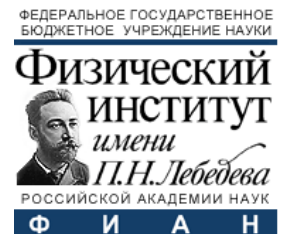


# Влияние самомодуляции космических лучей на диффузное гамма-излучение Галактики

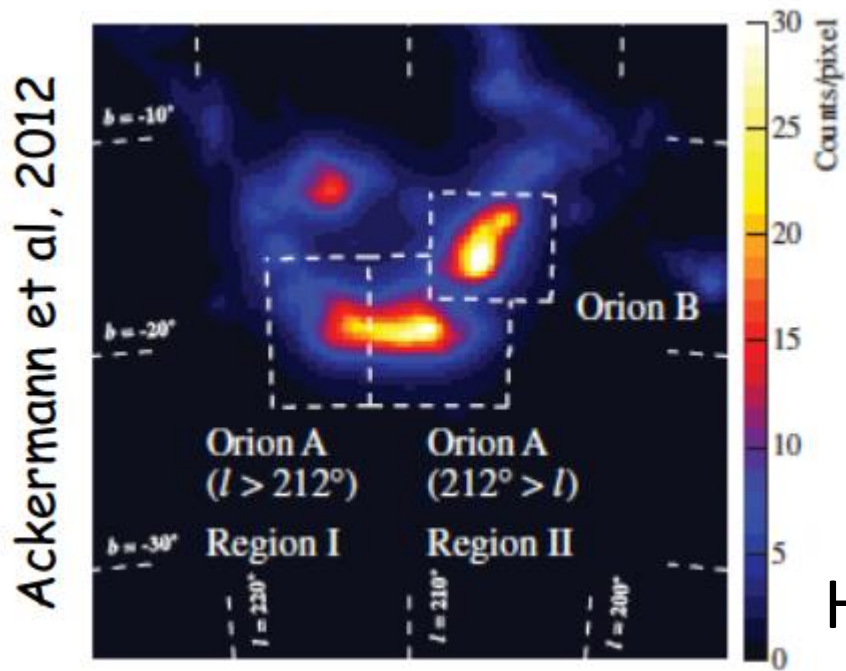
Чернышов Д.О.

Догель В.А., Ивлев А.В., Кулик Е.А.



# Диффузное гамма-излучение

- Гамма-излучение – важнейший (и часто единственный) источник информации о КЛ



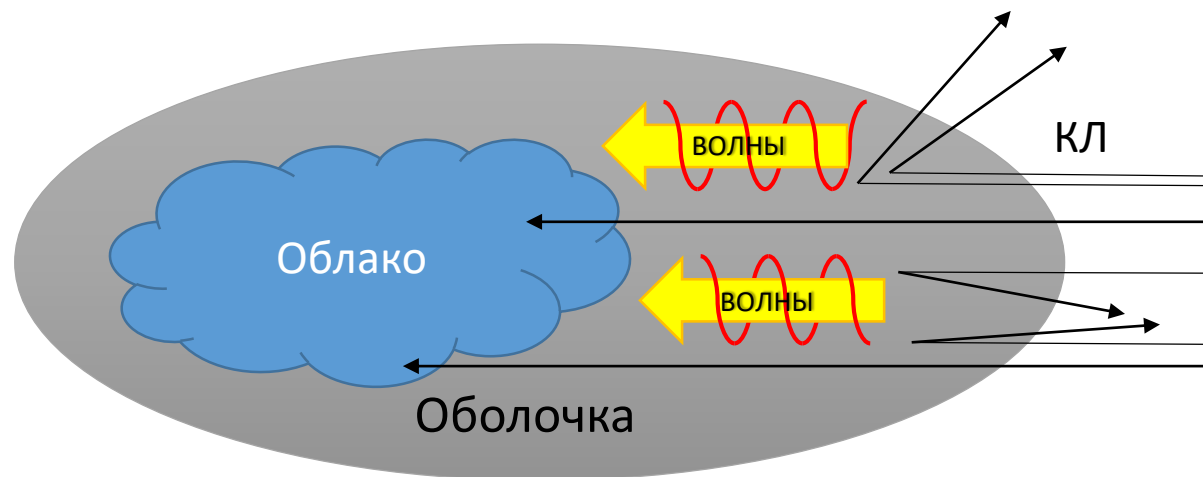
Зная массу газа и расстояние, мы можем полностью восстановить спектр КЛ в газе.

Black & Fazio 1973, Issa & Wolfendale 1981, Aharonian 1991, Casanova et al. 2010

Но совпадает ли спектр с ISM?

# Спектр КЛ в плотных облаках

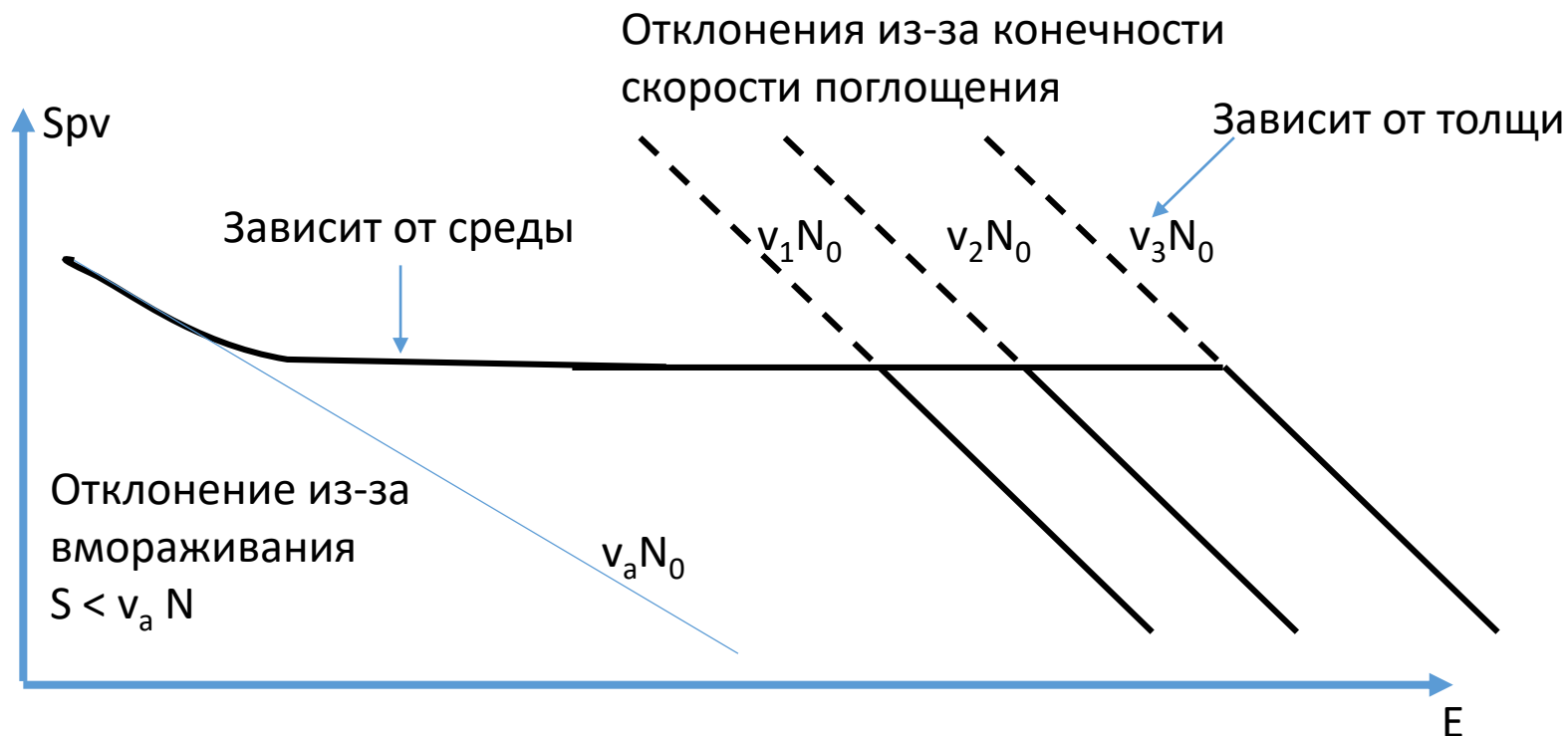
- Наиболее интересны массивные (и плотные) облака
- При поглощении КЛ проявляется неустойчивость



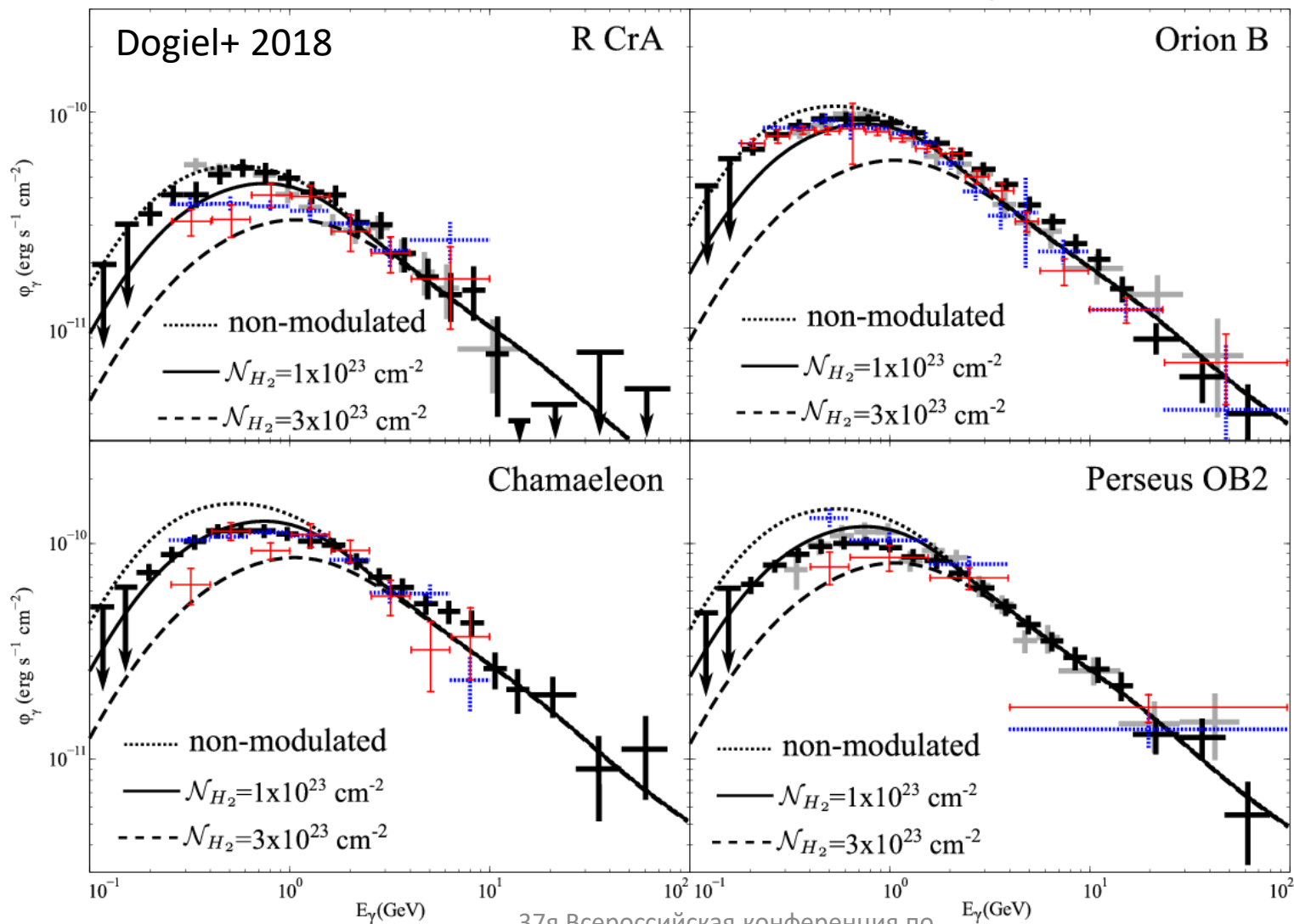
Skilling & Strong 1976; Cesarsky & Völk 1978; Morlino & Gabici 2015

# Спектр КЛ в плотных облаках

- Из-за потоковой неустойчивости формируется универсальный спектр на малых энергиях



# Влияние на гамма-излучение

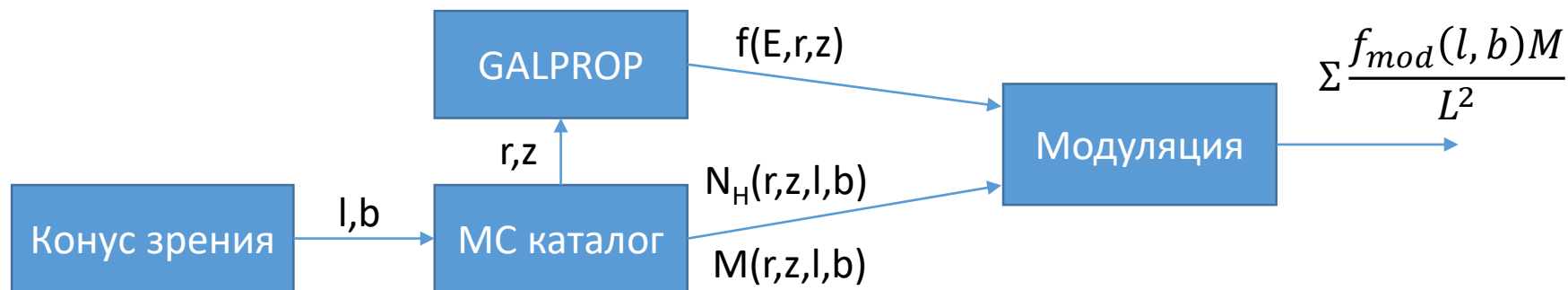


# Проблема выделения объекта



- На малых энергиях разрешающая способность гамма-телескопов падает
- Спектр объектов становится ненадежным
- Моделируем сразу все объекты – диффузное излучение

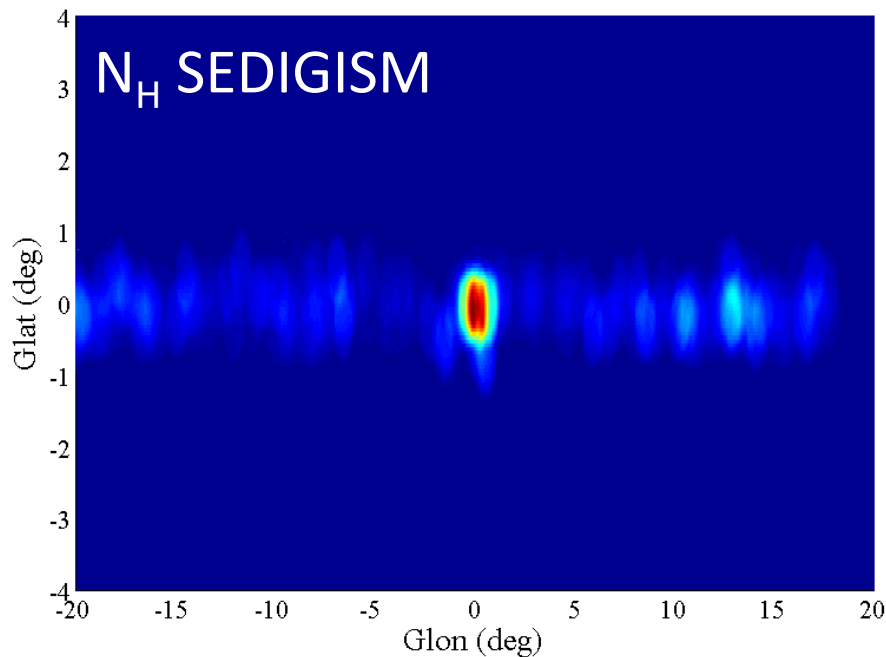
# Моделирование диффузного излучения



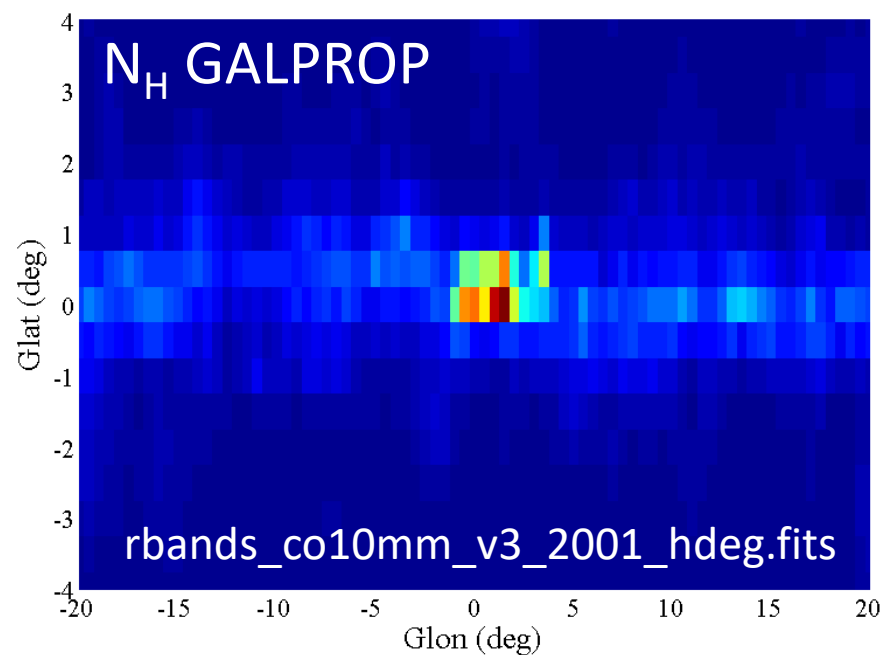
- Выбираем конус зрения
- Перебираем все облака, которые в него попали
- Зная их координаты, берем спектр частиц из GALPROP
- Выполняем модуляцию спектра для каждого облака
- Суммируем потоки всех облаков с учетом дистанции

# Каталог молекулярных облаков

- SEDIGISM (10000 облаков, обзор по долготе от -40 до +20 и по широте от -1 до 1 градусов)



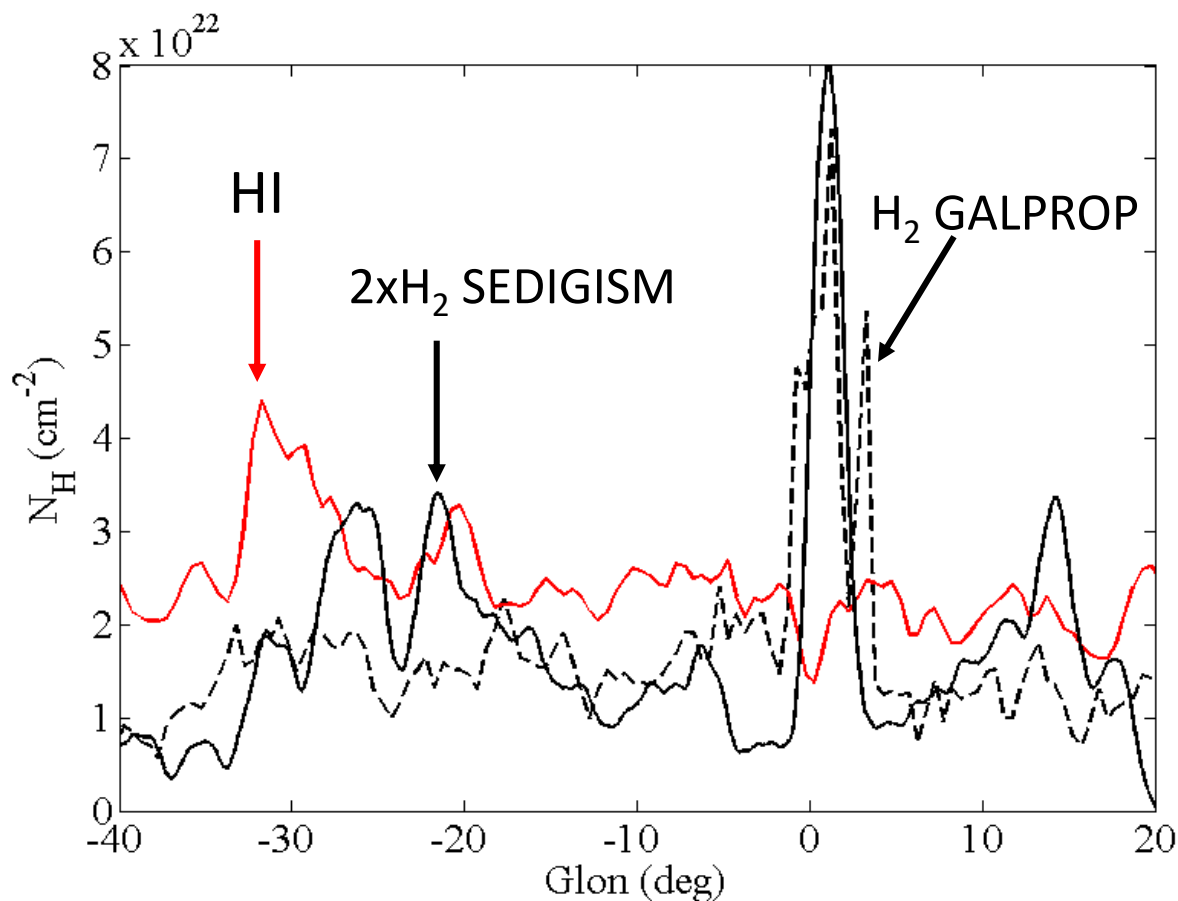
Duarte-Cabral+ (2021)



Strong & Moskalenko (1998) Ackermann+ (2012)



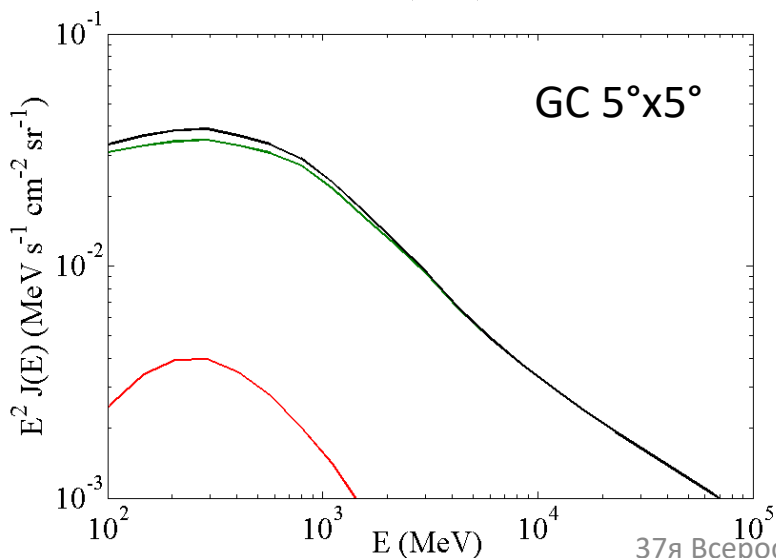
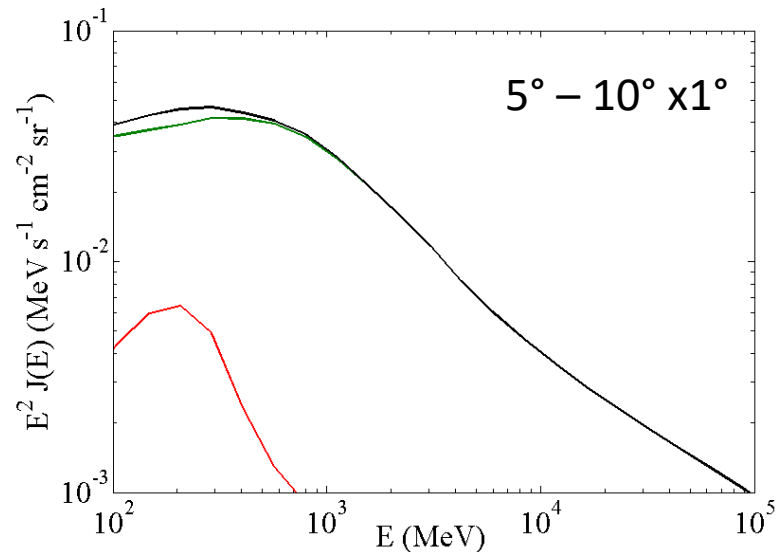
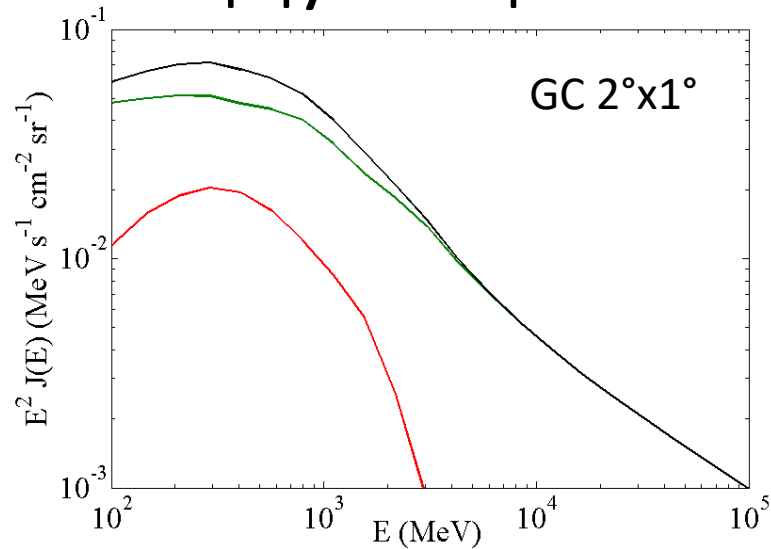
# Сравнение плотности $H_2$



- Молекулярный газ по GALPROP в 2 раза плотнее
- Модуляцию считаем по SEDIGISM
- Излучение нормируем на плотность по GALPROP
- Считаем разницу в мод./не мод. излучении и вычитаем из GALPROP

В атомарном газе модуляции нет

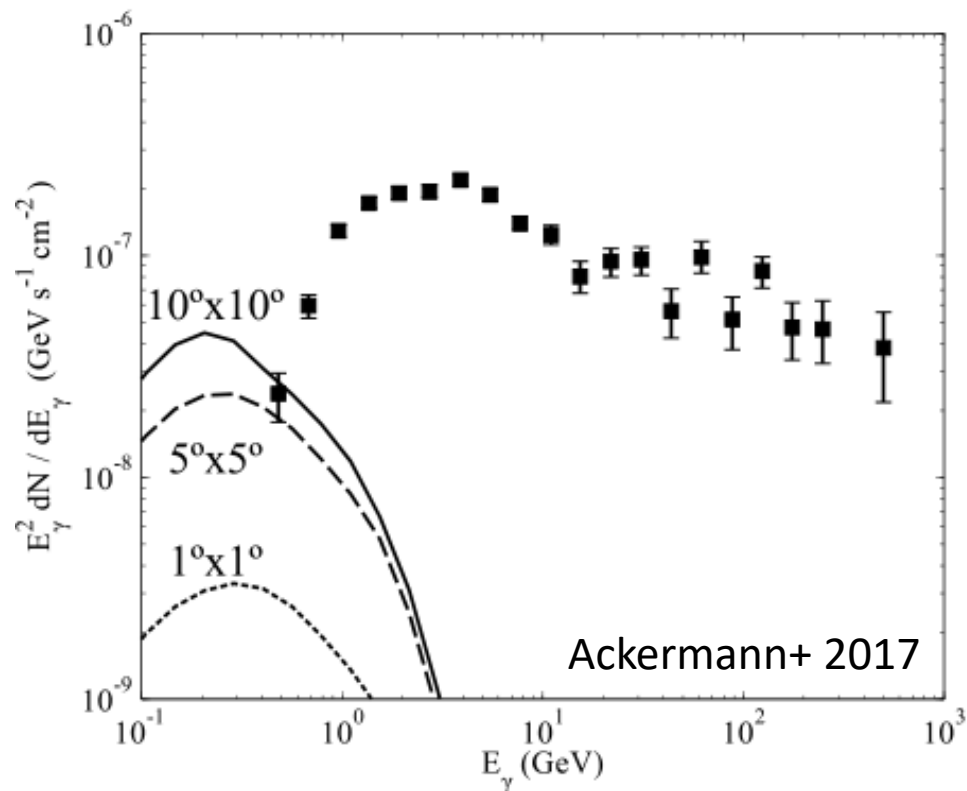
# Модуляция излучения



Черная линия – полный спектр из GALPROP  
Зеленая линия – спектр с учетом модуляции  
Красная линия – «избыток»

Модулируется только излучение из  
молекулярного газа (не IC!), поэтому на  
высоких широтах эффект ослабевает

# Сравнение с «ГэВным избытком»



«Переоценка» ГэВного излучения из центра Галактики в зависимости от ширины конуса зрения.

Сравнение с «ГэВным избытком»

Наблюдается интересное согласование, хотя амплитуды все еще мало

# Выводы

- Самомодуляций КЛ может влиять на спектр гамма-излучения на энергия ниже 1 ГэВ
- Наибольший эффект наблюдается в диске и области галактического центра
- Величина эффекта невелика, однако он может быть важен для определения спектра источников на низких энергиях
- ГэВный избыток?

Работа поддержана РФФ в рамках проекта № 20-12-00047