

**Исследование структуры нуклонов и адронов в ЦЕРН  
(ПРОЕКТ COMPASS-II, тема 02-0-1085-2021/2022)  
продление на 2 года**

**АБСТРАКТ**

COMPASS-это эксперимент по физике высоких энергий на Суперпротонном синхротроне (SPS) в ЦЕРНе в Женеве, Швейцария. Целью данного эксперимента является изучение адронной структуры и адронной спектроскопии с использованием высокоинтенсивных мюонных и адронных Пучков.

В феврале 1997 года эксперимент был одобрен SPSC комитетом ЦЕРН, а в сентябре 1998 года был подписан окончательный Меморандум о взаимопонимании. Спектрометр был установлен в 1999-2000 годах и введен в эксплуатацию в ходе технического запуска в 2001 году. Летом 2002 года начались физические эксперименты с мюонным пучком и поляризованными протонными и дейтроновыми мишенями. Эти полу-инклюзивные эксперименты по глубокому неупругому рассеянию (SIDIS) раскрывают детали кварк-глюонной структуры нуклона, в частности поляризацию глюона и корреляции, зависящие от поперечного импульса. После остановки в 2005 году COMPASS возобновил эксперименты SIDIS в 2006 и 2007 годах с новым магнитом мишени с большой апертурой. Измерения спиновой структуры были продолжены в 2010 и 2011 годах.

2008 и 2009 годы были посвящены программе адронной спектроскопии с использованием пучков пионов и протонов на жидко-водородной и ядерных мишенях. Был собран беспрецедентный объем данных, позволивший провести более детальный анализ конечных состояний и до сих пор раскрывающий тонкие детали спектроскопии легких мезонов. Часть 2009 года была посвящена изучению поляризуемости пионов с помощью Примаковского рассеяния пионов на тяжелых ядрах. Это измерение было подготовлено в ходе экспериментального запуска в 2004 году. Программа измерений была продолжена в 2012 году в рамках второго этапа эксперимента COMPASS.

Проект COMPASS-II, предложенный тем же сотрудничеством в качестве продолжения проекта COMPASS, был одобрен в мае 2010 года, и соответствующая тема в ОИЯИ была продлена до конца 2020 года.

Проект COMPASS-II в основном посвящен изучению поперечной и трехмерной структуры нуклонов с использованием глубоко виртуального комптоновского рассеяния (DVCS), жесткого эксклюзивного производства мезонов (HEMP), SIDIS и поляризованных реакций Матвеева-Мурадяна-Тавхелидзе или Дрелля-Яна (далее - DY). Утвержденный в 2010 году, проект стартовал в 2012 году с измерений реакций Примакова и пилотного набора данных по измерению реакций DVCS с использованием мюонного пучка и длинной жидко-водородной мишени с большим детектором отдачи. Первое поляризованное измерение Дрелл-Яна с пучком отрицательных пионов и поляризованной протонной мишенью было успешно выполнено в 2015 году, а сбор данных был возобновлен в 2018 году. 2016 и 2017 годы были посвящены измерению DVCS, и одновременно были собраны данные по программе HEMP и SIDIS.

На 2021 год после длительной остановки были утверждены дальнейшие измерения SIDIS на поперечно поляризованных дейтронах.

В 2018 году COMPASS-II продолжил набор данных по программе изучения партонных распределений, зависящих от поперечного импульса партона, в процессах DY на пучке пионов с энергией 160 ГэВ и с поляризованной мишенью. Группа ОИЯИ активно участвовала в подготовке установки и в наборе данных. Важно отметить те задачи, которые решаются при активном участии физиков и инженеров ОИЯИ: техническое обслуживание адронного калориметра (HCAL1), систем координатных детекторов (MW1), поддержка поляризованной мишени, поддержка системы сбора данных (DAQ), инженерной структуры экспериментального зала и анализ физических данных эксперимента.

В 2018-2020 годах был продолжен анализ данных, полученных в 2002-2017 годах. В отчетный период коллаборация подготовила к публикации и опубликовала 10 статей. С существенным вкладом физиков ОИЯИ были подготовлены три статьи.

. Для продолжения исследований TMDs COMPASS-II подготовил предложение о продлении измерений SIDIS в 2021 году. Это предложение было одобрено CERN SPSC в 2018 году

Изучения поперечной спиновой структуры нуклонов является одной из важнейших тем последних теоретических и экспериментальных исследований в области физики высоких энергий. Хорошее знание зависимостей партонных распределений от поперечного собственного импульса партона и взаимосвязь этой зависимости со спинами партонов необходимо для понимания орбитального движения партонов и продвижение к более структурированной картине, выходящей за пределы коллинеарного представления партонных распределений. В КХД, для лидирующего твиста, структура нуклона описывается восемью партонными распределениями, зависящими от поперечного собственного импульса партона (TMDs):  $F_1(x, k_T^2)$ ,  $g_1^L(x, k_T^2)$ ,  $H_1(x, k_T^2)$ ,  $g_1^T(x, k_T^2)$ ,  $h_1^T(x, k_T^2)$ ,  $h_1^L(x, k_T^2)$ ,  $h_1(x, k_T^2)$ , и  $f_1^T(x, k_T^2)$ . Одним из основных методов исследования вышеупомянутых партонных распределений является измерение полу-инклюзивных глубоко-неупругих процессов рассеяния поляризованных лептонов на поляризованных ядерных мишенях. Такие измерения являются важнейшим пунктом физической программы экспериментов COMPASS и COMPASS-II. Периоды набора данных по этой тематике были выполнены в 2002-2004, 2007 и 2010 годах с поляризованными мишенями. Главными экспериментальными задачами таких измерений являются следующие цели:

- измерение асимметрий Коллинза и Сиверса;
- получение данных по партонному распределению  $h_1$  (поперечность);
- измерение тензорного заряда;
- получение новых данных по структурной функции  $g_2$ ;
- измерение асимметрий в процессах с рождением двух адронов;
- эксклюзивное рождение векторных мезонов.

COMPASS-II планирует выполнить стандартный однолетний набор данных, изучая рассеяние пучка мюонов канала M2 с импульсом 160 ГэВ/с на поперечно поляризованной дейтронной мишени.

Установка, которая будет использоваться для набора данных в 2021 году, в основном представляет собой спектрометр COMPASS, как он использовался в мюонном ране 2010 года.

Два поддерживаемых группой ОИЯИ детектора должны быть использованы в наборе данных 2021 года, MW1 и HCAL1. Ниже представлен план работ на два года.

#### **2021:**

- Участие в наборе данных COMPASS;
- Обслуживание MW1, HCAL1 во время сеанса;
- Разработка/поддержка программного обеспечения MW1 / HCAL1;
- Анализ экспериментальных данных COMPASS;

#### **2022:**

- Завершение работы с детекторами MW1, HCAL1 и ECAL0 по проекту COMPASS-II (утилизация, вывоз в ОИЯИ или передача в другой эксперимент);
- Анализ экспериментальных данных COMPASS;

Общие расходы ОИЯИ на проект (тема 1085) за период 2017-2019 гг. составили около \$ 624 тыс. МНТС – \$ 374 тыс., расходные материалы и оборудование - \$ 250 тыс.

ЦЕРН выделил около \$ 30 тыс. (NA58, COMPASS-II) на поддержку экспертов ОИЯИ в ЦЕРНе. Сумма необходимого финансирования на 2021-2022 годы составляет \$ 310 тыс. из бюджета ОИЯИ. Основная часть этих расходов необходима для участия физиков ОИЯИ в сборе данных, для обслуживания детекторов и программных он-лайн комплексов мониторинга их работы, а также для взносов в общий фонд коллаборации в соответствии с обязательствами по Меморандуму о взаимопонимании.

Данное продление проекта COMPASS-II является последним, в будущем проект планируется закрыть и продолжить анализ данных COMPASS-II в рамках этапа темы ОИЯИ.

### Общая смета по проекту

№№	Деятельность	Общая стоимость	Затраты в год (тыс. долл. США)	
			2021	2022
1.	Подготовка и обслуживание HCAL1 и MW1	30	20	10
2.	Взнос в общий фонд	90	50	40
3.	Научная деятельность	190	120	70
<b>Всего</b>		<b>310</b>	190	120

### Смета расходов по проекту в к\$

№№ статьи	Статья бюджета	Всего <u>2021–2022</u>
4	Научная деятельность	190
5,6	Материалы, оборудование, общий фонд	120
<b>Всего</b>		<b>310</b>