



**Институт ядерной физики и технологий  
Кафедра №40 «Физика элементарных частиц»**

# Поиск событий-кандидатов микролинзирования на кластере ПЧД на основе данных эксперимента MACHO

Выполнила: аспирант гр. А20-111

Шлепкина Е.С.

Руководитель научно-исследовательской работы:

в.н.с. Белоцкий К.М

Москва, 2023

# МОТИВАЦИЯ

- Первичные черные дыры (ПЧД) играют большую роль в нерешенных задачах теоретической физики и космологии
- Микролинзирование звезд Большого Магелланова Облака на кластере ПЧД, могло бы указать на параметры кластера и ограничить их.

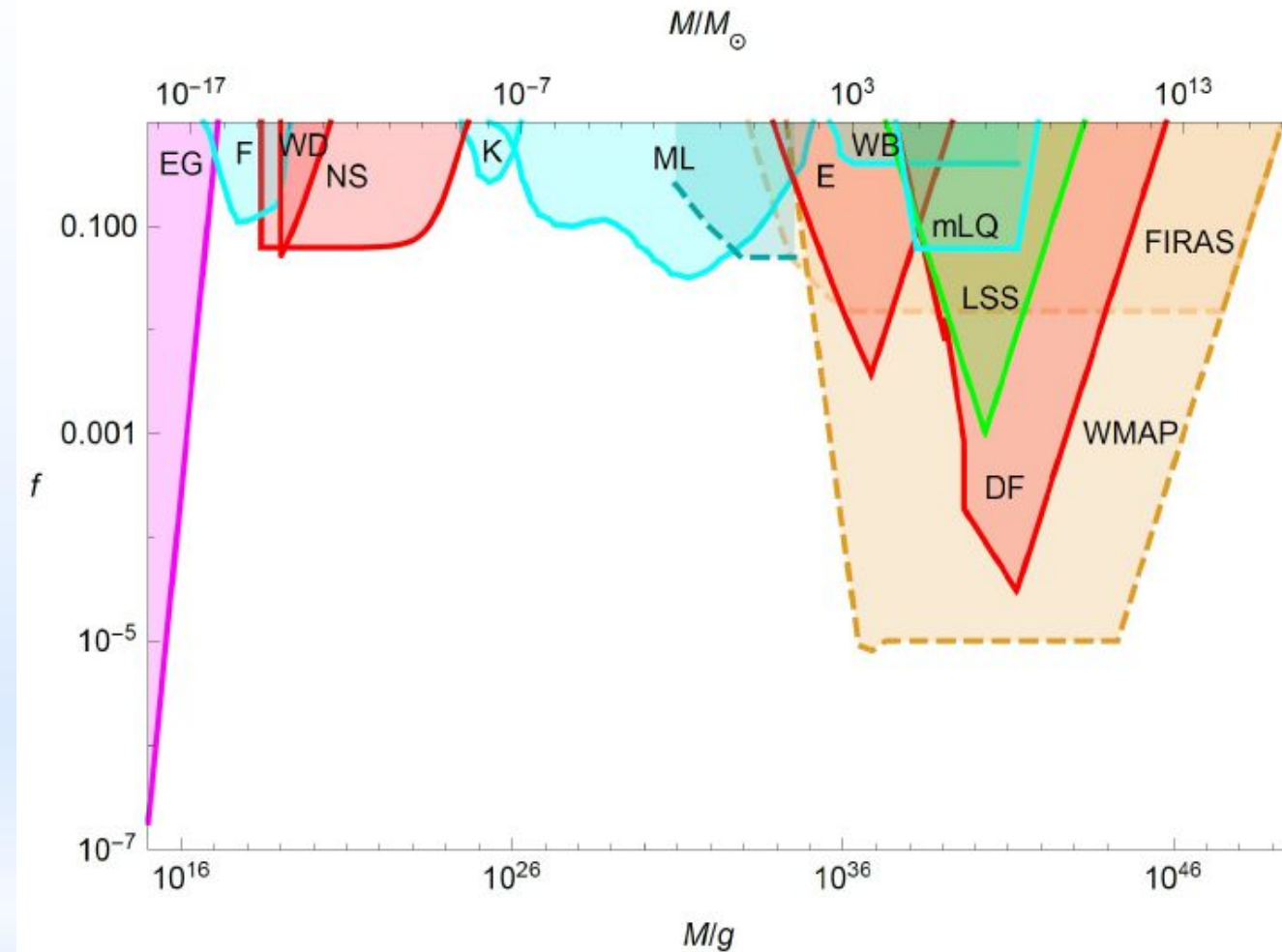
## Основная задача

Поиск событий – кандидатов микролинзирования с помощью данных различных экспериментов для дальнейшего анализа, с целью ограничения параметров кластера ПЧД

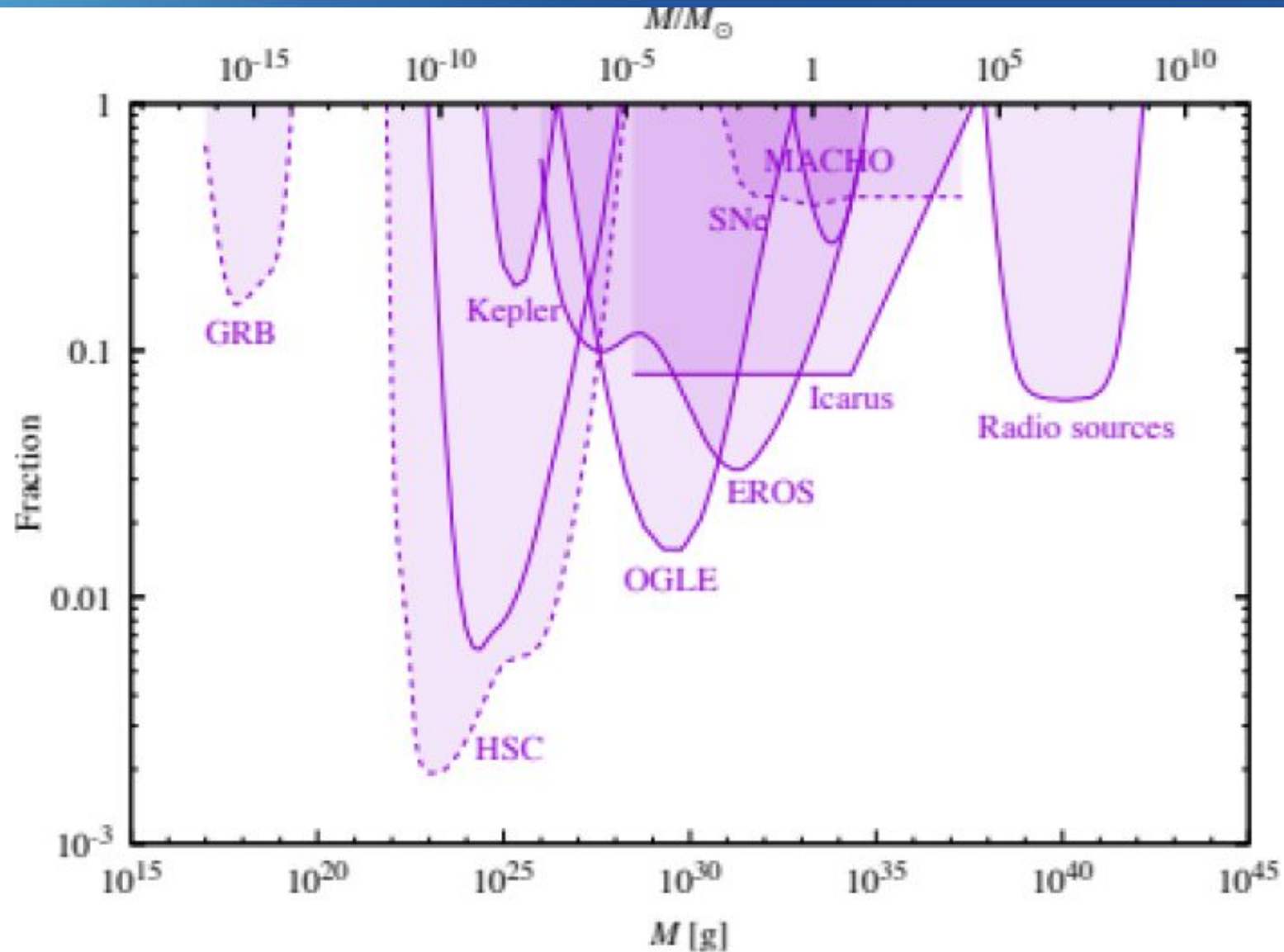
# МИКРОЛИНЗИРОВАНИЕ НА КЛАСТЕРЕ ПЧД

- Микролинзирование – вид гравитационного линзирования, в случае если изображения отдельных объектов не могут быть разрешены с помощью приборов.
- Проявляется как уникальное увеличение блеска источника
- Событие микролинзирования происходит, когда компактный объект проходит через «трубку» микролинзирования радиус которой  $\rho R_E$

$$R_E^2 = r_{\odot} \frac{D_d D_{ds}}{D_s} \frac{m}{M_{\odot}}$$

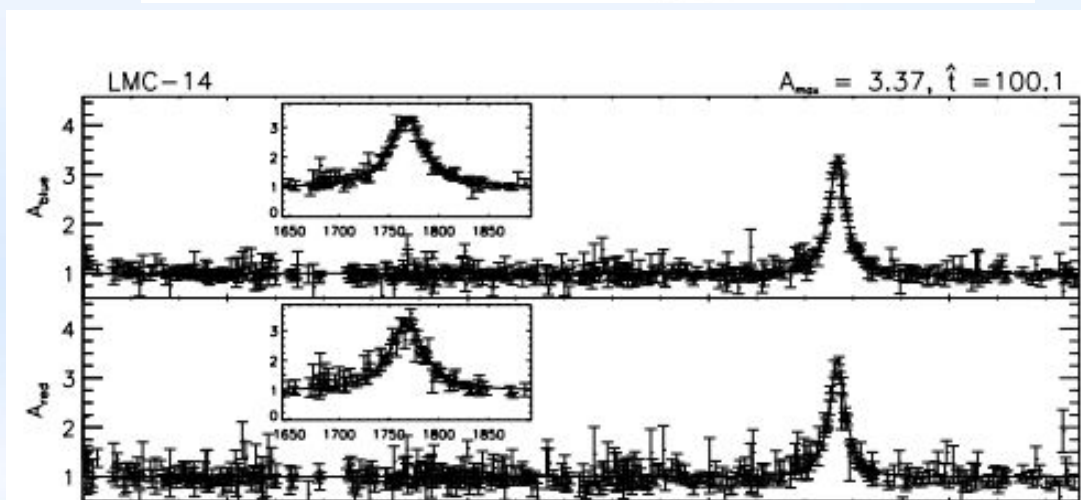
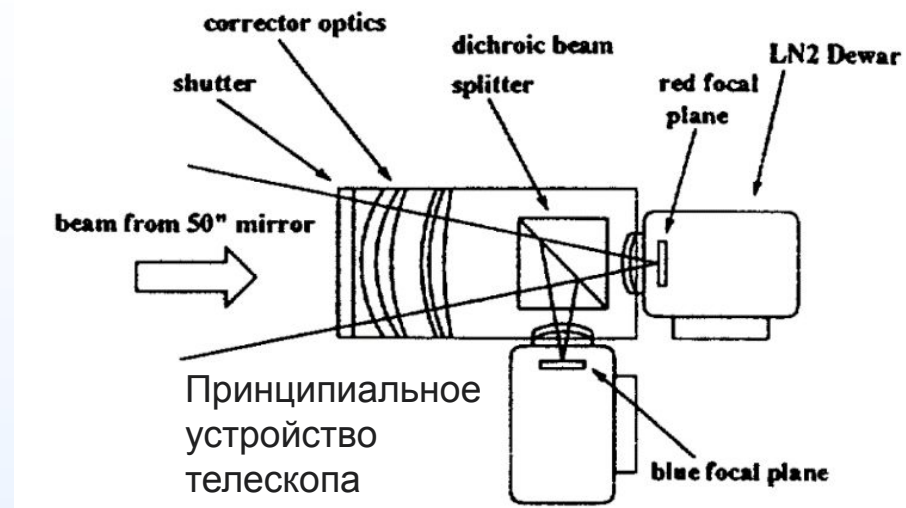


# ОГРАНИЧЕНИЯ НА МИКРОЛИНЗИРОВАНИЕ



# ЭКСПЕРИМЕНТ МАСНО

- 1,27 – метровый Большой Мельбурнский Телескоп
- Наблюдение за звездами БМО, ММО, галактического балджа в двух полосах пропускания
- За время работы наблюдал более 11 миллионов звезд.
- Зафиксировал 13 - 17 событий микролинзирования



Событие микролинзирования зафиксированное в эксперименте

# ЭТАПЫ РАБОТЫ

- Теоретическая часть:

- Постановка задачи
- Разработка набора критериев

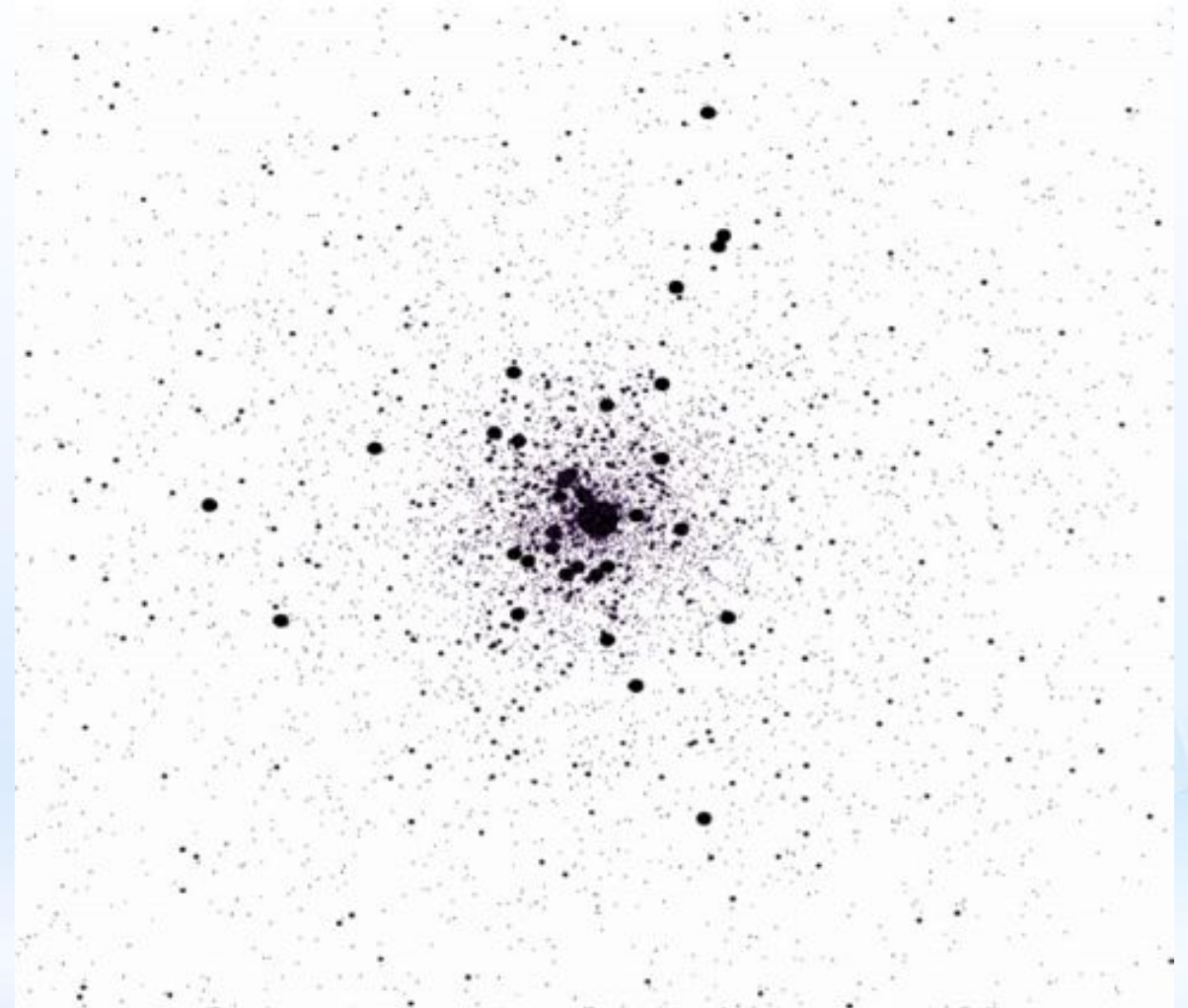
- Анализ:

- Работа с данными эксперимента
    - Первичный отбор
    - Многоэтапный отбор событий в предположении микролинзирования на ПЧД
    - Анализ нескольких гипотез одновременно

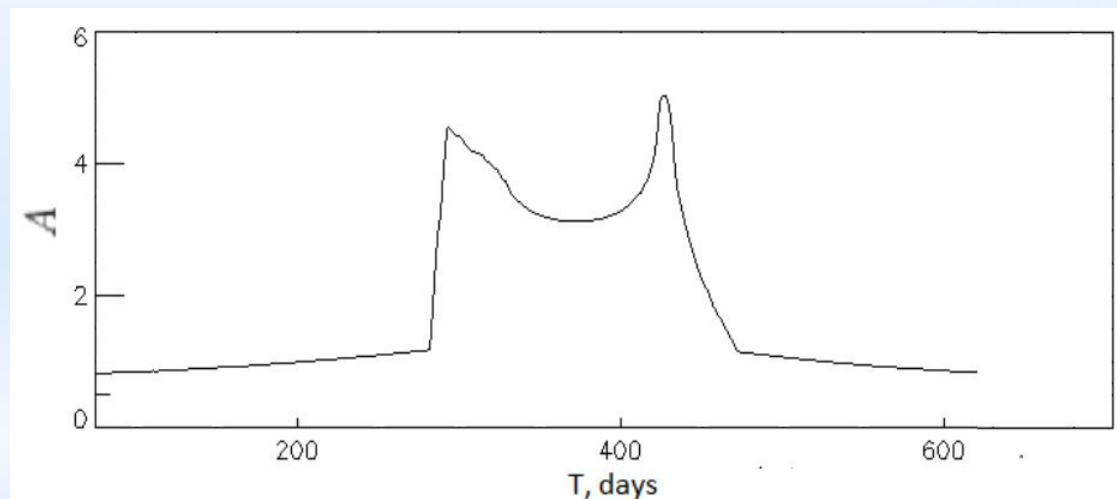
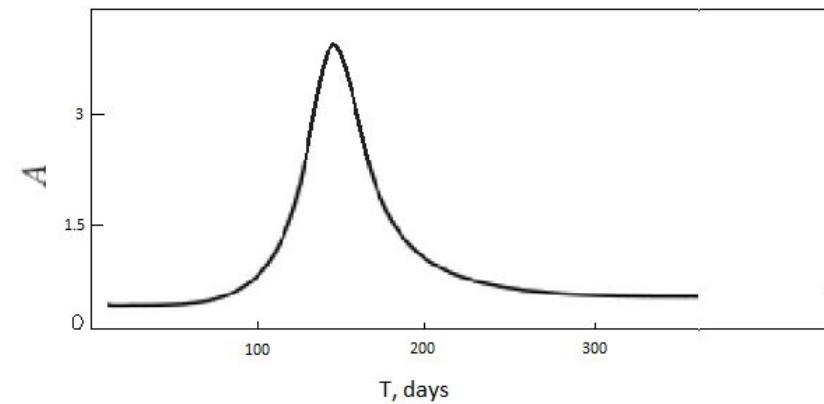
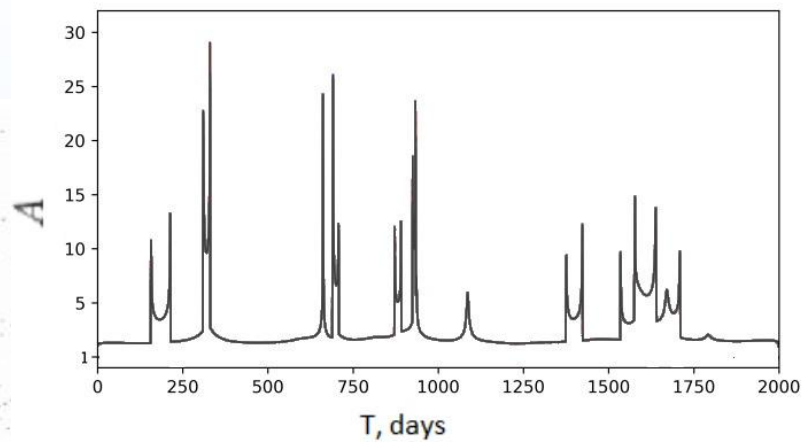
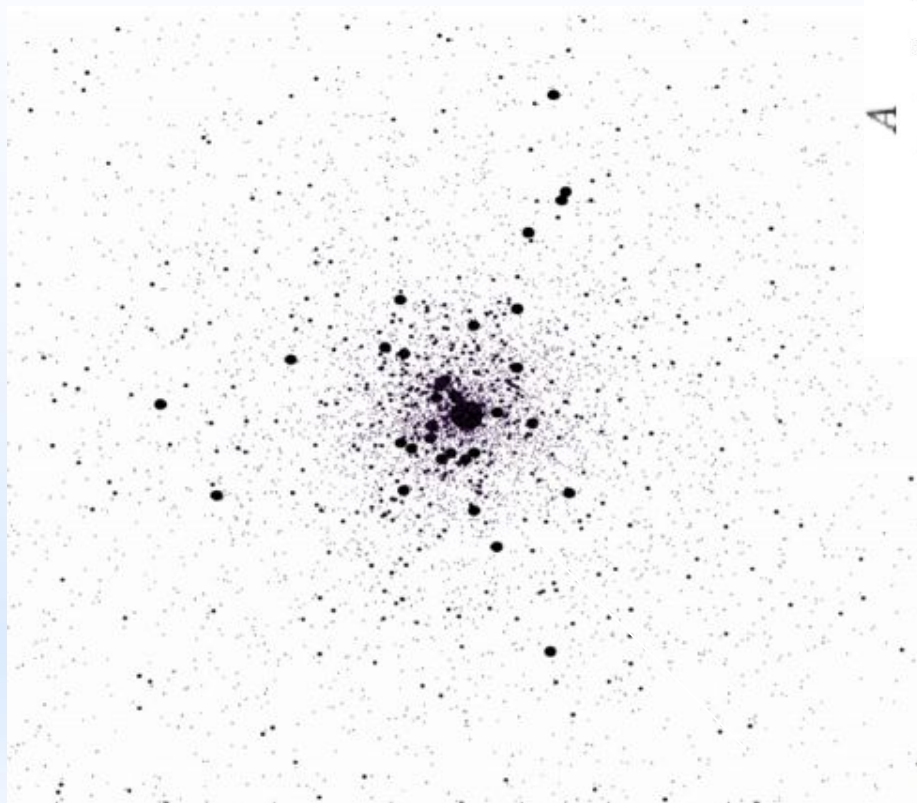
# ПАРАМЕТРЫ КЛАСТЕРА

Число ПЧД	$1,4 * 10^{13}$
Масса Скопления, $M_{\odot}$	$4,3 * 10^5$
Диапазон масс ПЧД, $M_{\odot}$	$10^{-8} - 10^2$
Размер кластера, пк	$\sim 1$
Средний профиль плотности скопления, $\rho(r)$	$\sim r^{-3}$

$$f(m) = m^{\alpha}, \text{ где } \alpha = -1.5$$



# КРИВЫЕ БЛЕСКА В СЛУЧАЕ КЛАСТЕРА

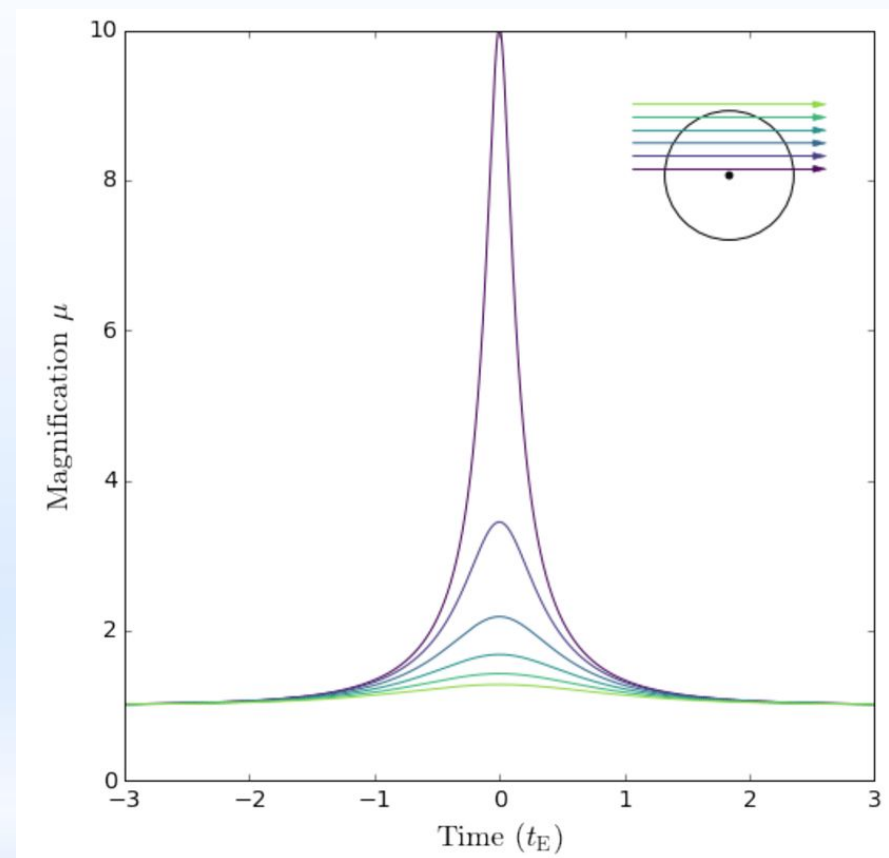




# ОТБОР СОБЫТИЙ – КАНДИДАТОВ

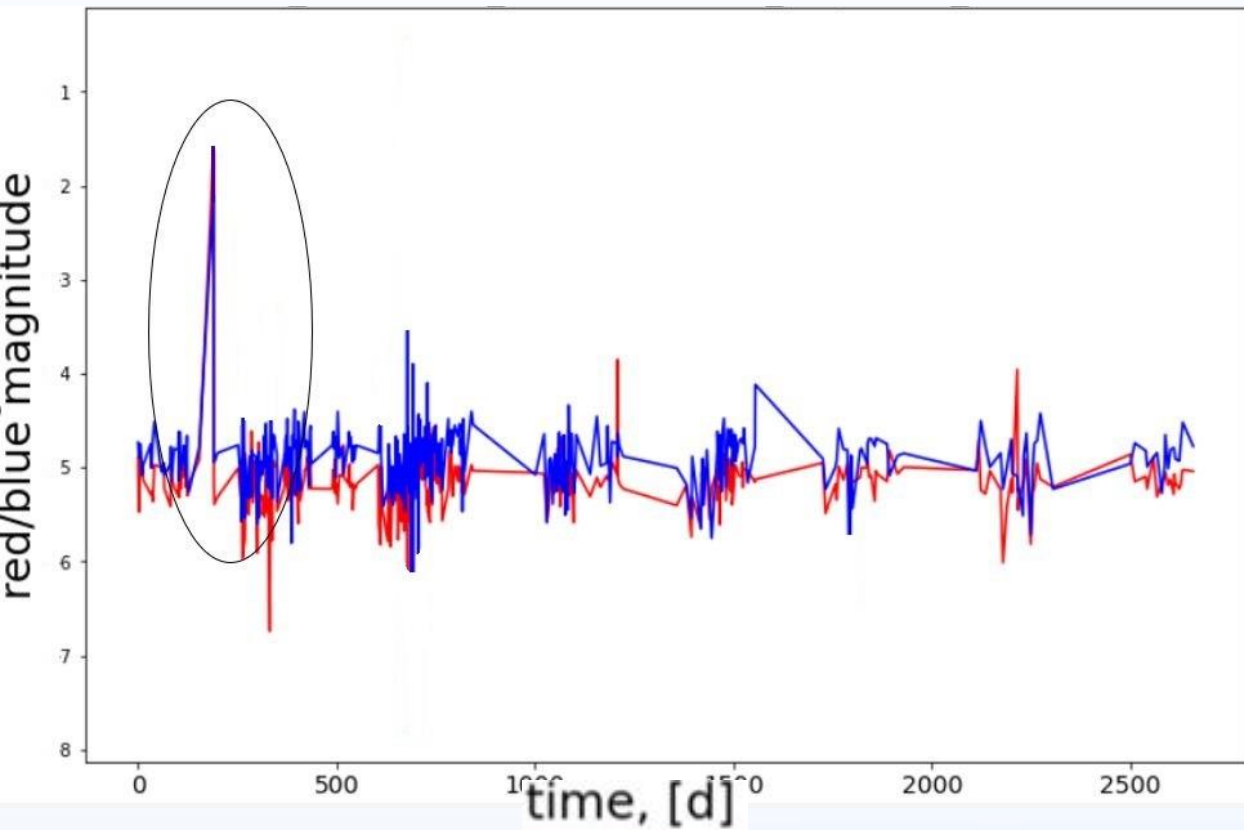
Для выявления возможных событий – кандидатов микролинзирования, был разработан первичный набор критериев, по которым проводился отбор, в зависимости от события:

- Один пик
- Ахроматичность
- Симметричность
- Длительность события: от **нескольких недель** до **300 дней**
- Разница между значениями блеска на базовой линии и в максимуме пика от 1 звездных величин

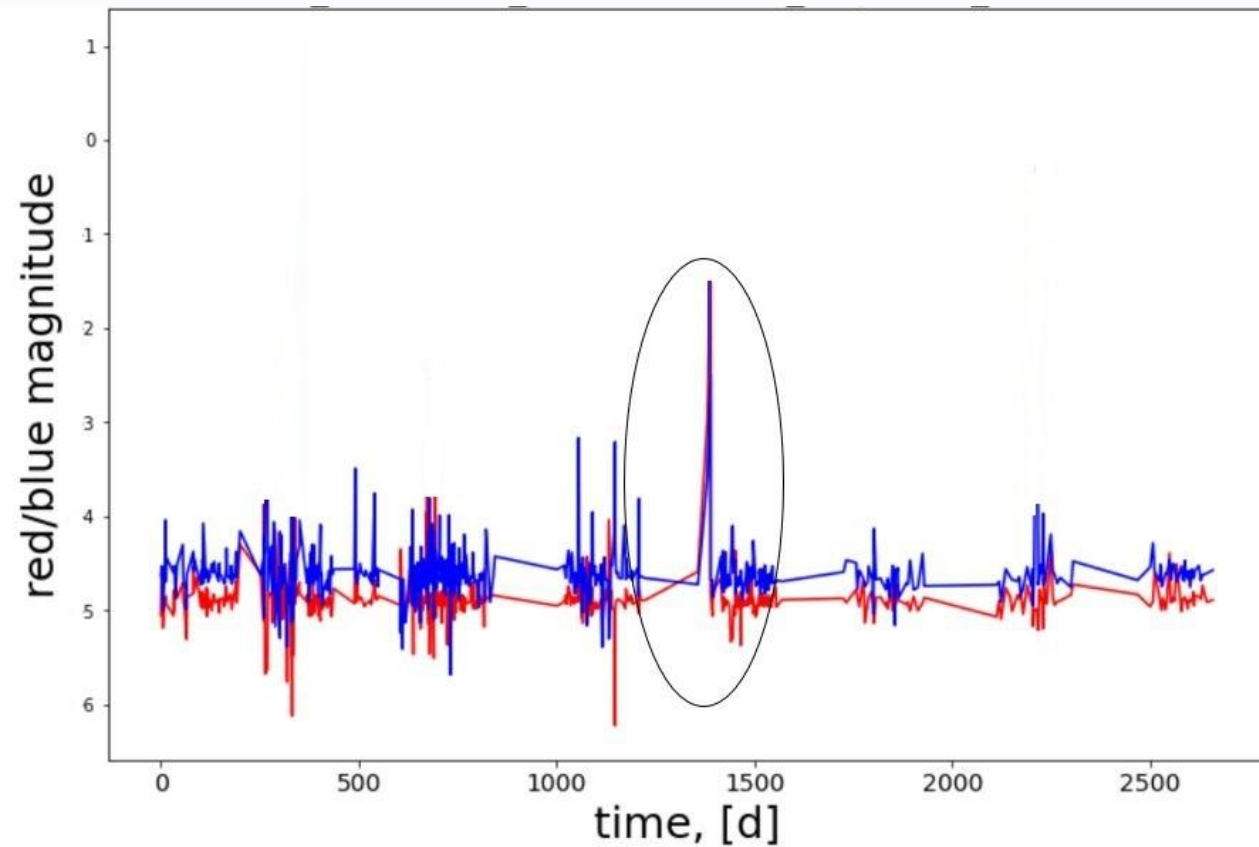


# РЕЗУЛЬТАТЫ ОТБОРА

$\Delta m = 3,4$      $t = 78$  дней

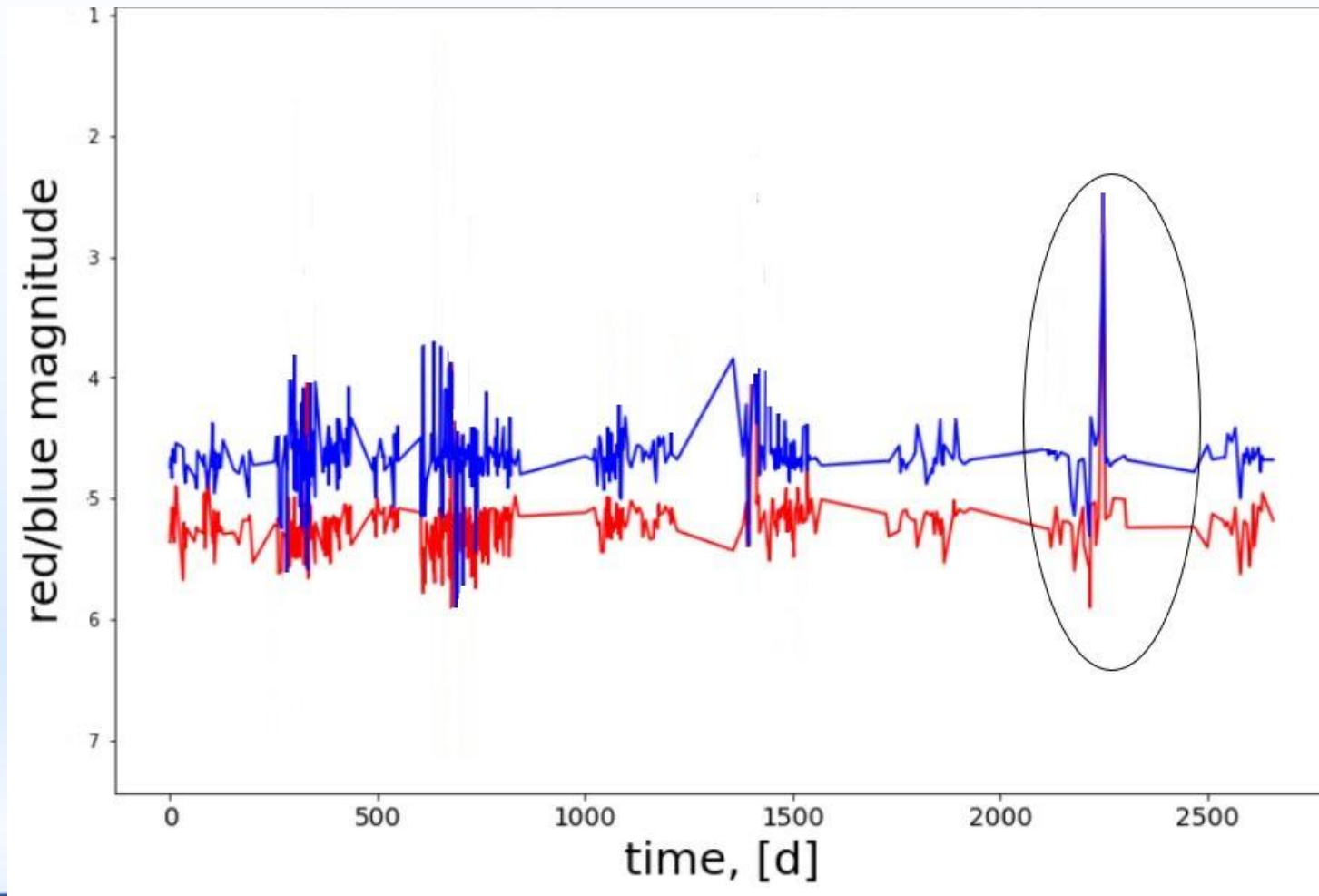


$\Delta m = 3,2$      $t = 64$  дня



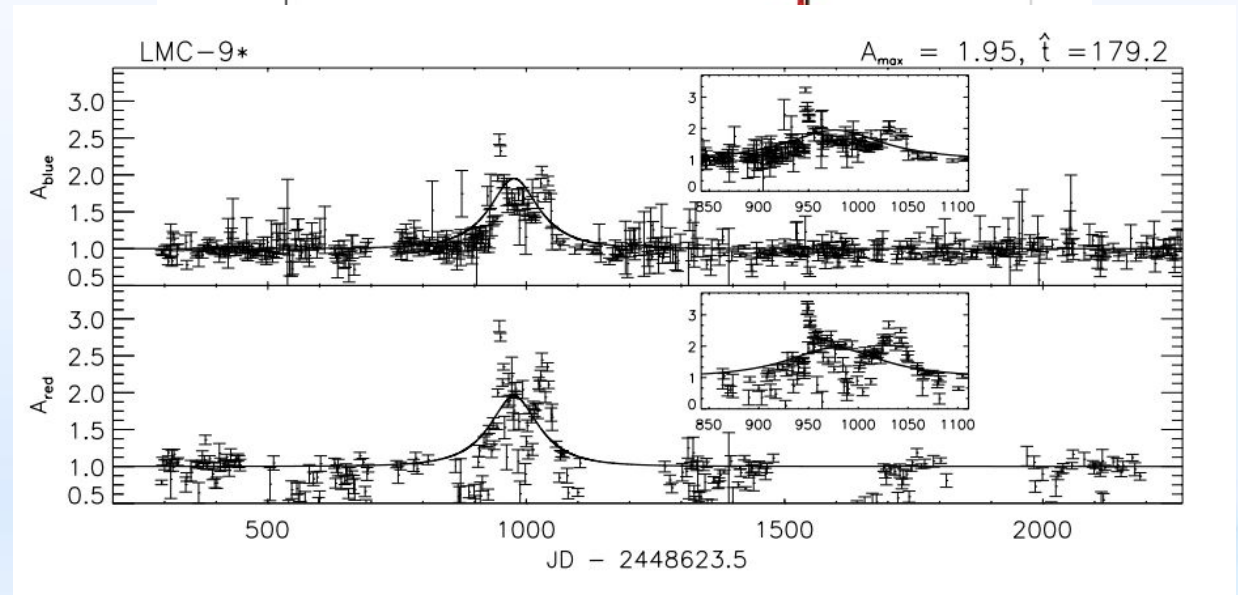
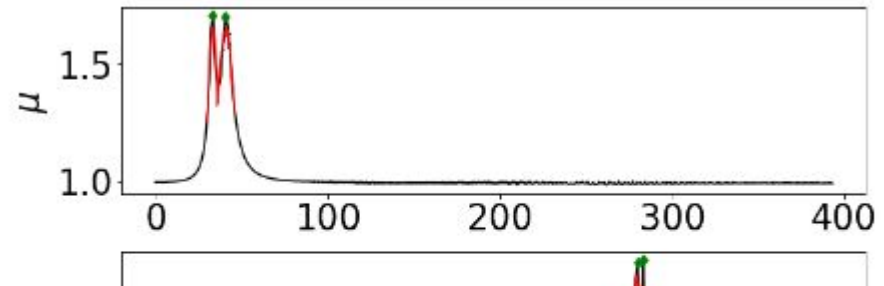
# РЕЗУЛЬТАТЫ ОТБОРА

$\Delta m = 2,9$      $t = 37$  дней



# ОТБОР СОБЫТИЙ – КАНДИДАТОВ

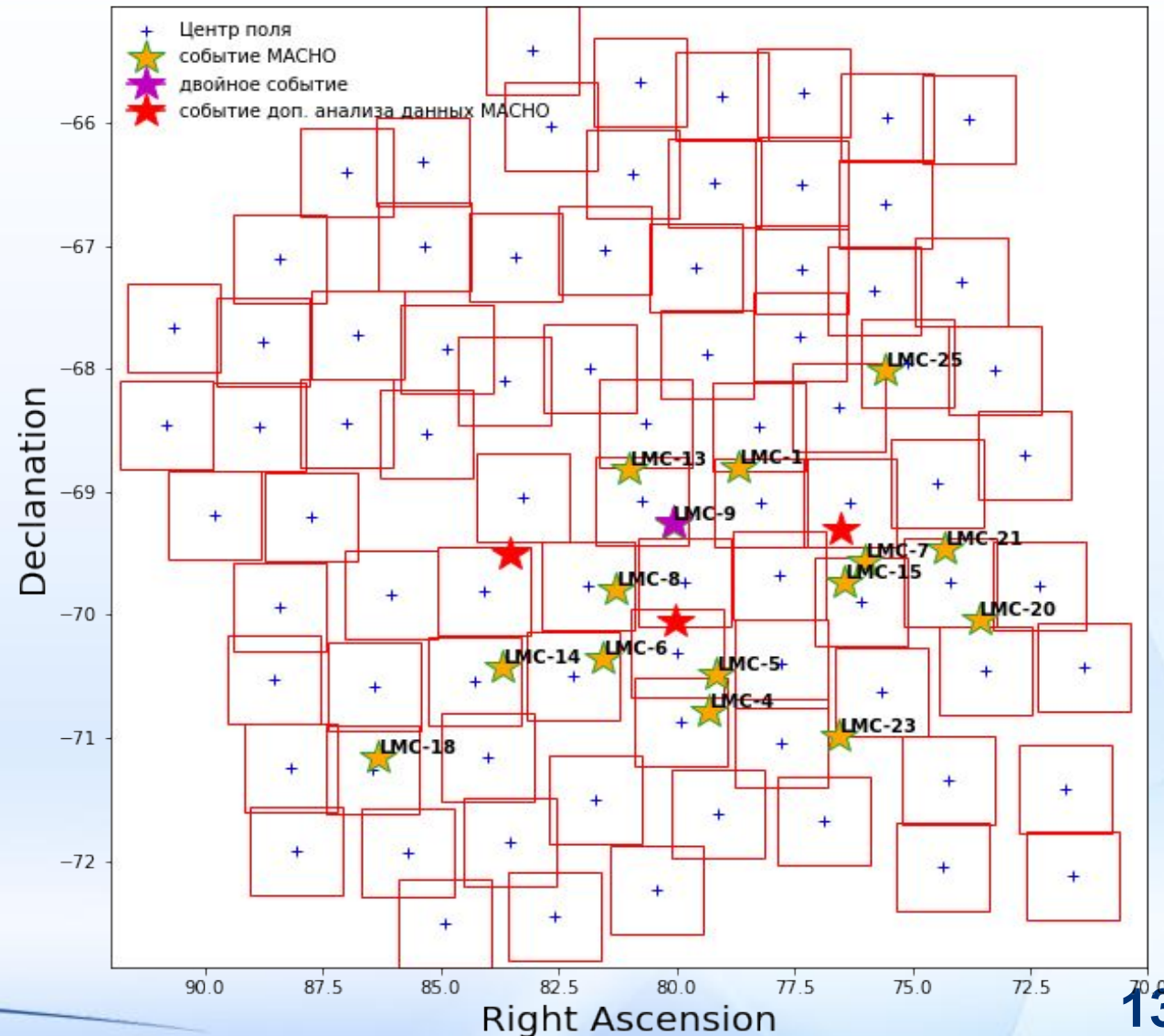
- Два или более пиков
- Ахроматичность
- ~~• Симметричность~~
- Длительность события: от **нескольких недель** до **300 дней**
- Разница между значениями блеска на базовой линии и в максимуме пика от 1 звездной величины



**Кривых блеска с двумя (или более) пиками, соответствующих всем поставленным критериям не обнаружилось**

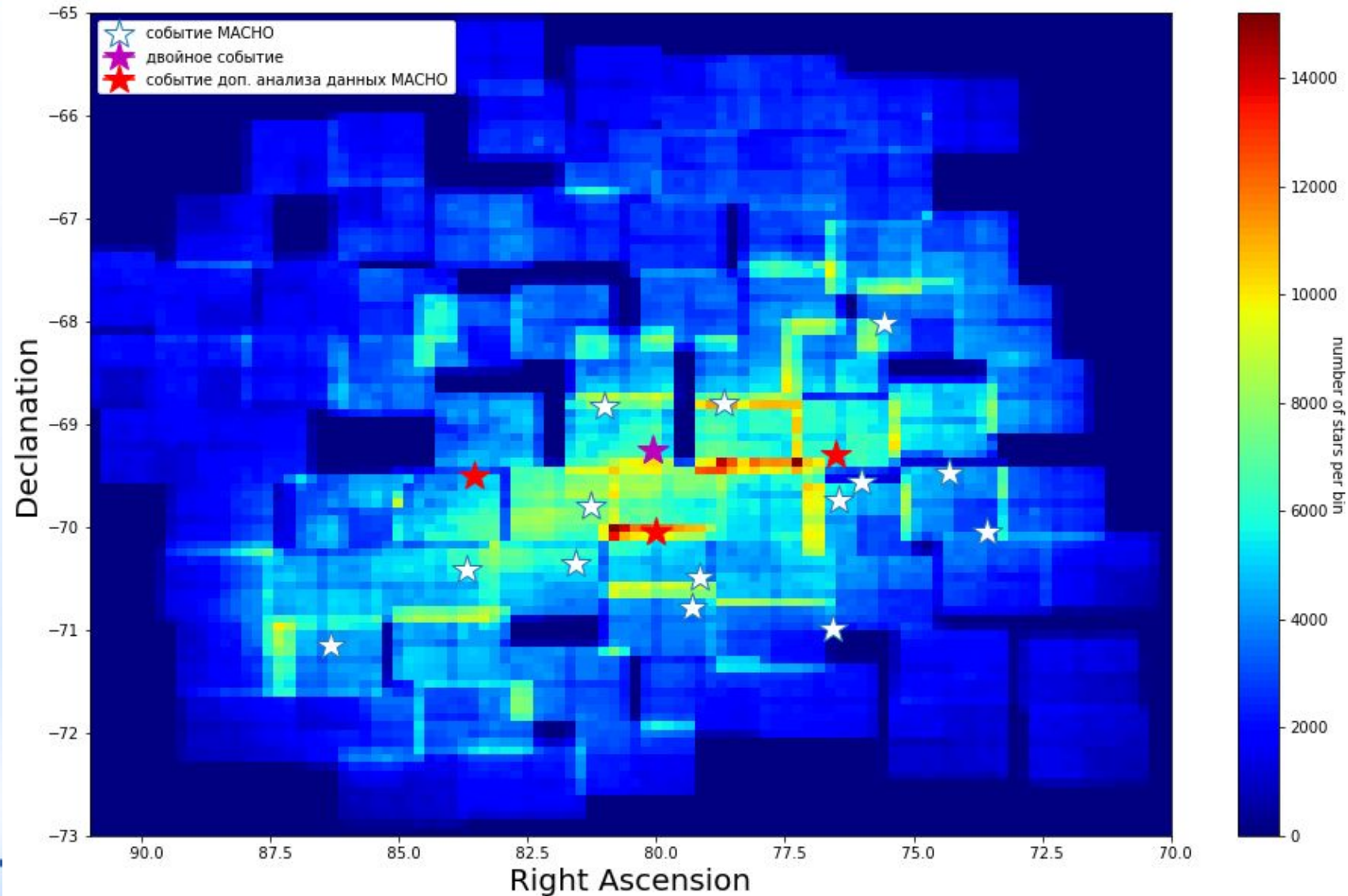
# ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ВНУТРЕННЕМ СТРОЕНИИ КЛАСТЕРА ПО БЛИЖАЙШИМ ЗВЕЗДАМ

- Идея в том, что внутреннее строение кластера, можно проверить с помощью изучения кривых блеска близлежащих к выделенным звездам, которые могли быть микролинзированы.
- Смотрятся корреляции по времени и положению



# КАРТА ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ ЗВЕЗД

Также, анализ можно проводить по корреляциям местоположения событий и поверхностной плотности звезд.

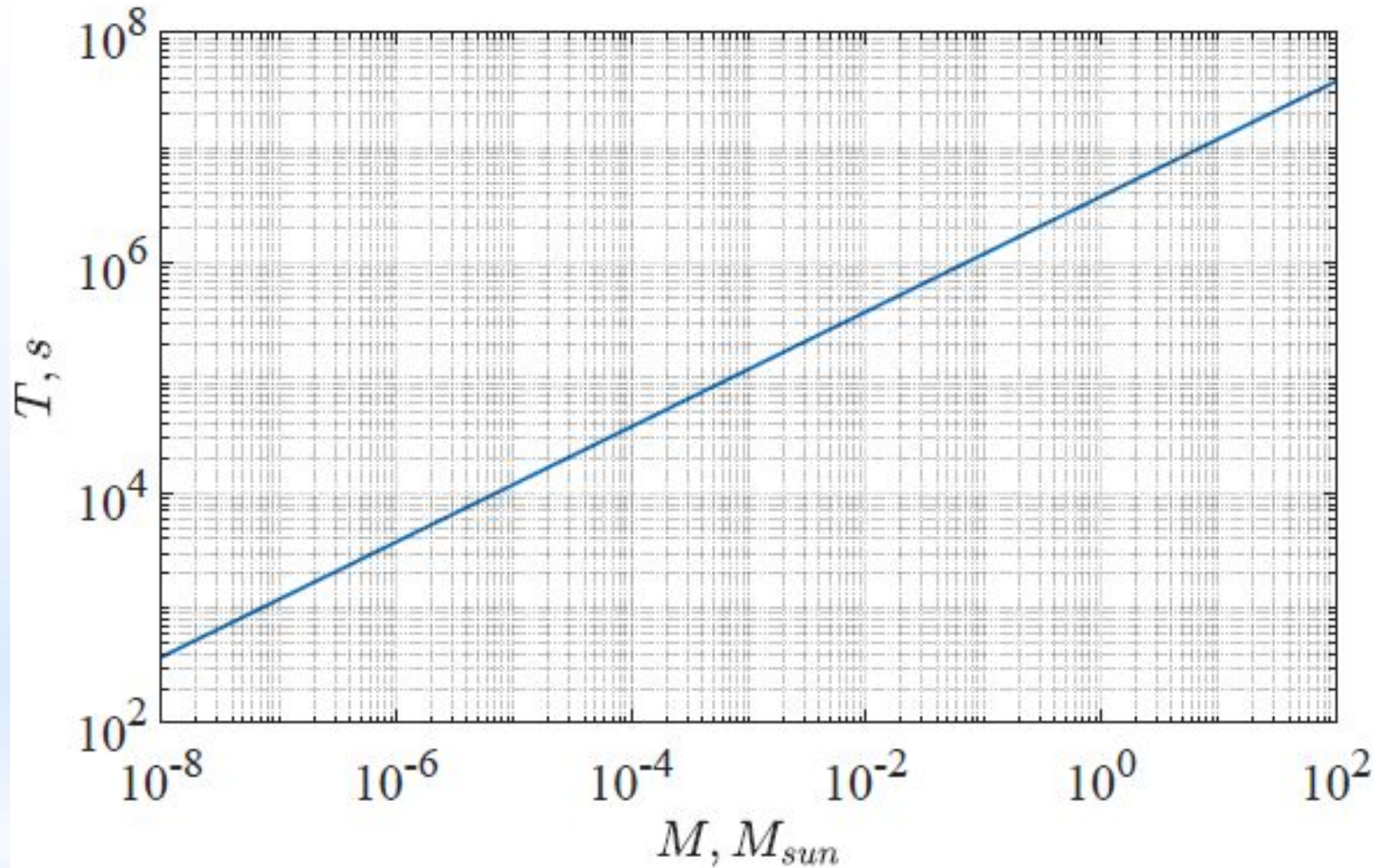


# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Проведен первый этап поиска возможных кандидатов в события микролинзирования, по данным эксперимента МАСНО
- Был сформулирован список критериев, по которым проводился первичный отбор событий – кандидатов
- Было проанализировано 12 миллионов фотометрий звезд Большого Магелланова Облака
- По поставленным критериям было выявлено 3 возможных событий-кандидатов в микролинзирование на кластере ПЧД (с одним пиком)
- Был произведен поиск близких событий – кандидатов микролинзирования по расстоянию и плотности

# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

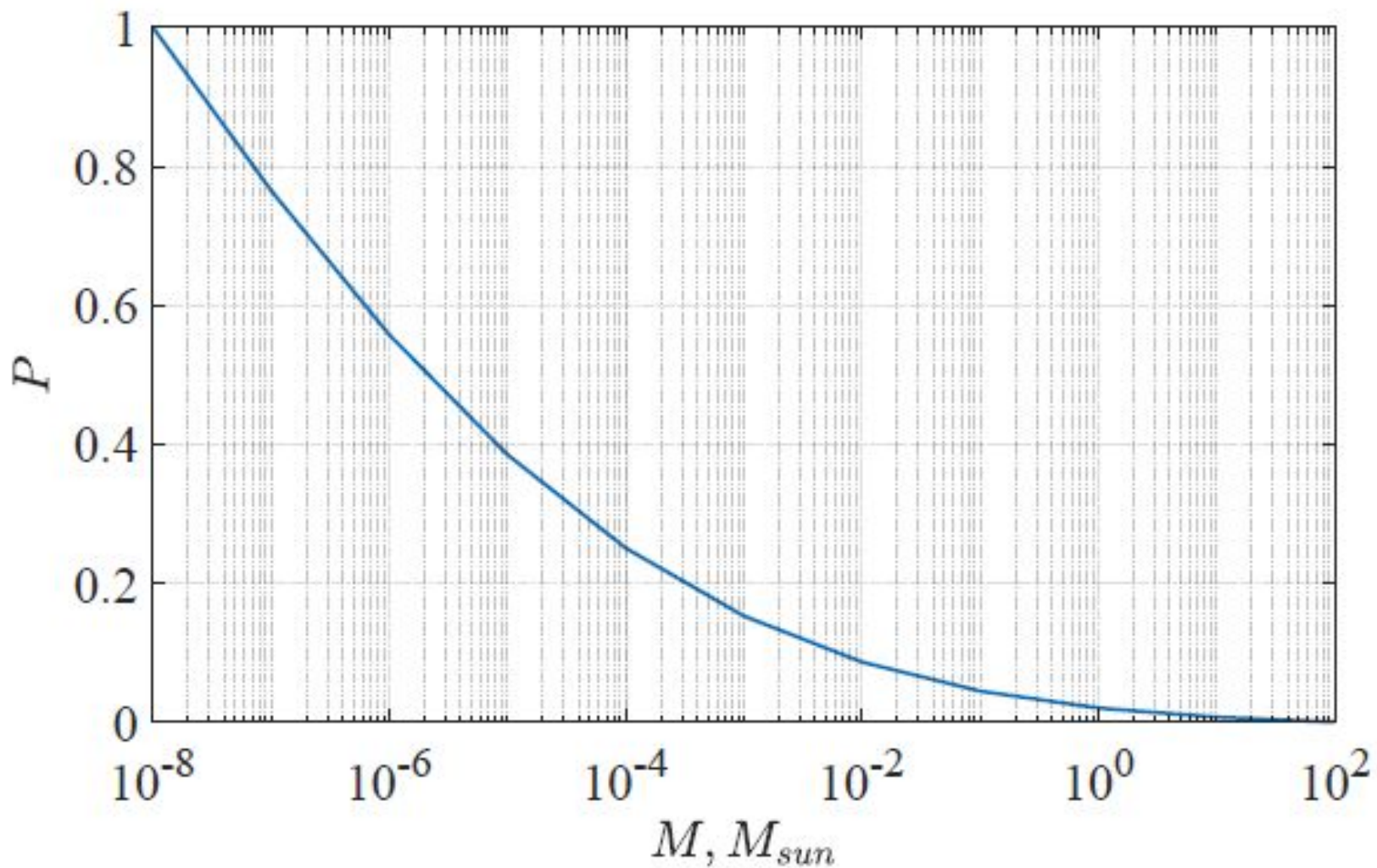
## Зав-ть характерного времени микролинзирования от массы отдельной ПЧД





# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

## Зав-ть вероятности микролинзирования от массы отдельной ПЧД



# ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛАЙДЫ

## Кривые блеска для переменных звезд

