

"Утверждаю"

Директор Института ядерной физики им.
Г.И. Будкера СО РАН,



П.В.Логачев

23 05 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук; сокращенное - ИЯФ СО РАН на диссертацию Поликарпова Сергея Михайловича «Спектроскопия B_s^0 мезонов в эксперименте CMS», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

Диссертационная работа Сергея Михайловича Поликарпова относится к актуальной и быстро развивающейся области физики элементарных частиц – физике кварковых состояний с участием тяжелых кварков. Несмотря на долгую историю изучения этой области, открытия в последние годы экзотических адронов, предположительно содержащих 4 и 5 кварков, вызвали большой всплеск интереса к этой области физики элементарных частиц как у теоретиков, так и у экспериментаторов.

В 2016 г. коллаборация D0 заявила об обнаружении в системе $B_s^0 \pi^\pm$ частицы $X(5568)$ – кандидата в тетракварковое состояние, состоящее из четырех различных кварков. Однако коллаборация LHCb не подтвердила существования этой частицы, причем поставленный верхний предел на вероятность ее рождения находился в явном противоречии с результатом D0. Первая часть рассматриваемой диссертации посвящена поиску состояния $X(5568)$ в эксперименте CMS на коллайдере БАК. Следует при этом отметить, что условия эксперимента CMS гораздо ближе к D0, чем LHCb.

Во второй части диссертации описано проведенное автором исследование P-волновых состояний B_s^0 -мезонов - $B_{s2}^*(5840)^0$ и $B_{s1}(5830)^0$ в распадах на B -мезон и каон, причем впервые наблюдался распад в нейтральном канале $B^0 K_s^0$. Оба исследования были выполнены на основе данных с интегральной светимостью около 20 фбн^{-1} , полученных в эксперименте CMS при энергии в системе центра масс 8 ТэВ на Большом Адронном Коллайдере в 2012 г.

Диссертация содержит введение, три главы, заключение и список литературы из 119 ссылок. Во введении приведена мотивация данного исследования, изложены недавние результаты по спектроскопии тяжёлых адронов, относящиеся к предмету данной работы, описаны цели и задачи этого исследования, обоснованы актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая ценность работы, указан личный вклад соискателя, а также дана общая характеристика и описана структура диссертационной работы.

В начале второй главы дано краткое описание Большого Адронного Коллайдера (БАК). Затем описан детектор CMS (Компактный Мюонный Соленоид), с помощью которого были получены экспериментальные данные, используемые в работе. Представлены основные подсистемы этого детектора. Основной целью этого эксперимента было обнаружение бозона Хиггса и поиски Новой Физики. Однако благодаря своей универсальности, высокому энергетическому и импульсному разрешению, эта установка предоставляет большие возможности для исследований в широкой области физики элементарных частиц. Важной подсистемой для данной работы является триггер, также описанный во второй главе. В этой главе приводится также описание набора данных, использованных в работе, и описание моделирования изучаемых процессов методом Монте-Карло.

В третьей главе описан поиск состояния $X(5568)$, распадающегося на $B_s^0 \pi^\pm$. В 2016 г. коллаборация D0 заявила об обнаружении нового состояния в системе $X(5568)$ с измеренной массой и естественной шириной, соответственно, $M_X = 5567.8 \pm 2.9$ (стат.) $_{-1.9}^{+0.9}$ (сист.) МэВ и $\Gamma_X = 21.9 \pm 6.4$ (стат.) $_{-2.5}^{+5.0}$ (сист.) МэВ. Коллаборация D0 также измерила ρ_X – отношение сечений рождения системы $B_s^0 \pi^\pm$ в распаде $X(5568)$ к инклюзивному сечению рождения B_s^0 мезонов, которое оказалось неожиданно большим, около 10%. В третьей главе диссертации описаны критерии отбора событий изучаемого процесса и процедуры реконструкции $B_s^{0\pm}$ и $B_s^0 \pi^\pm$ кандидатов. Обсуждается также моделирование изучаемых процессов, которое используется для определения эффективности регистрации. Затем рассматривается распределение по инвариантной массе системы $B_s^0 \pi^\pm$ и определяются верхний предел на сечение рождения $X(5568)$, находящийся в явном противоречии с результатами D0. При этом полученный предел более строгий, чем в эксперименте LHCb. В дополнение был проведен поиск узких ($\Gamma=10-50$ МэВ) состояний в системе $B_s^0 \pi^\pm$ в области масс 5.5 – 5.9 ГэВ, установлены верхние пределы на ρ_X .

В четвёртой главе описано исследование P-волновых состояний B_s^0 -мезонов - $B_{s2}^*(5840)^0$ и $B_{s1}(5830)^0$. В начале этой главы дан обзор теоретических и экспериментальных результатов по P-волновым состояниям B_s^0 -мезонов. Затем автор описывает критерии отбора событий и процедуры реконструкции событий изучаемых процессов. Рассматривается процедура определения эффективности отборов с использованием моделирования методом Монте-Карло. Далее на основе анализа распределения по инвариантной массе системы B^+K^- определяются вклады распадов $B_{s1,2}^{(*)} \rightarrow B^{(*)+}K^-$. Число событий распадов $B_{s2}^* \rightarrow B^0 K_S$, $B_{s2}^* \rightarrow B^{*0} K_S$, $B_{s1} \rightarrow B^{*0} K_S$ находится с помощью аппроксимации спектра инвариантных масс системы $B^0 K_S$ и вычисляются значимости первого и третьего из этих распадов, они составляют, соответственно, 6.3 и 3.6 стандартных отклонений, что свидетельствует о первом обнаружении распада $B_{s2}^* \rightarrow B^0 K_S$ и первом свидетельстве существования распада $B_{s1} \rightarrow B^{*0} K_S$. Вычислены также отношения вероятностей распадов исследуемых мезонов в нейтральном и заряженном каналах. В заключительной части четвертой главы автор анализирует источники систематических погрешностей, полученных в данном исследовании результатов.

В заключении диссертации сформулированы основные результаты, полученные в данной работе.

Научная новизна и актуальность данной диссертационной работы связаны с установлением наиболее строгого верхнего предела на сечение рождения частицы – кандидата на четырех-кварковое состояние, $X(5568)$, наблюдавшуюся ранее коллаборацией D0, но не подтвержденной в эксперименте LHCb. Во второй части работы также получены важные новые результаты по распадам P-волновых состояний B_s^0 мезонов.

Научная и практическая значимость диссертации связана прежде всего с тем, что в данном эксперименте проведен поиск $X(5568)$ в кинематическом диапазоне близком к эксперименту D0, в отличие от эксперимента LHCb. Точное измерение масс и естественных ширин P-волновых состояний B_s^0 мезонов, а также обнаружение их новых распадов позволит проверить теоретические предсказания и строить новые теоретические модели. Разработанные методы анализа экспериментальной информации дают возможность выполнять исследования по спектроскопии прелестных адронов на экспериментальной установке CMS, которая изначально не была оптимизирована под исследования в этой области. Эти методы могут быть использованы в экспериментальных исследованиях по физике тяжёлых адронов как в коллаборации CMS, так и в других экспериментах.

Личный вклад автора диссертации в описанное исследование является определяющим. Вынесенные на защиту результаты получены автором лично, либо при его определяющем участии. В работу по поиску $X(5568)$ в распаде на $B_s^0 \pi^\pm$ автор внёс ключевой вклад. Исследование P-волновых B_s^0 мезонов выполнено автором полностью. Кроме этого, автор принимал участие в наборе данных на установке CMS и в настройке триггерных алгоритмов.

Достоверность полученных в данной работе результатов не вызывает сомнений. Определенный в данной работе верхний предел на сечение рождения $X(5568)$ согласуется с результатом коллаборации LHCb и полученными позже результатами коллабораций CDF и ATLAS, и является наиболее строгим на настоящее время. Процедура реконструкции событий изучаемого процесса проверена путем вариации границ критериев отбора. Измеренные массы $B_{s2}^*(5840)^0$ и $B_{s1}(5830)^0$ мезонов в канале B^+K^- согласуются с предыдущими результатами коллабораций CDF и LHCb также, как и естественная ширина $B_{s2}^*(5840)^0$ мезона. Измеренные разности масс и отношения вероятностей распадов также согласуются с предыдущими измерениями (для тех случаев, когда они имеются).

В целом работа выполнена на высоком уровне, изложена ясно и хорошим языком. Выскажем лишь несколько замечаний.

На стр.43 написано, что разница в эффективности регистрации $B_s^0 \pi^\pm$ и инклюзивных B_s^0 (отличие примерно в два раза) связана только с реконструкцией дополнительного пиона. Поэтому считается, что систематические погрешности, связанные с реконструкцией B_s^0 –мезона, сокращаются в величине ρ_X . Однако, насколько можно судить, механизм рождения $X(5568)$ неизвестен, во всяком случае в диссертации он не обсуждается. В принципе, у инклюзивных B_s^0 и рожденного в распаде X могут быть разные угловые и импульсные распределения. Из-за этого систематика в реконструкции B_s^0 может быть разная.

Другое замечание относится к аппроксимации распределения по инвариантной массе отобранных кандидатов B^0K_S при изучении P-волновых состояний B_s^0 -мезонов (стр.79). При этом аппроксимирующая функция берется как сумма сигнального и фонового распределений. Однако система B^0K_S может рождаться (когерентно) не только через вышележащие возбужденные состояния B-мезонов, но и в континууме, а также в распадах более тяжелых

частиц, например, высших $b\bar{b}$ состояний или через реальные или виртуальные W -бозон или t -кварк. В этом случае будет наблюдаться интерференция изучаемого и фонового каналов. Возможно этот эффект невелик или даже пренебрежимо мал, но об этом стоило бы упомянуть в диссертации.

Перечисленные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации, представляющей собой законченное исследование. Достоверность выводов и результатов диссертации, а также их новизна и актуальность не вызывают сомнений. Основные результаты работы опубликованы в ведущих научных журналах, входящих в перечень ВАК, и представлены на российских и международных научных конференциях. Автореферат диссертации правильно и полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Поликарпова Сергея Михайловича удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 2409, (п.9-14), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

Отзыв составил
доктор физико-математических наук,
главный научный сотрудник лаб.3-3 ИЯФ СО РАН
Почтовый адрес:
630090, Новосибирск, пр. акад. Лаврентьева д.11
тел. +7-383-3294376, e-mail: shwartz@inp.nsk.su



Б.А.Шварц

Отзыв на диссертацию обсуждался и был одобрен на заседании Секции физики элементарных частиц Ученого Совета ФГБУН ИЯФ СО РАН 22 мая 2019 г., протокол № 19.

Подпись Б.А. Шварца заверяю

Ученый секретарь ИЯФ СО РАН
кандидат физ.-мат. наук



А.С. Аракчеев