

# Исследование ядра с помощью кумулятивных процессов, идущих с большими поперечными импульсами в $pA$ взаимодействиях при энергии 50 ГэВ.

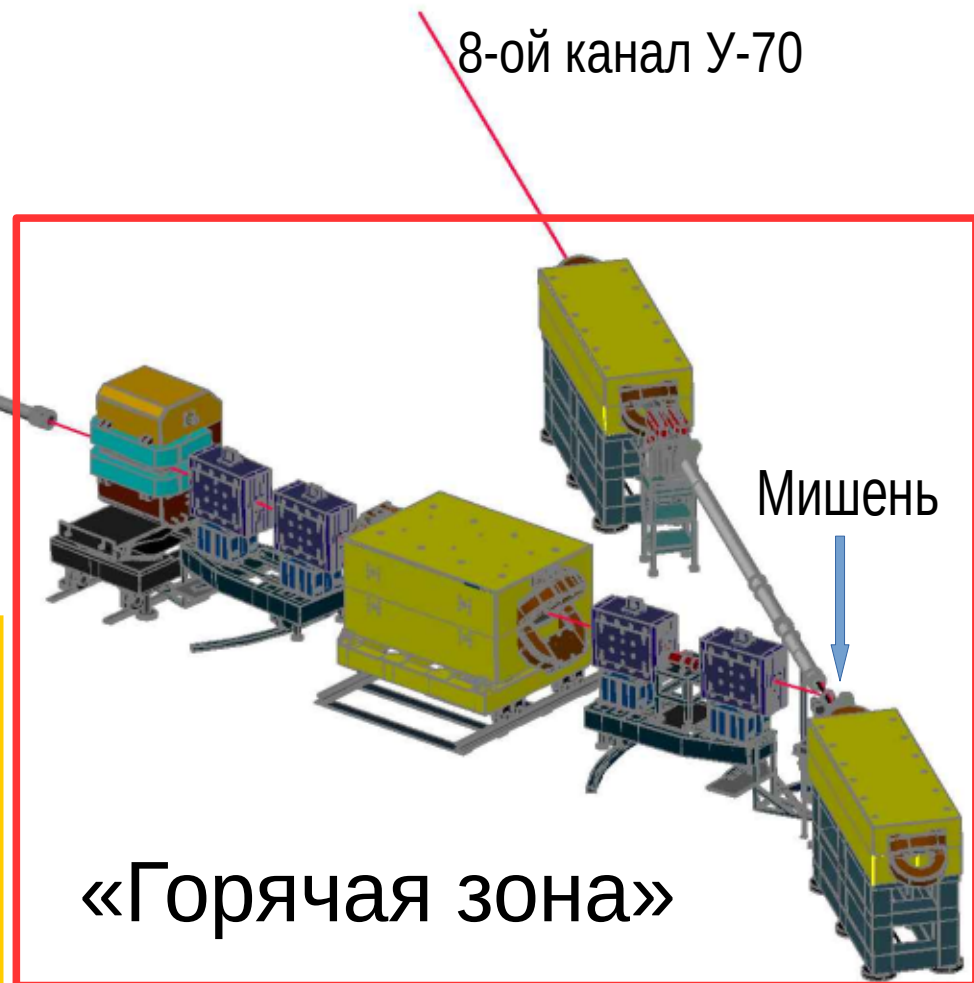
А.А. Семак  
ИФВЭ НИЦ «Курчатовский институт»

Участники эксперимента 2010 - 2019:

В.В. Аммосов, Н.Н. Антонов, В.А. Викторов, В.А. Гапиенко, Г.С. Гапиенко, В.Н. Гресь,  
В.А. Коротков, М.А. Илюшин, А.И. Мысник, А.Ф. Прудкогляд, Д.С. Пряников,  
В.А. Романовский, Ю.М. Свиридов, А.А. Семак, В.И. Терехов, В.Я. Углеков,  
М.Н. Уханов, Б.В. Чуйко — ИФВЭ, Протвино

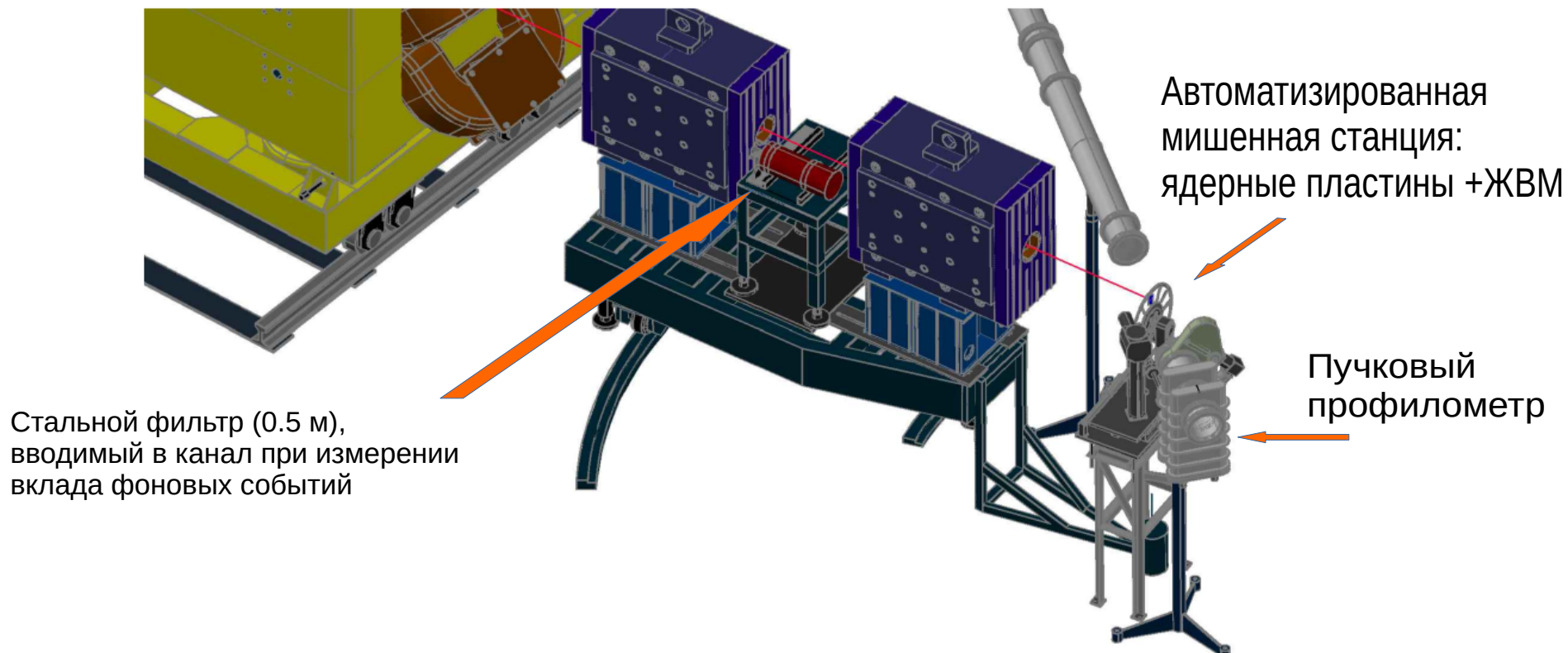
А.А. Балдин, С.С. Шиманский — ОИЯИ, Дубна

# Одноплечевой спектрометр СПИН

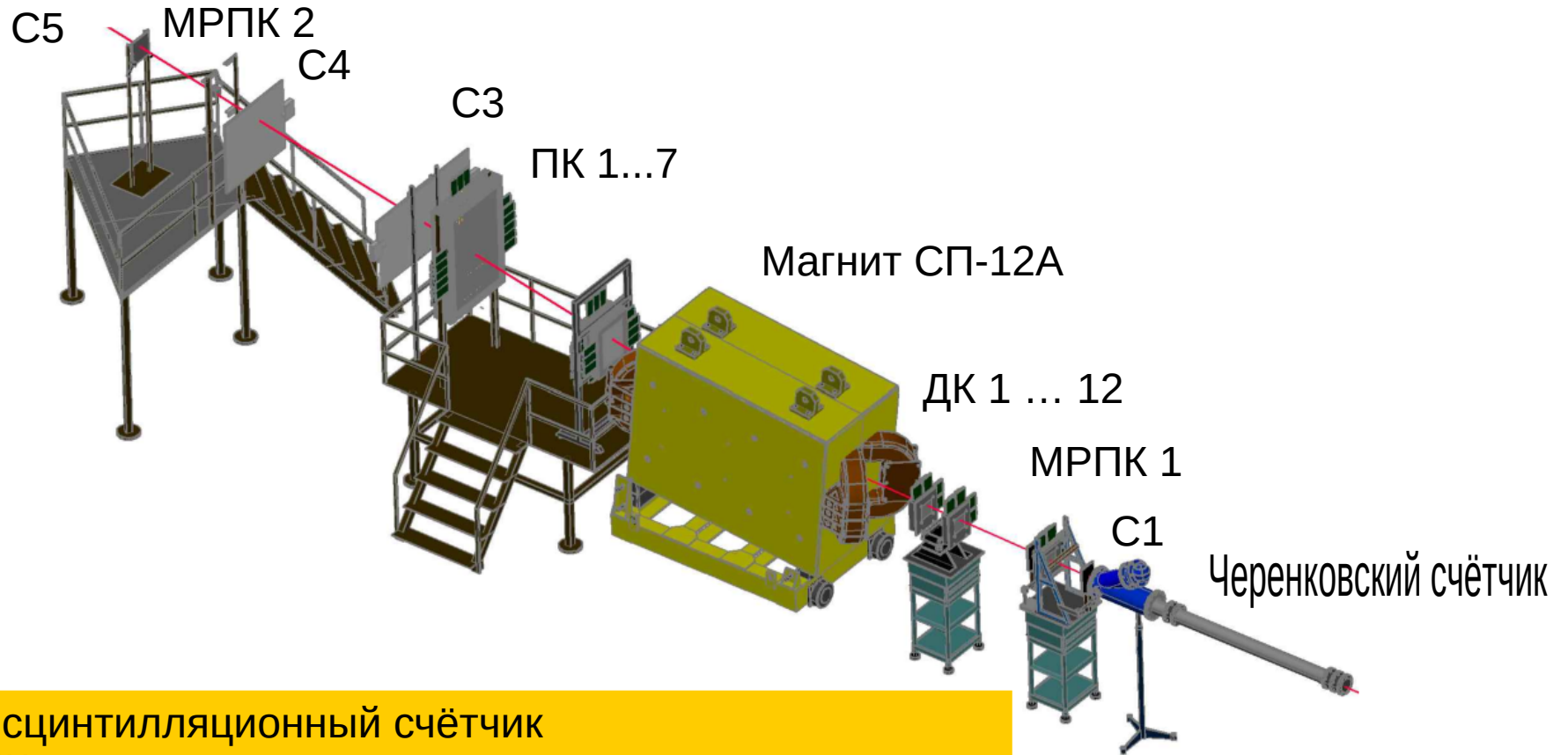


- Пучки:  
протонный 50, 25 ГэВ/с, интенсивность до  $10^{13}$ /сброс  
углеродный 20 ГэВ/нуклон,  $<10^{10}$ /сброс
- Мишени  $H_2$ ,  $C$ ,  $Al$ ,  $Si$ ,  $W$  толщиной  $<1\%$
- Углы поворота плеча  $22 \div 55$  градусов
- Импульсный захват  $\sim 3\%$

# Передняя часть плеча отдачи

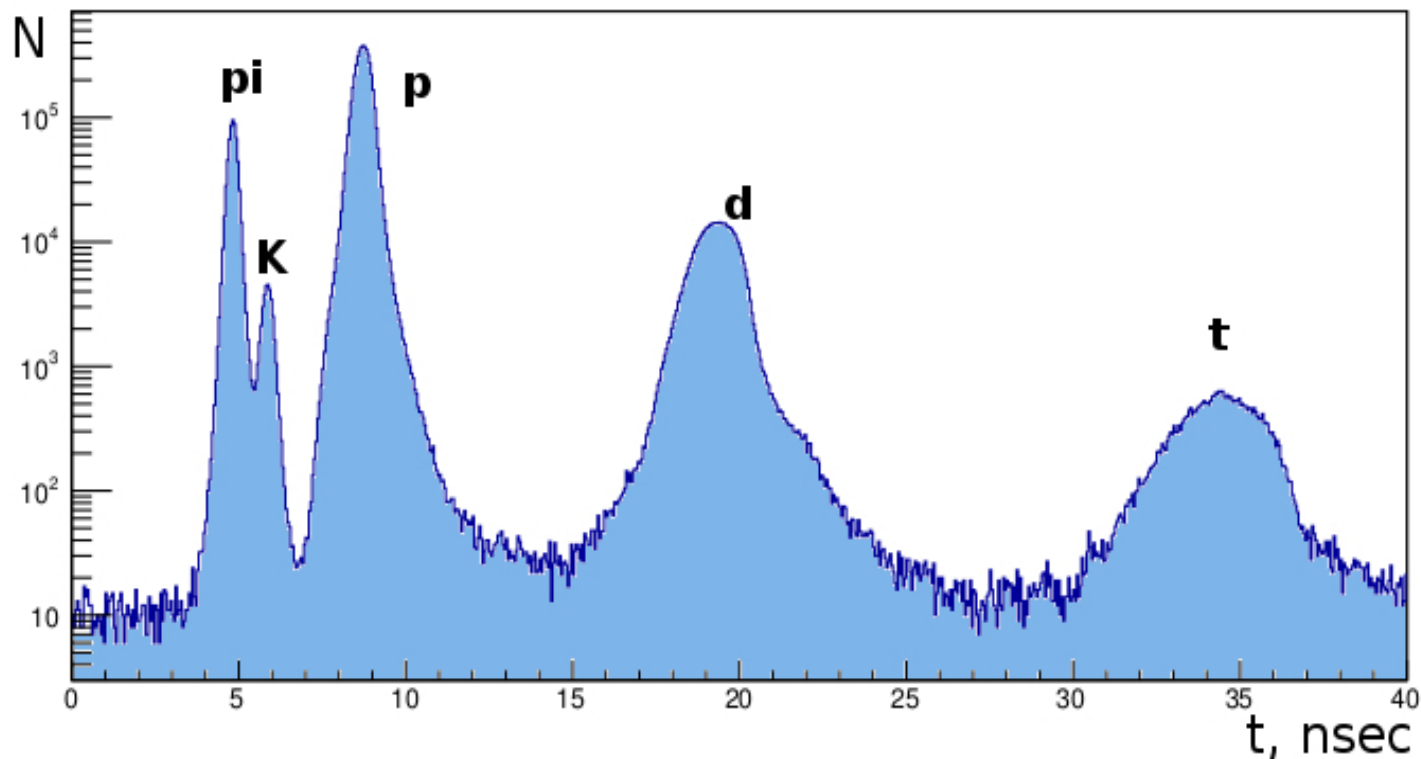


# Спектрометрическая часть плеча отдачи



«С» - сцинтилляционный счётчик  
«МРПК» много- зазорная резистивная плоская камера  
«ДК» - дрейфовая камера  
«ПК» - пропорциональная камера

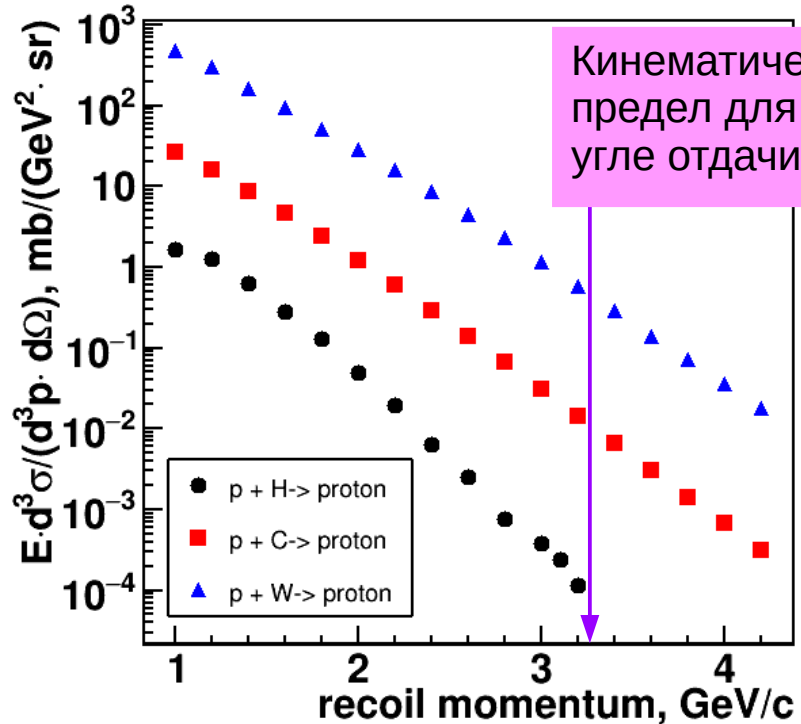
Типичный состав положительно заряженных частиц, вылетающих в плечо СПИН в протон-ядро взаимодействиях



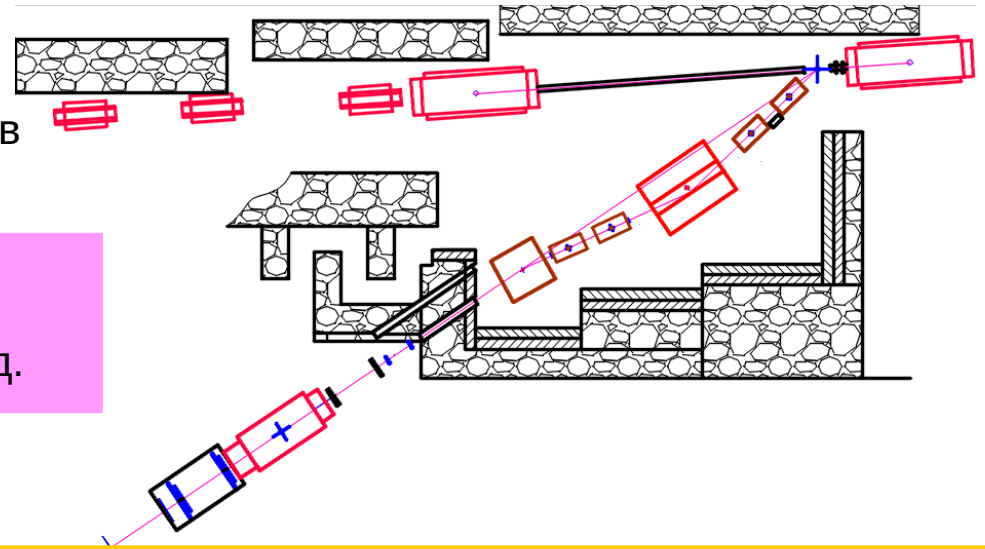
пример сырых данных TOF для h<sup>+</sup> при импульсе 2.4 GeV/c

# Возможность наблюдения кумулятивных частиц с большими поперечными импульсами на установке СПИН

Инвариантные сечения рождения протонов на H, C и W мишенях.

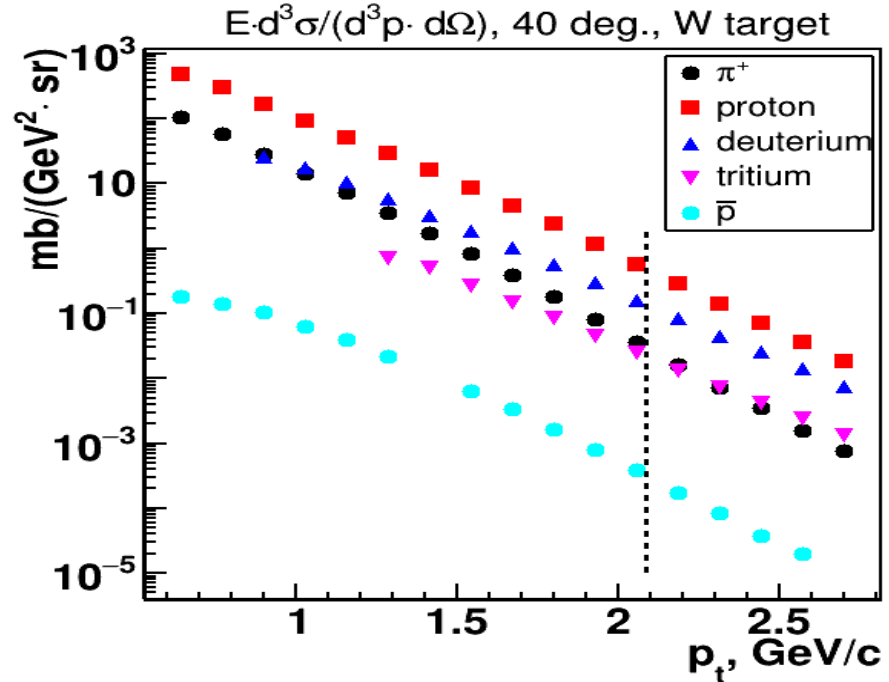
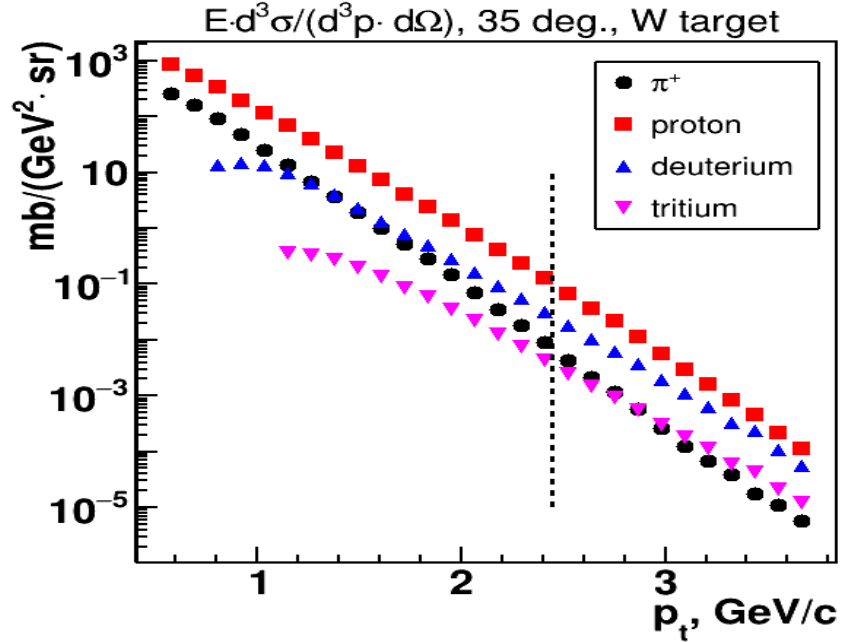


Кинематический предел для  $p$  при угле отдачи 40 град.



Кумулятивным эффектом называется эффект рождения частиц в кинематической области недоступной для взаимодействий со свободным нуклоном, а сами частицы, образованные в “запрещенной” по  $pN$  кинематике области, называют кумулятивными.

## Инклюзивные спектры для 35 и 40 град. в лаб. системе.



Большие поперечные импульсы:

2.1 ГэВ/с → 0.6 ферми

3.7 ГэВ/с → 0.4 ферми

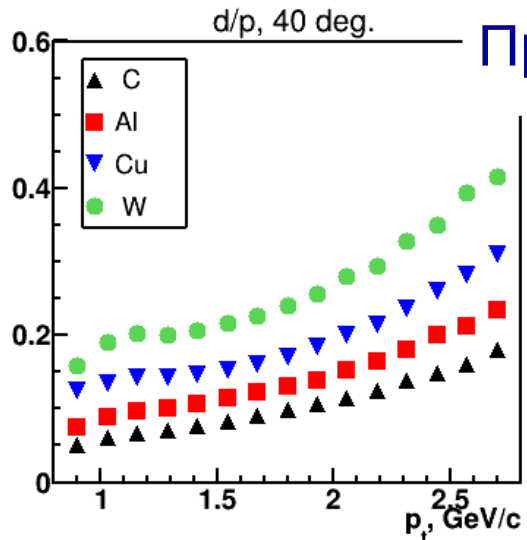
Область взаимодействия меньше размера нуклона

Идея «флуктонов»

Д.И. Блохинцев, ЖЭТФ т.33, 1295 (1957)

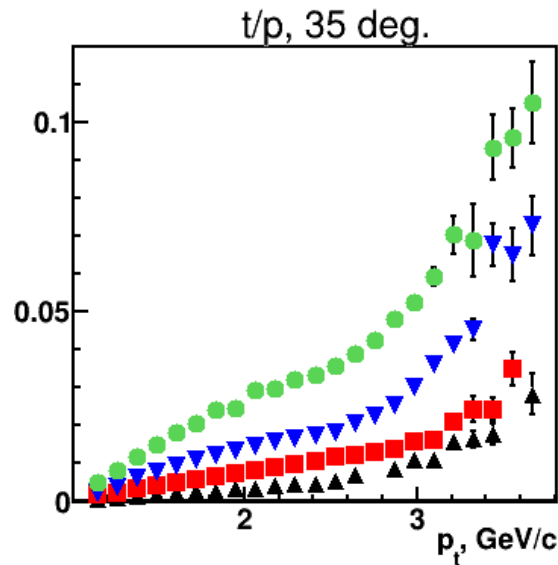
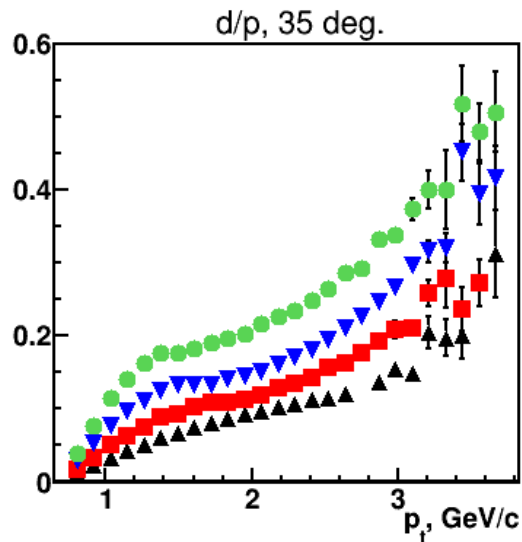
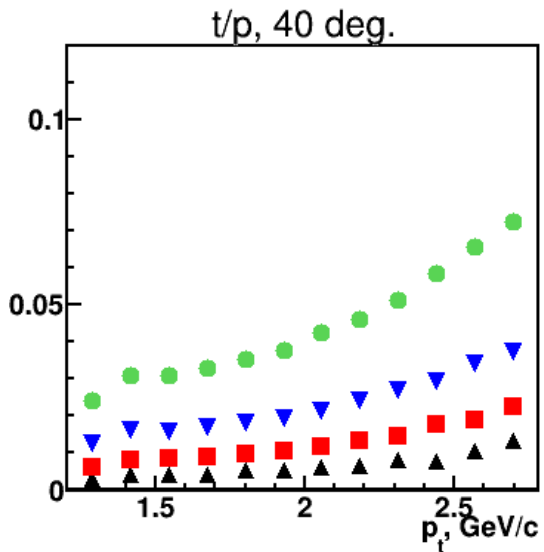
V.V. Burov, V.K. Lukyanov, A.I. Titov, Phys. Lett., V.67B, n.1(1977)

# Прямая эмиссия фрагментов из области взаимодействия.



- рост доли дейтронов и тритонов за кинематической границей
- существенная зависимость от размеров ядра
- относительный вклад для  $t$  растёт быстрее чем для  $d$

Н.Н. Антонов и др., Письма в ЖЭТФ, т. 104, вып 10, 2016, стр. 678 - 681

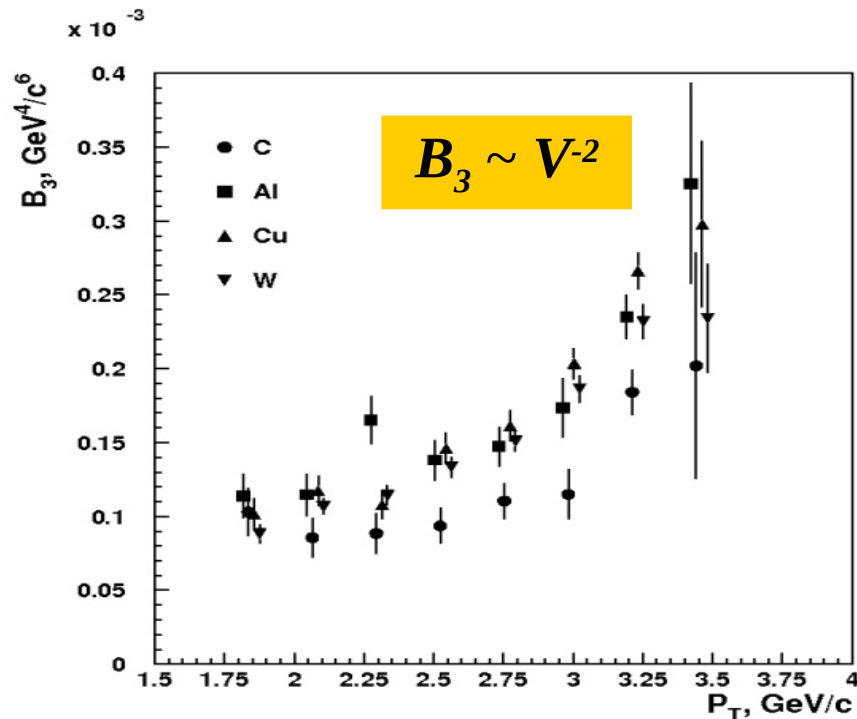
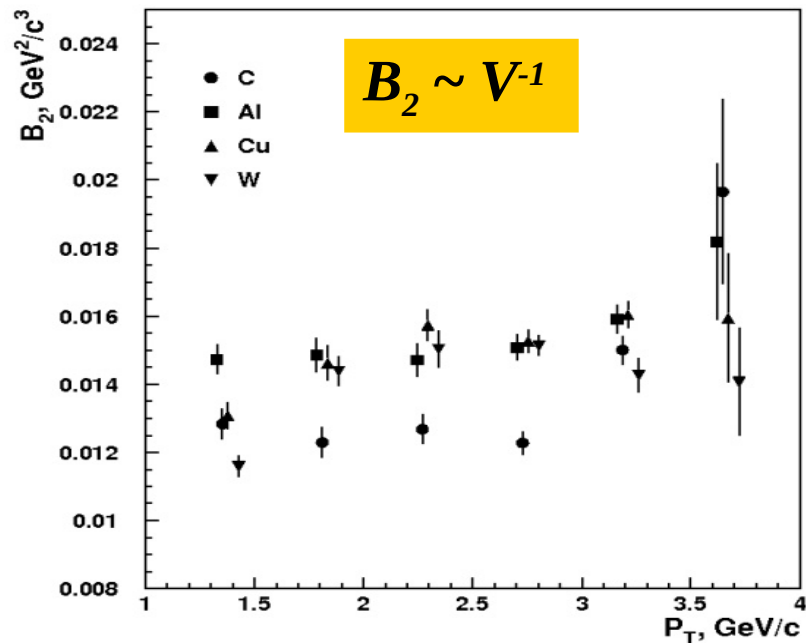




## Рассмотрение механизма слияния нуклонов в $d$ и $t$

$$\frac{E_d}{\sigma_{inel}} \frac{d^3 \sigma_A}{d p_A^3} = B_A \times \left( \frac{E_p}{\sigma_{inel}} \frac{d^3 \sigma_p}{d p_p^3} \right)^A$$

- S.T. Butler, C.A. Pearson, Phys. Rev. 129, 836 (1963)  
W.J. Llope et al, Phys. Rev. C, V52, N4, 2006 (1995)
- Н.Н. Антонов и др., Письма в ЖЭТФ, том 104, вып. 10, 2016, стр. 678-681



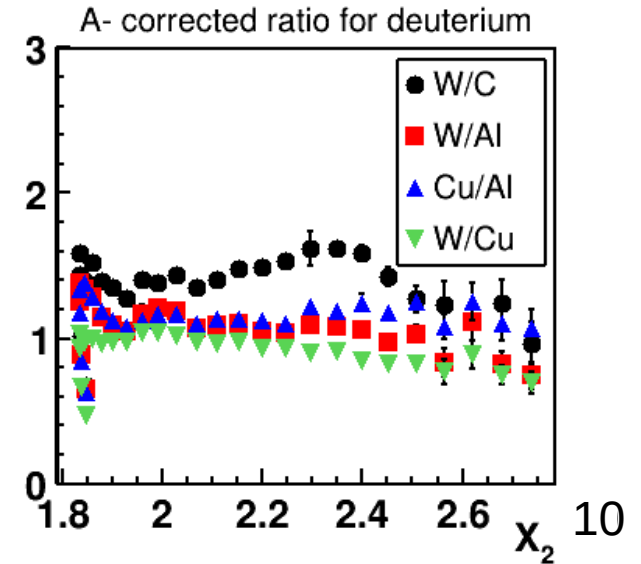
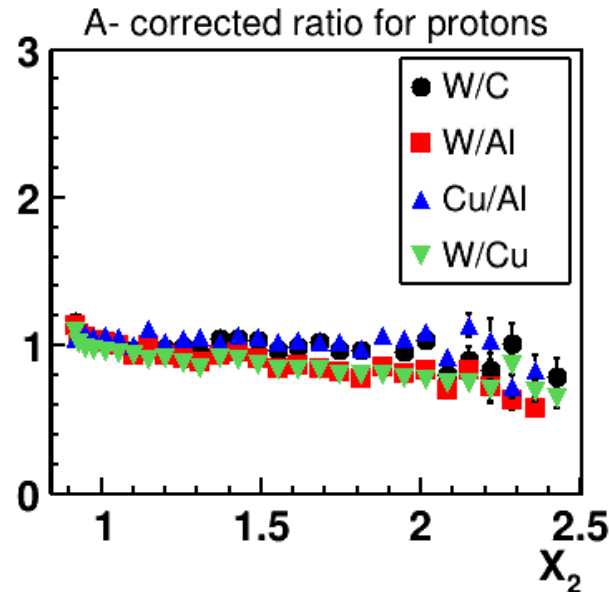
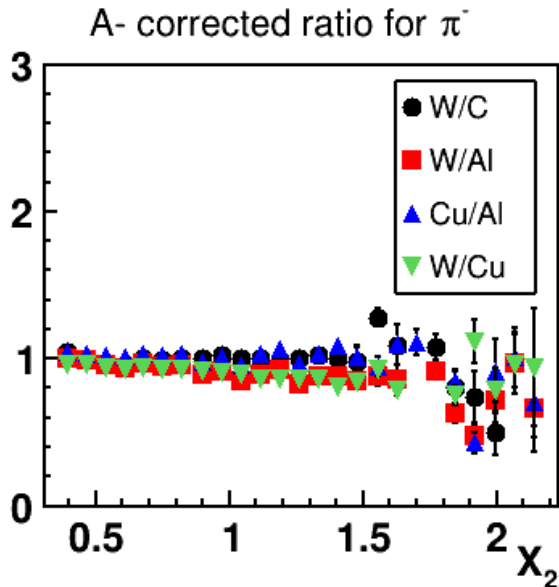
# Зависимость показателя степени A мишени от «минимальной массы» $X_2$

$$E \cdot \frac{d^3 \sigma}{dp^3} = C_1 \cdot A_b^{\frac{2}{3} + \frac{X_1}{3}} \cdot A_t^{\frac{2}{3} + \frac{X_2}{3}} \cdot e^{-\frac{\Pi}{C_2}}$$

$$\Pi = \frac{\sqrt{s_{min}}}{2 m_N}$$

$$\frac{d^3 \sigma_1}{d^3 \sigma_2} \approx \left( \frac{A_{t1}}{A_{t2}} \right)^{\frac{(2.45 + X_2)}{3}}$$

- Ставинский В.С., Краткие сообщения ОИЯИ, № 18-86, 1986, стр. 5-17
- Балдин А.А., Краткие Сообщения ОИЯИ, № 3[54]-92, 1992, стр. 27-37
- В.В. Аммосов и др., Ядерная Физика и Инжиниринг, том 4, № 9-10, 2013, стр. 773

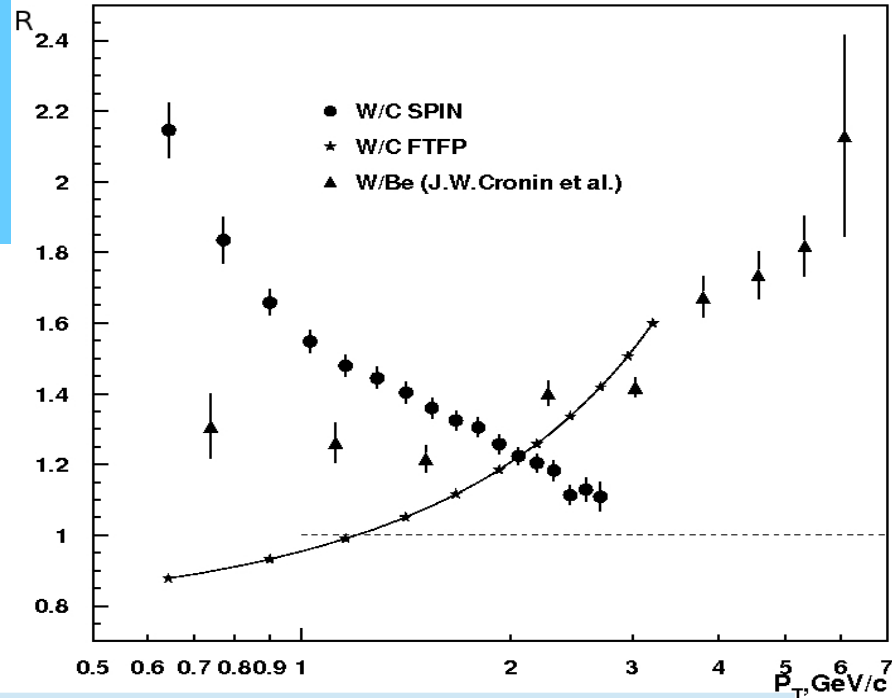


# Сравнение с FTF

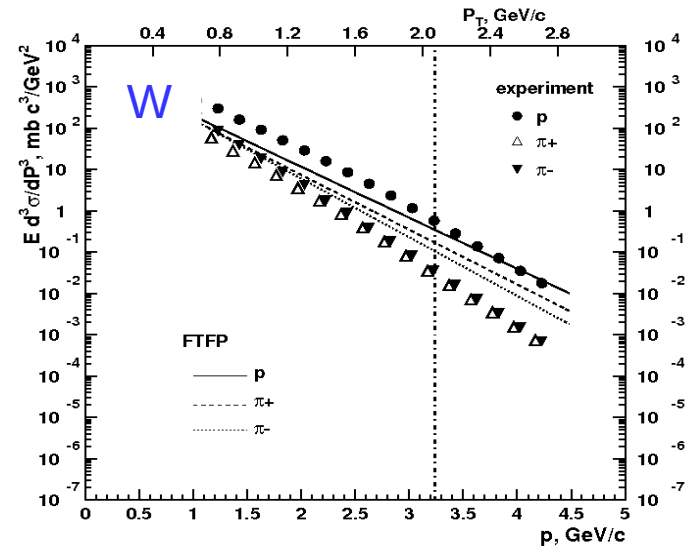
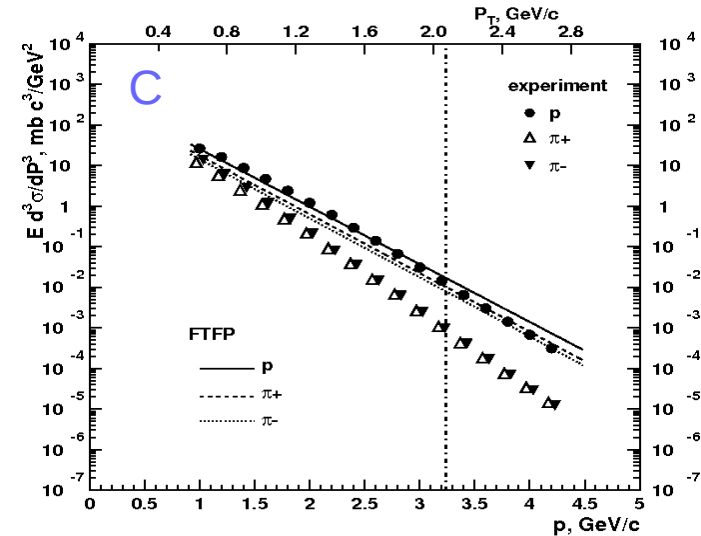
(кварк - глюонная струнная модель).

Ядерная прозрачность для конечных состояний при больших  $p_t$

$$\frac{\frac{p}{\pi^+}(W)}{\frac{p}{\pi^+}(C)}$$

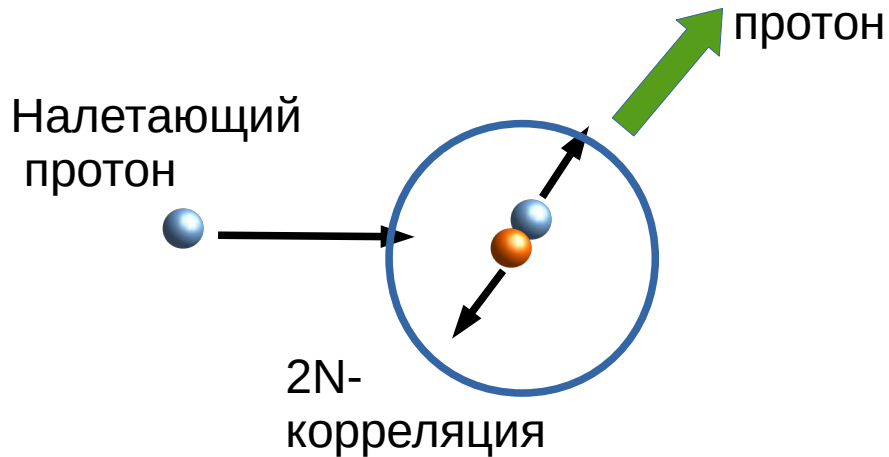


- J.W. Cronin, et al., Phys. Rev. D11 (1975)
- Н.Н. Антонов и др., Письма в ЖЭТФ, том 108, вып. 12, 2018, стр. 799-802



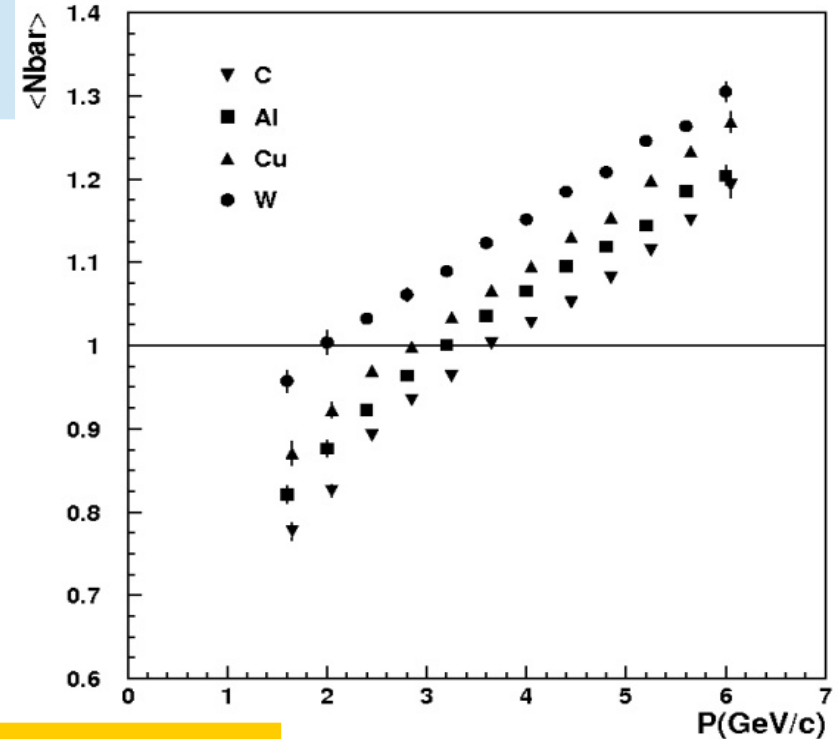
# Короткодействующие корреляции (Short - Range nucleon Correlations)

- L. Frankfurt and M. Strikman, PHYSICS REPORTS (Review Section of Physics Letters) 160, Nos. 5 &6 (1988) 235-427.
- Н.Н. Антонов и др., Письма в ЖЭТФ, т. 101, вып. 10., 2015, стр. 746-749

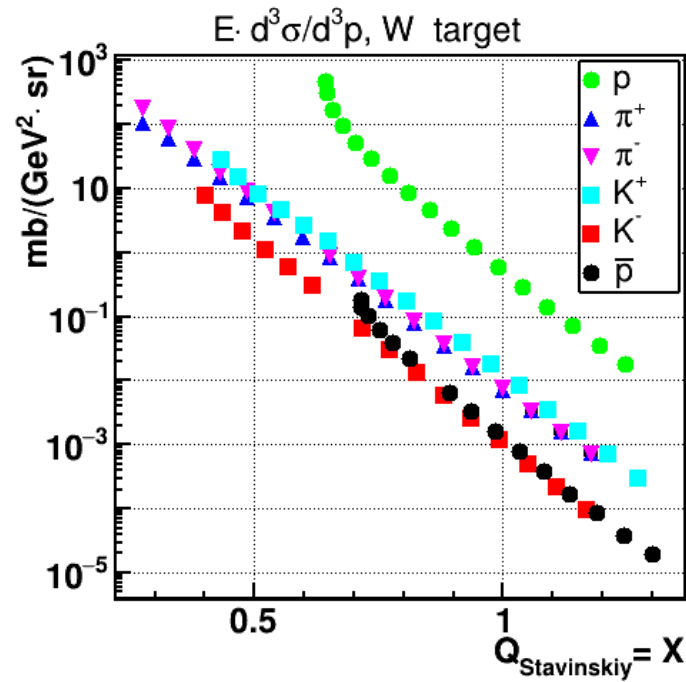
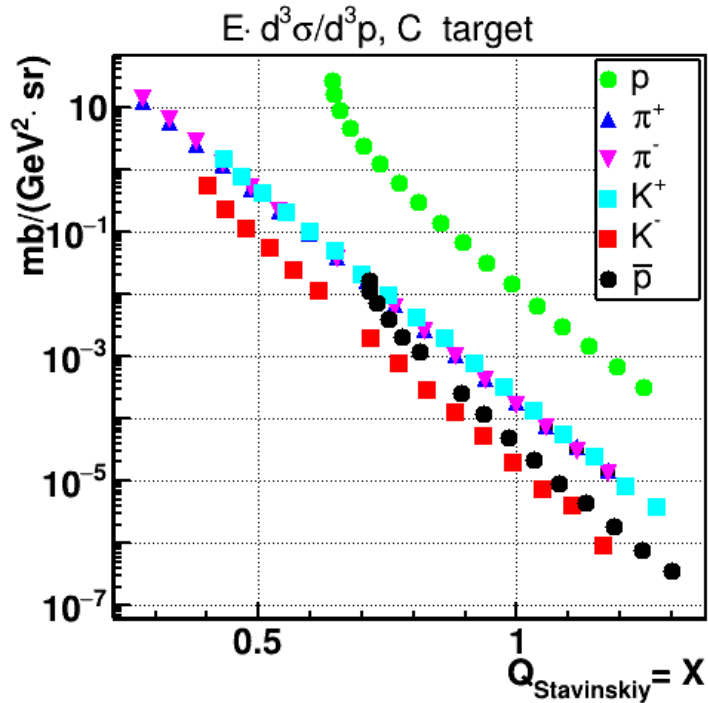


Наблюдаемая множественность барионов на выходе из ядра не может быть объяснена в рамках популярной SRC модели

Среднее барионное число в инклюзивных спектрах



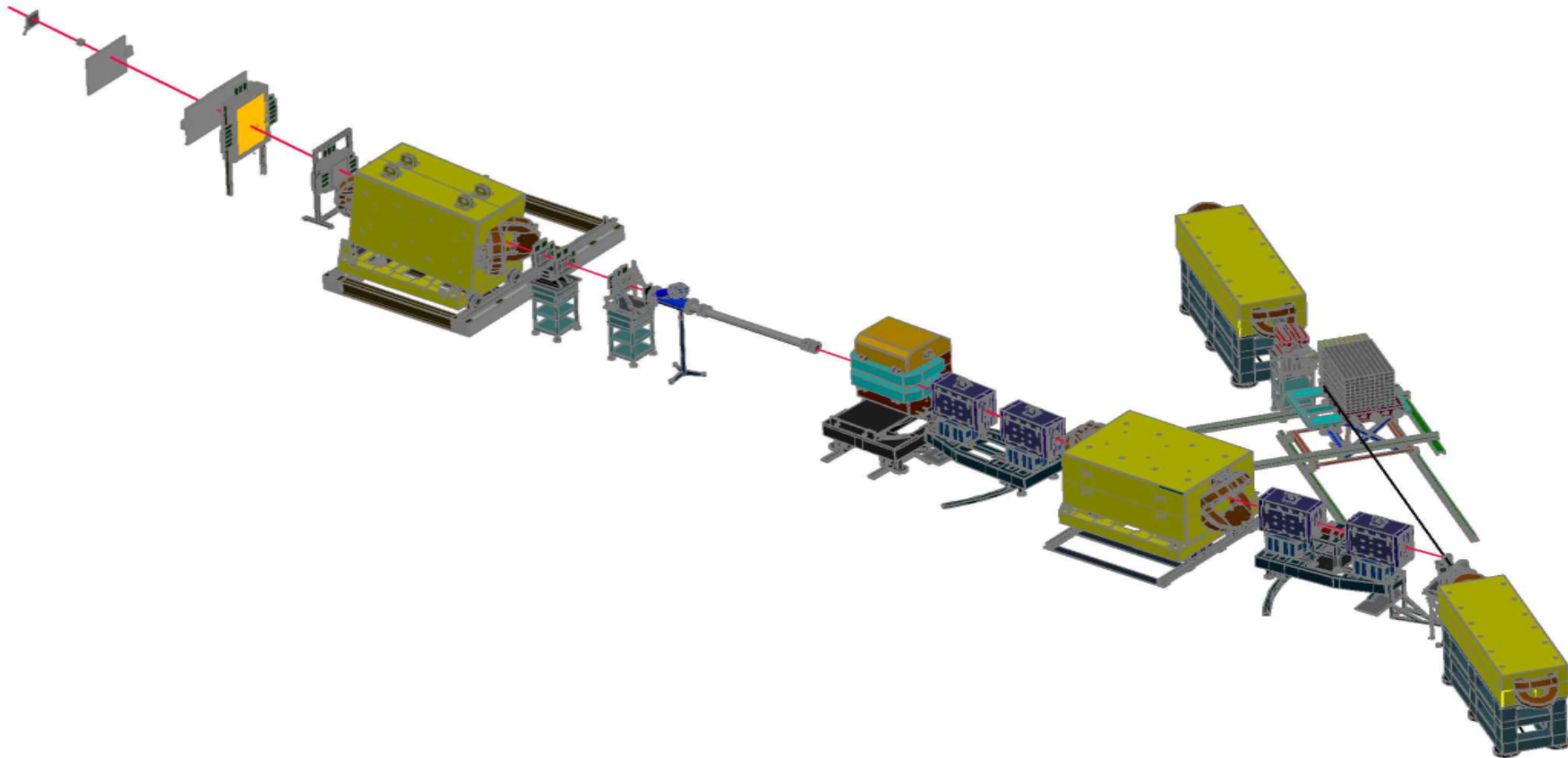
Предварительные данные о сечениях мезонов и  $\bar{p}$ .  
Угол отдачи - 40 градусов.

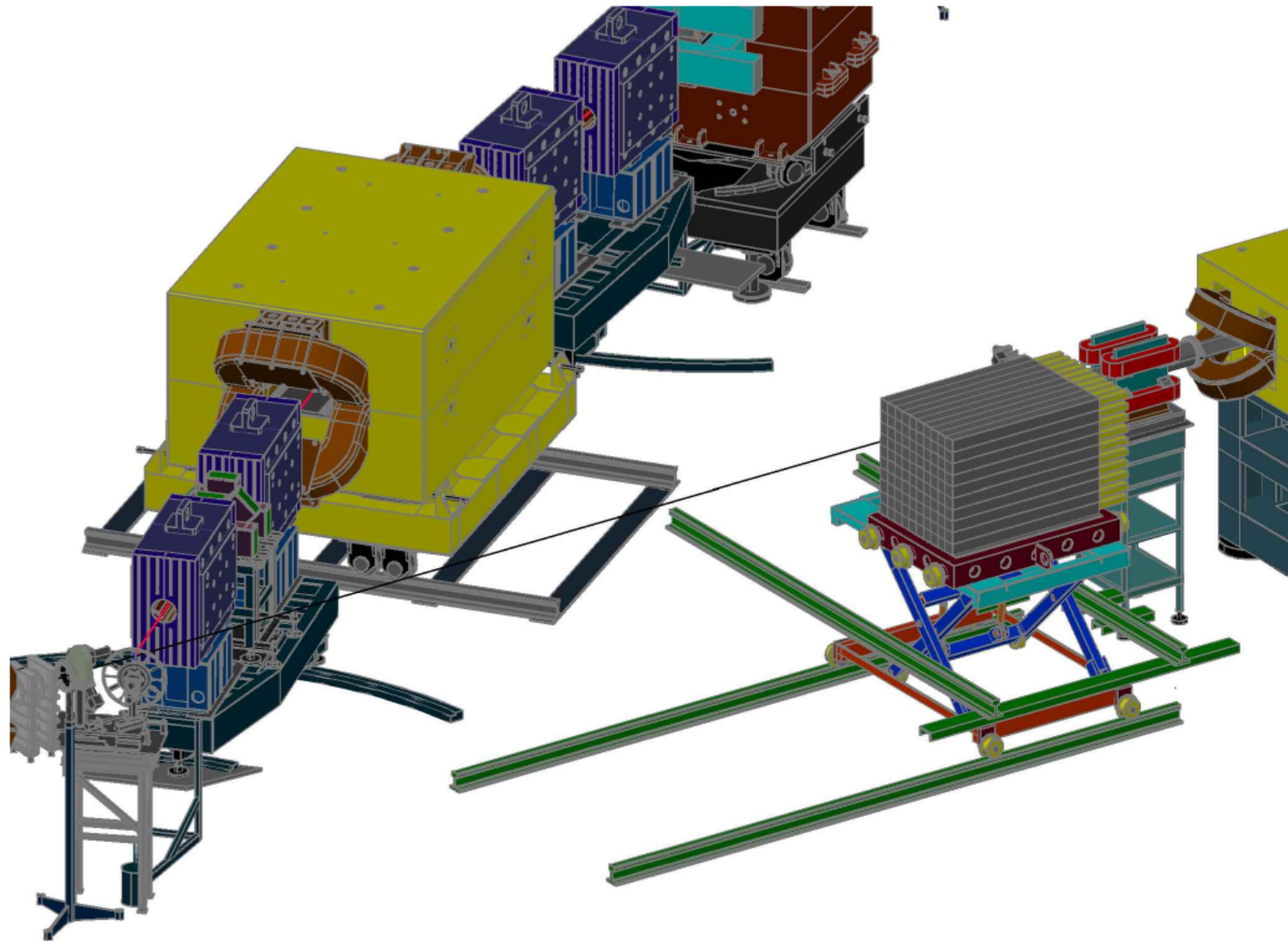


- $\bullet$   $\pi^+ \approx \pi^- \approx K^+$
- $\bullet$   $K^+/K^- \approx 10$
- $\bullet$   $\bar{p} \sim K^-$

- $\bullet$  В.С. Ставинский, Физика Элементарных Частиц и Атомного Ядра, т. 10, вып. 5, 1979, стр. 949-995
- $\bullet$  Г.А. Лексин, ЯФ, т. 65, № 11, 2002, стр. 2042 — 2051
- $\bullet$  С.В. Бояринов и др., ЯФ, т. 57, № 8, 1994, стр. 1452 - 1461

## Проект по дополнению установки вторым плечом





## Заключение

1. Приведены данные о сечениях кумулятивных частиц с поперечными импульсами более 2 ГэВ/с.
2. Имеется указание на отсутствие вторичных перерассеиваний кумулятивных частиц.
3. В спектре присутствует значительная (~50%) доля тяжёлых барионов (d, t), которые, скорее всего, выбиваются из локальной области взаимодействия.