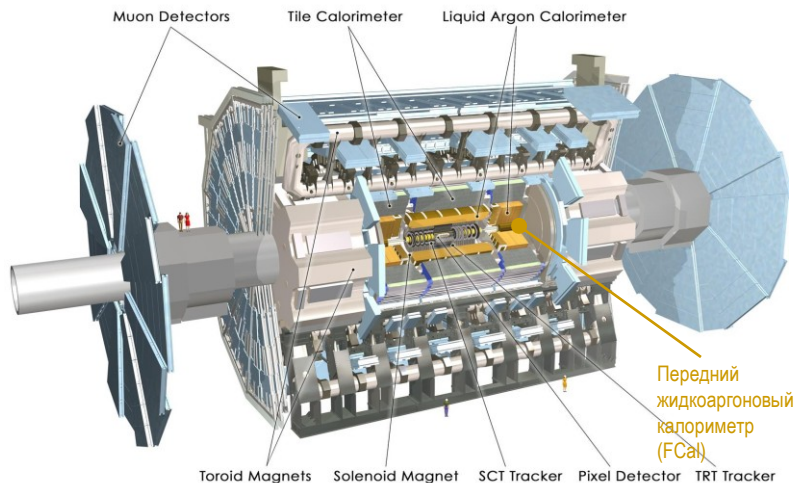
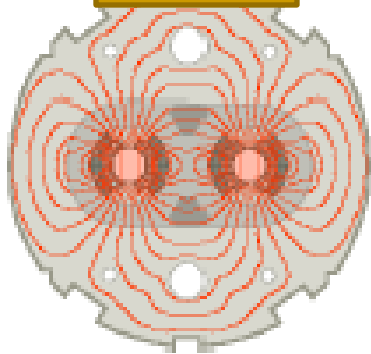


# Поиск бозона Хиггса в эксперименте ATLAS: статус и перспективы



LHC



*И.И. Цукерман*

*от группы ИТЭФ сотрудничества ATLAS*

*Совещание российских групп ATLAS,*

*27 января 2011*

ИТЭФ



# Содержание

- Работа группы ИТЭФ в Higgs WG ATLAS
  - Краткий обзор
  - Сравнение данных и МС в 2 $\mu$ -событиях с двумя jets
  - Исключение бозона Хиггса по данным 2010 г.
  
- Возможности ATLAS по поиску бозона Хиггса в 2011-2012
  - Исключение бозона Хиггса в ATLAS при 7-8 ТэВ
  - 3 $\sigma$  –наблюдение бозона Хиггса в ATLAS при 7-8 ТэВ
  - 5 $\sigma$  –открытие бозона Хиггса в ATLAS при 7-8 ТэВ
  
- Заключение

# ИТЭФ в начальный период работы ATLAS

С началом работы LHC, помимо регулярного участия в наборе данных на Пульте Управления Экспериментом, важными вкладами ИТЭФ стали:

- эксплуатация и диагностика FCal,
- контроль качества данных,
- мониторинг и коррекция положения FCal (по реальным данным)

а с 2008 г – также участие в рабочей группе компьютерной поддержки ATLAS (ADC).

Физики ИТЭФ ежегодно участвуют в 60 8-часовых сменах на Пульте Управления LAr

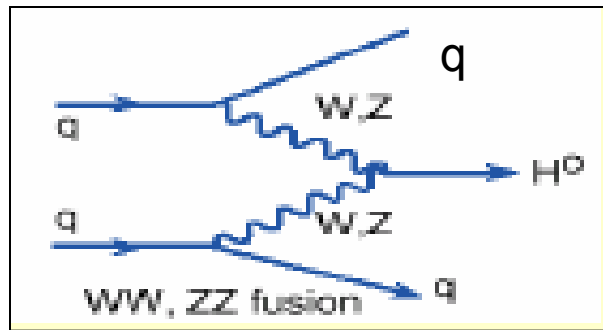


Первые pp-столкновения в ATLAS при 7 ТэВ (пульт LAr, конец марта 2010 г)

# ИТЭФ и поиск бозона Хиггса в механизме VBF

Группа ИТЭФ в ATLAS выбрала для себя задачу поиска бозона Хиггса в механизме слияния векторных бозонов (VBF).

*В решении задачи важную роль играет передний калориметр*



поскольку jets (q), сопровождающие рождение бозона Хиггса летят в основном под малыми полярными углами (большими  $\eta$ )

С 2006 г. вместе с Higgs и Jet/ $E_t^{\text{miss}}$  WG ИТЭФ занимается анализом [jet tagging](#) в событиях с рождением бозона Хиггса по перспективному для поиска каналу  $H \rightarrow WW \rightarrow \ell\nu\nu$  и в фоновых событиях.

# ИТЭФ и поиск H-бозона в механизме VBF - 2

*Результаты группы отражены в двух журнальных публикациях, трех открытых и четырех внутренних отчетах ATLAS, прошедших рецензирование коллаборацией (два из них – в 2010 г.)*

По поручению коллаборации ATLAS группа ИТЭФ представила два пленарных доклада на конференциях ISMD08 (“Higgs discovery potential at the LHC: channels relevant for SM Higgs”, Hamburg, сентябрь 2008 г.) и IHEPLHC10 (“SM Higgs boson searches in the early ATLAS data”, Протвино, октябрь 2010 года)

I. Tsukerman, <http://arxiv.org/pdf/1012.0694>, <http://arxiv.org/pdf/0812.1458>

В настоящее время группа ИТЭФ участвует в подготовке ATLAS CONF note по исключению бозона Хиггса по каналу распада  $H \rightarrow WW \rightarrow \ell\ell\nu\nu$  в данных 2010 г. (ATL-COM-PHYS-2011-045)

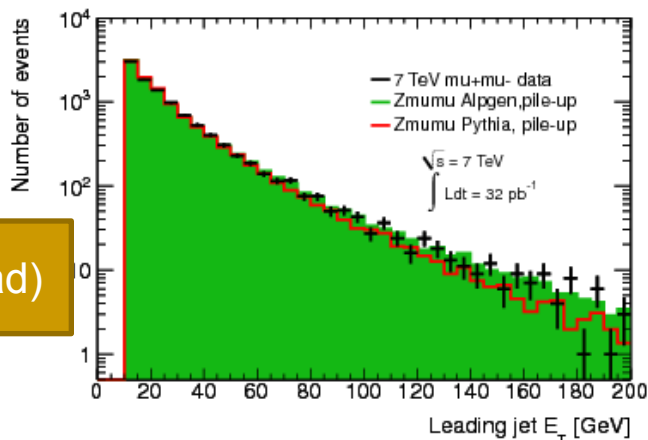
Кроме того, один из физиков группы является членом Editorial Board для ATLAS-CONF notes по измерению сечения  $t\bar{t}$ -рождения

# Исключение $H$ по моде $H \rightarrow WW^* \rightarrow ll\nu\nu$ в 2010 г.

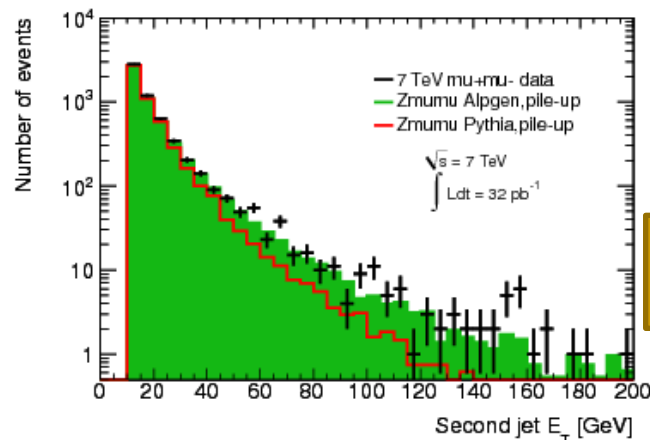
- Набрано и проанализировано  $35 \text{ pb}^{-1}$  дилептонных данных  
Группа ИТЭФ: анализ событий с двумя мюонами,  $H + 2 \text{ jets}$
- Проведено сравнение данных и МС на разных стадиях отбора  
Группа ИТЭФ: данные vs  $Z \rightarrow \mu\mu + \text{jets}$  МС (AlpGen и Pythia)
- Получена кривая для исключения  $H$  в зависимости от его массы
- Подготовлен черновик ATLAS CONF note  
Группа ИТЭФ: 1 картинка и редактирование текста раздела об  $H + 2 \text{ jets}$  анализе; несколько картинок и страниц для INT note

Намечается доклад на одной из зимних конференций

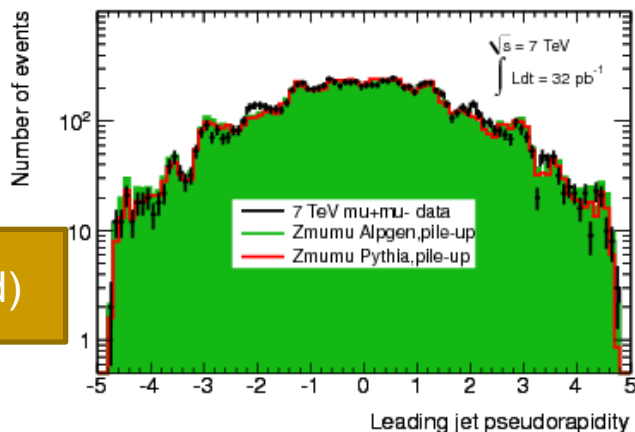
# Спектры по $E_T$ и $\eta$ для tag jets: **данные** и МС ( $\mu^+\mu^-$ -пары с $p_T > 15$ ГэВ и jets с $p_T > 10$ ГэВ)



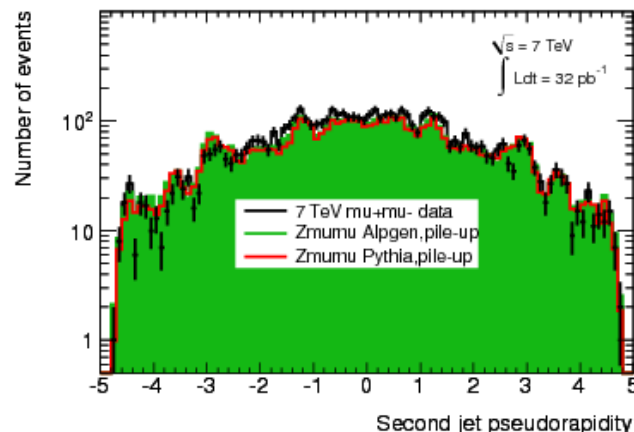
$E_T$  (lead)



$E_T$  (sec)



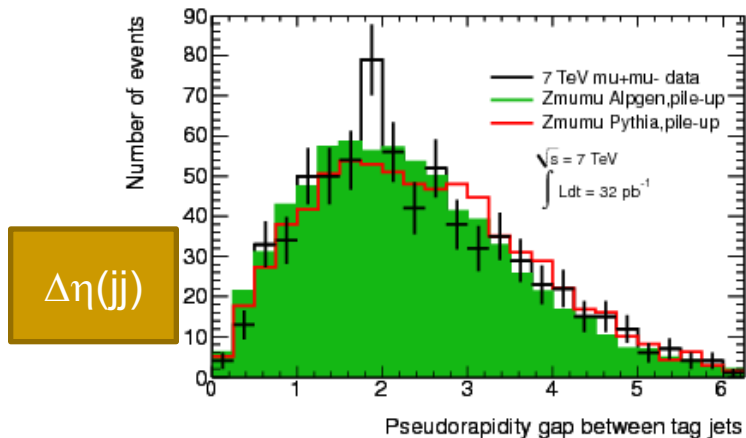
$\eta$ (lead)



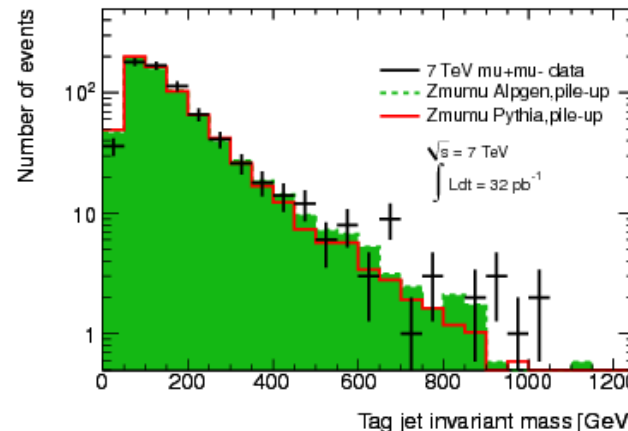
$\eta$ (sec)

Хорошее согласие данных и Alpgen МС; хуже для Pythia

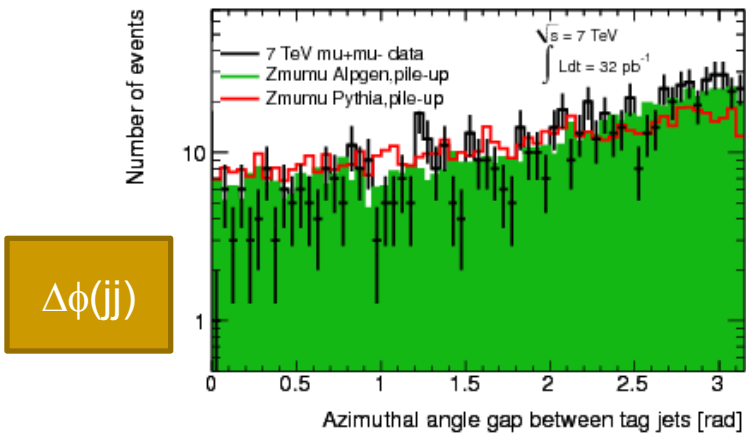
# Спектры по $E_T$ и $\eta$ для tag jets: **данные** и МС (tag jets с $p_T > 20$ ГэВ и $\eta_1 \eta_2 < 0$ )



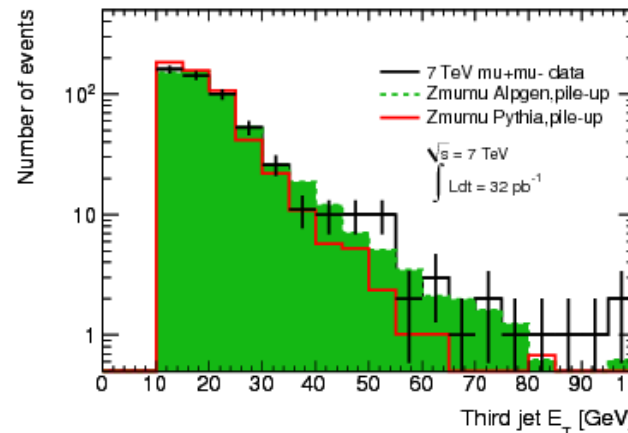
$\Delta\eta(jj)$



$M(jj)$



$\Delta\phi(jj)$



$E_T(\text{third})$

Хорошее согласие данных и Alpgen МС; хуже для Pythia



# Проверка нормировки Alpgen MC для Z+ jets

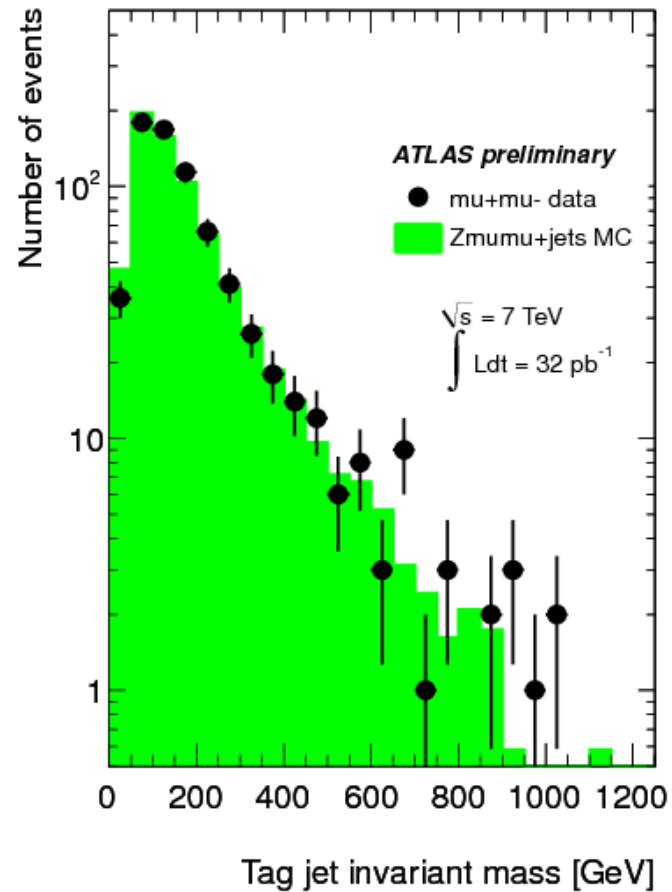
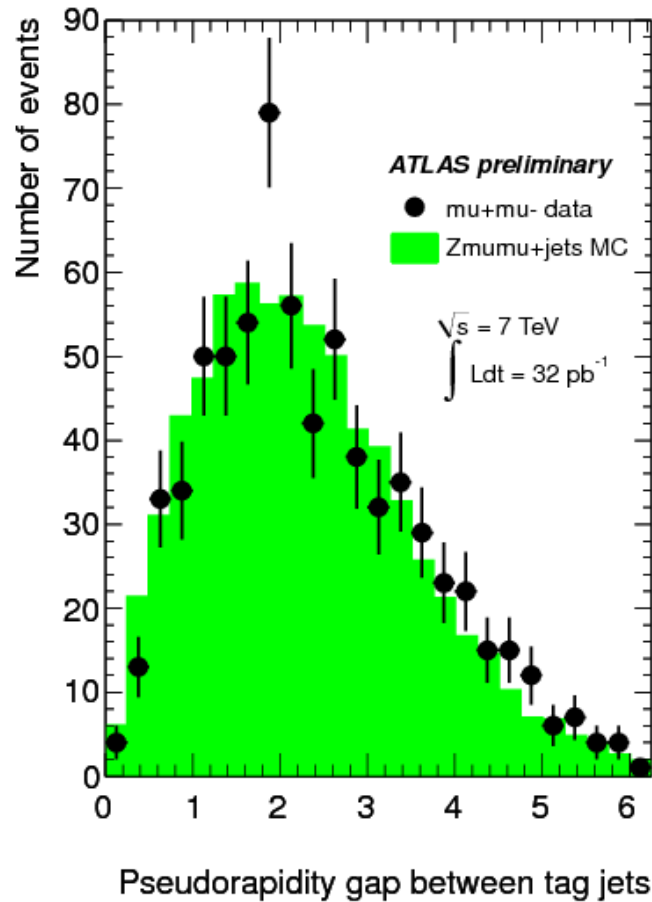
Cut x – разные критерии отбора jets по  $p_T$ ,  $\eta$ ,  $M(jj)$ ,  $\Delta\eta(jj)$

|       | N (data) | $N_1$ (MC),<br>Alpgen pile-up | $N_2$ (MC),<br>Alpgen no pile |
|-------|----------|-------------------------------|-------------------------------|
| Cut 1 | 438      | 459                           | 392                           |
| Cut 2 | 71       | 67                            | 59                            |
| Cut 3 | 40       | 40                            | 33                            |
| Cut 4 | 31       | 29                            | 25                            |
| Cut 5 | 6        | 6.4                           | 4.6                           |

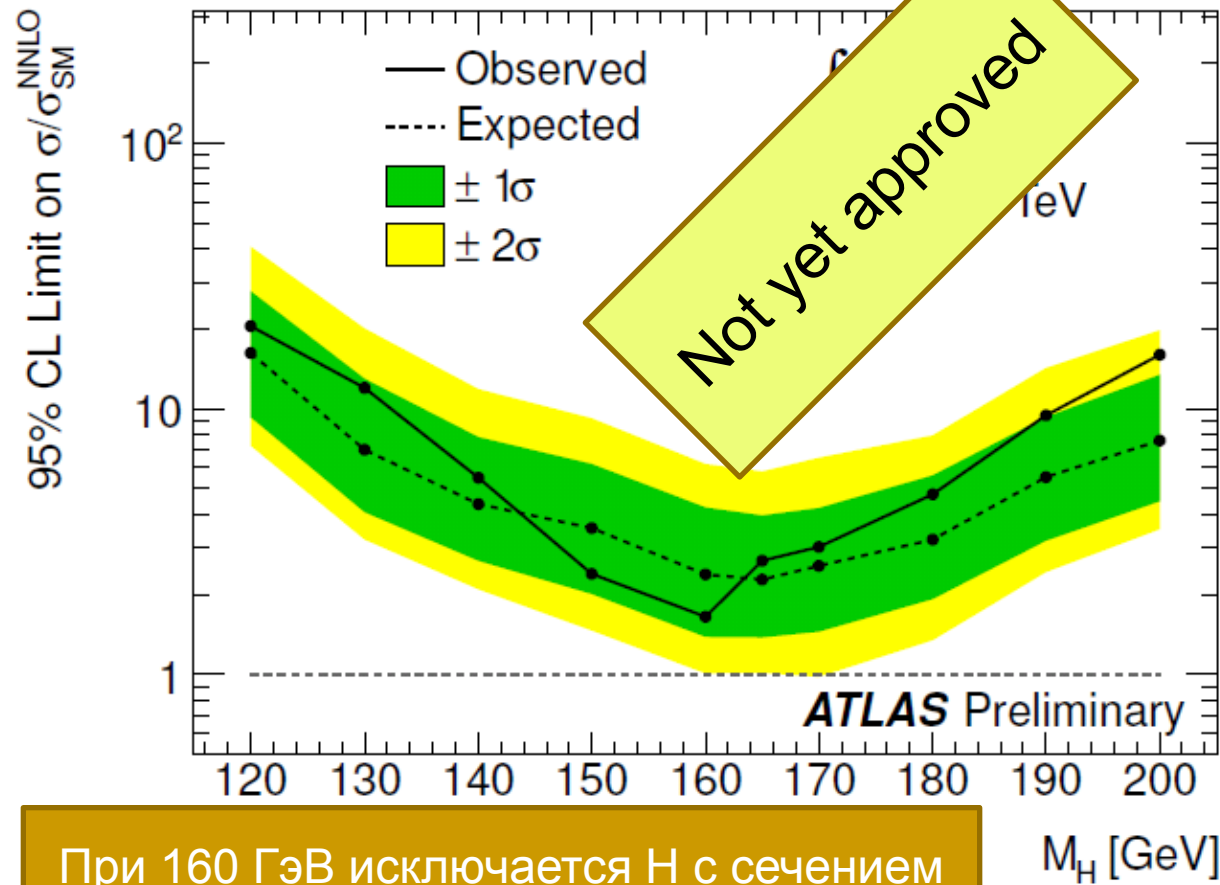
- Alpgen MC для Z + jets описывает с 10% точностью данные
- Z + jets rates возрастают на 20% из-за наличия pile-up

# Основной вклад ИТЭФ в CONF note

7 ТэВ, 32 pb<sup>-1</sup> Отбор  $p_T(\mu) > 15$  ГэВ,  $p_T(\text{jet}) > 20$  ГэВ



# Исключение бозона Хиггса по $H \rightarrow WW^* \rightarrow ll\nu\nu$ каналу, используя первые $35 \text{ pb}^{-1}$



Единица  
соответствует  
сечению СМ

Все, что ниже  
черной линии,  
исключается

При 160 ГэВ исключается H с сечением в 1.7 раза выше предсказания СМ

# Возможности ATLAS по поиску бозона Хиггса при 7-9 ТэВ после улучшений и оптимизаций

В связи с планами LHC на 2011 г. ATLAS Higgs WG подготовила в ноябре 2010 г. новый отчет о возможностях поиска бозона Хиггса при энергиях 7-9 ТэВ и различной светимости коллайдера.

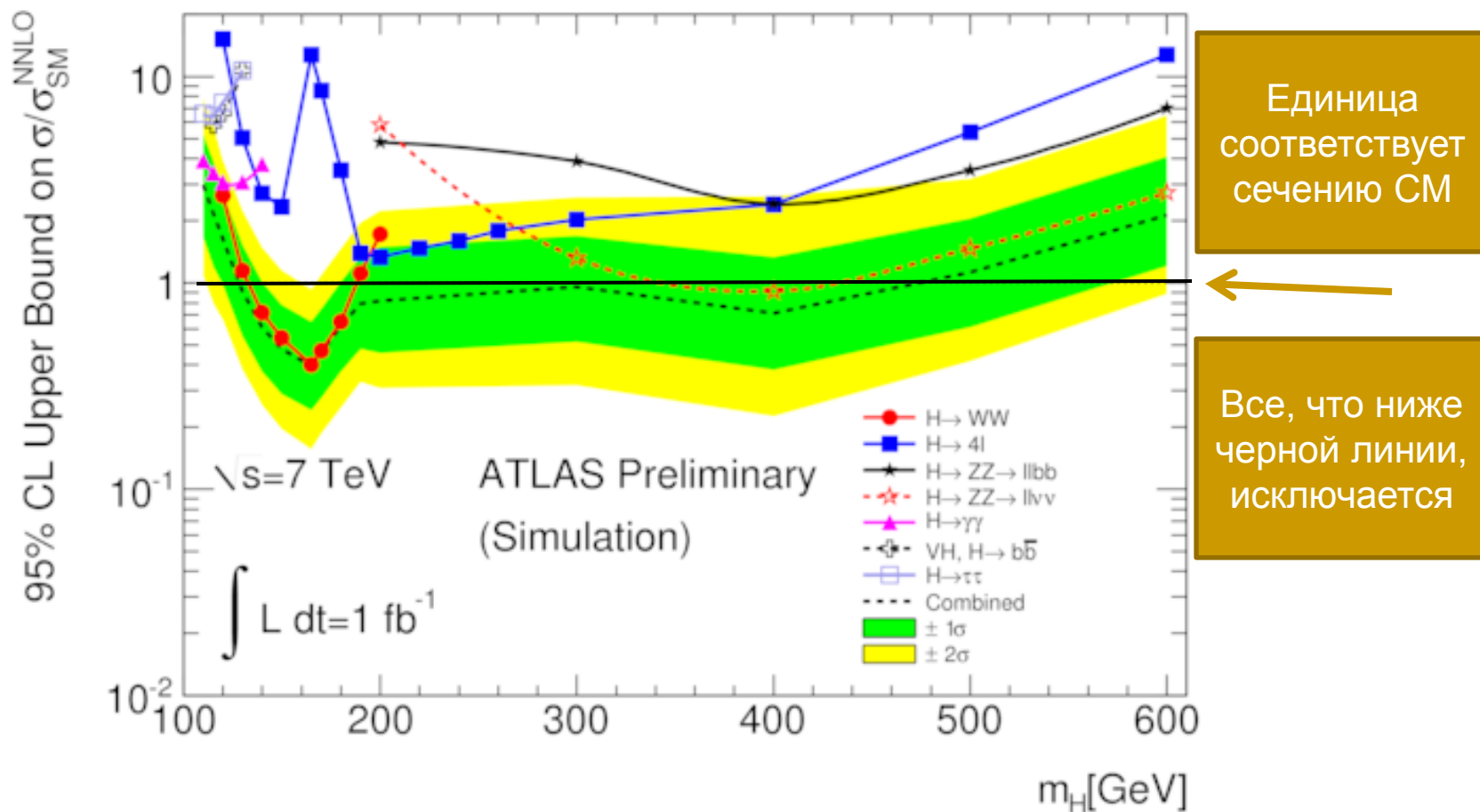
<http://cdsweb.cern.ch/record/1278455/files/ATLAS-PHYS-PUB-2010-015.pdf>

- Брались NNLO-сечения рождения бозона Хиггса вместо NLO
- Рассматривались почти все удобные моды распада H
- Оптимизировались критерии отбора событий сигнала
- Подготовлены и проверены алгоритмы оценки фона  
на основе реальных данных

Дополнение к отчету о возможностях  $5\sigma$ -открытия H специально написано к рабочему совещанию в Chamoni; [ATLAS-PHYS-PUB-2011-001.pdf](#)

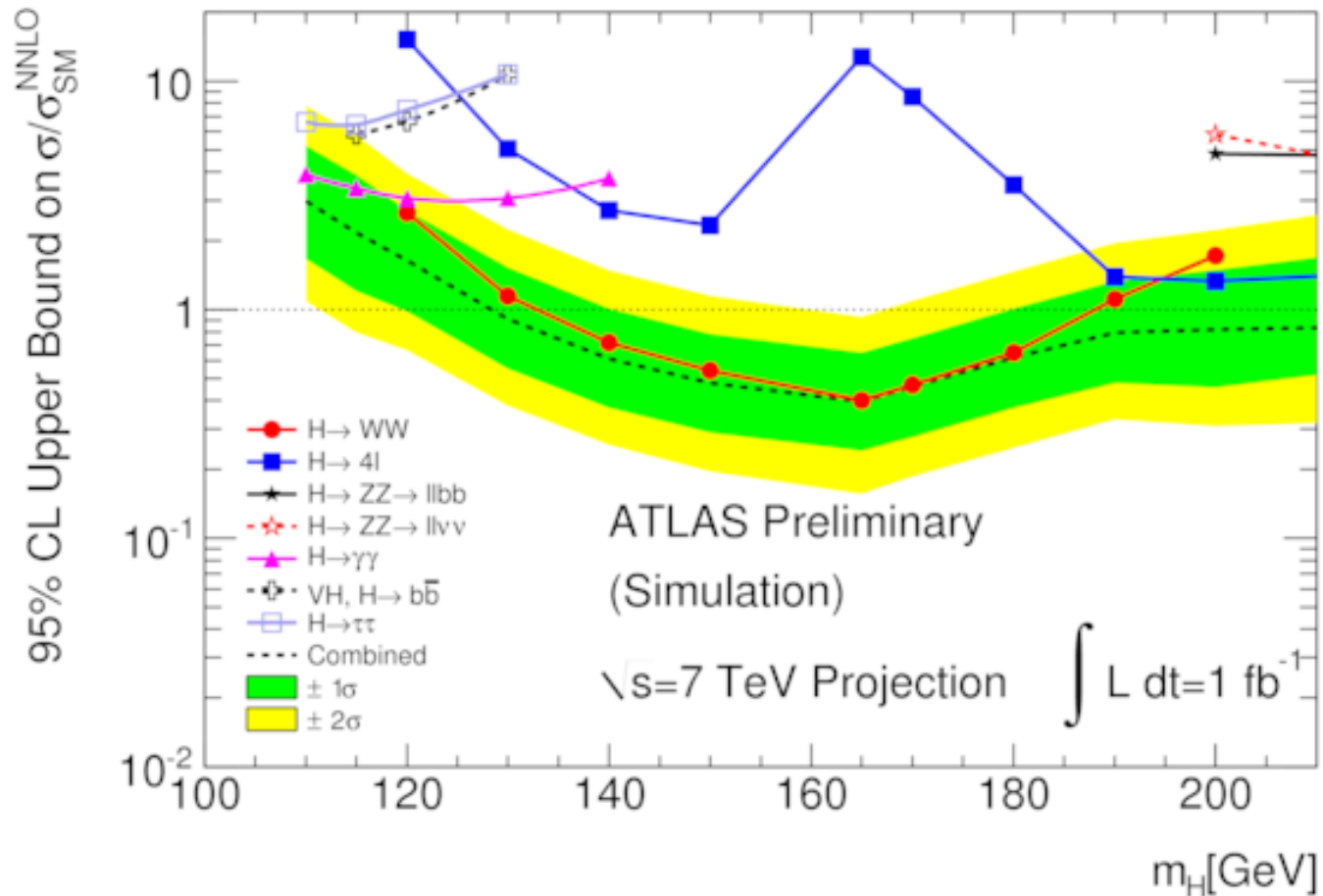
# Исключение бозона Хиггса в ATLAS при 7 ТэВ

Будет исключена область масс 129-460 ГэВ при энергии 7 ТэВ и 1 fb<sup>-1</sup>

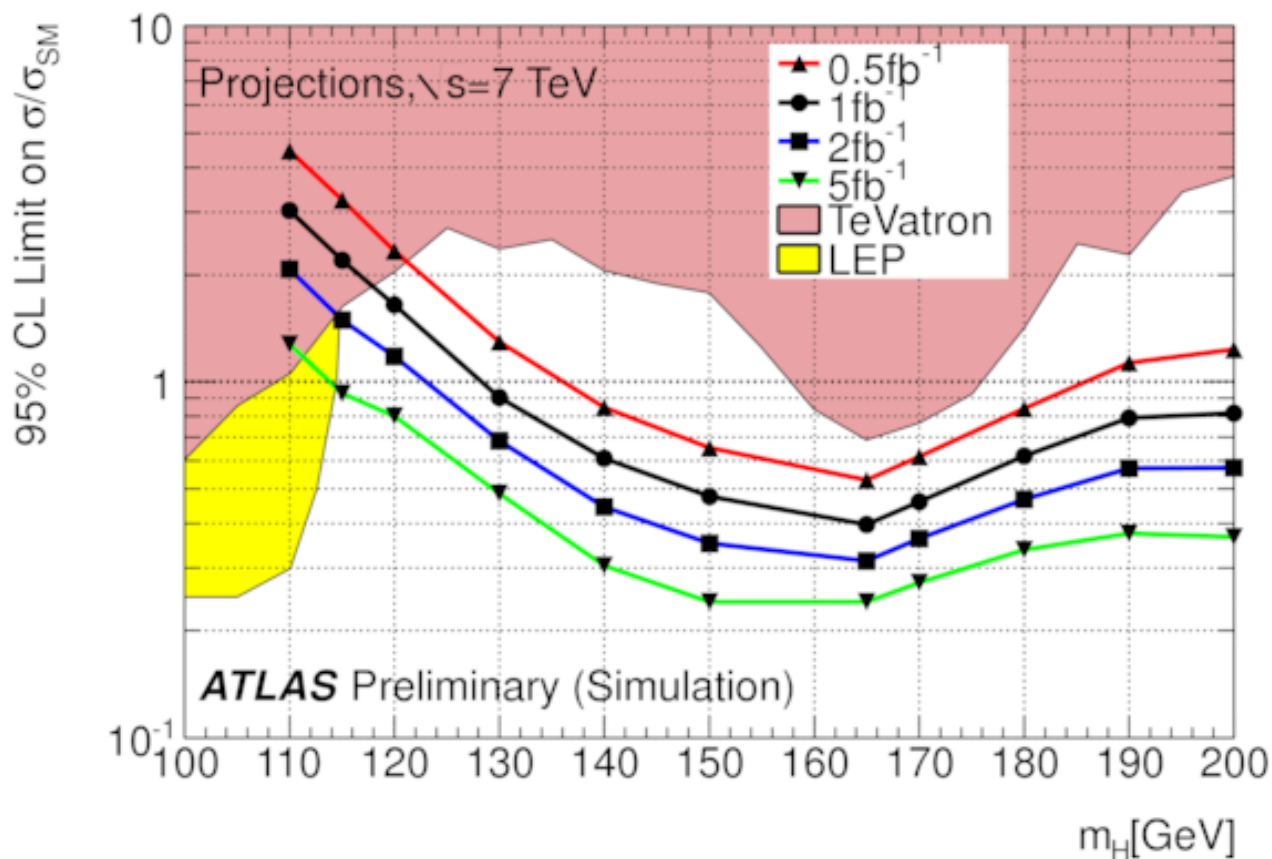


# То же, в области масс 110-210 ГэВ

$H \rightarrow WW^* \rightarrow ll\nu\nu$ -канал дает основной вклад

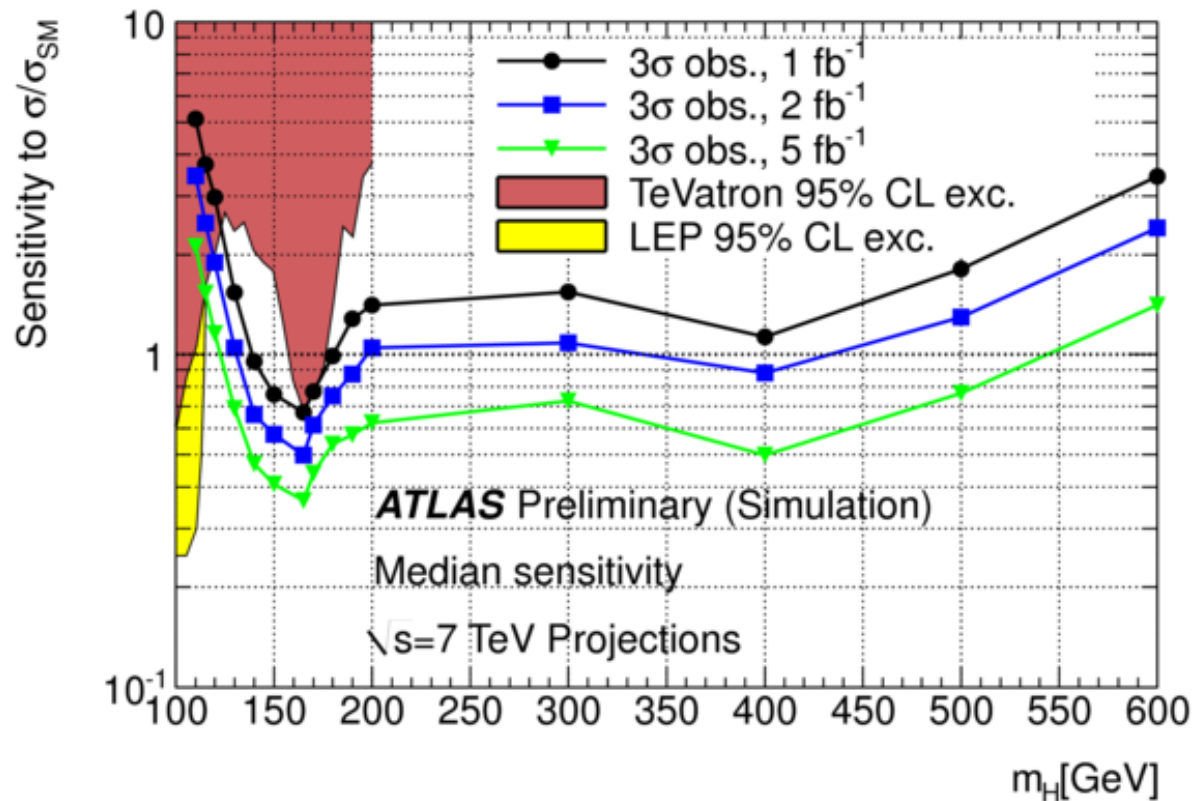


# Исключение бозона Хиггса в ATLAS при 7 ТэВ в зависимости от светимости LHC



5 fb<sup>-1</sup> будет достаточно для исключения **всей области масс**

# 3 $\sigma$ -наблюдение бозона Хиггса в ATLAS при 7 ТэВ в зависимости от светимости LHC

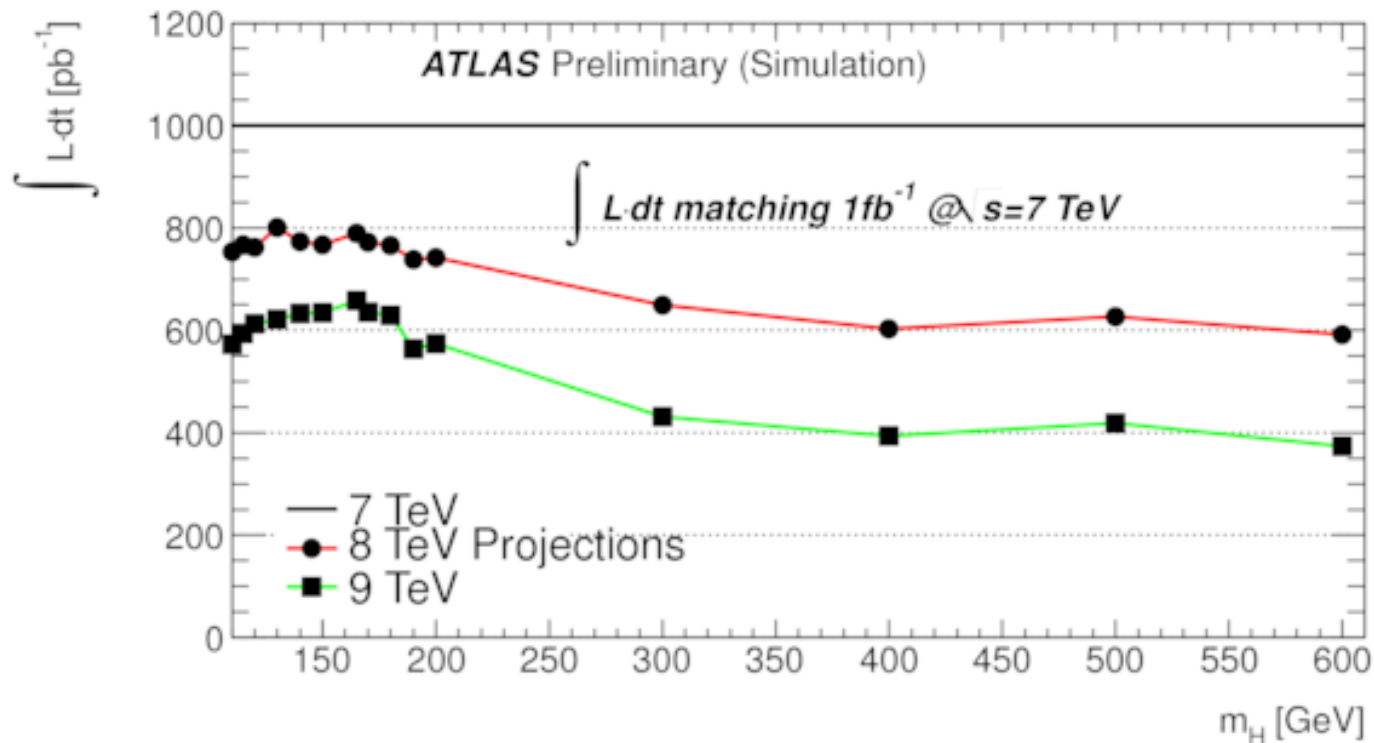


2 fb<sup>-1</sup> будет достаточно для 3 $\sigma$ -сигнала в области 131-200 ГэВ  
5 fb<sup>-1</sup> будет достаточно для 3 $\sigma$ -сигнала в области 123-550 ГэВ

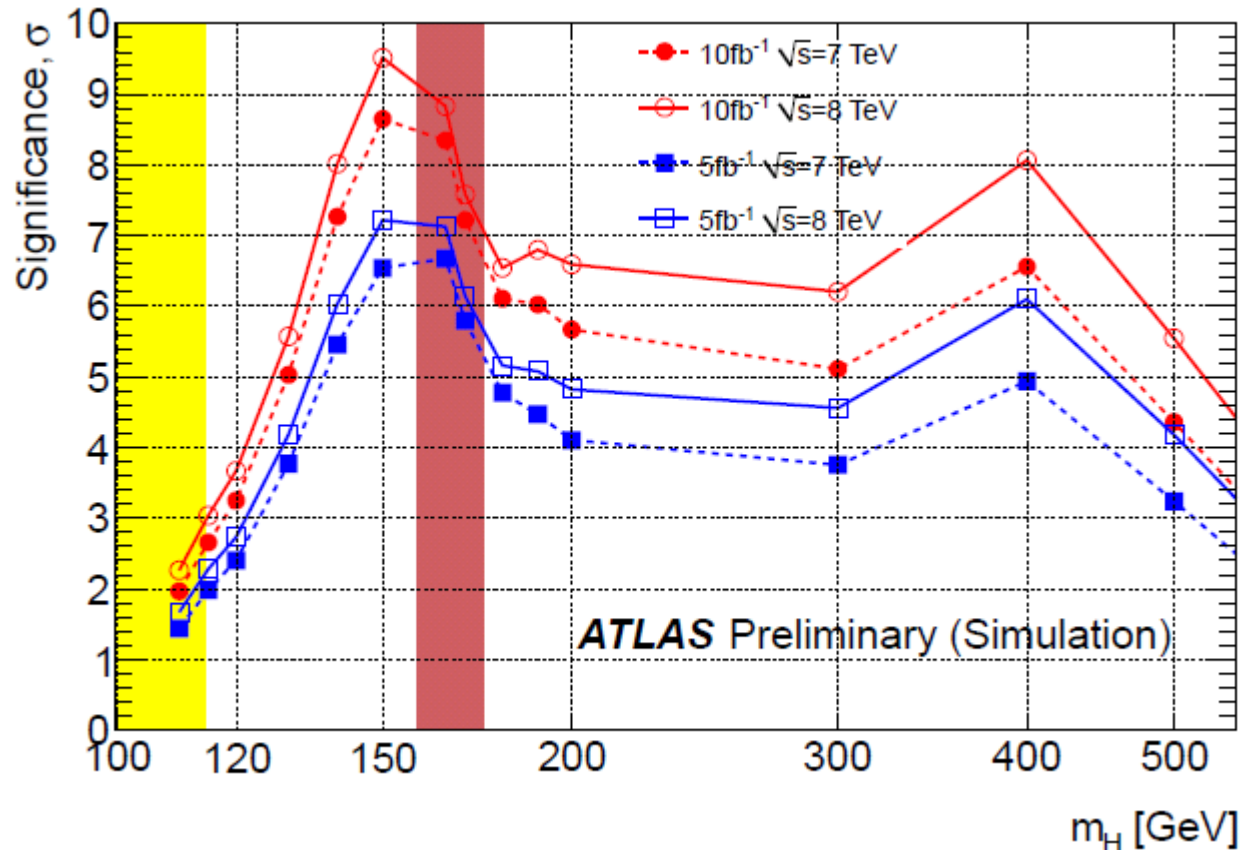


# Исключение бозона Хиггса в ATLAS при светимости $1 \text{ fb}^{-1}$ в зависимости от энергии LHC

При 8 (9) ТэВ, потребуется на 20% (40%) меньше интегральной светимости, чем при 7 ТэВ, для исключения бозона Хиггса



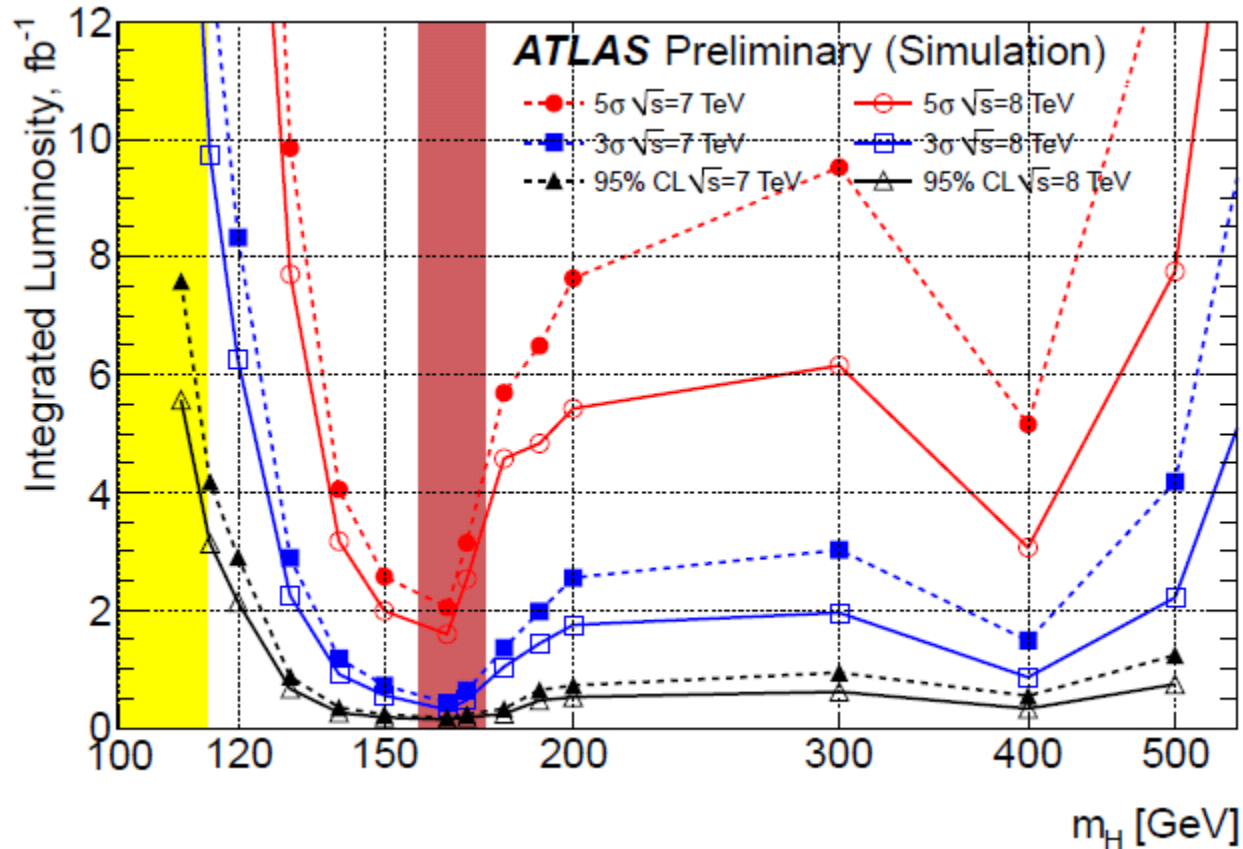
# Значимость сигнала бозона Хиггса в ATLAS при 7-8 ТэВ в зависимости от светимости LHC



7 ТэВ и 5 fb<sup>-1</sup> будет достаточно для 5 $\sigma$ -сигнала в области 140-175 ГэВ

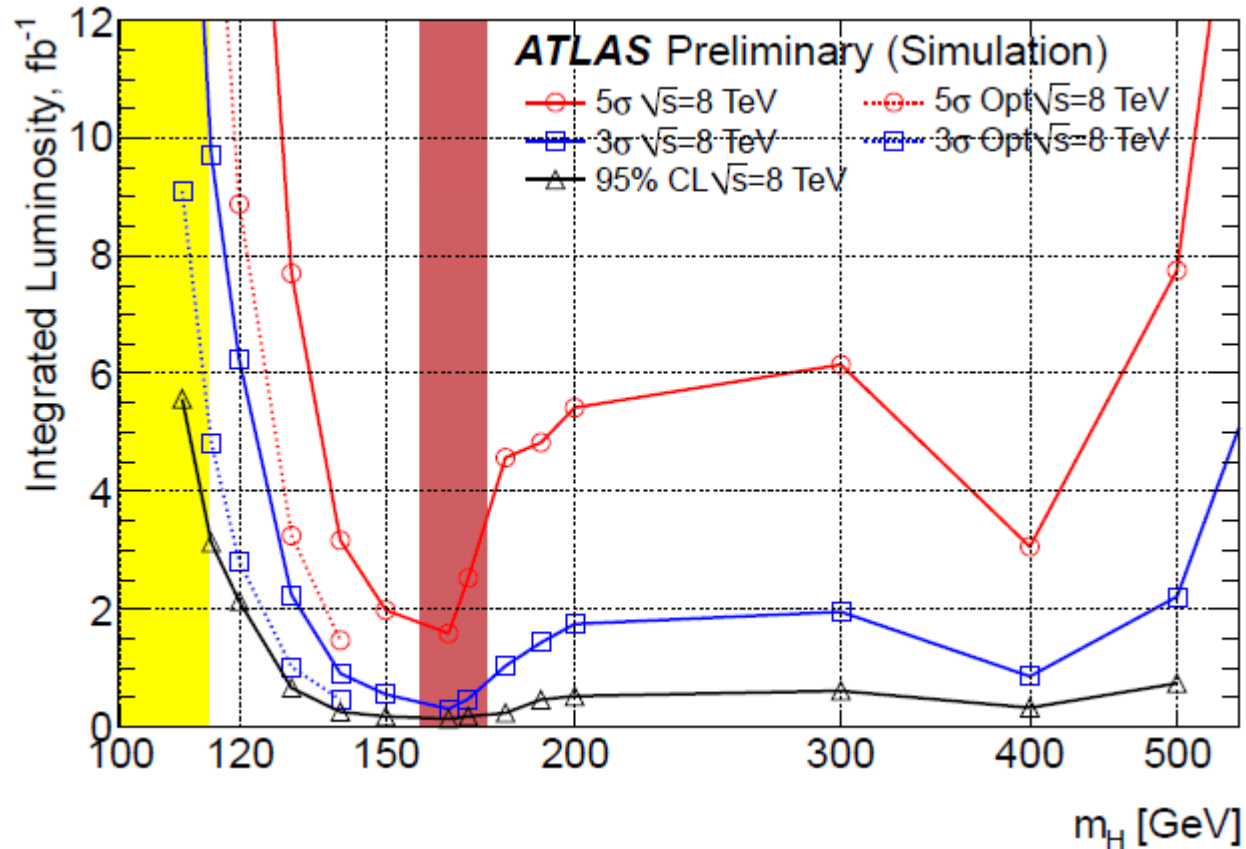
7 ТэВ и 10fb<sup>-1</sup> будет достаточно для 5 $\sigma$ -сигнала в области 132-460 ГэВ

# Светимость LHC для открытия или исключения H в ATLAS при 7-8 ТэВ



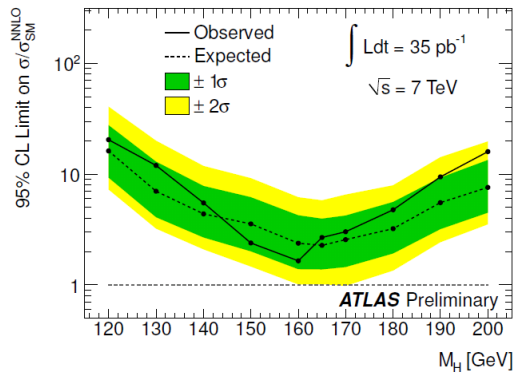
8 ТэВ и  $10 \text{ fb}^{-1}$  будет достаточно для  $3\sigma$ -сигнала во всей области масс  
8 ТэВ и  $10 \text{ fb}^{-1}$  будет достаточно для  $5\sigma$ -сигнала в области 130-520 ГэВ

# Светимость LHC для открытия H в ATLAS при 8 ТэВ при оптимальном и стандартном анализе

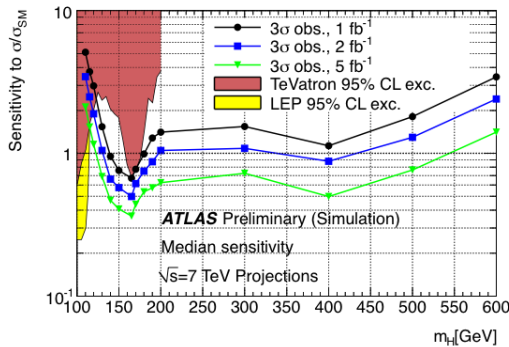


Оптимальный анализ при малых массах позволит расширить область 5 $\sigma$ -сигнала при 8 ТэВ и 10 fb<sup>-1</sup> от >130 до >119 ГэВ

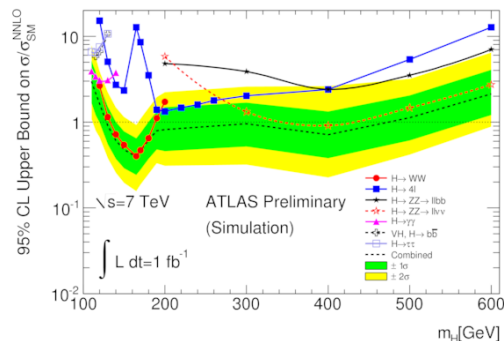
# Заключение



**В 2010 г. уже удалось исключить бозон Хиггса с массой 160 ГэВ если сечение его рождения в 1.7 раза выше предсказаний СМ**



**при светимости LHC от 2 fb<sup>-1</sup> и более и при 7 ТэВ ATLAS достигнет чувствительности, необходимой для регистрации бозона Хиггса на уровне значимости 3σ в интервале масс по крайней мере от 130 до 200 ГэВ**

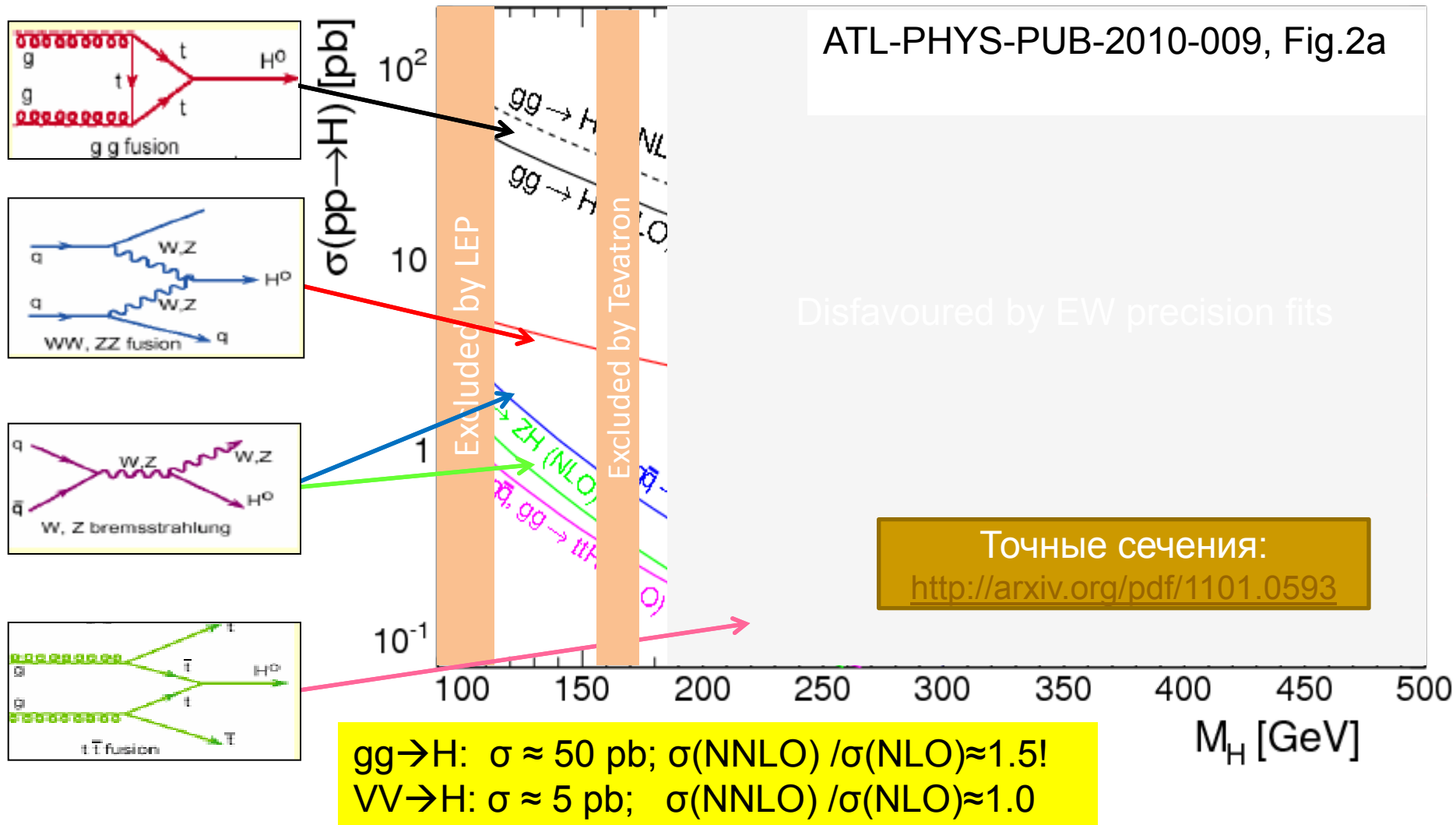


**Даже при 1 fb<sup>-1</sup> будет возможно исключить Хиггс-бозон в интервале масс от 129 до 460 ГэВ на 95% уровне достоверности.**

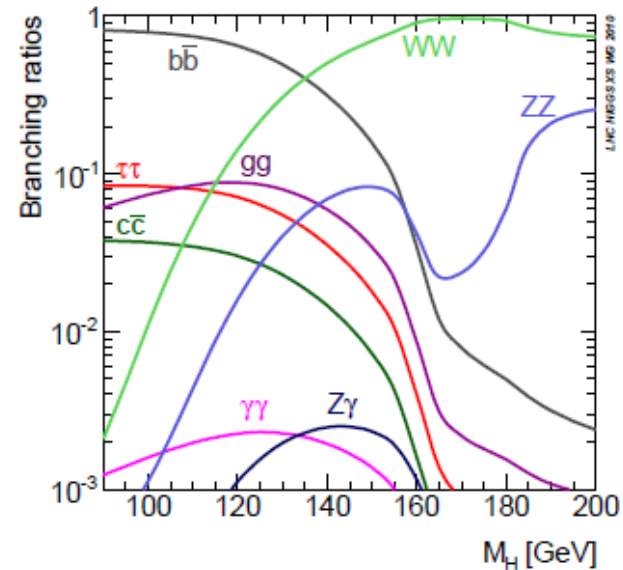
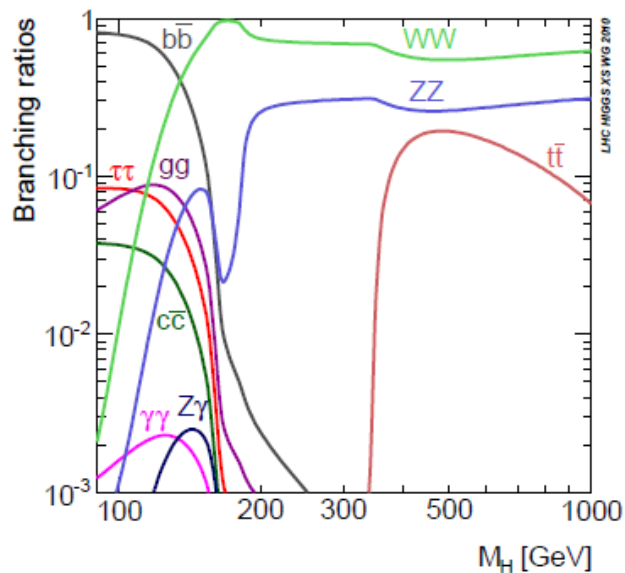
---

# Backup slides

# Рождение бозона Хиггса на LHC при 14 ТэВ



# Конечные состояния при распаде бозона Хиггса



## Масса $m(H) > 2m(Z)$

- $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow 2l2\nu$
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow 2lbb$
- $H \rightarrow WW \rightarrow ll\nu\nu, l\nu qq$

## Масса $m(H) < 2m(Z)$

- Основной распад  $H \rightarrow bb$ , но велик QCD фон
- Мода  $H \rightarrow \tau\tau$  доступна только в канале VBF
- **Мода  $H \rightarrow WW \rightarrow ll\nu\nu$  наиболее перспективна**
- $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$  - очень чистое конечное состояние
- $H \rightarrow \gamma\gamma$  - чистое конечное состояние, но фон велик

4-ое поколение: см. А. Розанов и М. Высоцкий, архив:1012.1483

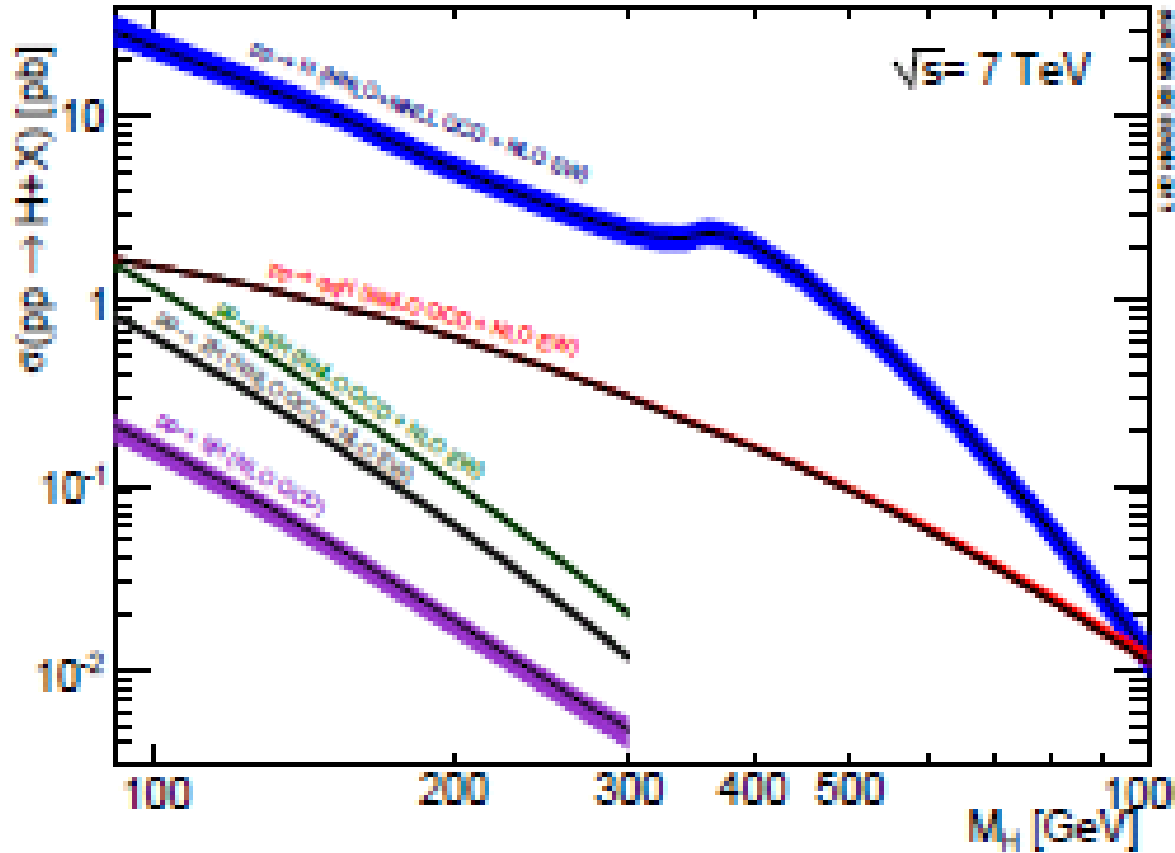
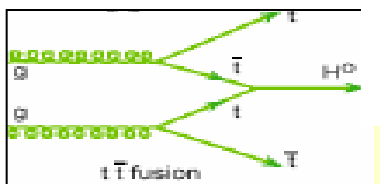
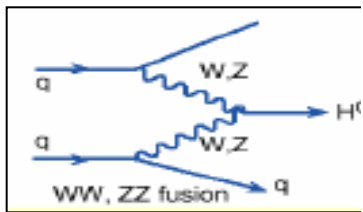
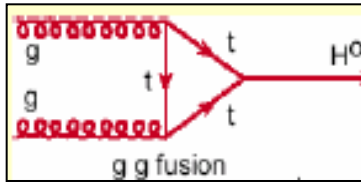


# Наиболее интересные моды распада H-бозона

| Мода распада                                     | $\sigma \times BR$ , pb | Область масс, ГэВ | Комментарий                             |
|--|-------------------------|-------------------|---|
| $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$       | <b>0.1-0.5</b>          | <b>120-200</b>    | <b>Важно измерение фона по данным</b>   |
| $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ll ll$           | 0.003-0.03              | 120-150, 180-600  | Чистый сигнал при довольно малом фоне   |
| $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ll \nu\nu$       | 0.02-0.04               | 200-600           | Не рассматривалась в деталях при 14 ТэВ |
| $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow ll bb$           | 0.01-0.03               | 200-600           | Не рассматривалась в деталях при 14 ТэВ |
| $H \rightarrow \gamma\gamma$                     | 0.01-0.02               | 110-140           | Чистый сигнал при большом фоне          |
| $VH, H \rightarrow bb (V \rightarrow ll, l\nu)$  | 0.05-0.1                | 110-130           | Не рассматривалась в деталях при 14 ТэВ |
| $VBF H \rightarrow \tau\tau \rightarrow ll + lh$ | 0.02-0.05               | 110-130           | Требуется восстановление $\tau$         |

Мода  $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$  используется для исключения бозона Хиггса в первых данных

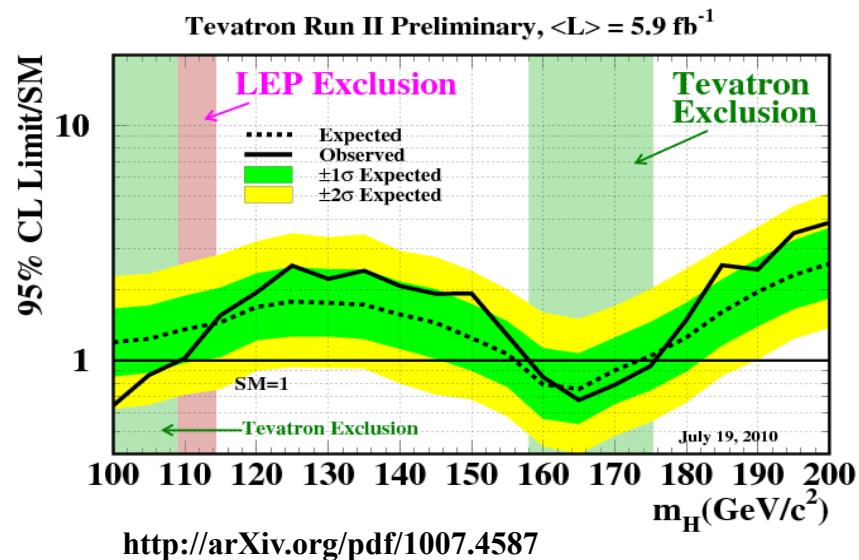
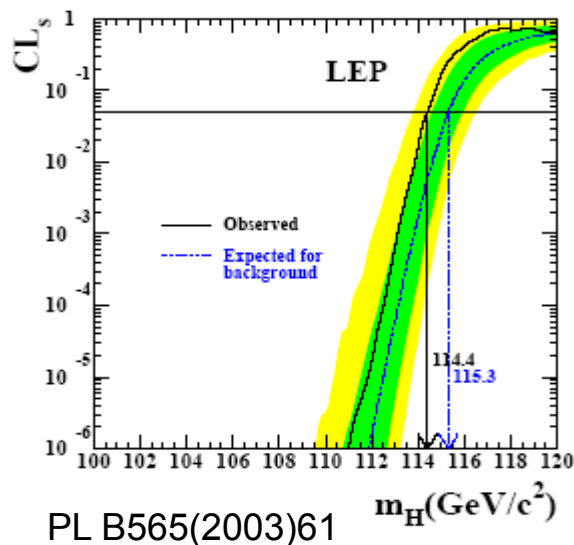
# Рождение бозона Хиггса на LHC при 14 ТэВ



$gg \rightarrow H: \sigma \approx 50 \text{ pb}; \sigma(\text{NNLO}) / \sigma(\text{NLO}) \approx 1.5!$   
 $VV \rightarrow H: \sigma \approx 5 \text{ pb}; \sigma(\text{NNLO}) / \sigma(\text{NLO}) \approx 1.0$

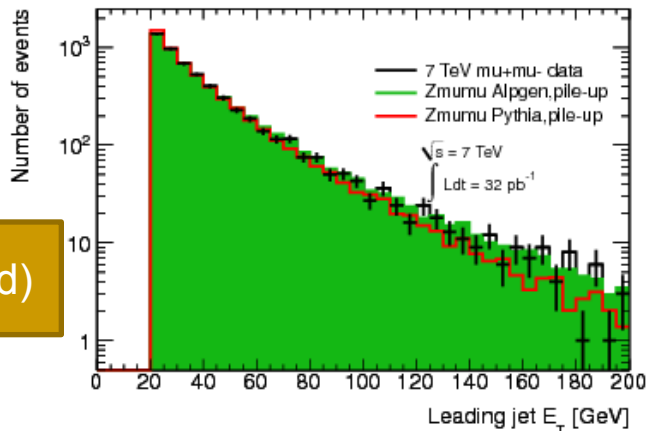
# Бозон Хиггса в Стандартной Модели (СМ)

- Для объяснения наличия масс фундаментальных фермионов и  $W/Z$ -бозонов необходимо нарушить электрослабую симметрию
- Простейшая модель этого нарушения предсказывает существование скалярного бозона Хиггса, а его масса – единственный свободный параметр в теории
- Суммарно по данным LEP:  $m_H > 114.4 \text{ GeV}/c^2$  @ 95% CL
- По недавним данным Тэватрона (эксперименты CDF и D0) интервалы масс  $100 \text{ ГэВ} < m_H < 109 \text{ ГэВ}$  и  $158 \text{ ГэВ} < m_H < 175 \text{ ГэВ}$  также исключены на 95% CL
- Из теоретических соображений (пертурбативная унитарность):  $m_H < 1 \text{ ТэВ}$

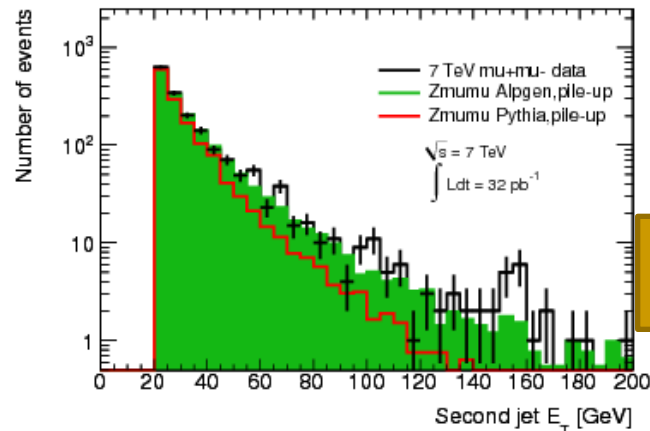


# Спектры по $E_T$ и $\eta$ для tag jets: **данные** и MC ( $\mu^+\mu^-$ -пары с $p_T > 15$ ГэВ и jets с $p_T > 20$ ГэВ)

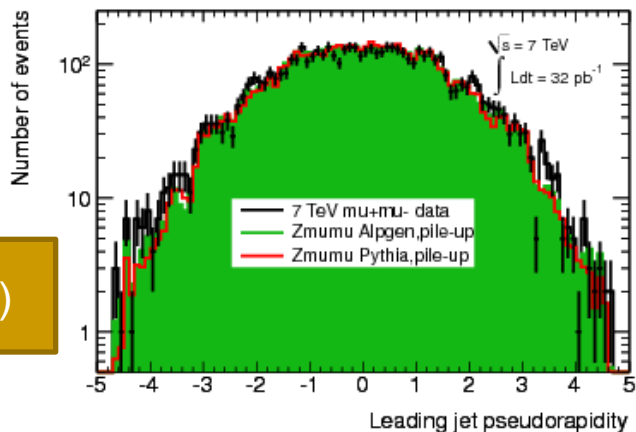
$E_T$  (lead)



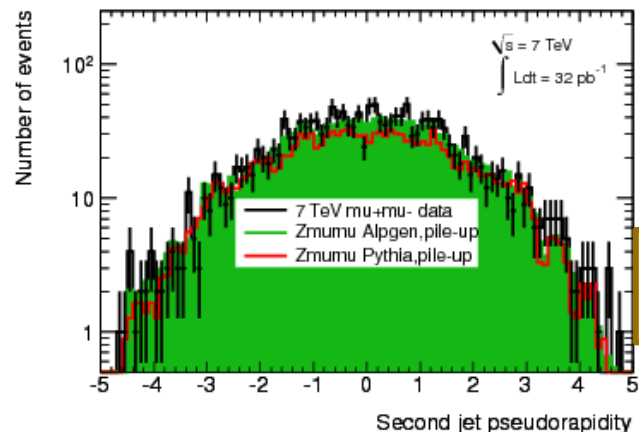
$E_T$  (sec)



$\eta$ (lead)



$\eta$ (sec)



Хорошее согласие данных и Alpgen MC; хуже для Pythia

# Jet quenching в соударениях ионов

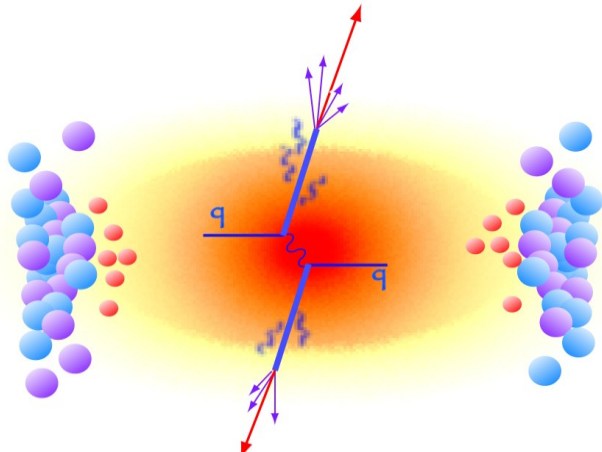
Эффект торможения партонов в кварк-глюонной плазме был предсказан Дж. Бьеркеном в 1982 г (FERMILAB-PUB-82-059-T)

Косвенно эффект наблюдался ранее при меньших энергиях в ионных соударениях в экспериментах STAR и PHENIX

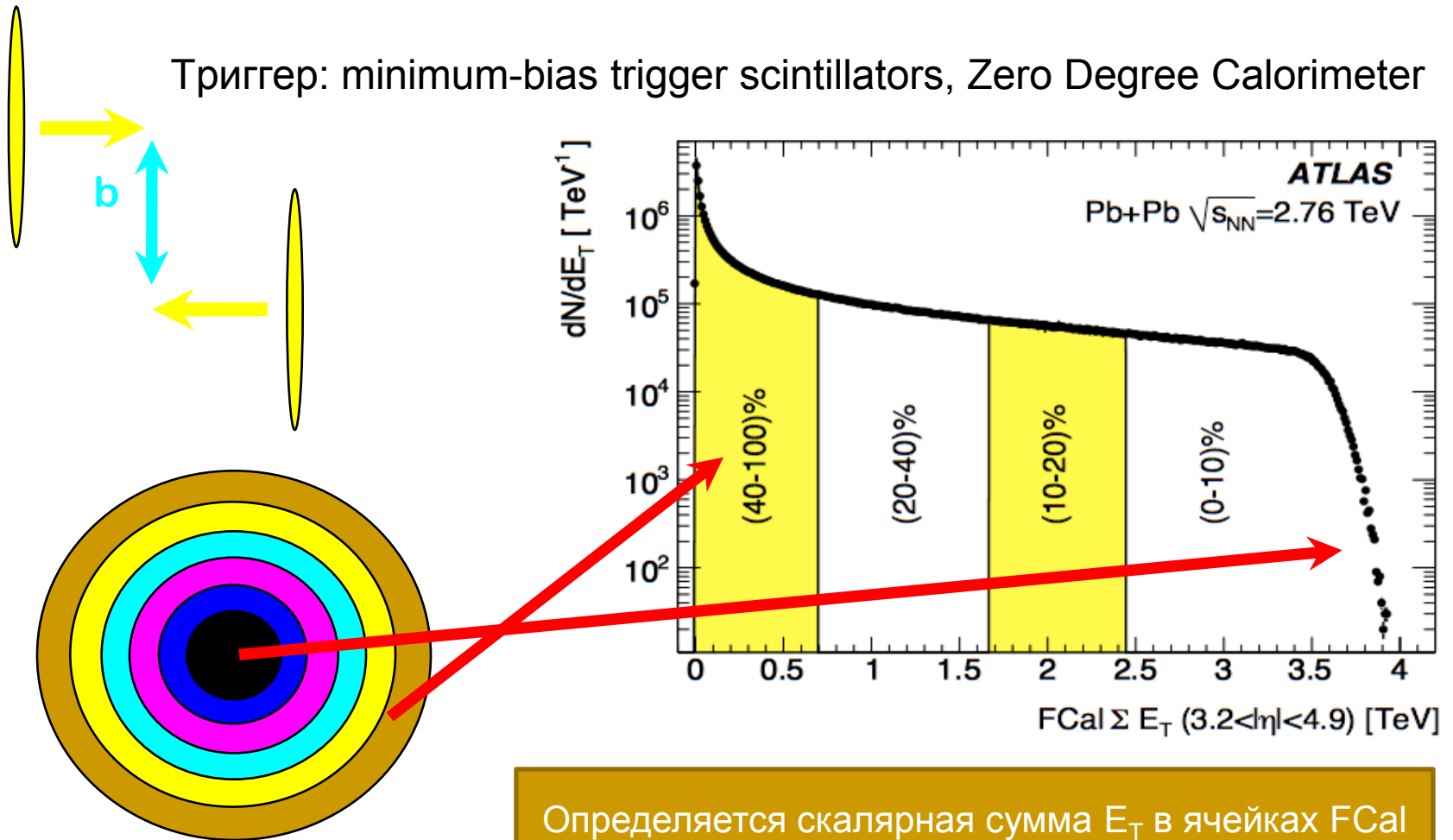
Эффект впервые **явно** наблюден в ATLAS и в CMS в ходе ион-ионного сеанса 2010 г. Он проявился в виде резкой асимметрии струй (**jet quenching**) в центральных двухструйных событиях..

*Степень «центральности» событий определялась по измеренной поперечной энергии в FCal ( $FCal \Sigma E_T$ ).*

Публикация ATLAS в PRL была подготовлена за одну неделю и удостоилась иллюстрации на обложке журнала.



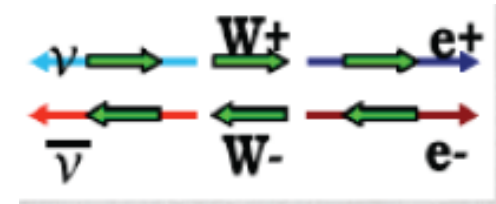
# FCal $\Sigma E_T$ как мера центральности соударений



Определяется скалярная сумма  $E_T$  в ячейках FCal

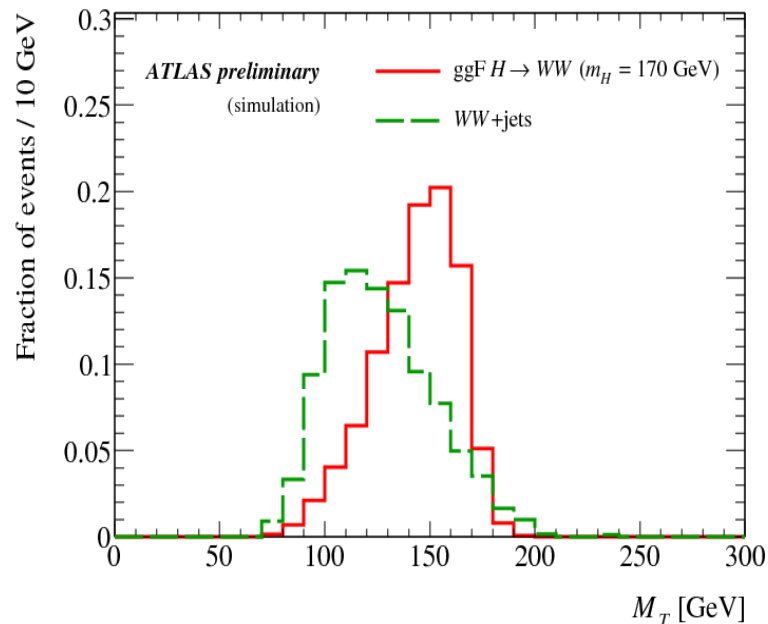
# $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$ : Феноменология и отборы

- Main search channel in a wide range below 200 GeV due to large branching ratio
- Backgrounds: WW, Wt, tt; also W+jets ( $l\nu l\nu$  states)
- Analyses:
  - H + 0 jets (dominated by gg-fusion)
  - H + 1 jets (gg and vector boson fusion (VBF))
  - H + 2 jets (dominated by VBF)



For discovery:

The challenge: we need precise knowledge of the backgrounds: fit the transverse mass and the transverse momentum of the candidates in two bins of the dilepton opening angle  $\Delta\phi$  in the transverse plane; account for the ratio of the background in the two regions  $\rightarrow$  extract the signal and background mixture in the signal region.



$$M_T = \sqrt{(E_T^{ll} + E_T^{\nu\nu})^2 - (\mathbf{P}_T^{ll} + E_T^{\text{miss}})^2}$$

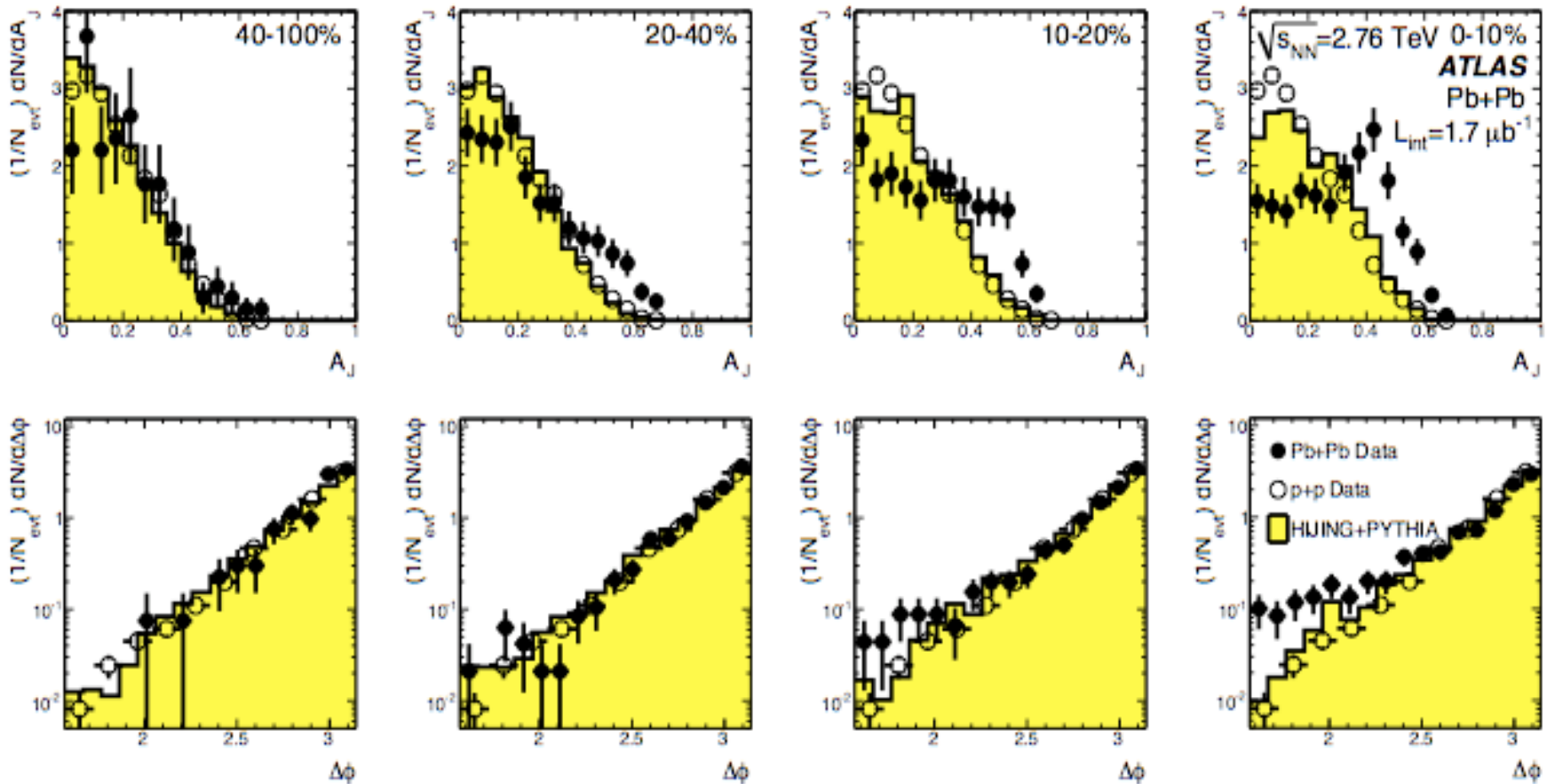
# Анализ двухструйных событий в Pb-Pb

- Select events with leading jet,  $E_{T1} > 100 \text{ GeV}$ ,  $|\eta| < 2.8$   
1693 events after cuts in  $1.7 \mu\text{b}^{-1}$
- Sub-leading: highest  $E_T$  jet in opposite hemisphere,  $\Delta\phi > \pi/2$  with  $E_{T2} > 25 \text{ GeV}$ ,  $|\eta| < 2.8$   
5% of selected have no sub-leading jet
- Introduce **new variable** called **asymmetry** to quantify dijet imbalance  
Not used before in jet quenching literature
- Robust variable:
  - Residual subtraction errors cancel in numerator
  - Absolute jet energy scale errors cancel in ratio.

$$A \equiv \frac{E_{T1} - E_{T2}}{E_{T2} + E_{T1}}$$

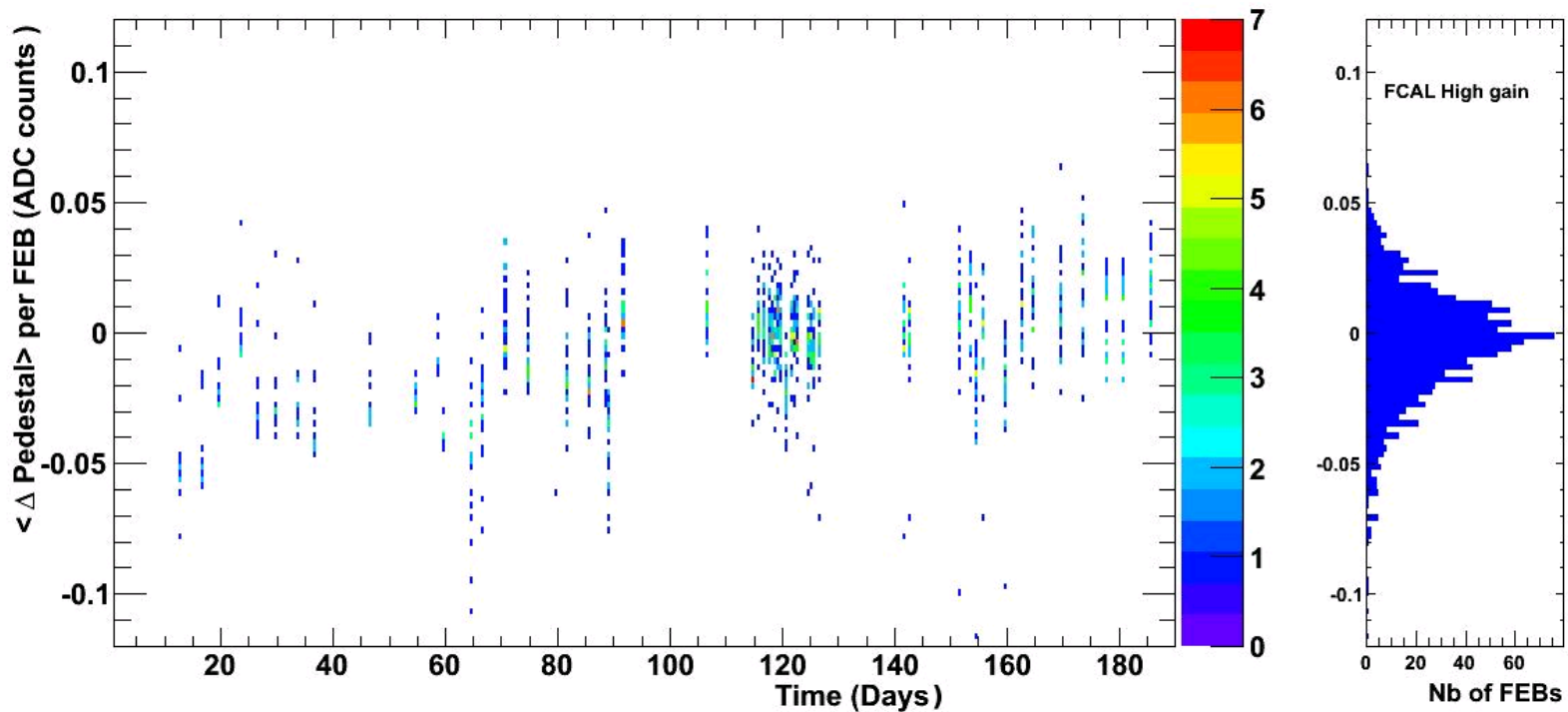


# Асимметрия и $\Delta\phi$ как функция центральности



Чем центральнее столкновение, тем больше эффект jet quenching

# Стабильность пьедесталов FCal в 2010 г.



Пьедесталы стабильны во времени с точностью 0,02 канала АЦП  
Коэффициенты усиления в каналах считывания также стабильны

# ИТЭФ и поиск H-бозона в механизме VBF

*Результаты группы отражены в двух журнальных публикациях, трех открытых и четырех внутренних отчетах ATLAS, прошедших рецензирование коллаборацией*

От коллаборации ATLAS группа ИТЭФ представила два пленарных доклада на конференциях:

- ISMD08 (I.I. Tsukerman, “Higgs discovery potential at the LHC: channels relevant for SM Higgs”, Hamburg, сентябрь 2008 г.)
- IHEPLHC10 (I.I. Tsukerman, “SM Higgs boson searches in the early ATLAS data”, Протвино, октябрь 2010 года)

<http://arxiv.org/pdf/1012.0694>, <http://arxiv.org/pdf/0812.1458>

Дальнейшее изложение: расширенная и улучшенная версия последнего доклада специально для семинара ИТЭФ

# Изучение чувствительности ATLAS к H-бозону

- Открытие/закрытие при 14 ТэВ и высокой светимости  
 $H \rightarrow WW^* \rightarrow e\nu\mu\nu$  (gg и VBF),  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ ,  $H \rightarrow \gamma\gamma$ , VBF  $H \rightarrow \tau\tau$   
Полное моделирование и реконструкция событий сигнала и фона  
<http://arxiv.org/pdf/0901.0512>, Volume 3  
See also <http://cdsweb.cern.ch/record/1201444/files/ATLAS-PHYS-PUB-2009-088> for WH- and ZH-processes
- Открытие/закрытие при 10 ТэВ и малой светимости в  $H \rightarrow WW^*$   
Канал  $H \rightarrow WW^* \rightarrow ll\nu\nu$ , светимость  $200 \text{ pb}^{-1}$ ; улучшенное MC  
**Описаны методы измерения фонов по реальным данным**  
Полное моделирование и реконструкция событий сигнала и фона  
<http://cdsweb.cern.ch/record/1270568/files/ATLAS-PHYS-PUB-2010-005>, 09 June 2010
- Чувствительность при 7 ТэВ, и светимости  $1 \text{ fb}^{-1}$   
 $H \rightarrow WW^*$  (gg and VBF),  $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ ,  $H \rightarrow \gamma\gamma$   
Быстрое моделирование фона; рескейлинг результатов при 10/14 ТэВ  
<http://cdsweb.cern.ch/record/1278455/files/ATLAS-PHYS-PUB-2010-009>, 16 July 2010

# $H \rightarrow WW^* \rightarrow l\nu l\nu$ at 10 TeV: details of event selection

## ■ Basic selection for all analyses

- $l^+l^-$  final state with hard isolated leptons:  $p_T > 20$  (15) GeV - against  $W$ +jets, jets,  $bb$  BGR's
- $M(l^+l^-) > 15$  GeV against  $bb$  and  $Y$ ;  $|M(l^+l^-) - M(Z)| > 10$  GeV for  $ee$  and  $\mu\mu$
- $E_T^{\text{miss}} > 30$  GeV to suppress  $bb$ ,  $Z \rightarrow l^+l^-$
- $M_T(l^+l^-\nu) > 30$  GeV to reduce Drell-Yan BGR's

## ■ Additional selection for 0j analysis ( $WW$ is dominant BGR)

- No jets with  $p_T > 25$  GeV in  $|\eta| < 4.5$  to reduce top BGR's
- $p_T(l^+l^-) > 30$  GeV: further suppression of D-Y BGR's

## ■ Additional selection for 1j analysis, in short

one central jet, b-jet veto,  $p_T(\text{tot}) < 30$  GeV,  $Z \rightarrow \tau\tau$  rejection

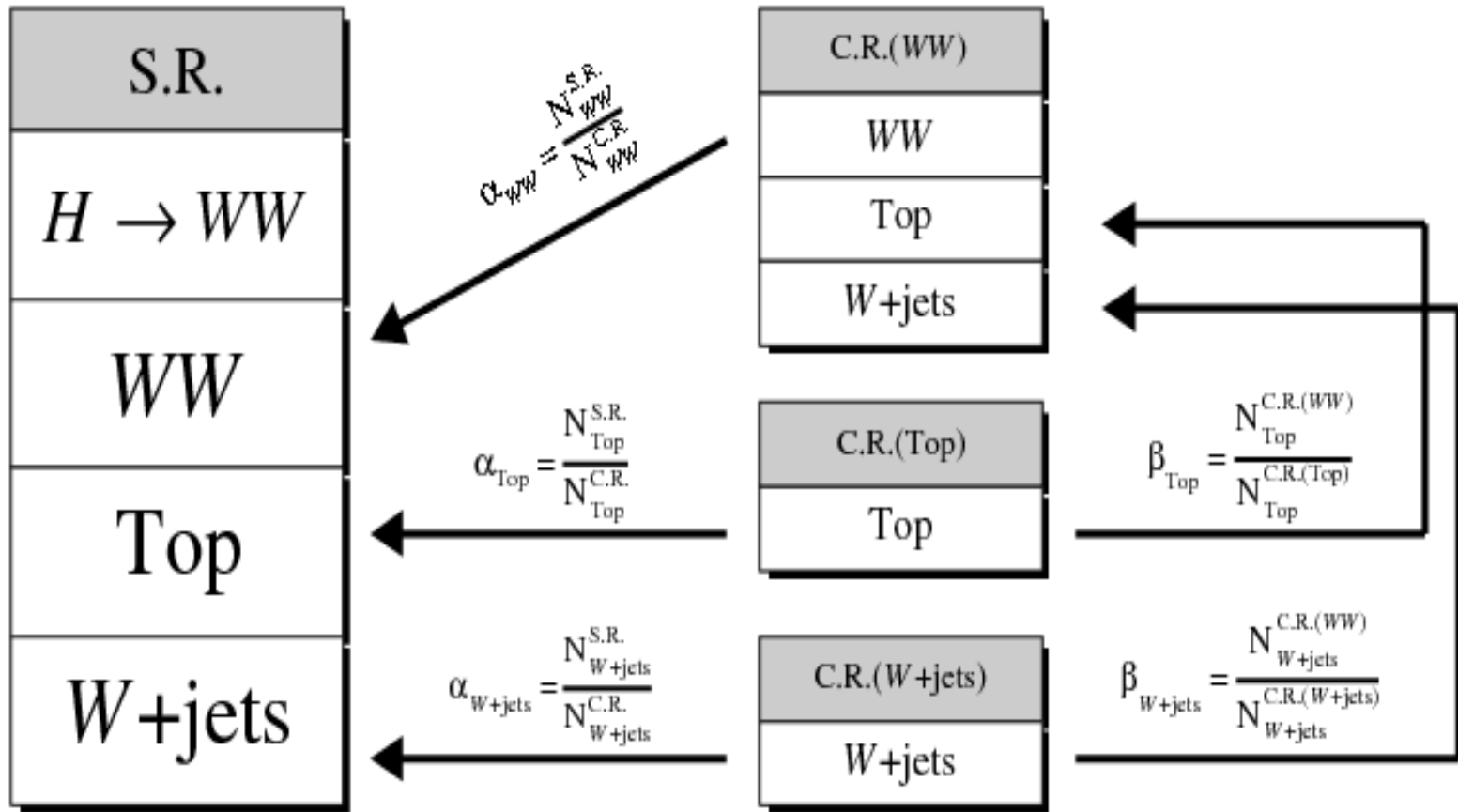
## ■ Additional selection for 2j analysis, in short

two jets with  $E_T > 25$  GeV (large  $\Delta\eta$  and  $M$ ), CJV, b-veto,  $p_T(\text{tot}) < 30$  GeV,  $Z \rightarrow \tau\tau$  rejection

## ■ Topological cuts for all analyses

- $M(l^+l^-) < 50$  GeV (65 GeV) for  $< 170$  GeV ( $> 170$  GeV) to suppress  $WW$ , top and other BGR's
- $\Delta\phi(l^+l^-) < 1.3$  (1.8) rad for  $< 170$  GeV ( $> 170$  GeV): spin correlations between S and BGR
- $0.75M(H) < M_T < M(H)$ :  $WW$  and top suppression

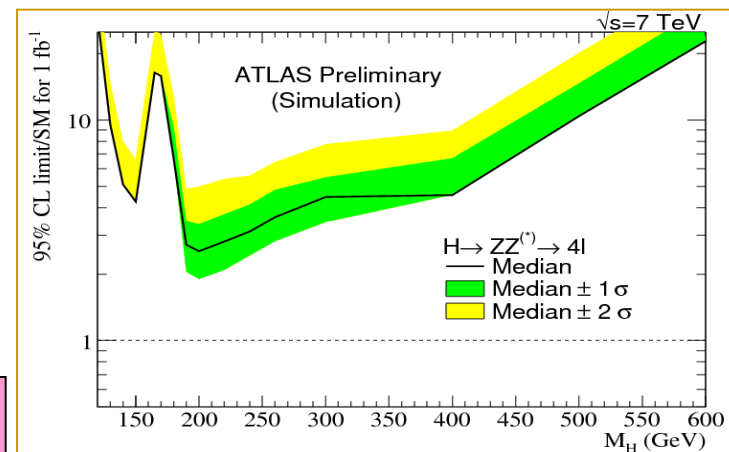
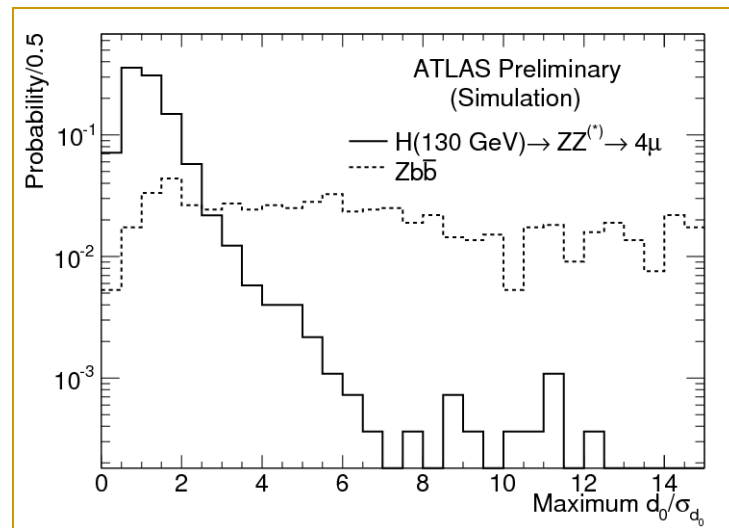
# Flow chart to extract background to $H \rightarrow WW$ from data



**Related syst. errors are called “conservative”**

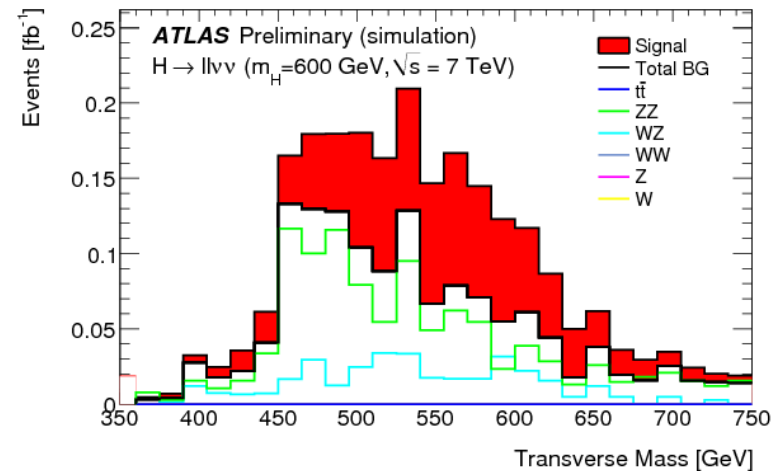
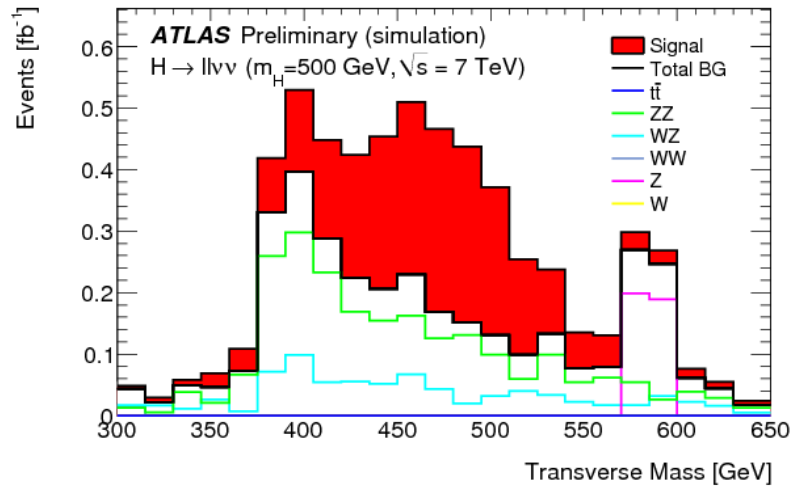
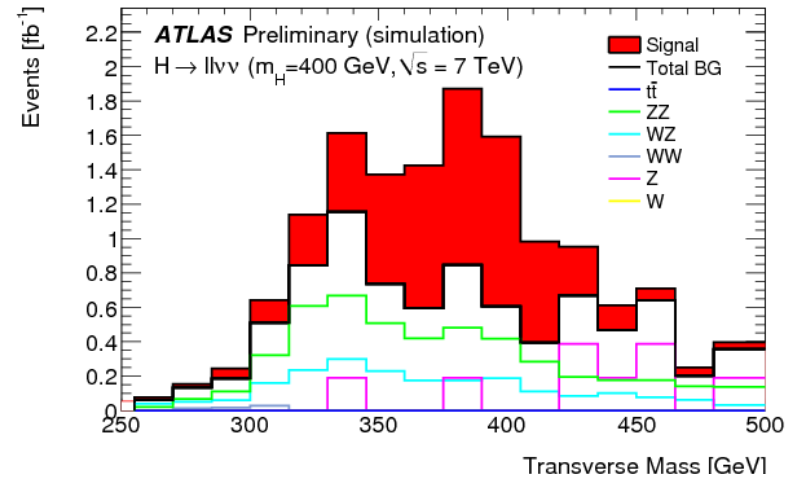
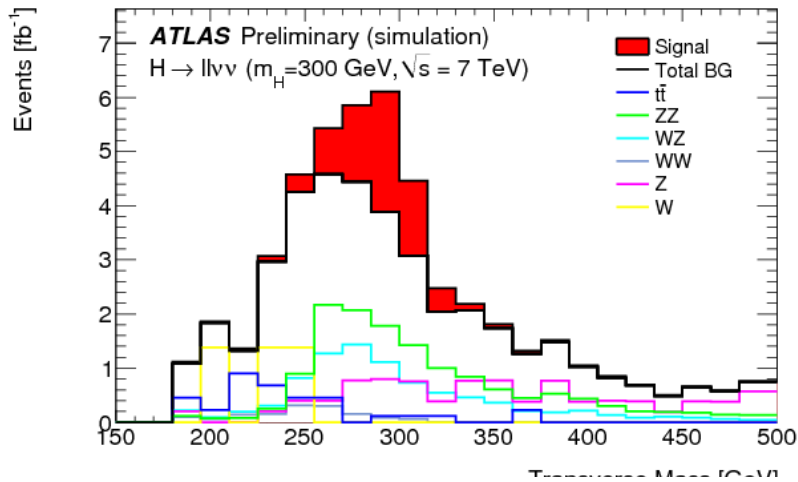
# H $\rightarrow$ ZZ\* $\rightarrow$ 4l selection and exclusion at 7 TeV

- The “golden channel” : H $\rightarrow$ ZZ\* $\rightarrow$ 4e/4 $\mu$ /2e2 $\mu$ 
  - Good for a wide mass range between 130 GeV and 500 GeV, except for  $m_H \approx 2m_W$
- Backgrounds:
  - Non-resonant ZZ\* production (irreducible)
  - Zbb, tt, ZW, Z + X (reducible) at low masses
- Analyses:
  - Isolated muon and electron pairs with opposite charge
  - Reject Zbb, tt, etc using quality cuts: isolation, lepton track impact parameter, vertex constraints
  - At least one Z $\rightarrow$ ll on shell
  - Reconstruct 4-lepton invariant mass
  - Estimate background using data-driven methods and MC predictions



At 7 TeV energy and  $1\text{fb}^{-1}$  95% CL exclusion is not yet possible as  $\sigma \times \text{BR}(H \rightarrow 4l)$  is less than  $5 \text{fb}$

# $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 2l2\nu$ : transverse mass spectra at 7 TeV

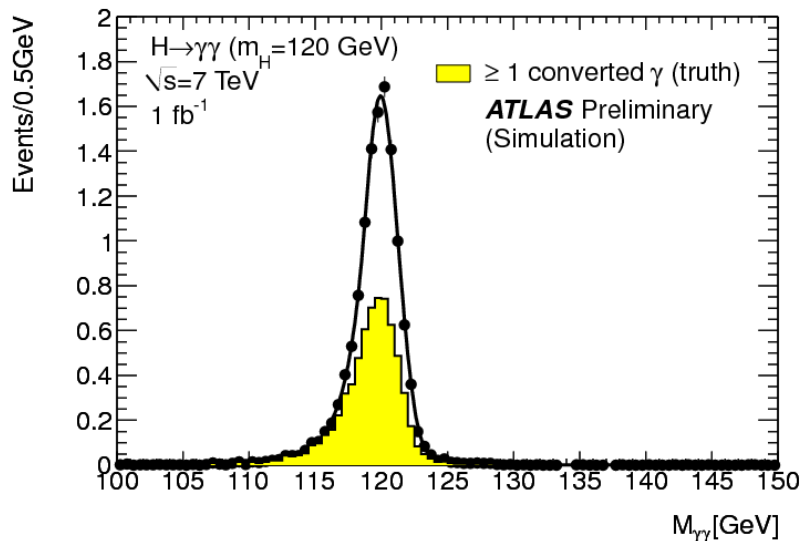




# H → γγ: phenomenology, experiment, 7 TeV exclusion

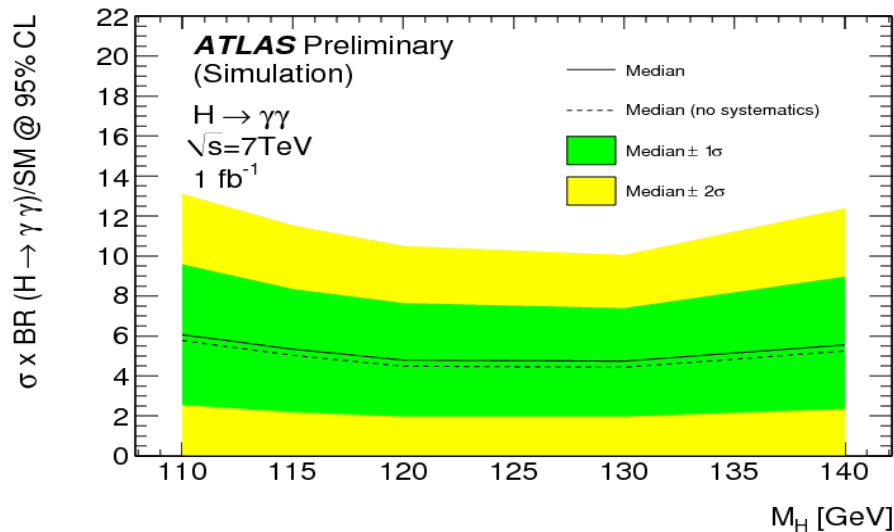
## Phenomenological issues:

- Small branching ratio (BR ≈ 0.002 @ m<sub>H</sub> = 120-140 GeV)
- But very clear signature “easy” to separate from background
- Important for low-mass region (120-140 GeV)
- Backgrounds:
  - Irreducible: γγ, γγ+jets
  - Reducible: γ+jets, jets, Drell-Yan

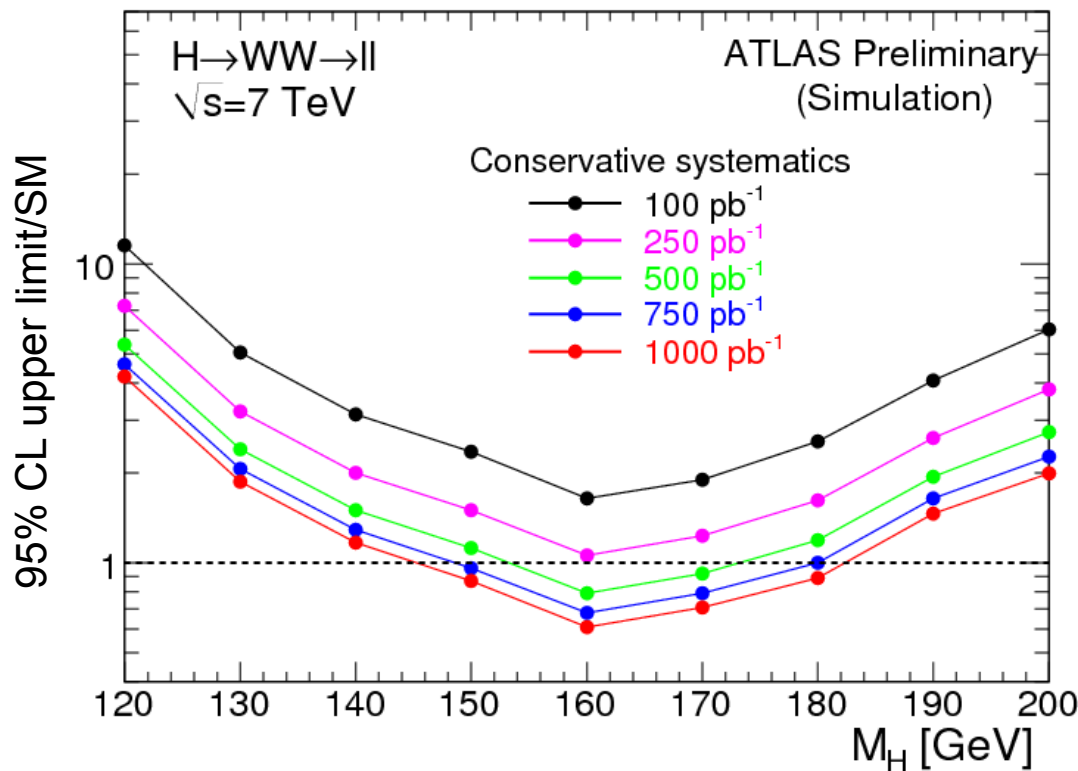


## Experimental issues:

- Need good γ-jet separation (10<sup>-3</sup> ÷ 10<sup>-4</sup> to get σ<sub>γj</sub> + σ<sub>jj</sub> ≪ σ<sub>γγ</sub>)
- Need good mass resolution (~1.5 GeV)
- Vertex reconstruction
- Conversion analysis (large amount of dead material in inner detector)



# H → WW\* → lνlν at 7 TeV: exclusion potential vs $L_{\text{int}}$



7 TeV energy and 0.5fb<sup>-1</sup>:  
 expected 95% CL exclusion  
 for 153 GeV < m(H) < 172 GeV

Minimal  $L_{\text{INT}}$  (fb<sup>-1</sup>) required  
 for 95% CL exclusion

| m(H),<br>GeV | Optim.<br>syst. err. | Conserv.<br>syst. err. |
|--------------|----------------------|------------------------|
| 130          | 4.5                  | 12                     |
| 140          | 1.1                  | 1.6                    |
| 150          | .54                  | .68                    |
| 160          | .25                  | .28                    |
| 170          | .33                  | .41                    |
| 180          | .58                  | .76                    |
| 190          | 1.8                  | 2.7                    |
| 200          | 3.4                  | 4.5                    |