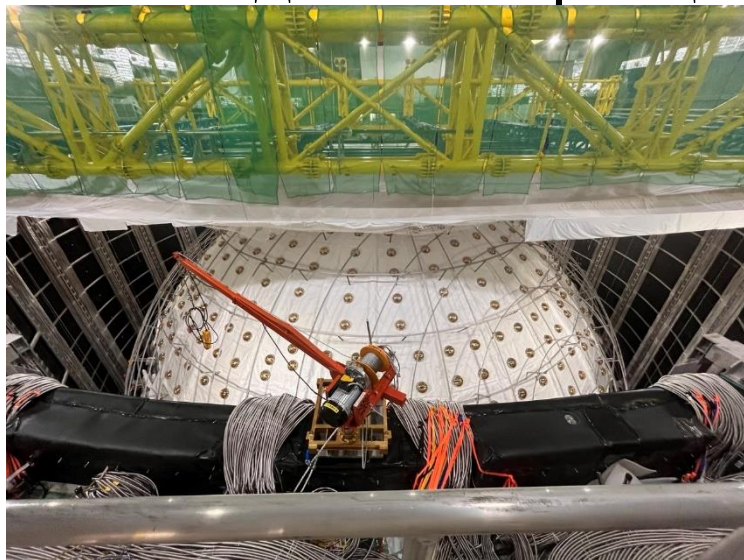
$B_x = 0$ Гс
 $B_y = 0$ Гс
 $-0.5 \leq B_z \leq 0.5$ Гс

Исследование влияния магнитного поля на параметры фотоумножителя R7081-100 WA-S70

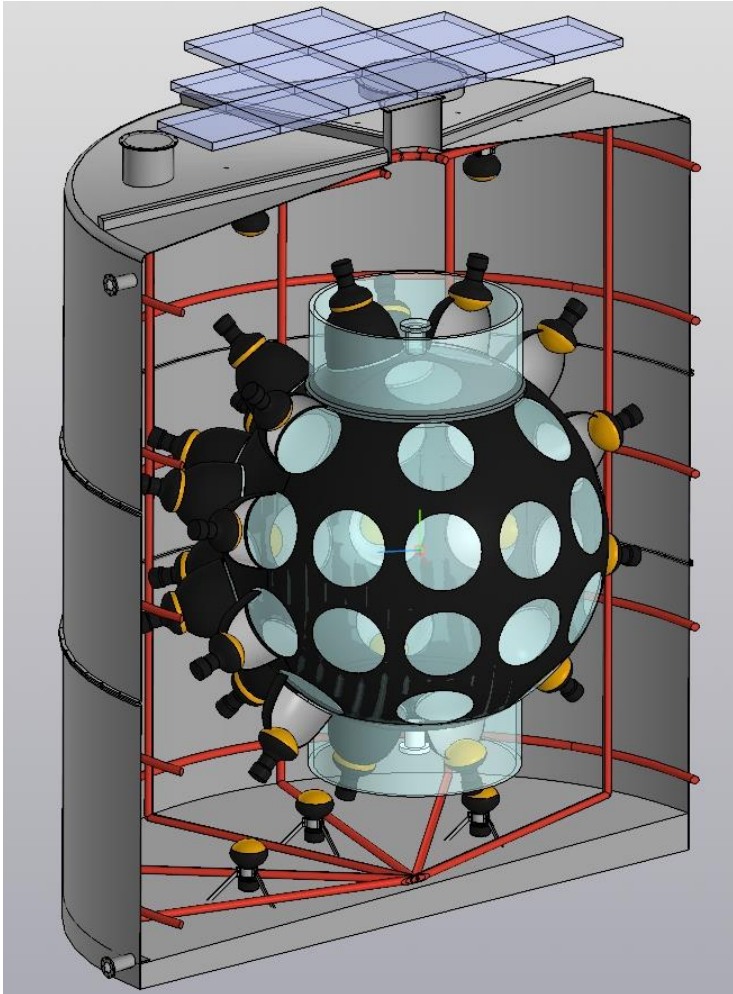
- Самой чувствительной осью ФЭУ является ось, направленная параллельно поверхности первого динода, изменение коэффициента усиления достигает 22%
- Наименее чувствительной является ось, направленная вдоль ФЭУ, изменение коэффициента усиления достигает 6%
- Разброс времени пролета фотоэлектронов изменяется от 2 нс при полной компенсации до 5 нс при значениях магнитного поля 0.5 Гс
- При этом компенсация магнитного поля позволяет снизить разброс коэффициента усиления до 1%, а разброс времени пролета фотоэлектронов снизить до 2 нс

Основные элементы физической инфраструктуры 5-тонного прототипа ББНТ

- Система компенсации магнитного поля Земли
- Системы очистки жидкого сцинтиллятора:
 - Хроматографическая очистка на колоннах, заполненных Al_2O_3
 - Очистка методом вакуумной дистилляции
 - Водная экстракция



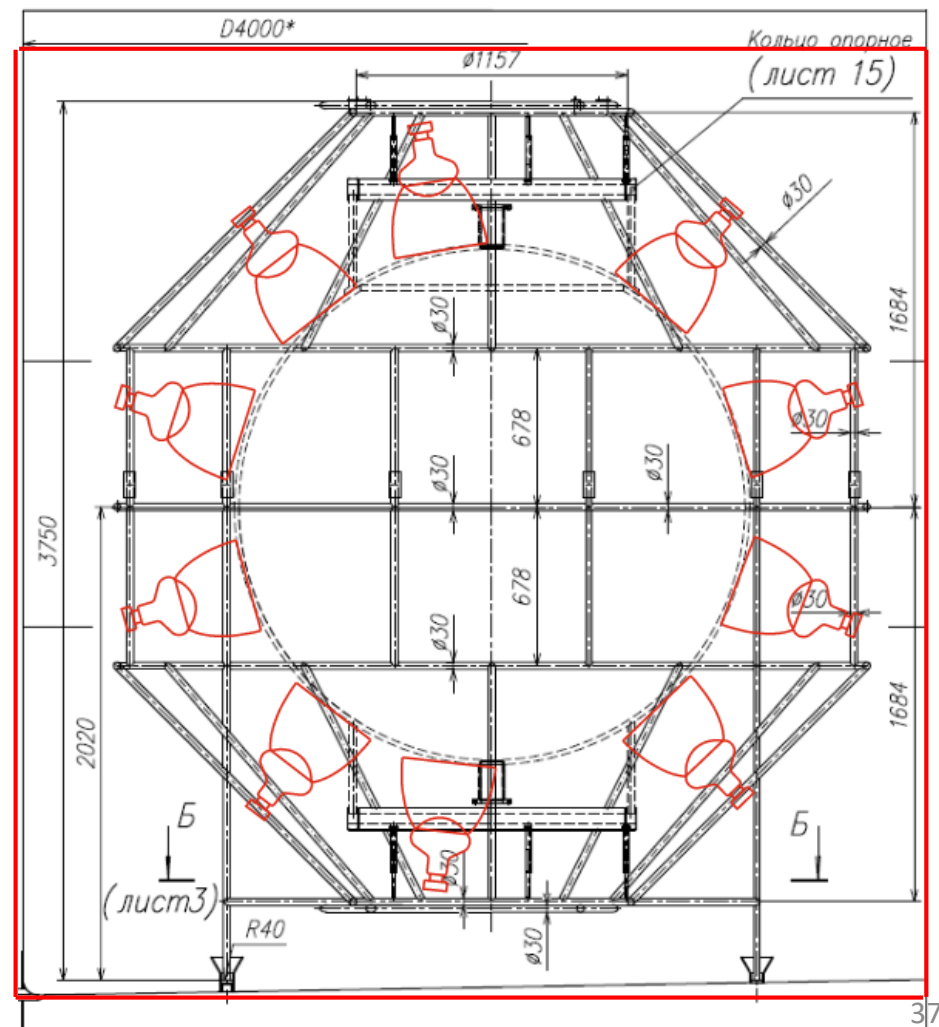
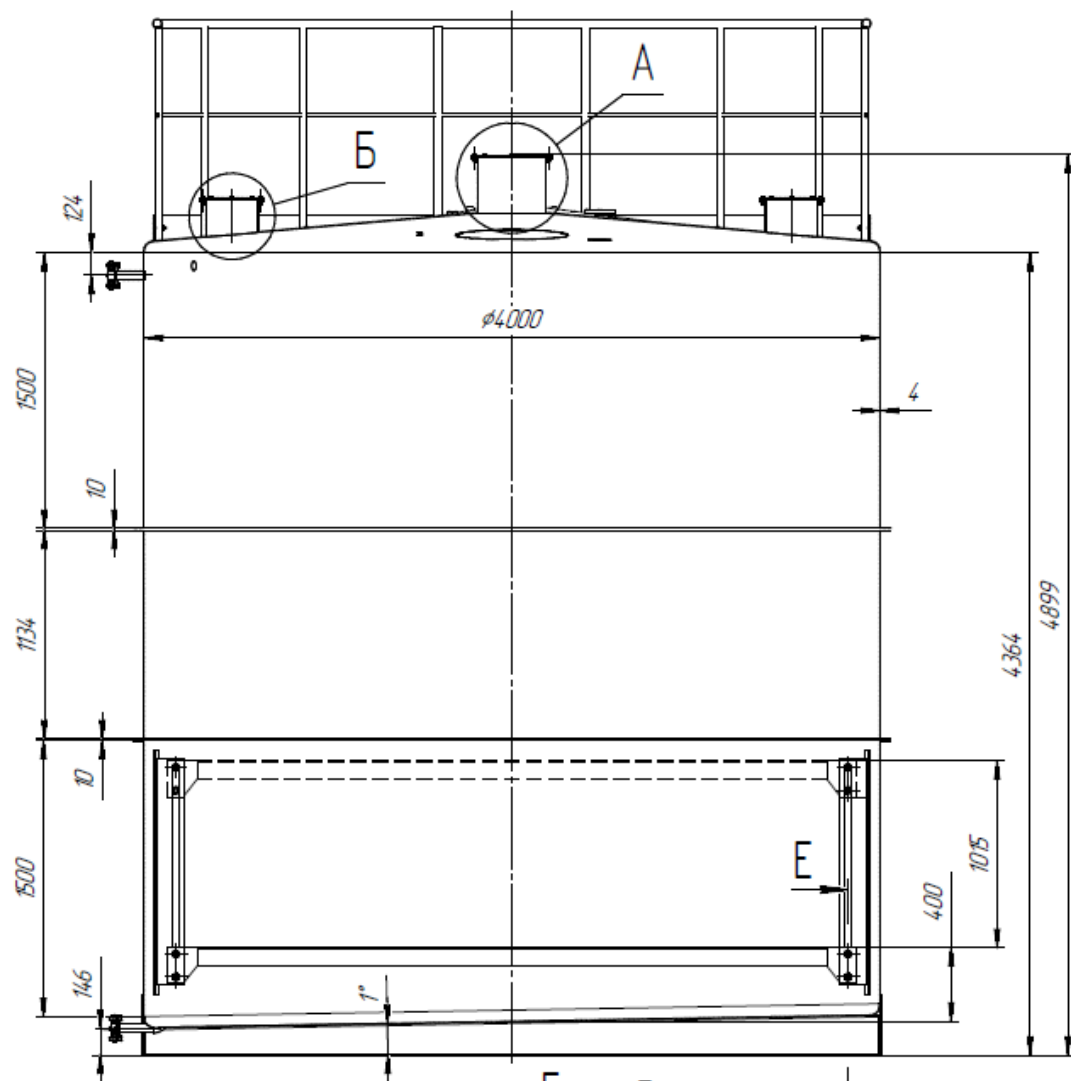
Система компенсации магнитного поля



- Пассивный метод— использование магнитных экранов, состоящих из материалов с высокой магнитной проницаемостью.
- Активный метод — использование колец Гельмгольца.
- Магнитное поле в месте расположения детектора: $H = 0.265 \text{ Гс}$, $Z = 0.25 \text{ Гс}$

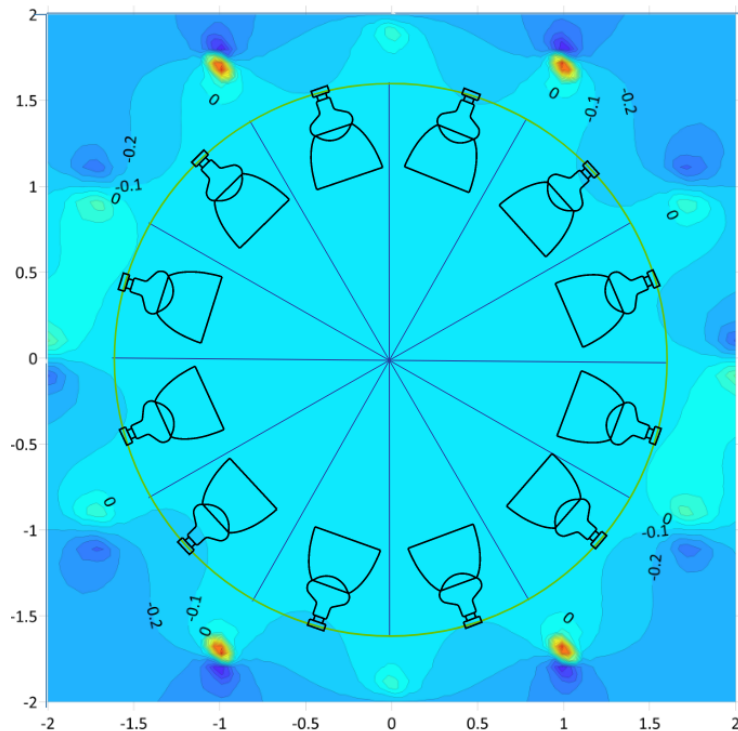


Система компенсации магнитного поля

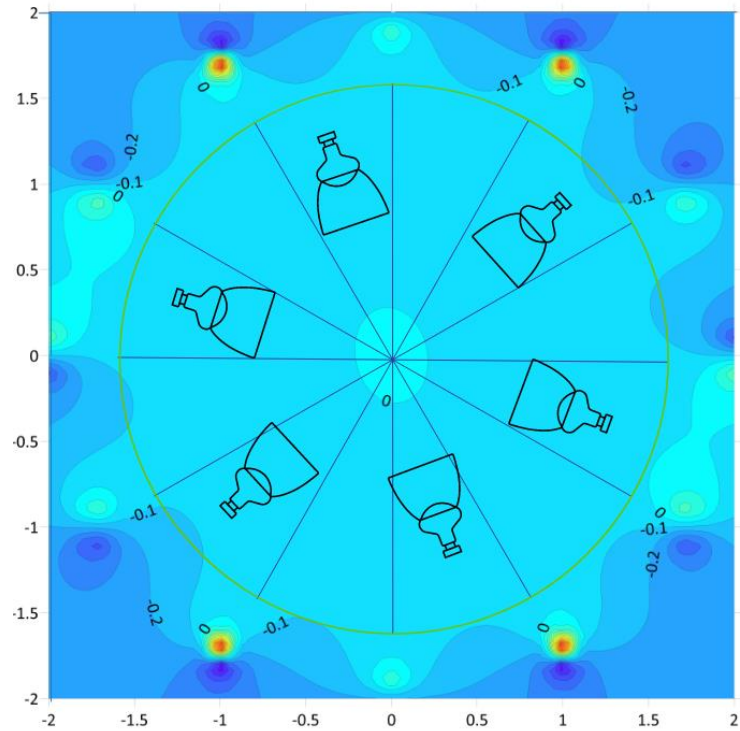


Система компенсации магнитного поля

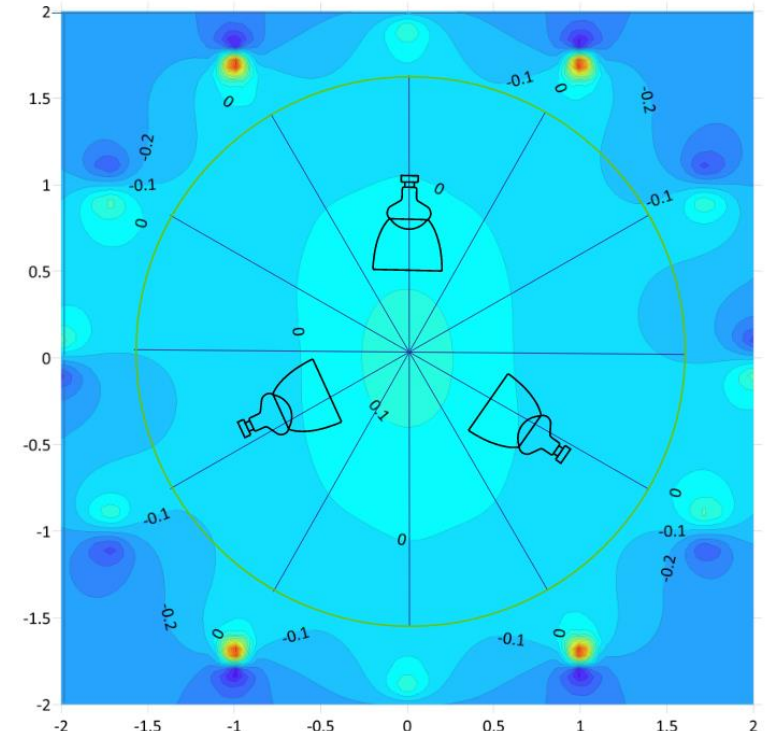
$Z=2.4 \text{ М}$



$Z=3 \text{ М}$



$Z=3.5 \text{ М}$

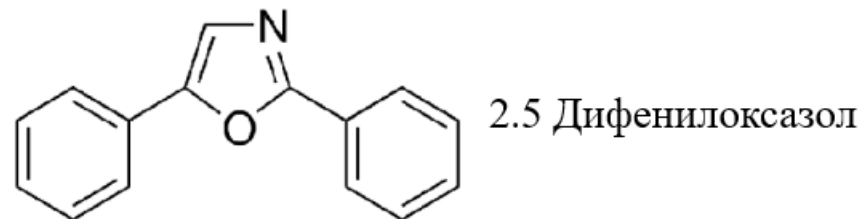
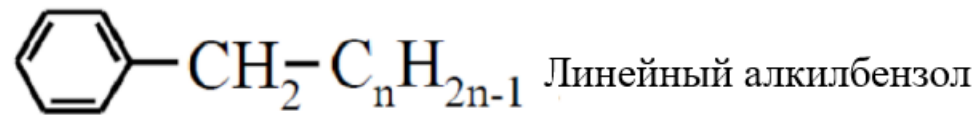


Горизонтальная компонента: количество колец 6
ВИТКОВ = 7

Вертикальная компонента: количество колец 5
ВИТКОВ = 10

Линейный алкилбензол – основа жидкого сцинтиллятора прототипов ББНТ

- Линейный алкилбензол как основа жидкого сцинтиллятора:
 - Температура вспышки – 147°C
 - Высокая биоразлагаемость – 95%
 - Доступность в промышленном масштабе
 - Низкая токсичность



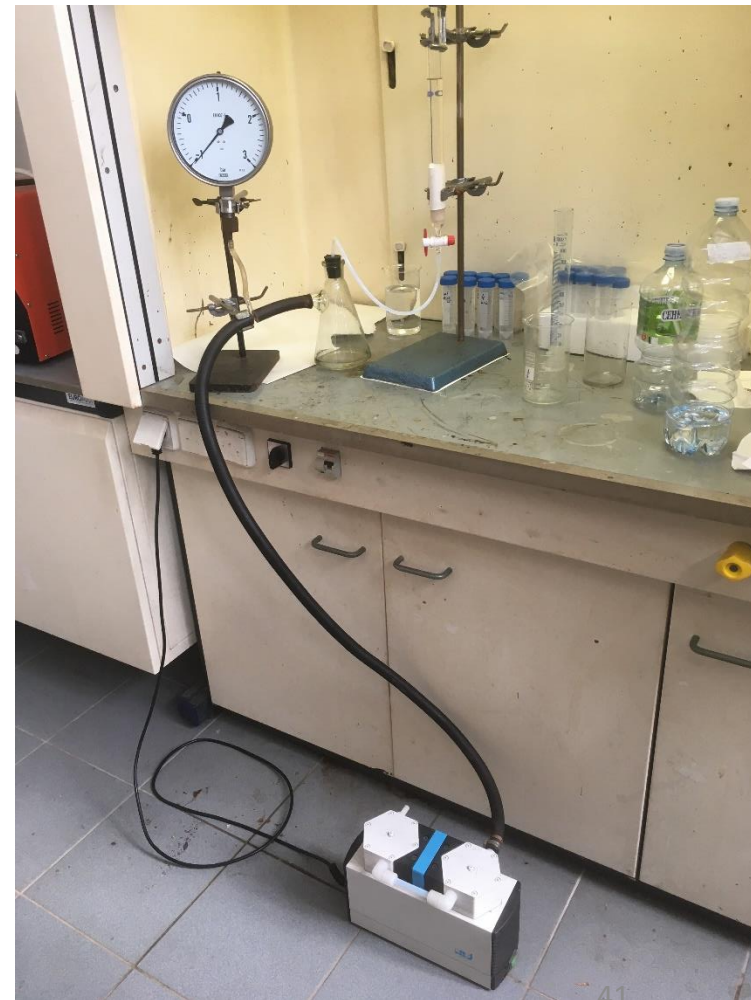
Разработка методики очистки линейного алкилбензола — основы жидкого сцинтиллятора прототипов ББНТ

- Хроматографическая очистка на колонках, заполненных оксидом алюминия (Al_2O_3)
- Метод вакуумной дистилляции

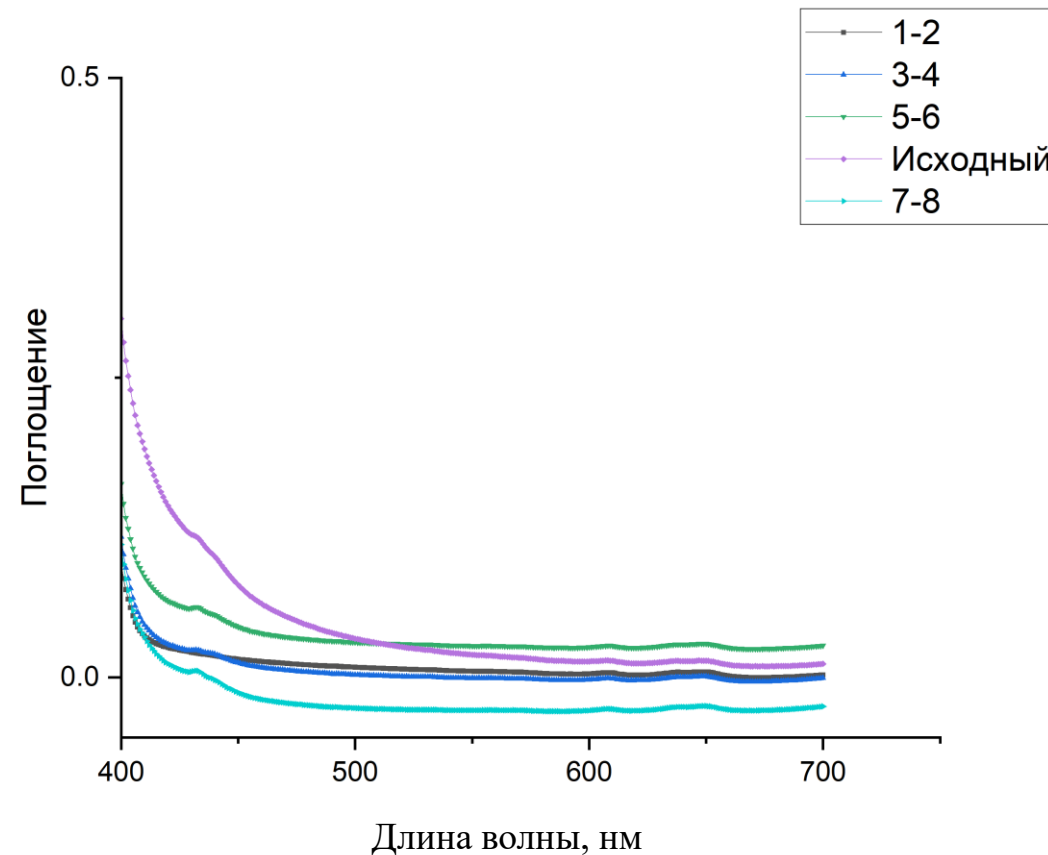
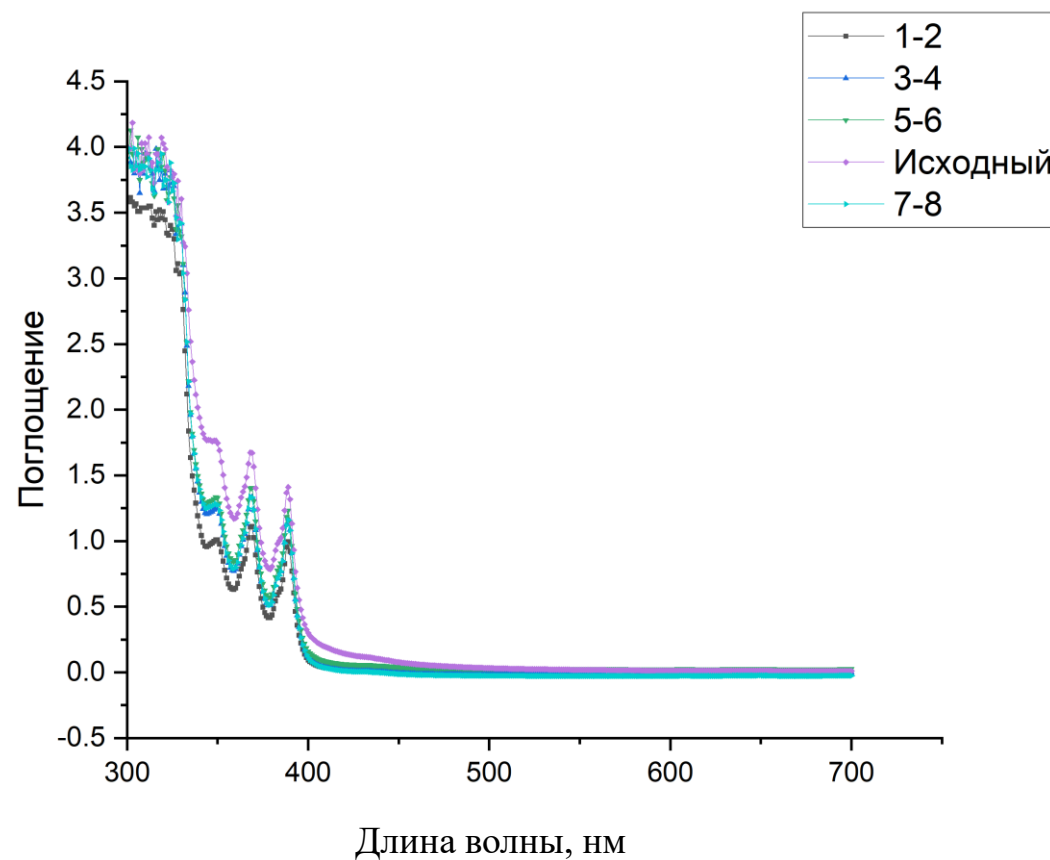


Хроматографическая очистка с помощью неактивированного Al_2O_3

- Сорбционная очистка происходила на колонке диаметром 3 см.
- Объем Al_2O_3 составлял 50 мл.
- ЛАБ пропусклся порциями по 100 мл.
- Измерения проводились на спектрофотометре Perkin Elmer Lambda-35.



Хроматографическая очистка с помощью неактивированного Al_2O_3

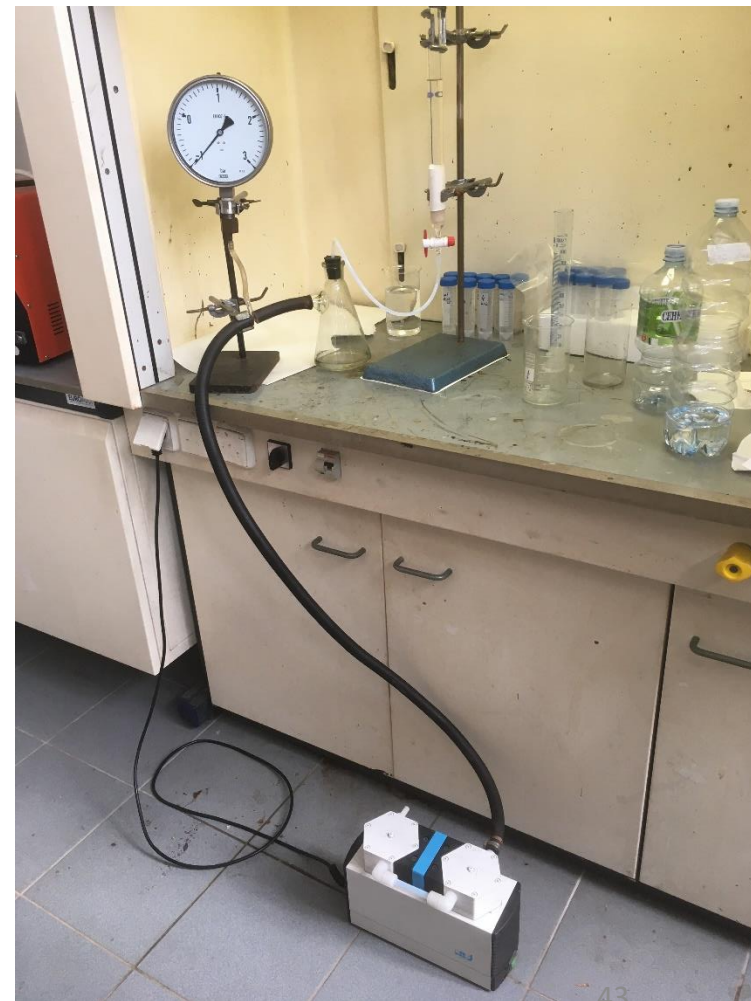


Хроматографическая очистка с помощью неактивированного Al_2O_3

- Сорбционная очистка происходила на колонке диаметром 3 см.
- Объем Al_2O_3 составлял 50 мл.
- ЛАБ пропусклся порциями по 100 мл.
- Измерения проводились на спектрофотометре Perkin Elmer Lambda-35.

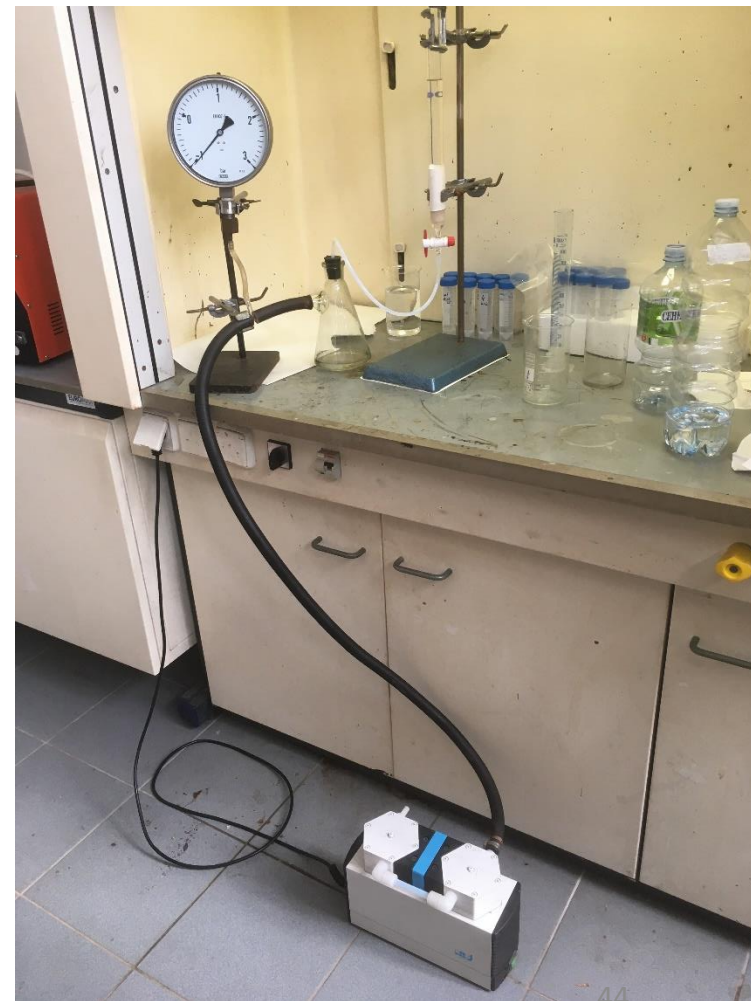
№	Порция	A_min	A_420	A_430	A_440	L_420	L_430	L_440
1	1-2	0,0028	0,0249	0,021	0,0181	1,9	2,4	2,8
2	3-4	-0,0023	0,0275	0,0225	0,0194	1,5	1,8	2
3	5-6	-0,025	0,0636	0,0578	0,0522	1,1	1,3	1,6
4	7-8	-0,0282	0,0114	0,0048	-0,002	1,1	1,3	1,6
5	Исходный	0,0134	0,1431	0,1192	0,1008	0,3	0,4	0,5

Длина поглощения L в метрах

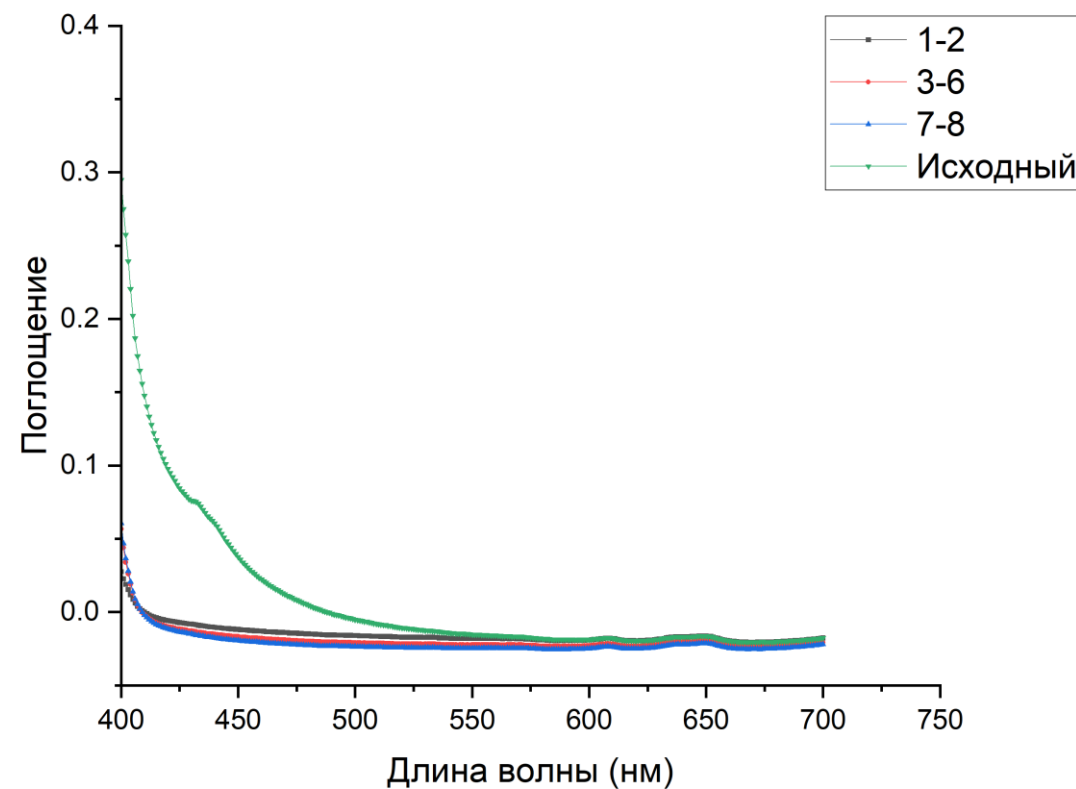
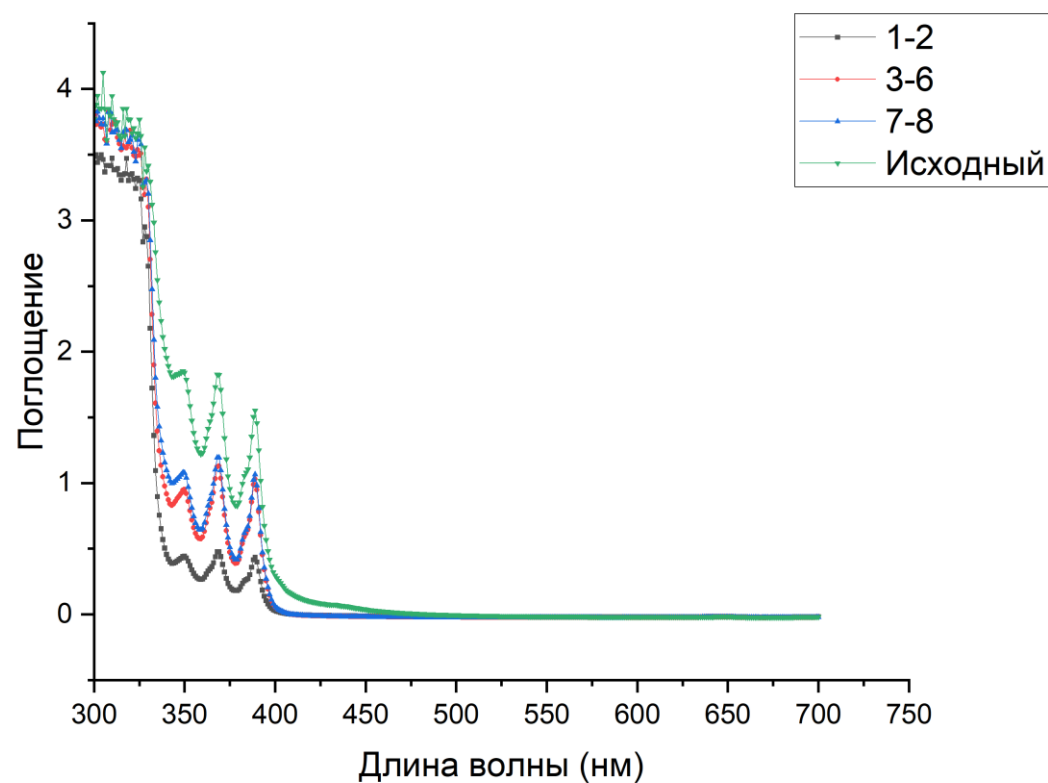


Хроматографическая очистка с помощью активированного Al_2O_3

- Отжиг происходил при $t = 250^\circ\text{C}$ в течение 8 часов.
- Сорбционная очистка происходила на колонке диаметром 3 см.
- Объем Al_2O_3 составлял 50 мл.
- ЛАБ пропусклся порциями по 100, 200 мл.



Хроматографическая очистка с помощью активированного Al_2O_3

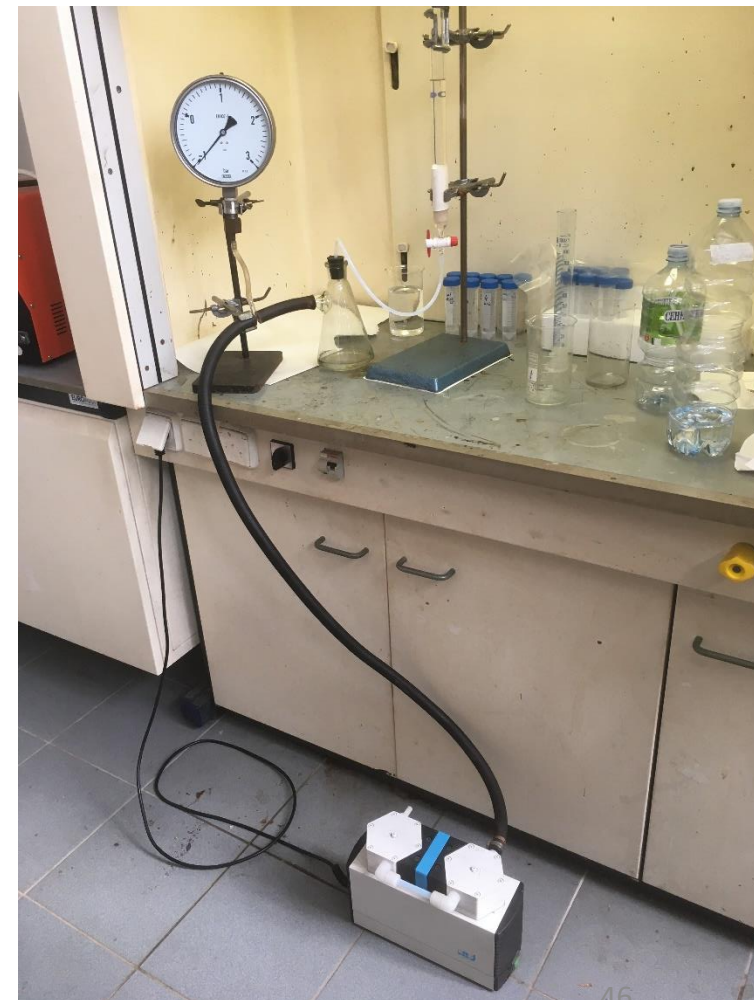


Хроматографическая очистка с помощью активированного Al_2O_3

- Отжиг происходил при $t = 250^\circ\text{C}$ в течение 8 часов.
- Сорбционная очистка происходила на колонке диаметром 3 см.
- Объем Al_2O_3 составлял 50 мл.
- ЛАБ пропусклся порциями по 100, 200 мл.

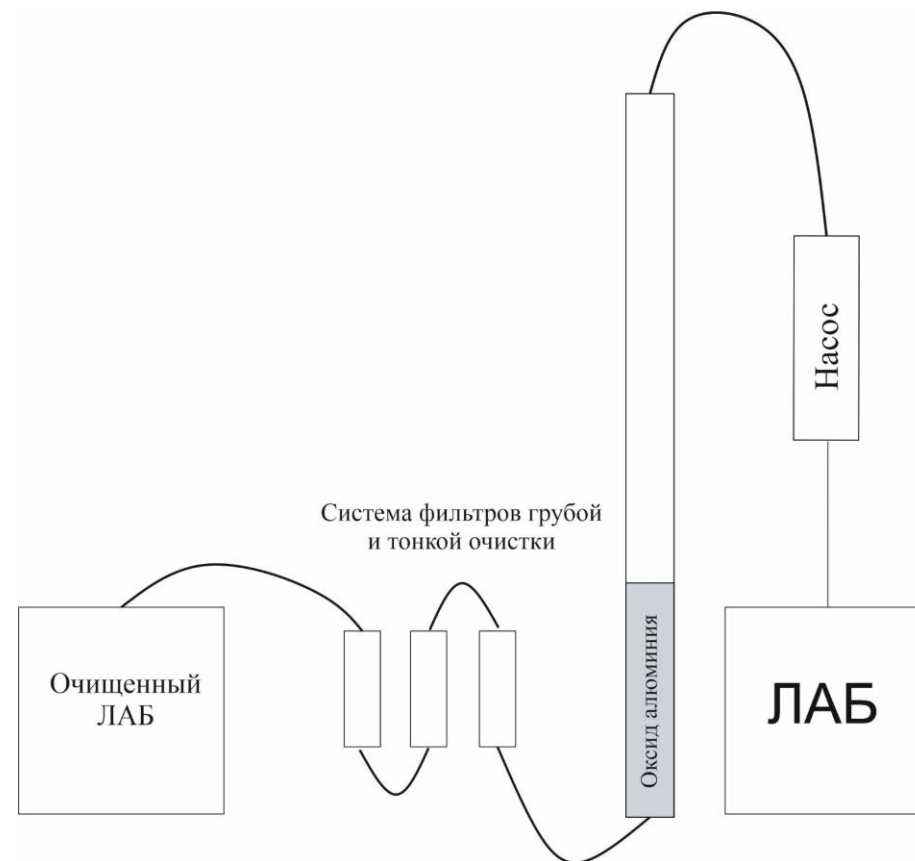
№	Порция	A_min	A_420	A_430	A_440	L_420	L_430	L_440
1	1-2	-0,0194	-0,0058	-0,0081	-0,0104	3,19	3,85	4,83
2	3-6	-0,0234	-0,01	-0,0129	-0,0153	3,24	4,14	5,37
3	7-8	-0,0254	-0,0115	-0,0149	-0,0177	3,12	4,14	5,65
4	Исходный	-0,0187	0,0978	0,0762	0,0606	0,37	0,46	0,55

Длина поглощения L в метрах



Система хроматографической очистки ЛАБ для 5-тонного прототипа ББНТ

- Система состоит из 6 колонок, работающих параллельно.
- Диаметр колонки – 10 см, высота – 1.5 м.
- Производительность колонки 25 л/ч.
- Система расположена в подземной инфраструктуре БНО.



Система хроматографической очистки ЛАБ для 5-тонного прототипа ББНТ



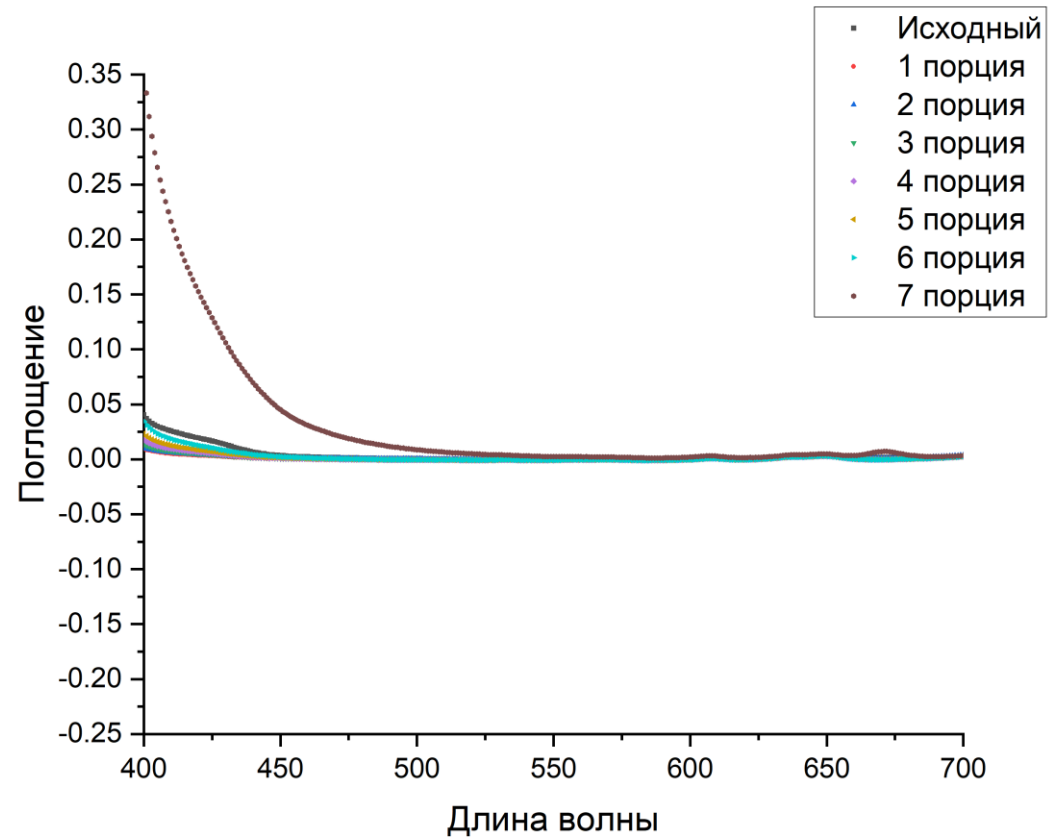
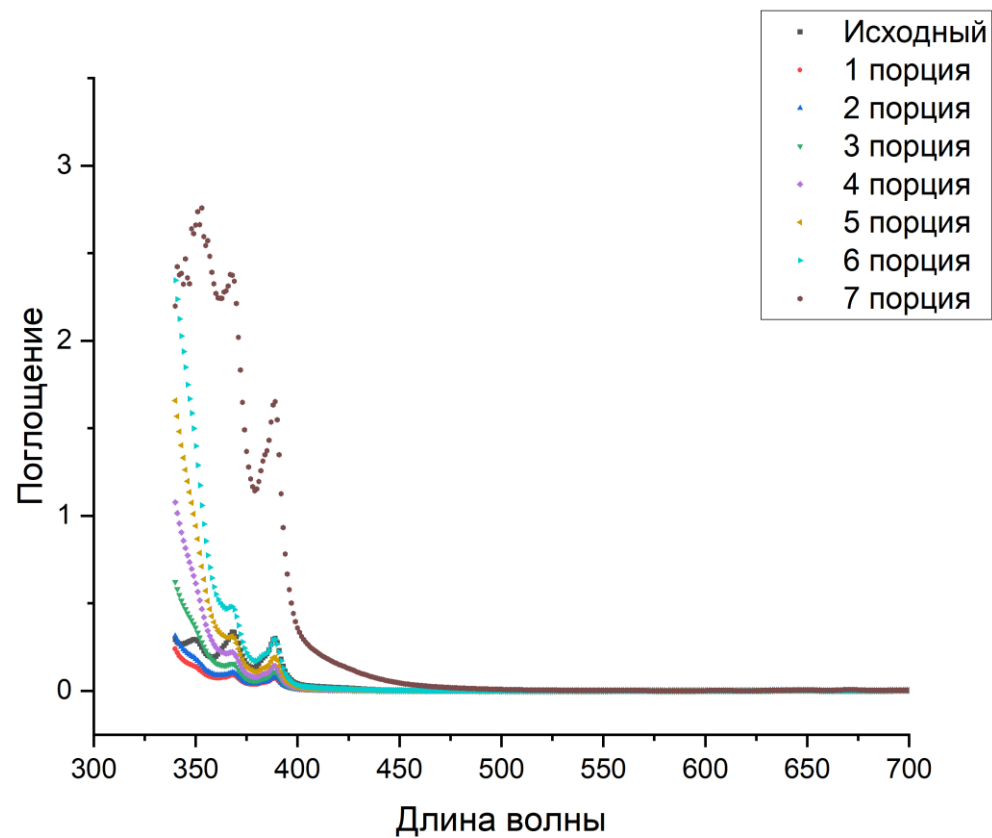
Расположена в подземной инфраструктуре БНО

Вакуумная дистилляция

- Дистилляция проводилась на ротационном испарителе Heidolph
- Масло силиконовое ПМС-20
- Температура нагрева масла 180°C
- Рабочее давление 5 мбар
- Пробы отбирались по 50 мл



Вакуумная дистилляция



Вакуумная дистилляция

- Дистилляция проводилась на ротационном испарителе Heidolph
- Масло силиконовое ПМС-20
- Температура нагрева масла 180°C
- Пробы отбирались по 50 мл

Порция	A_420	A_430	A_440	L_420	L_430	L_440
Исходный	0.0195	0.0134	0.0066	1.78	2.59	5.27
1	0.0038	0.0026	0.0014	9.15	13.38	24.8
2	0.0043	0.0031	0.0018	8.09	11.22	19.32
3	0.0053	0.0035	0.0018	6.56	9.94	19.32
4	0.0065	0.0041	0.0019	5.35	8.48	18.3
5	0.0085	0.0054	0.0028	4.09	6.44	12.42
6	0.0126	0.008	0.0043	2.76	4.35	8.09
7	0.1525	0.106	0.0698	0.23	0.33	0.49



Длина поглощения L в метрах

Система вакуумной дистилляции для 5-тонного прототипа ББНТ

- Вакуум-выпарная колонна с падающей пленкой. Тепловая мощность – 17.35 кВт. Площадь теплообменника – 6.4 м². Температура нагрева ЛАБ – 186 °С.
- Промывная колонна с конденсатором паров. Диаметр колонны – 220 мм. Высота насадочной колонны – 450 мм. Тип насадки – регулярная. Количество флегмы – 5 кг/ч.
- Термомасляный котел. Среда – термомасло АМТ-300. Температура нагрева – 200°С.
- Емкость исходного материала. Объем – 0.2 м³
- Сборник конденсата. Объем – 0.05 м³

Система вакуумной дистилляции для 5-тонного прототипа ББНТ

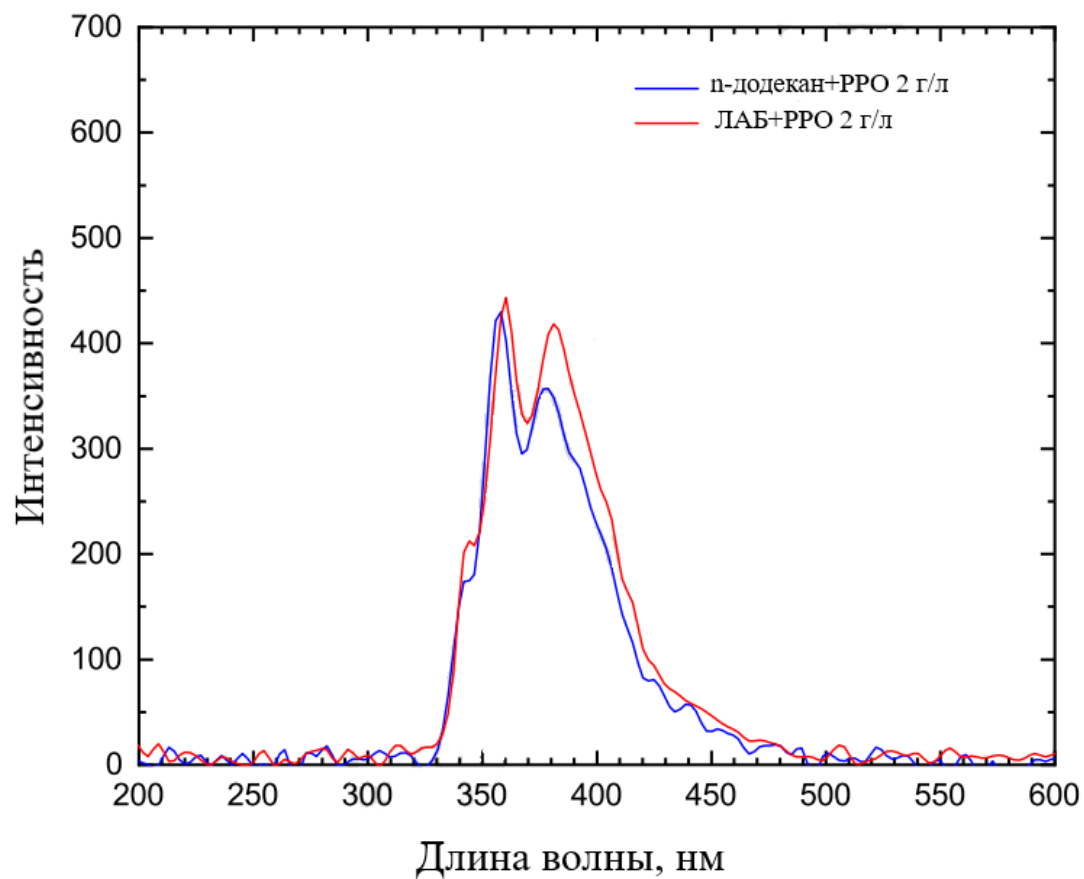


Система водной экстракции

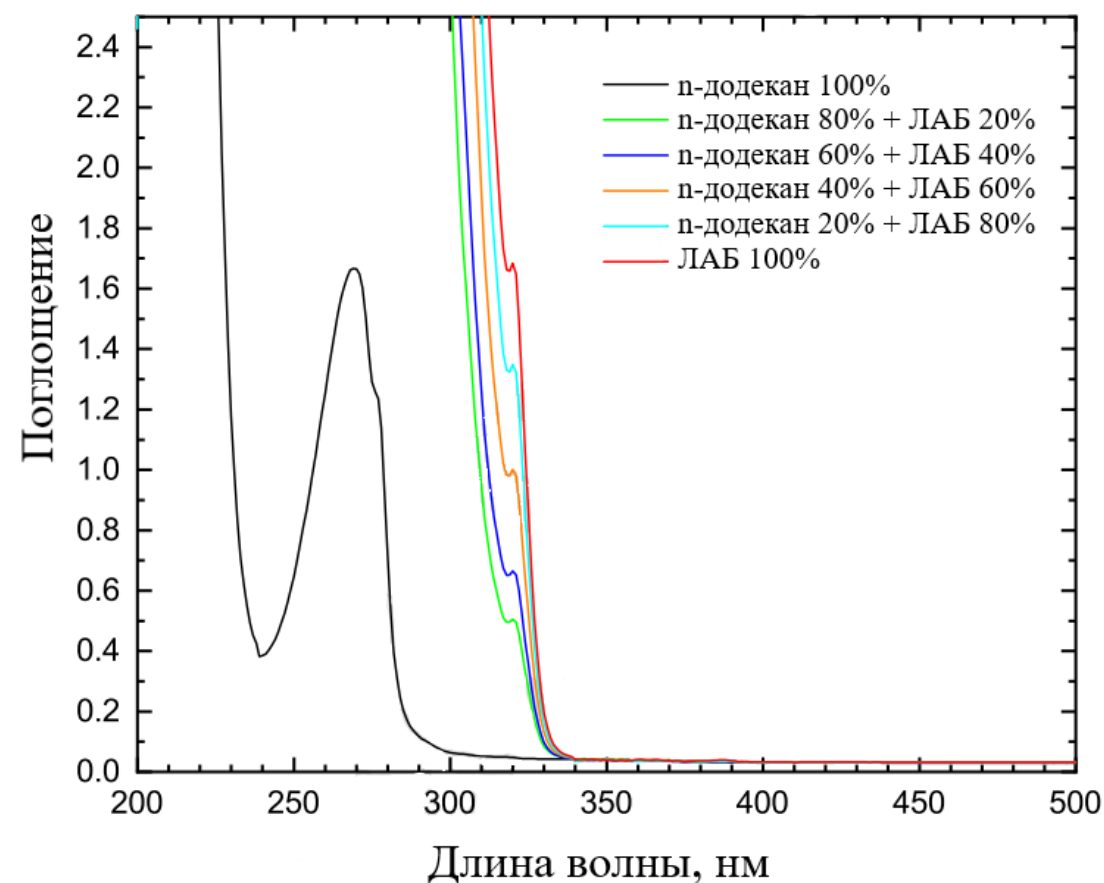
Устройство представляет собой одноступенчатый, безнапорный вертикальный экстрактор с центробежным разделением эмульсии на фазы и перемешиванием в гравитационном поле



Жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом

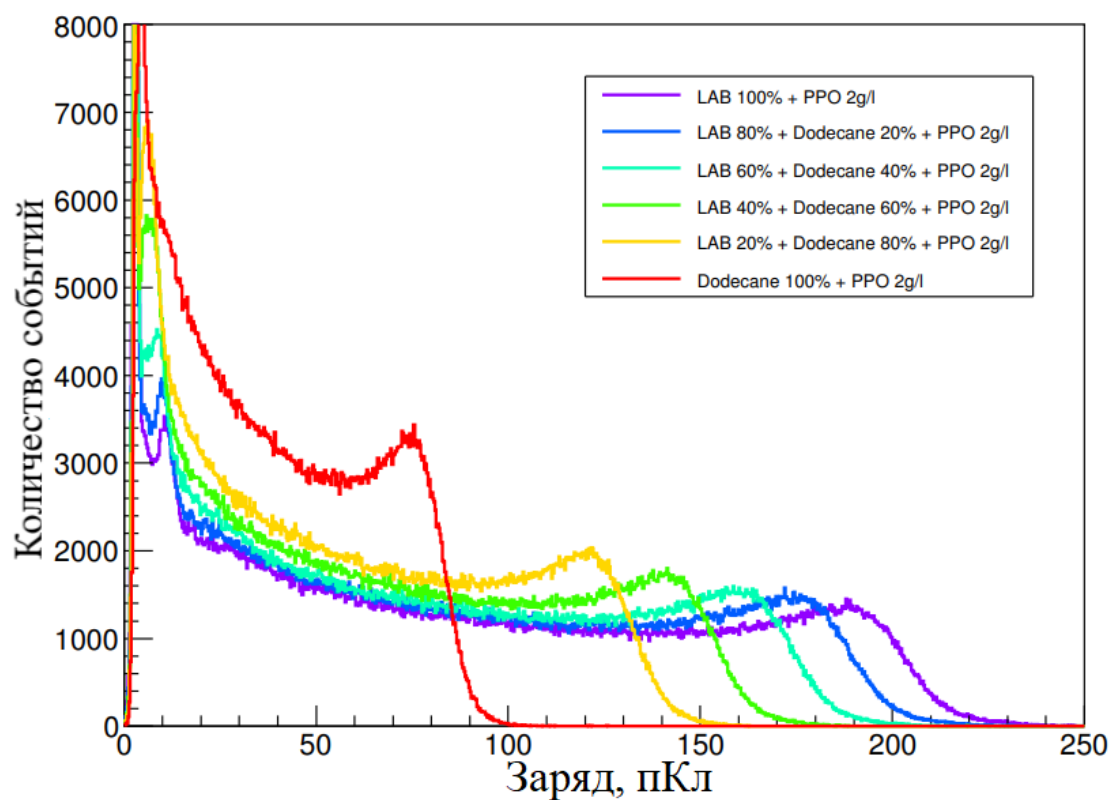


Спектры излучения сцинтиллятора на основе ЛАБ+РРО— и n-додекана+РРО— при концентрации РРО 2 г/л

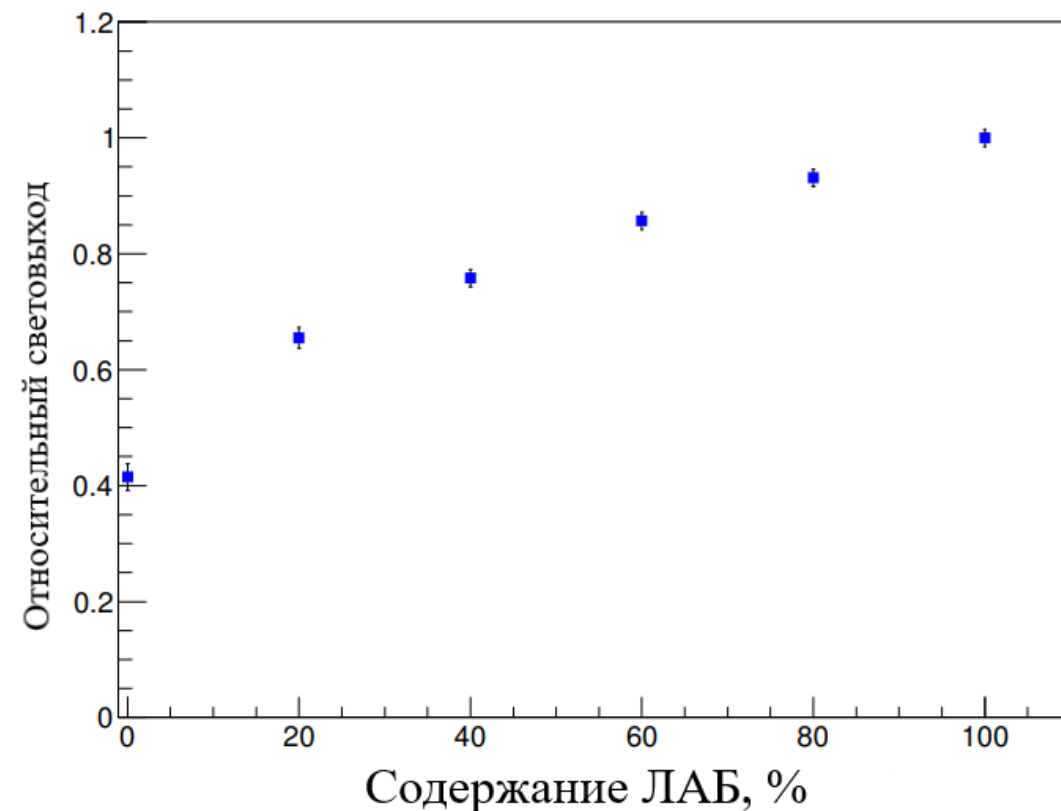


Спектры поглощения образцов с разным соотношением ЛАБ и n-додекана

Жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом

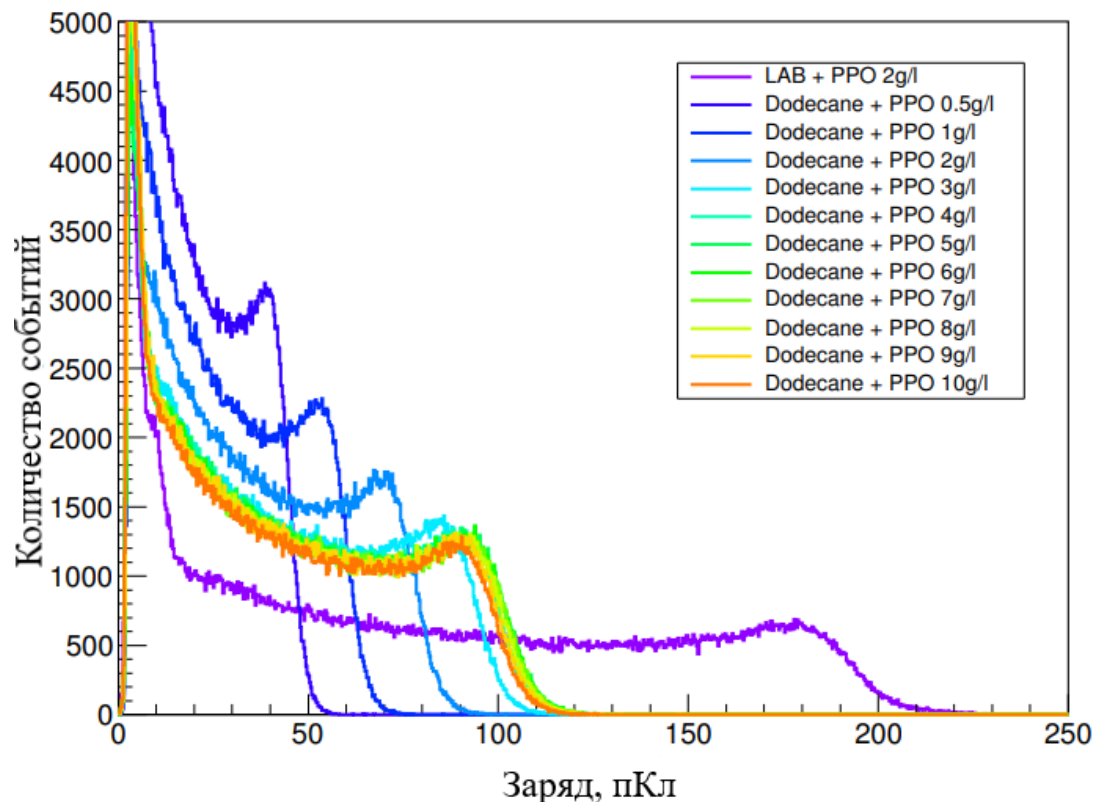


Зарядовые спектры сцинтилляторов с различными соотношениями LAB и n-додекана при фиксированной концентрации PPO 2 г/л

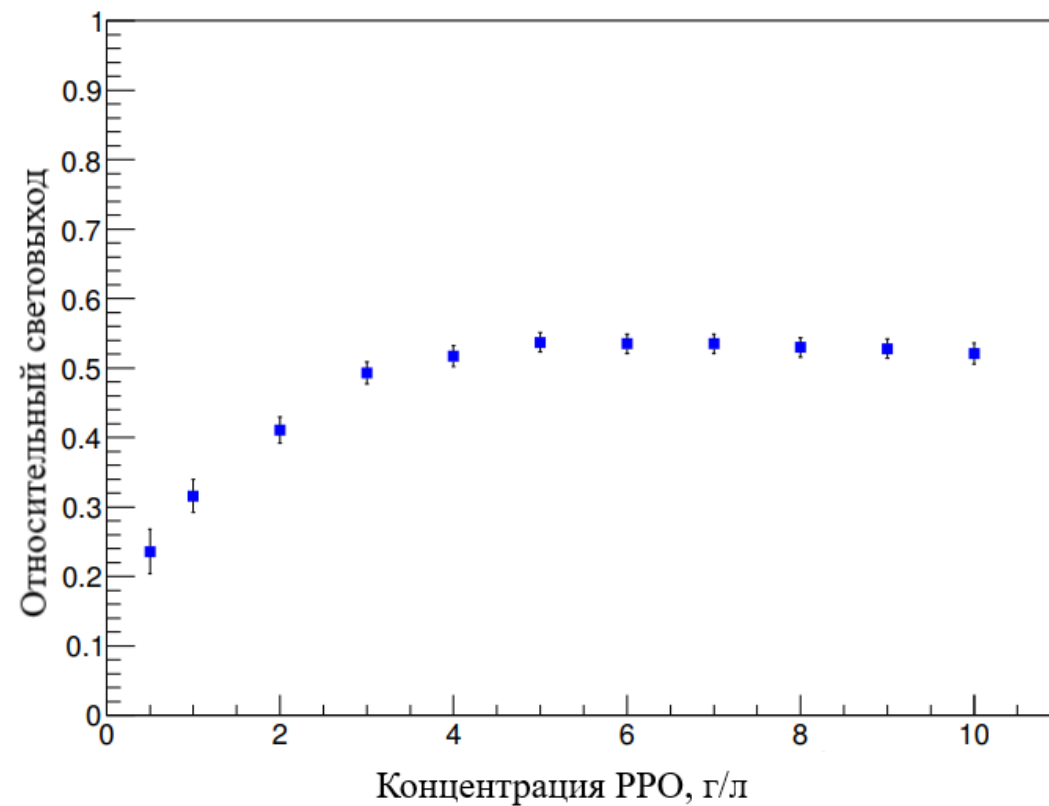


Зависимость световыхода от содержания LAB и n-додекана при концентрации PPO 2 г/л

Жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом

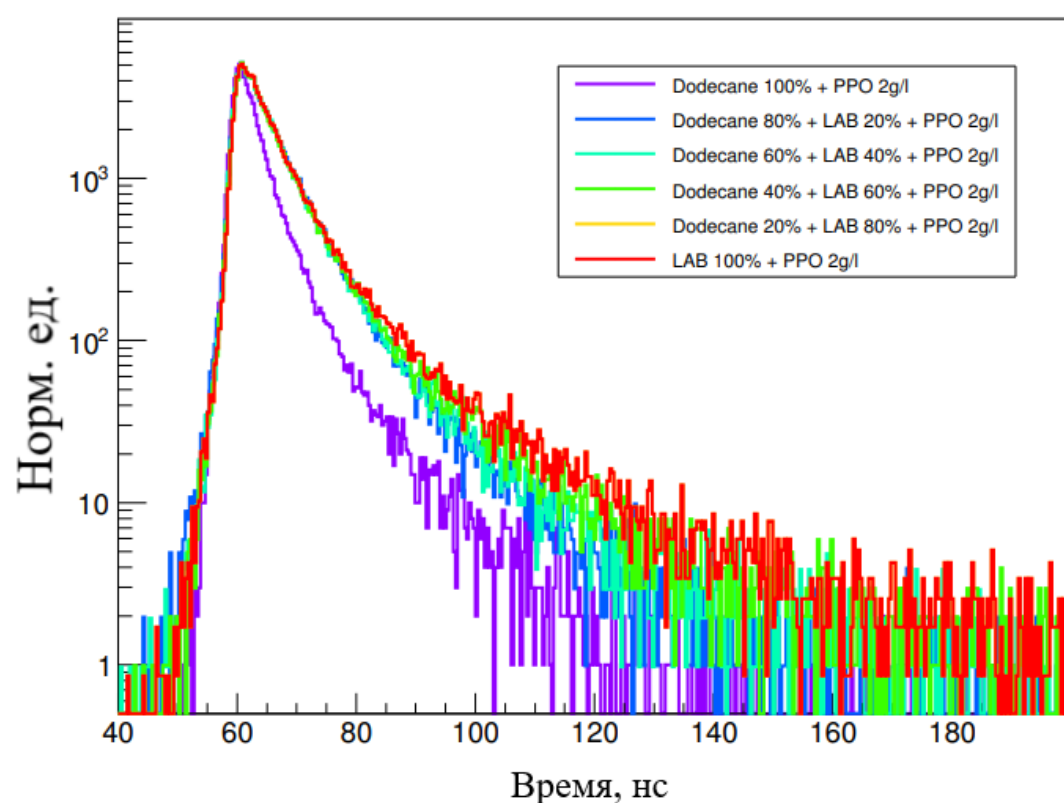


Зарядовые спектры n-додекана при разной концентрации PPO

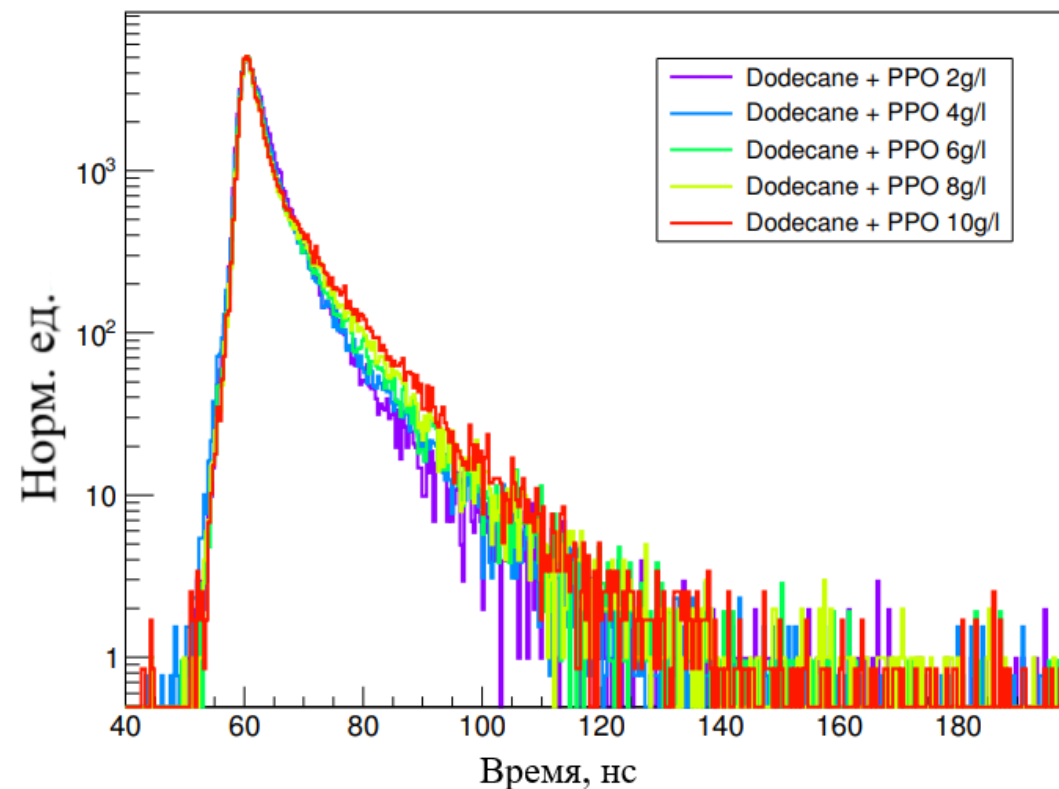


Зависимость световыхода от содержания концентрации PPO в n-додекане

Жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом



Кинетика сцинтилляционного свечения смесей с различными соотношениями LAB и n-додекана при фиксированной концентрации PPO 2 г/л



Кинетика сцинтилляционного свечения n-додекана при разной концентрации PPO

Жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом

Количество ЛАБ в смеси, %	Быстрая компонента, нс	Медленная компонента, нс	Концентрация РРО, г/л	Быстрая компонента, нс	Медленная компонента, нс
0	3.00±0.05 (80.6%)	10.41±0.36 (19.2%)	2	3.00±0.05 (80.6%)	10.41±0.36 (19.2%)
20	5.33±0.05 (90.6%)	17.21±0.78 (9.1%)	4	2.52±0.03 (70.7%)	9.74±0.25 (29.0%)
40	5.15±0.02 (88.2%)	17.09±0.55 (11.4%)	6	2.26±0.05 (62.8%)	9.59±0.15 (37.0%)
60	4.96±0.05 (84.1%)	17.62±0.56(15.4%)	8	2.04±0.02 (55.1%)	9.35±0.11 (44.5%)
80	5.01±0.04 (81.5%)	18.25±0.45 (17.8%)	10	1.97±0.02 (50.8%)	9.7±0.12 (48.9%)
100	4.85±0.03 (77.7%)	19.79±0.39 (21.4%)			

Заключение

- Разработана и создана система компенсации магнитного поля для прототипа Баксанского большого нейтринного телескопа с массой мишени 5 тонн. Была получена оптимальная конфигурация системы колец Гельмгольца для компенсации вертикальной и горизонтальной компонент магнитного поля, были рассчитаны оптимальные параметры системы компенсации. Значения магнитного поля в месте расположения детектора снижено с 0.3 Гс до 0.03 Гс.
- Разработан и создан измерительный стенд на основе катушек Гельмгольца для исследования влияния магнитного поля на параметры фотоэлектронных умножителей. Разработанный измерительный стенд позволяет компенсировать магнитное поле в трех направлениях, а также создавать дополнительное магнитное поле до 1 Гс.
- Исследовано влияние естественного магнитного поля на параметры фотоумножителей, а также влияние искусственно создаваемого поля вдоль каждой оси ФЭУ. Компенсация магнитного поля позволяет снизить изменение коэффициента усиления с 22% до 1%.
- Разработана и создана система хроматографической очистки (совместно с «Инновационные химические технологии»), система вакуумной молекулярно-пленочной дистилляции (совместно с «Вайстех Инжиниринг»), система водной экстракции, предназначенные для очистки линейного алкилбензола.
- Разработана методика очистки линейного алкилбензола для повышения оптических свойств и удаления радиоактивных примесей. Методика позволяет повысить прозрачность ЛАБ с 1.5 м до более 10 м.
- Исследованы жидкие сцинтилляторы на основе смесей линейного алкилбензола с n-додеканом. Показана перспективность использования таких смесей, обладающих приемлемым световыходом и высокой прозрачностью. Для жидкого сцинтиллятора на основе только n-додекана получен световыход 4000-5000 фотонов на 1 МэВ

Публикации

1. А. Д. Луканов, А. А. Будзинская, Д. М. Воронин и др. Система компенсации магнитного поля Баксанского большого нейтринного телескопа // Журнал технической физики. 2025, том 95, №11, с. 2247-2255. DOI: 10.61011/JTF.2025.11.61609.30-25.
2. A.D. Lukanov, A.A. Budzinskaya, V.N. Gavrin et al. Infrastructure of 5-ton Prototype of Baksan Large Neutrino Telescope Project // Physics of Atomic Nuclei. V 88, 1075-1081 (2025). DOI:10.1134/S1063778825601702.
3. Lukanov A.D., Voronin D.M., Gavrin V.N. et al. Current Status of the Baksan Large Neutrino Telescope // Bull. Russ. Acad. Sci. Phys. 87, 929–934 (2023). DOI:10.3103/S1062873823702805.
4. Lukanov A.D., Budzinskaya A.A., Gavrin V.N. et al. Baksan Large Neutrino Telescope Project: Prototypes and Perspectives // Phys. Atom. Nuclei 86, 1380–1384 (2023). DOI:10.1134/S1063778823060182.
5. A.Yu. Sidorenkov, A.A. Budzinskaya, A.N. Fazliakhmetov, ..., A.D. Lukanov, et al. Characterization of scintillator mixtures based on n-dodecane and linear alkylbenzene // Radiation physics and chemistry. 2026 Vol. 239 P.113337. DOI:10.1016/j.radphyschem.2025.113337.
6. Е. П. Веретенкин, В. Н. Гаврин, Б.А. Комаров, ..., А.Д. Луканов, др. Жидкие органические сцинтилляторы для регистрации редких событий, методы очистки от U, Th и K // Ядерная физика. 2022, том 85, №6, с. 459-467. DOI: 10.31857/S0044002722060149.
7. A.Yu. Sidorenkov, O.V. Borshchev, A.A. Budzinskaya, ..., A.D. Lukanov, et al. Research and Development of Highly Efficient Liquid scintillators // Physics of Atomic Nuclei. 2023. Vol. 87. N. 1. P. 347-350. DOI: 10.1134/S1063778824010514

Апробация работы

1. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2021", 12-23 Апреля 2021, Москва, Россия
2. 64-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 29 Ноября - 3 Декабря 2021, Москва, Россия
3. 37-я Всероссийская конференция по космическим лучам, 27 Июня – 2 Июля 2022, Москва, Россия
4. 6-th International conference on particle physics and astrophysics, 29 November - 2 December 2022, Moscow, Russia
5. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2023", 10-21 Апреля 2023, Москва, Россия
6. 65-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 3-8 Апреля, 2023, Москва, Россия
7. 7-th International conference on particle physics and astrophysics, 22-25 October 2024, Moscow, Russia
8. 66-я Всероссийская научная конференция МФТИ, 1-6 Апреля, 2024, Москва, Россия
9. Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов 2025", 11-25 Апреля 2025, Москва, Россия
10. LXXV Международная конференция "ЯДРО-2025". Физика атомного ядра и элементарных частиц. Ядерно-физические технологии", 1-6 Июля 2025, Санкт-Петербург, Россия

Система вакуумной дистилляции для 5-тонного прототипа ББНТ

