



## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук на диссертацию Соловьевой Елены Игоревны "Изучение странных очарованных барионов и первое обнаружение барионного распада  $B_s^0$ ", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.23 - физика высоких энергий.

В диссертации Соловьевой Елены Игоревны измерена масса  $\Omega_c^0$  в канале распада  $\Omega_c^0 \rightarrow \Omega^- \pi^+$ , подтверждено рождение  $\Omega_c^{*0}$  в  $c\bar{c}$  фрагментации, измерена разность масс  $\Omega_c^{*0}$  и  $\Omega_c^0$ , импульсный спектр  $\Omega_c^0$  и рождение  $\Omega_c^{*0}$  с различными условиями на его импульс. Впервые измерена вероятность распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$  и спектр по инвариантной массе  $\Lambda_c^+ \bar{\Lambda}$  в этом распаде. Экспериментальные данные получены на детекторе Belle, работающем на асимметричном  $e^+e^-$ - коллайдере КЕКВ.

Одной из важнейших задач в физике элементарных частиц является проверка предсказаний квантовой хромодинамики и модели электрослабых взаимодействий. Изучение спектроскопии барионов и их распадов важно для проверки предсказаний теории. Барионы, содержащие очарованный кварк, являются малоизученной областью физики элементарных частиц. Тем важнее новые измерения в этой области, которые дают информацию о динамике рождения барионов и их распадов.

Диссертация состоит из введения, шести глав и заключения. Первая глава посвящена описанию спектроскопии очарованных барионов. В кварковой модели описаны SU(4) мультиплеты барионов и основные соотношения между их массами. Кратко представлена ожидаемая структура возбужденных состояний. Приведены экспериментальные результаты по измерению масс и ширин очарованных барионов.

Вторая глава посвящена трехчастичным барионным распадам  $B$ - мезонов. Приведены экспериментальные результаты по измерению трехчастичных распадов  $B$  в два бариона и мезон, и диаграммы, описывающие эти распады. Отмечено, что некоторые распады имеют пик при малых инвариантных массах пары барионов. Обсуждаются различные механизмы, которые могли бы объяснить пороговый эффект в барионных распадах  $B$ - мезонов.

В третьей главе кратко описаны возможности рождения  $B_s$ - мезонов на электрон-позитронных коллайдерах при энергии  $\Upsilon(5S)$  и набранные к настоящему времени интегралы светимости.

Четвертая глава посвящена описанию экспериментальной установки. Приведены основные характеристики асимметричного электрон-позитронного коллайдера



КЕКВ. Описан детектор Belle, состоящий из вершинного детектора, дрейфовой камеры, аэрогелевых счетчиков, сцинтилляционных счетчиков, электромагнитного калориметра, мюонной системы и триггерной системы. Представлена процедура идентификации частиц, которая основана на использовании в функции правдоподобия информации от различных систем детектора.

Пятая глава посвящена измерению массы  $\Omega_c^0$  и наблюдению распада  $\Omega_c^{*0} \rightarrow \Omega_c^0 \gamma$ . Анализ был проведен с использованием интегральных светимостей  $605 \text{fb}^{-1}$  и  $68 \text{fb}^{-1}$ , набранных в резонансе  $\Upsilon(4S)$  и при энергии на  $60 \text{МэВ}$  ниже этого резонанса. Описаны критерии отбора для реконструкции распадов  $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ ,  $\Omega^- \rightarrow \Lambda K^-$  и  $\Omega_c^0 \rightarrow \Omega^- \pi^+$ . Представлена процедура определения систематической ошибки в измерении массы  $\Omega_c^0$ . Для проверки реконструкции  $\Omega_c^0$  были измерены сигнал от распада  $\Xi_c^0 \rightarrow \Omega^- K^+$  и масса  $\Xi_c^0$ . Распад  $\Omega_c^{*0} \rightarrow \Omega_c^0 \gamma$  был реконструирован на основе набора событий с  $\Omega_c^0$ . Измерена разность масс  $\Omega_c^{*0}$  и  $\Omega_c^0$ . Представлена процедура определения систематической ошибки. Для проверки реконструкции  $\Omega_c^{*0}$  был измерен сигнал от распада  $\Xi_c^0 \rightarrow \Xi_c^0 \gamma$  с реконструкцией двух каналов распада  $\Xi_c^0 \rightarrow \Omega^- K^+$  и  $\Xi_c^0 \rightarrow \Xi^- \pi^+$ . Измерена разность масс  $\Xi_c^0$  и  $\Xi_c^0$ . Проведено изучение импульсного спектра  $\Omega_c^0$  и рождения  $\Omega_c^{*0}$  с различными условиями на его импульс.

В шестой главе представлено первое измерение вероятности распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$ . Состояние  $\Lambda_c^+$  реконструировалось в распадах на  $pK^- \pi^+$ ,  $pK_S^0$ ,  $\Lambda \pi^+$  ( $K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  и  $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ ). Результат получен с использованием интегральной светимости  $121.4 \text{fb}^{-1}$ . Описана процедура измерения вероятности данного распада. Проведены проверки полученных результатов и оценка систематической ошибки. Получен результат для вероятности распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$ . Измерен спектр по инвариантной массе  $\Lambda_c^+ \bar{\Lambda}$ .

В результате проделанной работы были измерены масса  $\Omega_c^0$ , разность масс  $\Omega_c^{*0}$  и  $\Omega_c^0$ . Проведено изучение импульсного спектра  $\Omega_c^0$  и рождения  $\Omega_c^{*0}$  с различными условиями на его импульс. Представлено первое измерение вероятности распада  $\bar{B}_s^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda} \pi^-$ . Получен результат для вероятности этого распада и измерен спектр по инвариантной массе  $\Lambda_c^+ \bar{\Lambda}$ .

В качестве замечаний следует отметить следующее. Предпочтительно использовать общепринятые термины вместо используемых в диссертации таких терминов, как "регион" для описания детектора, например, ярмо магнита "разделено на три региона" (стр. 39), "в цилиндрическом регионе" (стр. 40), "регион взаимодействия" (стр. 46), и при описании гистограмм, например, "сигнальный регион" (стр. 99), а также "лучевые камеры" (стр. 34), от столкновений "отработанных частиц" (стр. 46), "кремнистый аэрогель" (стр. 48). Формулировка некоторых утверждений оставляет желать лучшего: "Т.к. в системе покоя  $\Upsilon(4S)$  рождаются практически в состоянии покоя ..." (стр. 36); на стр. 40 при описании триггеров L1 и L3 непонятно утверждение, что "две триггерные системы имели сходные проектные характеристики"; "Цилиндрическая часть аппарата состояла из 60 идентичных секторов вдоль оси  $\phi$  ..." (стр. 48); на стр. 85 утверждается, что логарифм от функции правдоподобия используется потому, что его проще вычислить, чем функцию правдоподобия. Ряд утверждений и описаний в диссертации было бы хорошо пояснить. В таблице 9 угол пересечения пучков равен  $\pm 11 \text{мрад}$ , а в таблице 11 этот угол равен  $22 \text{мрад}$ . Из рис. 18 непонятно, что такое  $\mu$  и  $\mu_0$  и что означает "pmt 625, 24, 1". На стр. 58 одним из перечисленных условий реконструкции вершины является следующее условие отбора: "качество аппроксимации должно быть удовлетворительным ( $\chi^2/n.d.f < 1000$ )", но что включает в себя аппроксимация, как определена  $\chi^2$  и почему  $\chi^2/n.d.f < 1000$  является удовлетворительным, не объясняется. Аналогичное условие появляется на стр. 59 и 70, и тоже без каких-либо комментариев. Нет определения контрольных интервалов для  $\Omega^-$  (рис. 25) и  $\Omega_c^0$  (рис. 27). Список условий отбора приводится без обоснования оптимальности выбора этих условий. Исходя из распределений, представленных на рис. 32 и 33, делается вывод о доли рождения  $\Omega_c^0$  и  $\Omega_c^{*0}$  от распадов  $B$ - мезонов и от адронизации  $c\bar{c}$ . Было бы полезно представить эти распределения, ожидаемые в MC,

иначе непонятно, как были сделаны эти заключения.

Отмеченные замечания следует отнести скорее к форме изложения работы, а не к ее содержанию.

Полученные результаты представляют несомненный интерес и могут быть использованы в экспериментальной физике высоких энергий, при планировании и проведении экспериментов на детекторе Belle и детекторах, работающих на накопителе ЛНС. Также результаты важны для проверки вычислений в квантовой хромодинамике и модели электрослабых взаимодействий.

На основании вышесказанного можно сделать следующее заключение: диссертационная работа Соловьевой Елены Игоревны "Изучение странных очарованных барионов и первое обнаружение барионного распада  $B_s^0$ " имеет несомненную научную и практическую ценность. Результаты, приведенные в диссертации, докладывались на международных научных конференциях, опубликованы в международных научных журналах. Диссертация Соловьевой Е.И. полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор без сомнения заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Отзыв составил Топорков Дмитрий Константинович  
д.ф.-м.н., старший научный сотрудник  
р.т. 3833294910, d.k.toporkov@inp.nsk.su



Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании Ученого совета Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института ядерной физики им. Г.И. Будкера Сибирского отделения Российской академии наук.

Ученый секретарь  
ИЯФ СО РАН  
к.ф.-м.н.



А.В.Васильев