

Изучение аномального околопорогового усиления в радиационных распадах J/ψ на барион и антибарион на данных эксперимента BESIII

Сеитова Диана Бериккызы



BESIII

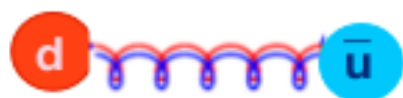


Мотивация

Экзотические состояния в КХД



Глюболы



Гибридные состояния



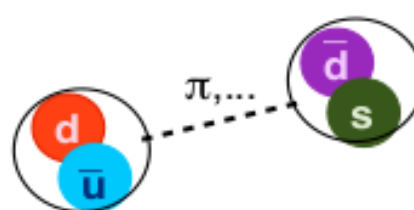
Тетракварки



Пентакварки



Н-дибарионы

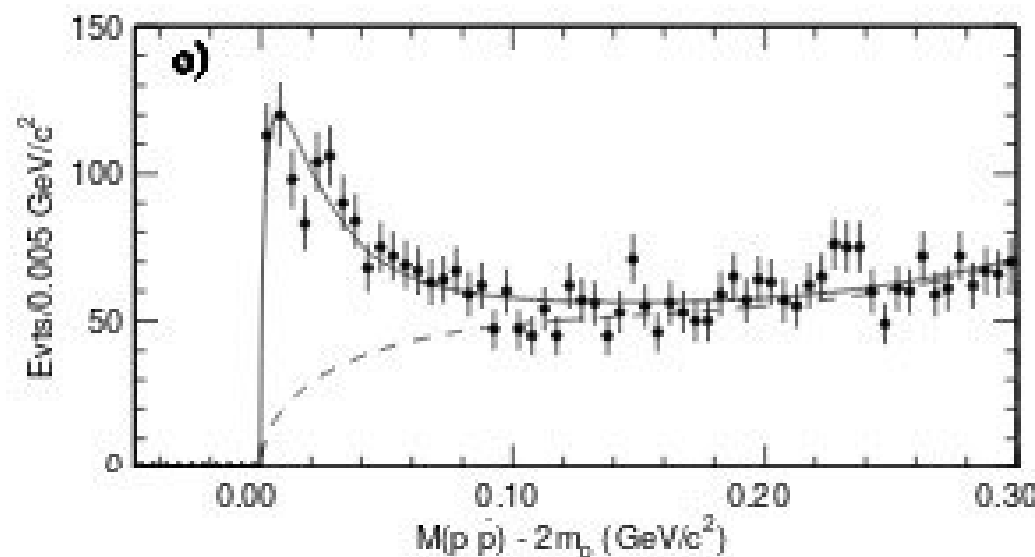


Молекулярные
связанные
состояния двух
мезонов

Ключевые особенности:

1. нетипично большая для обычных мезонов ширина распада в протон и антипротон;

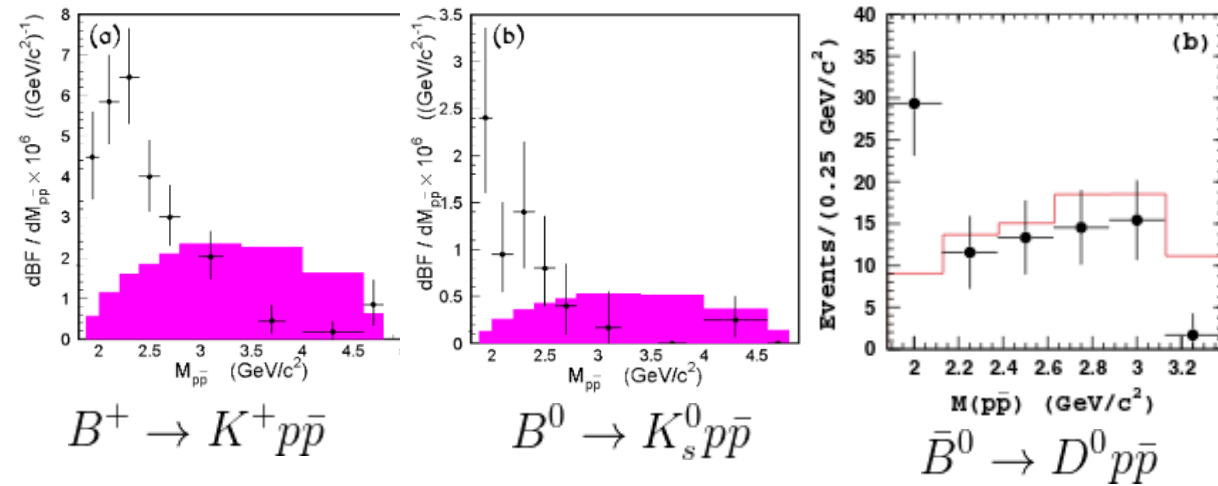
2. масса, близкая к порогу рождения $p\bar{p}$



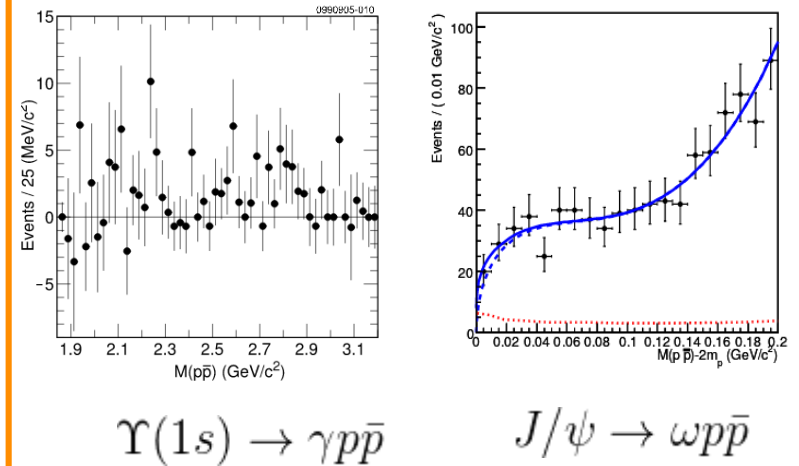
Результаты эксперимента BESII

Интерпретация

Наблюдается



Не наблюдается



Глюбольные состояния

Существование связанного состояния протона и антипротона – бариония, с энергией связи 20 МэВ

Взаимодействие протона и антипротона в конечном состоянии

Цель данной работы

изучение аномального околопорогового усиления в спектре инвариантной массы $p\bar{p}$ в радиационных распадах J/ψ на протон и антипротон.

Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи:

- ✓ проанализировать данные, набранные коллаборацией BESIII в 2009 г;
- ✓ определить критерии отбора и выделить события $J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p}$
- ✓ оценить влияние фоновых процессов и эффективности реконструкции событий детектором;
- ✓ интерпретировать результаты.

Ускорительный комплекс ВЕРСII

2004: начало строительства ВЕРСII
С 2009 г.: собирают данные

Линейный ускоритель

Детектор ВЕСIII

ВЕРСII:

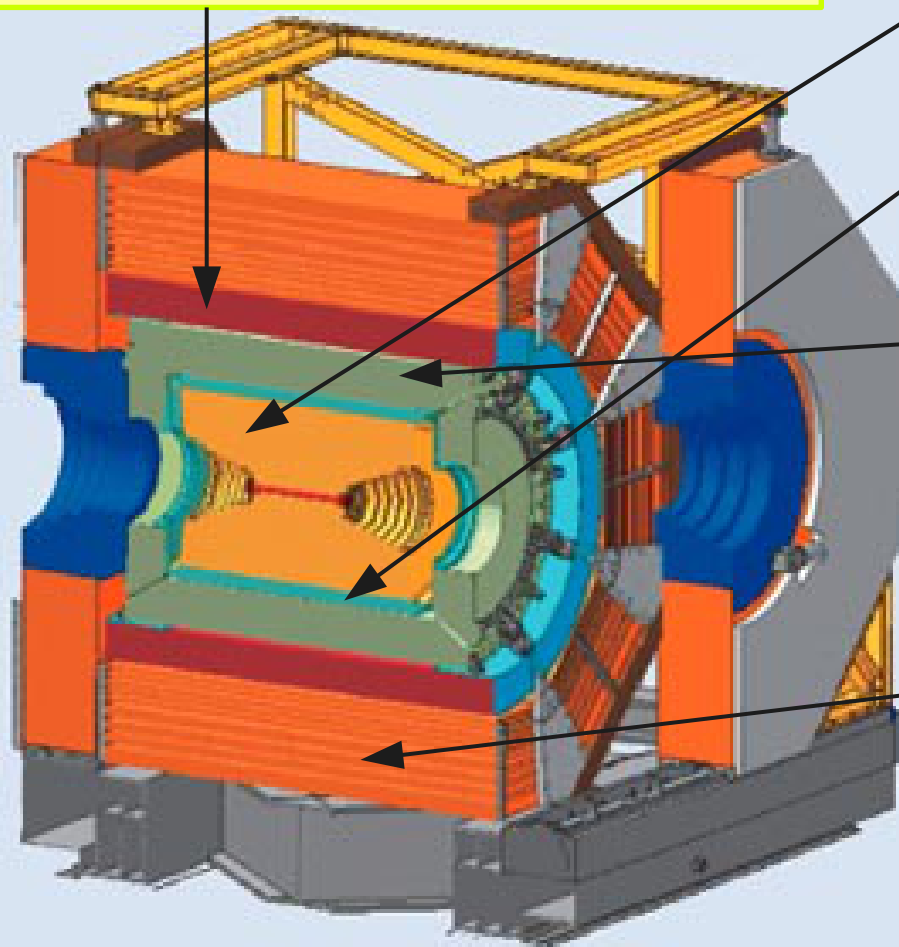
Энергия пучков: 1.0-2.3 ГэВ

Светимость $1 \times 10^{33} / \text{см}^2 / \text{с}$



Детектор BESIII

Сверхпроводящий соленоид
с магнитной индукцией 1Тл



Многослойная дрейфовая камера

- разрешение по импульсу 0.5% для частиц с энергией 1 ГэВ

Времяпролетная система

- временное разрешение 100/110 пс

Электромагнитный калориметр

- энергетическое разрешение: 2.5 % для частиц с энергией 1ГэВ

Система идентификации мюонов

Обработанные данные

$(223.72 \pm 0.01) \times 10^6$ событий распадом J/ψ , набранные коллаборацией BESIII в 2009 г.

Моделирование сигнальных и основных фоновых событий

Основные каналы для моделирования сигнала:

$$J/\psi \rightarrow \gamma X(1835) \quad (X(1835) \rightarrow p\bar{p}) \quad (BR = 7,7 \times 10^{-5})$$

$$J/\psi \rightarrow \gamma p\bar{p} \quad (BR = 3,03 \times 10^{-4})$$

Основные моделированные фоновые процессы:

$$J/\psi \rightarrow \pi^0 p\bar{p} \quad (BR = 1,19 \times 10^{-3})$$

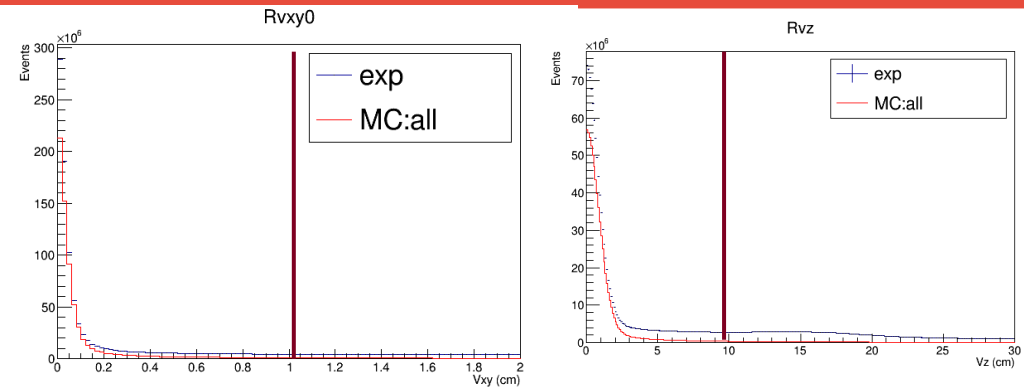
$$J/\psi \rightarrow p\bar{p} \quad (BR = 2,12 \times 10^{-3})$$

Отбор событий

Отбор по заряженным трекам

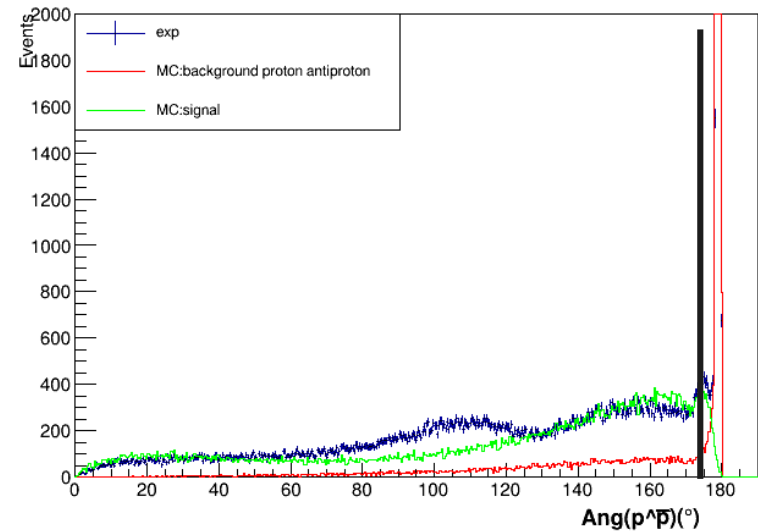
1. Треки должны исходить из точки взаимодействия

$$V_{xy} = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} < 1 \text{ cm} \quad V_z < 10 \text{ cm}$$



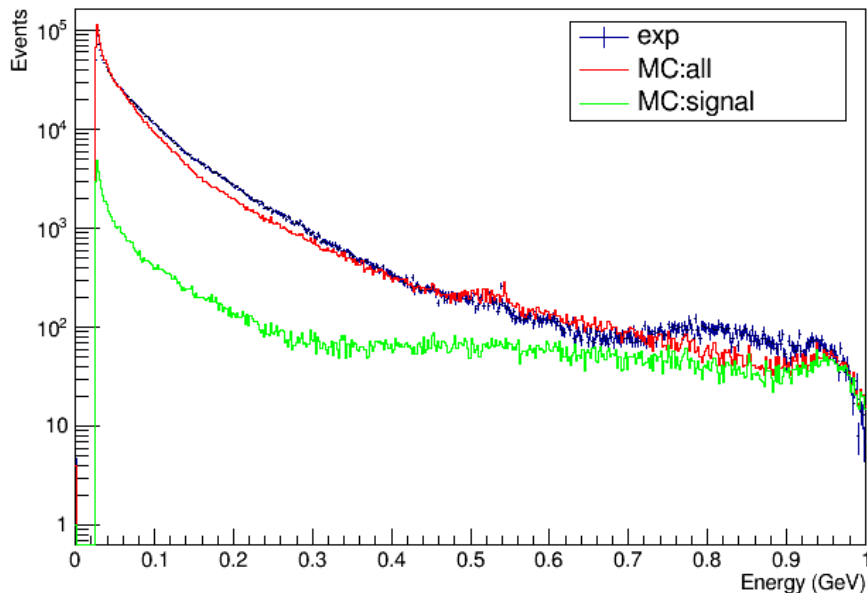
2. $P_p > P_K, P_p > P_\mu, P_p > P_\pi, P_p > P_e$

3. Для подавления фона $J/\psi \rightarrow p\bar{p}$
угол разлета протона и антипротона
меньше чем $< 175^\circ$



Реконструкция фотона

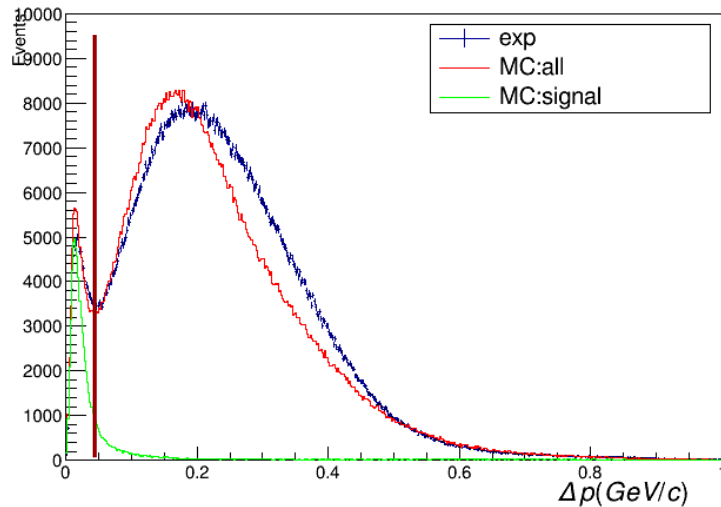
1. По энерговыведению в электромагнитном калориметре: минимальное энерговыведение в цилиндрической части 25 МэВ, в торцевой части 50 МэВ
2. Угол от фотона до ближайшего заряженного трека должен быть более 20°



- При уменьшении энерговыведения в калориметре количество шумовых кластеров возрастает.
- Типичное число рассматриваемых фотонов равно шести.

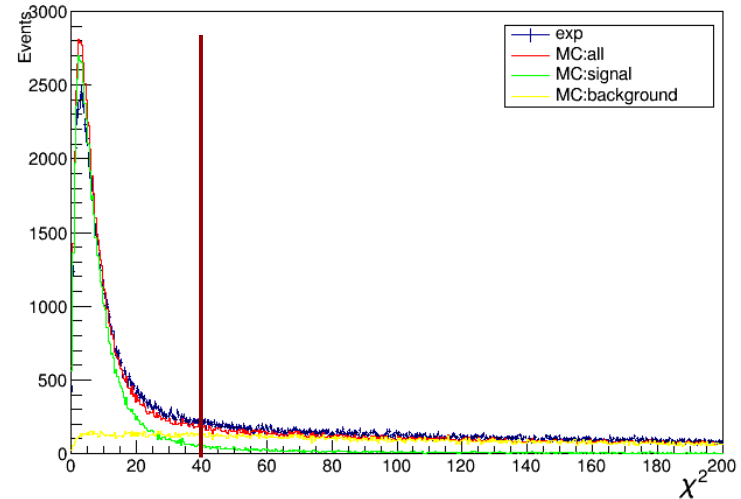
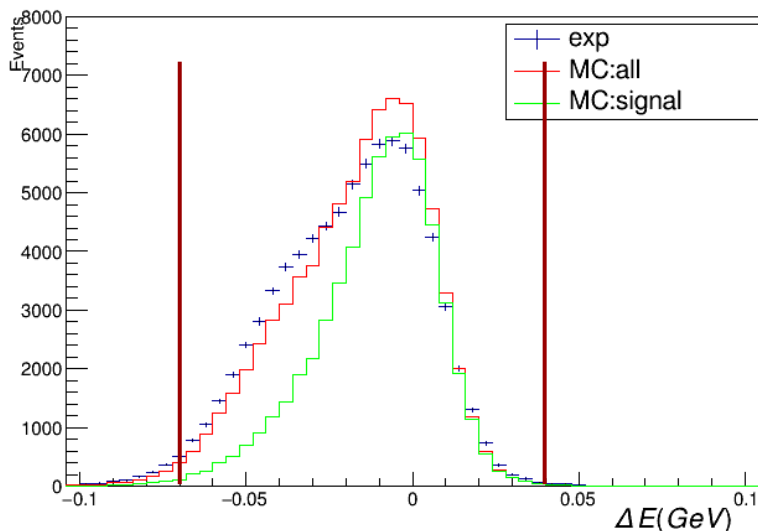
Синий: экспериментальные данные
Красный: все события МК
Зеленый: сигнальные события МК
Желтый: фон МК

Сохранение импульса и энергии



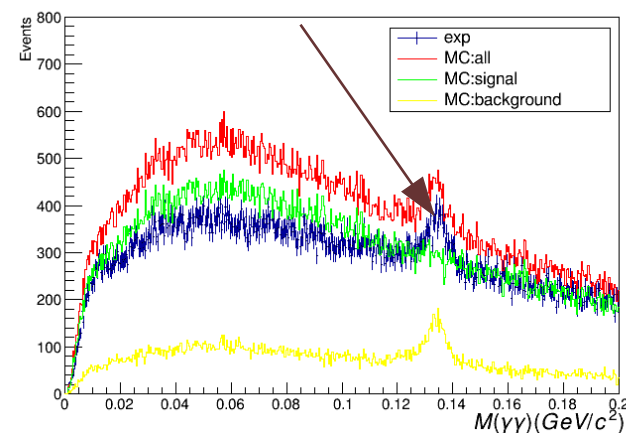
В силу закона сохранения энергии и импульса 4-импульс протона, антипротона и фотона равен 4-импульсу электрона и позитрона. Эти ограничения используются для отбора событий.

- ← Простые кинематические ограничения
- Кинематический фит

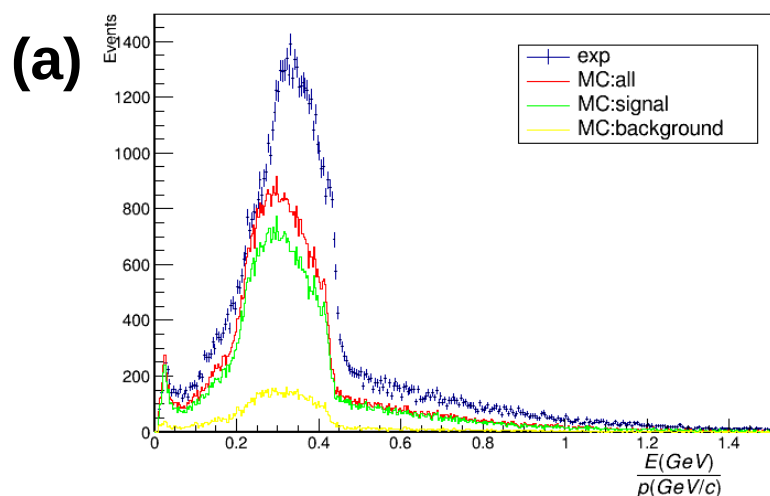


Анализ фона

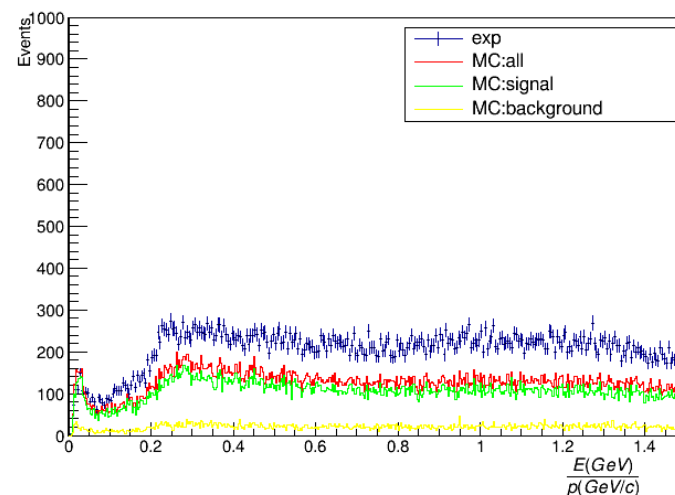
Отобранные данные	77679
Сигнал МК	64981 (84%)
Фон МК	12698 (16%)
Фон $\pi^0 p \bar{p}$	10490 (83%)
Другие	2208 (17%)



Спектр инвариантной массы по всем парам фотонов



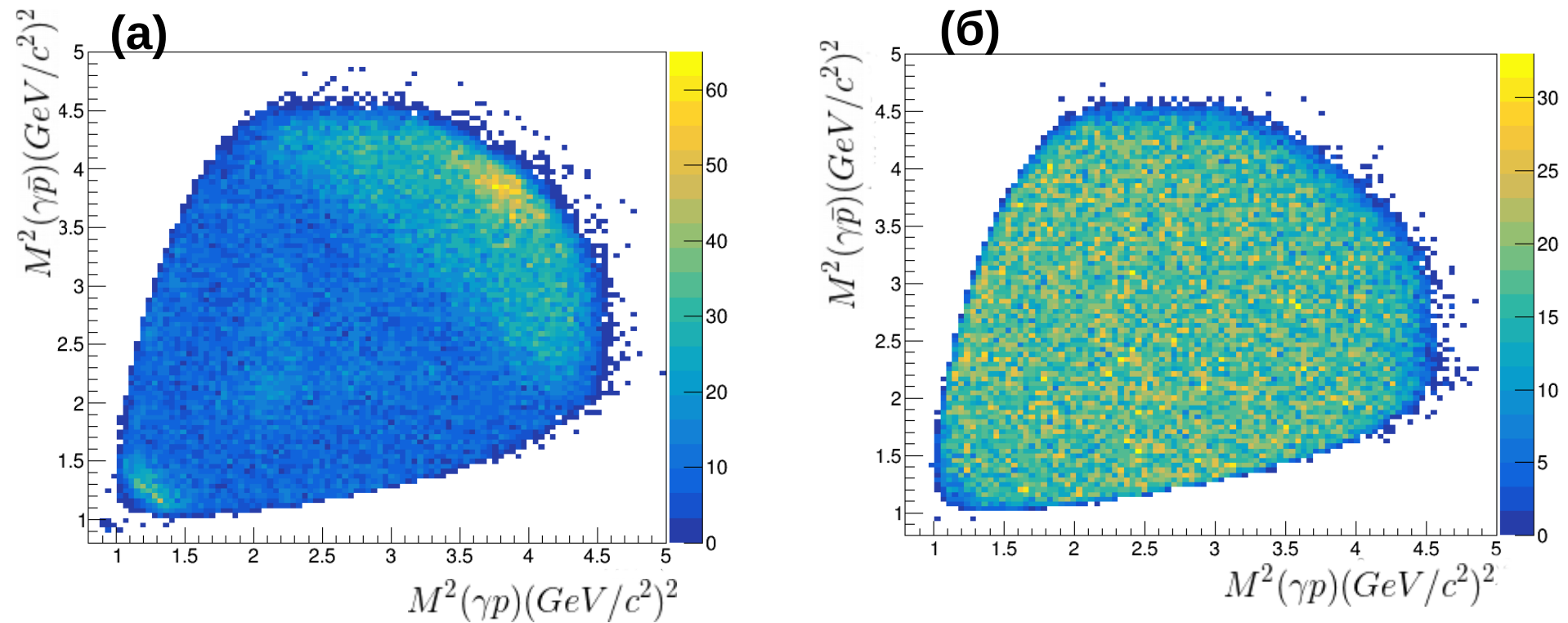
(б)



Отношение энерговыведения в элетромагнитном калориметре к измеренному импульсу (а) для положительно заряженных частиц и (б) для отрицательно заряженных частиц.

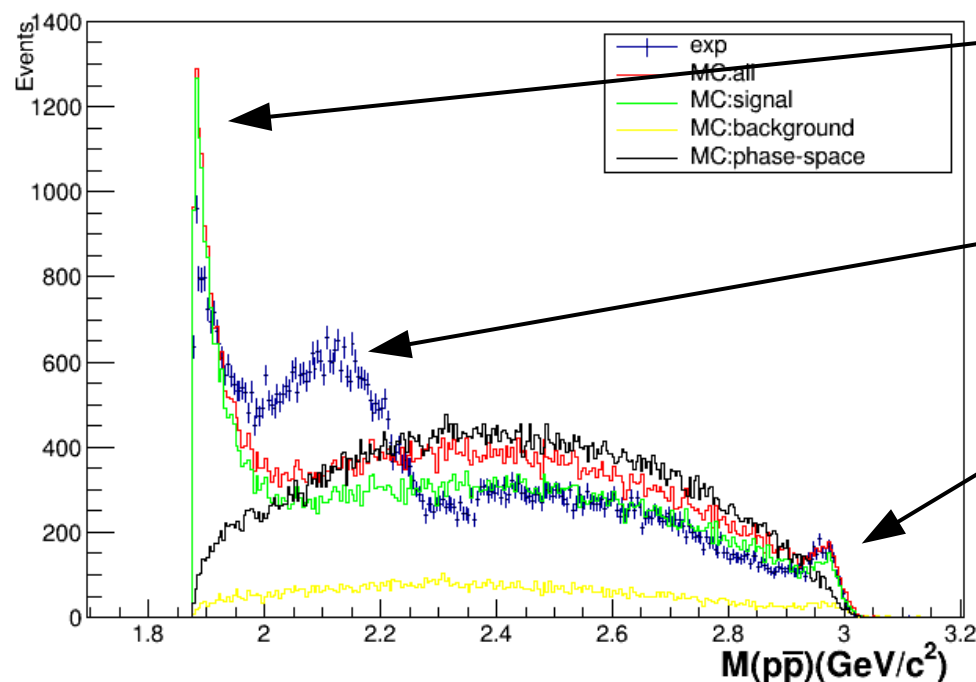
Структура распада

Диаграмма Далитца (а) для экспериментальных данных и (б) для данных, моделированных равномерно по фазовому пространству



- видно явное усиление в области малых инвариантных масс протона и антипротона;
- отсутствуют явные вклады в каналах фотон-протон и фотон-антипротон;
- наблюдаемое усиление не может быть объяснено особенностями реконструкции событий детектором.

Спектр инвариантной массы



Резкий пик в области порога рождения

$$p\bar{p}$$

Некоторое усиление в области

$$m(p\bar{p}) \approx 2,1 \text{ GeV}$$

Различимый пик в конце спектра от

$$\eta_c \quad (m(p\bar{p}) \approx 2,98 \text{ GeV})$$

Результаты работы качественно согласуются с результатами BESIII
(Ablikim et. al. Phys.Rev.Lett. 108, 112003(2012))

Известно, что фоновый процесс $J/\psi \rightarrow \pi^0 p\bar{p}$ не приводит к пику в распределении инвариантной массы протона и антипротона вблизи порога
(Ablikim et. al. Phys. Rev. D. 80 052004(2009))

Заключение

Изучалось аномальное околопороговое усиление в спектре инвариантной массы протона и антипротона в радиационных распадах $J/\psi \rightarrow \gamma p \bar{p}$

Были проанализированы данные, набранные коллаборацией BESIII в 2009 г.

В процессе анализа данных были определены критерии отбора.

Было изучено влияние фоновых процессов и показано, что они не могут привести к наблюдаемому усилению в распределении инвариантной массы протона и антипротона вблизи порога.

Исследование эффективности реконструкции событий показало, что околопороговое усиление не может быть обусловлено особенностями реконструкции событий детектором.

Также была изучена структура распада и показано, что околопороговое усиление не может быть обусловлено резонансами в каналах фотон-протон и фотон-антипротон, что делает интерпретацию околопорогового усиления, как резонанса в системе протон-антипротон, наиболее вероятной.

На данный момент природа данного усиления остается не установленной и требует дальнейшего изучения барион-антибарионных систем ($J/\psi \rightarrow \gamma n \bar{n}$ и т.д. .

Спасибо за внимание!