



**ПРУЖИНСКАЯ М.В.¹, КОРНИЛОВ М.В.^{1,2}, МАЛАНЧЕВ К.Л.^{1,2}, ИШИДА Э.³, МОНДОН Ф.³,
ВОЛЬНОВА А.А.⁴, КОРОЛЕВ В.С.⁵**

¹ ГАИШ, МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

² Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

³ Университет Клермон-Овернь, Клермон-Ферран, Франция

⁴ Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

⁵ Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского, Жуковский, Россия

ПОИСК АНОМАЛИЙ В ОТКРЫТОМ КАТАЛОГЕ СВЕРХНОВЫХ ЗВЕЗД МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

SNAD — SUPERNOVA ANOMALY DETECTION



SNAD — SUPERNOVA ANOMALY DETECTION



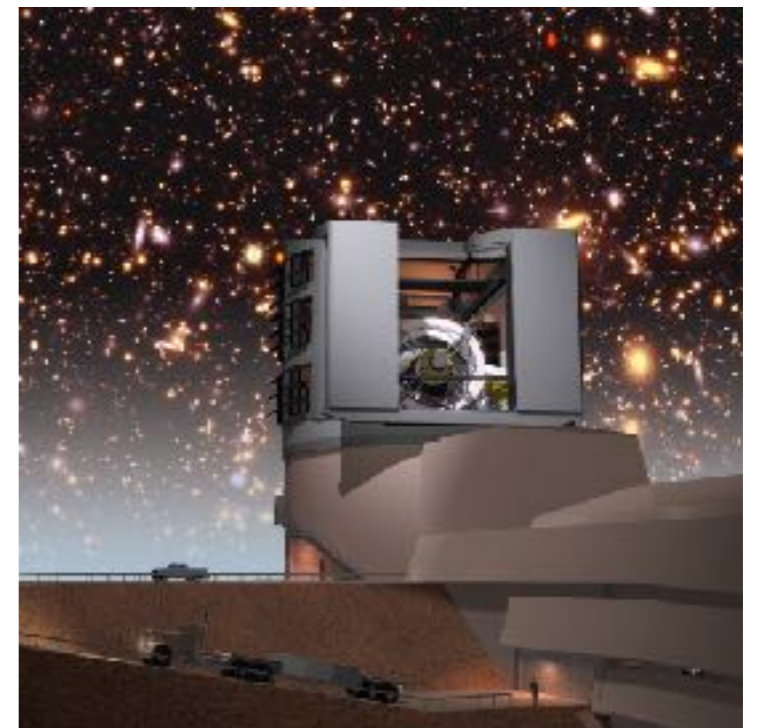
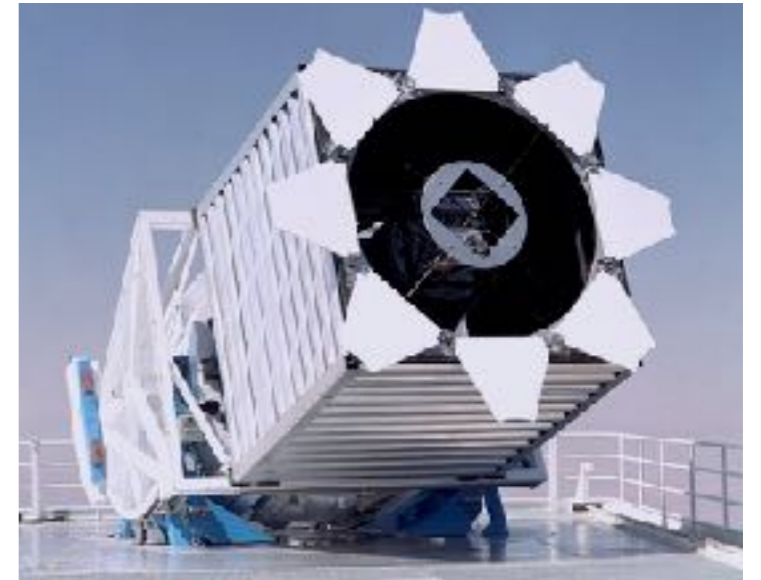
БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ В АСТРОНОМИИ

▶ SDSS

- ~500 миллионов объектов
- ~3 миллионов со спектрами

▶ LSST

- 10 PB в ночь
- 10 лет работы – база данных Google
- 10^6 сверхновых в год

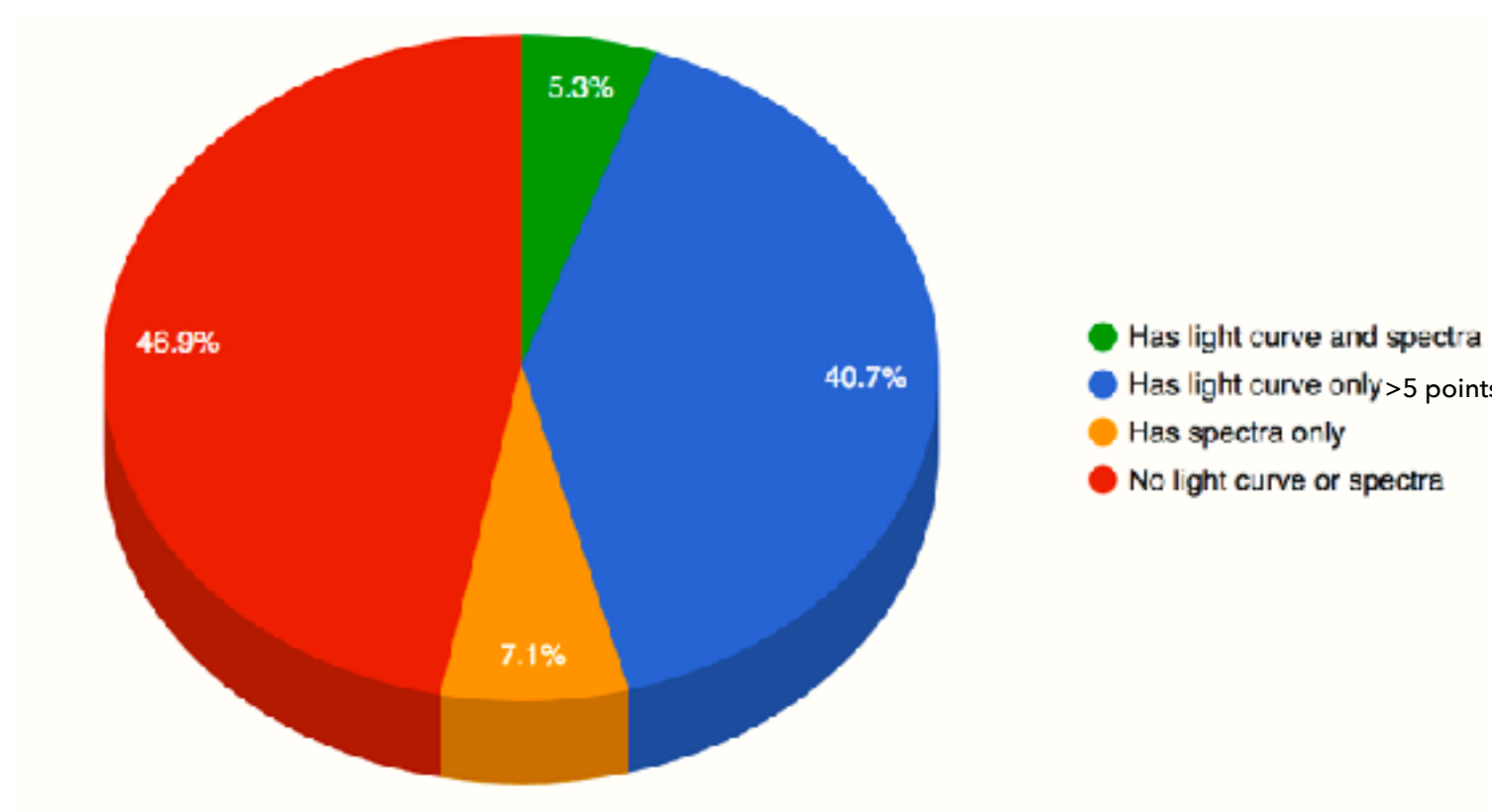


МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ

- ▶ «с учителем» и «без учителя»
- ▶ активно используется в медицине, генетике, экологии
- ▶ редко в астрономии:
 - классификация (Kessler et al. 2010; Ishida & de Souza 2013; Lochner et al. 2016)
 - регрессия (Hildebrandt et al. 2010; Cavuoti et al. 2015)
- ▶ поиск аномалий особенно важен для широкопольных транзиентных обзоров

ОТКРЫТЫЙ КАТАЛОГ СВЕРХНОВЫХ ЗВЁЗД

- ▶ <https://sne.space> (Guillochon et al. 2017)
- ▶ ~55 000 сверхновых и кандидатов в сверхновые
- ▶ ~600 000 фотометрических измерений
- ▶ ~20 000 спектров



ЧТО ТАКОЕ АНОМАЛИЯ?

- ▶ артефакты в данных:
 - ошибки измерений
 - ошибки при переносе данных из источника
- ▶ ошибки классификации
- ▶ редкие классы объектов (сверхъяркие СН, СН-ГВ, килоновые)
- ▶ новые объекты – новая физика

РАБОТА С ДАННЫМИ

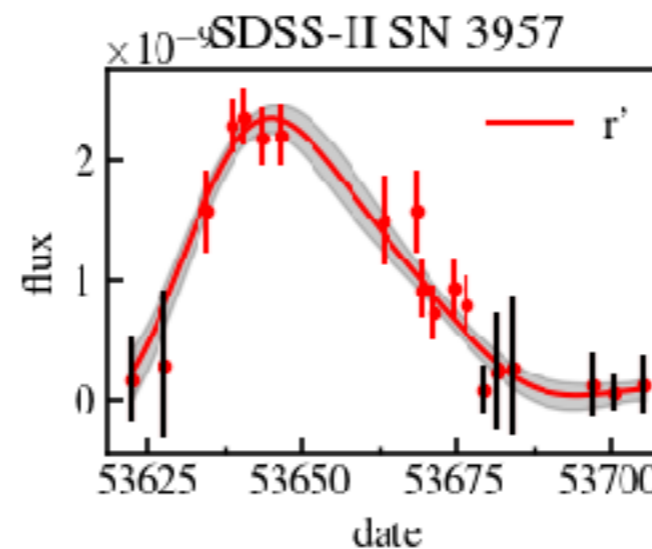
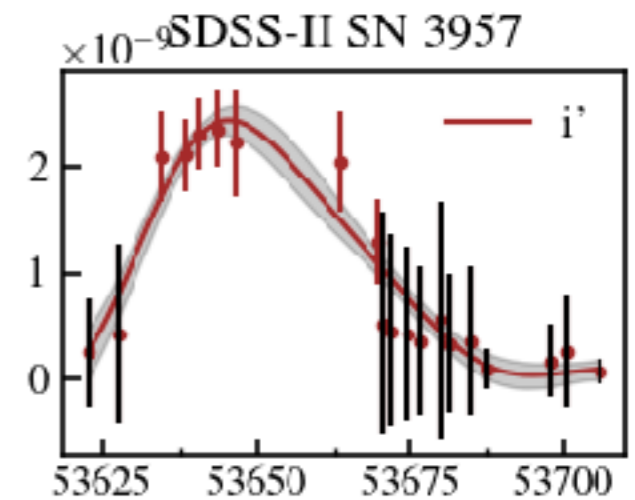
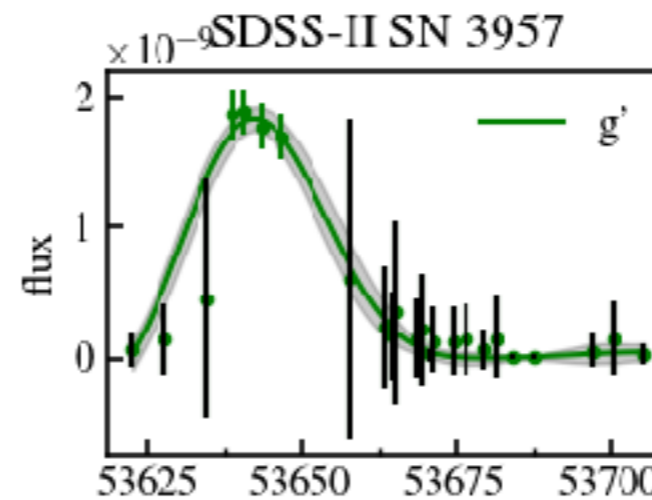
► Проблемы:

- разные фильтры
- неравномерное покрытие по времени
- пределы
- отсутствие ошибок
- ...

► gri, g'r'i', BRI → gri фильтры

► минимум 3 измерения в каждом фильтре (bin = 3 дня)

► Фит Гауссовыми процессами (Kornilov et al. 2019, in prep.), <https://gp-multistate-kernel.readthedocs.io>



1999 объектов

ПОИСК АНОМАЛИЙ

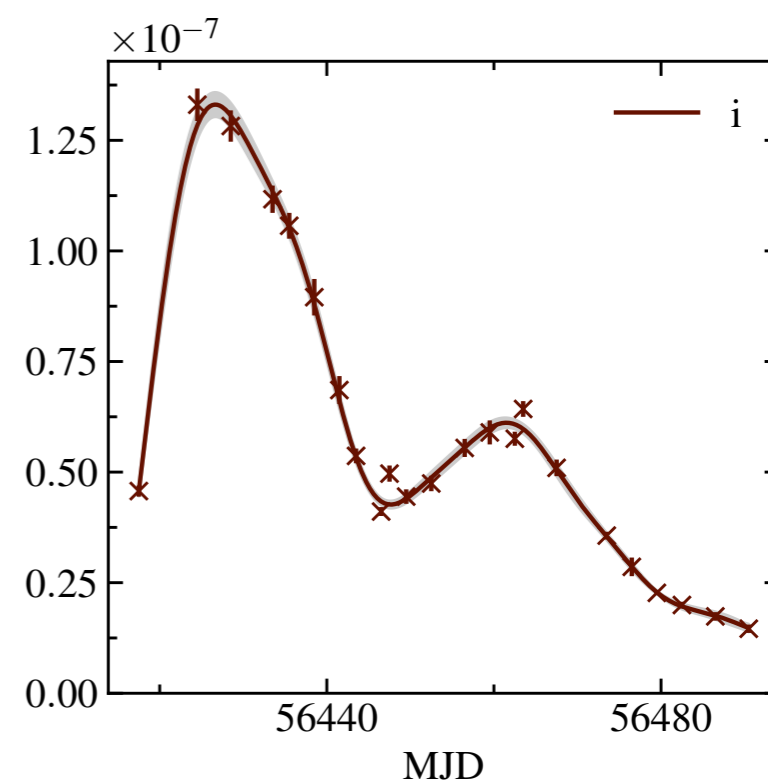
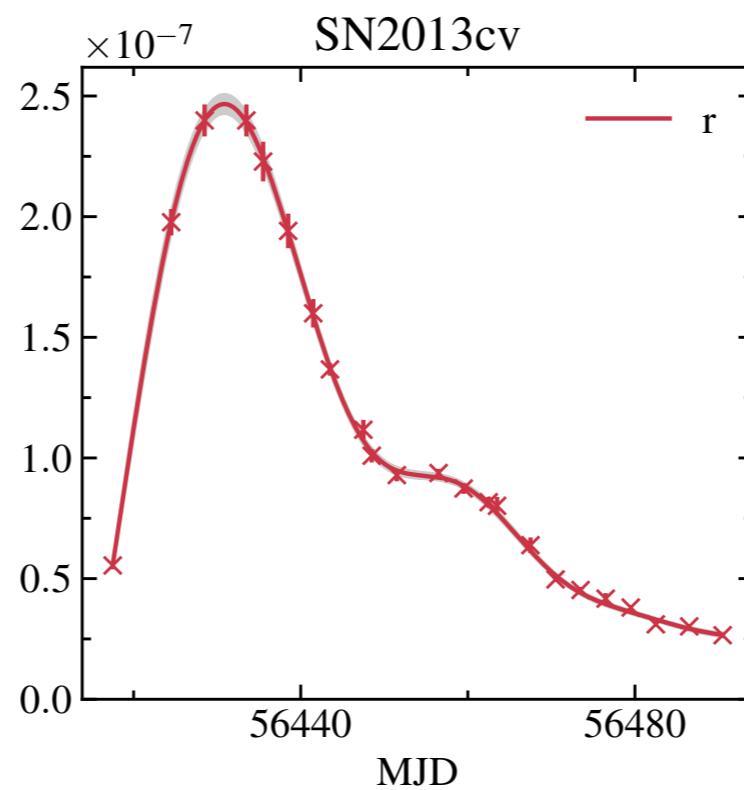
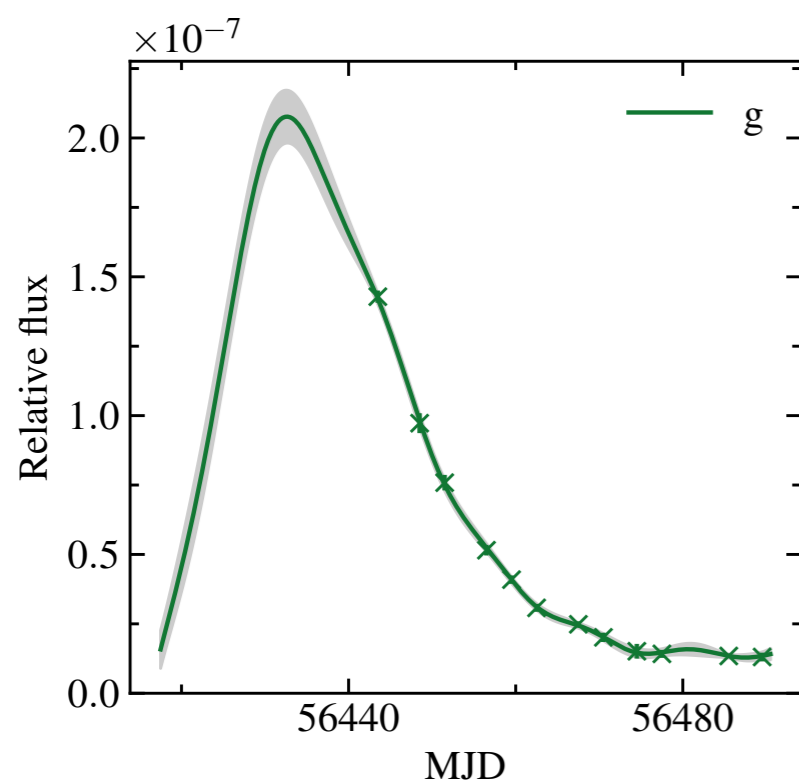
- ▶ Итого 373 признака (features):
 - 363 фотометрических точки (121 день, 3 фильтра)
 - 10 параметров фита ГП
- ▶ Снижение размерности
- ▶ Алгоритм «Изолирующий лес» («Isolation forest»)



~100 аномалий

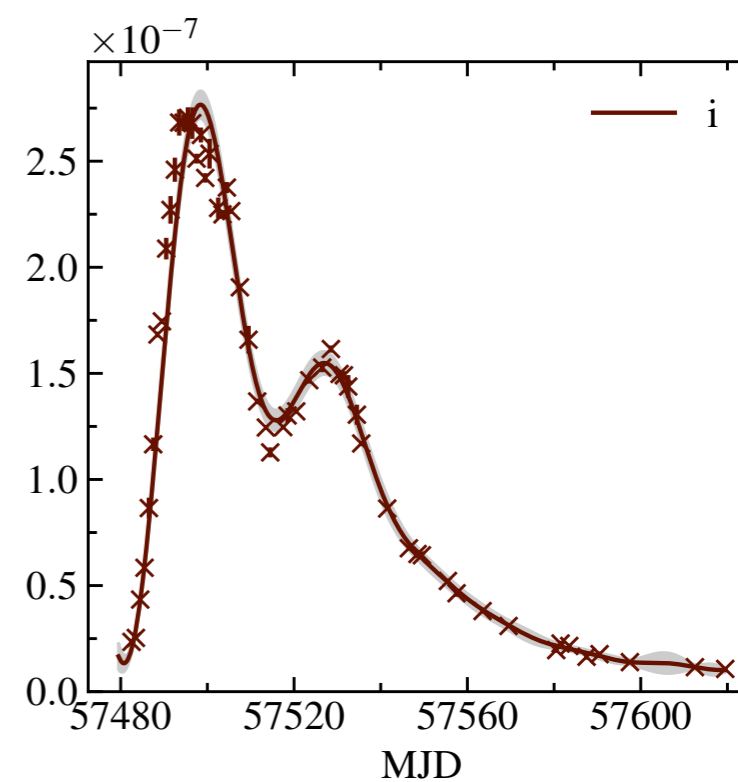
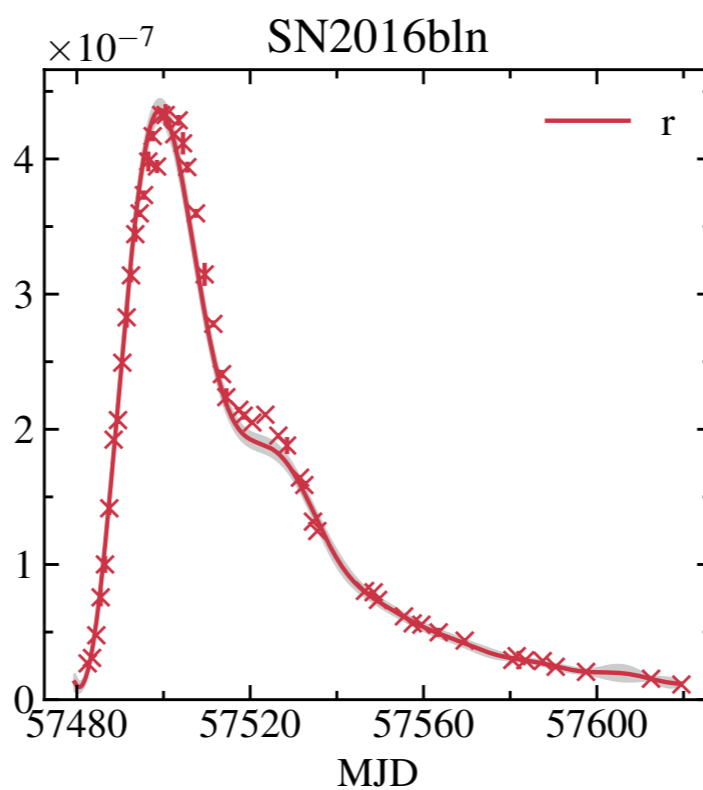
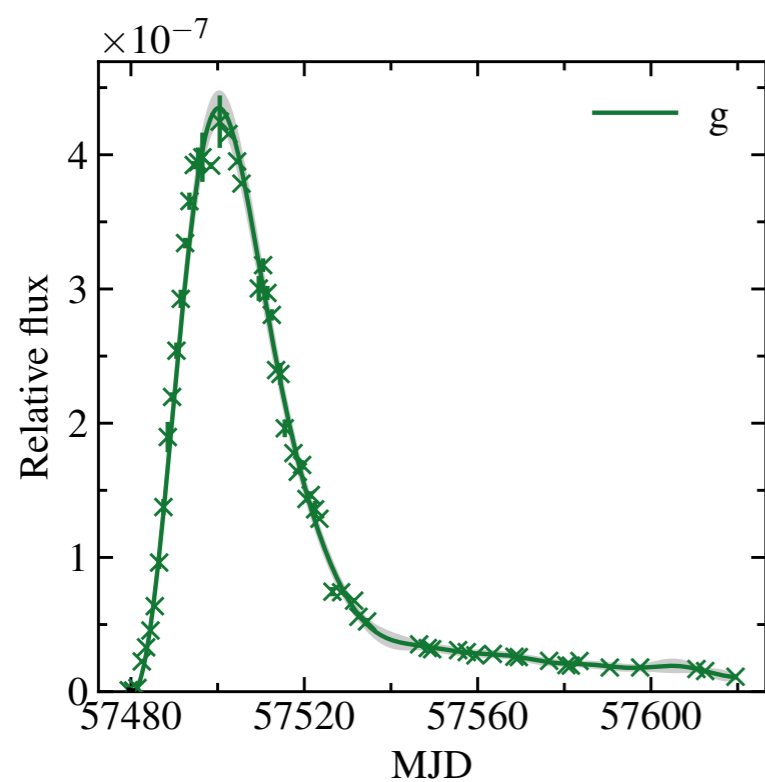
СВЕРХНОВЫЕ ТИПА 91-T

► SN 2013cv (Cao et al. 2016)



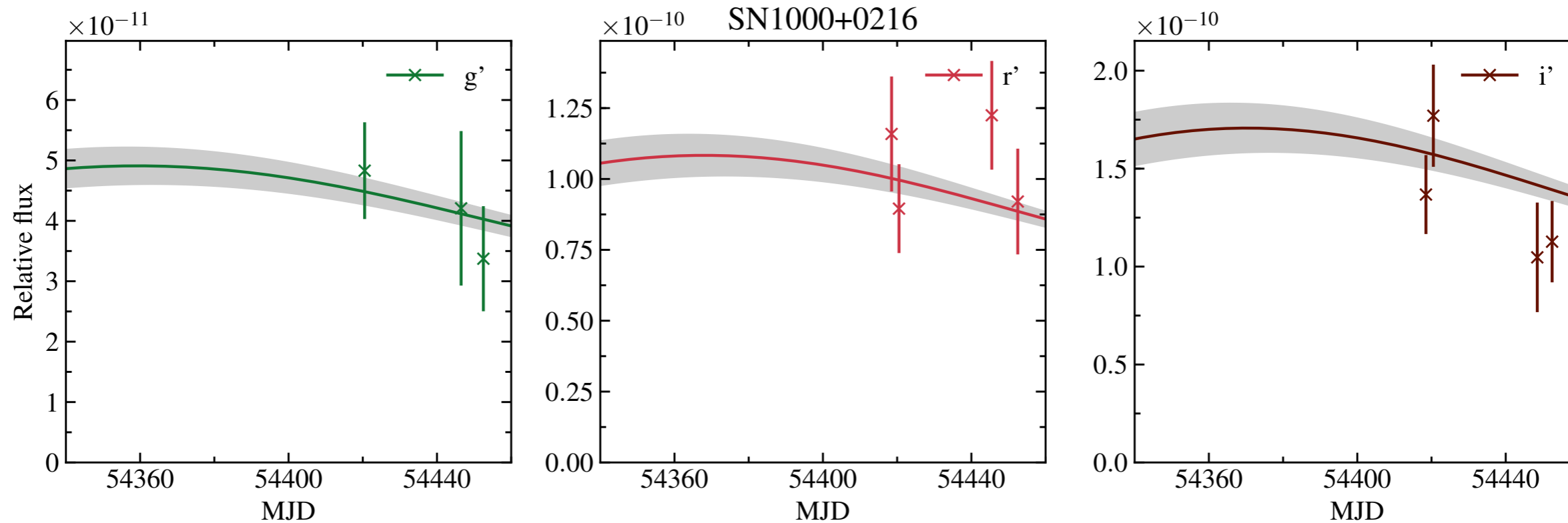
СВЕРХНОВЫЕ ТИПА 91-T

- ▶ SN 2016bln (Cenko et al. 2016, ATel 8909)



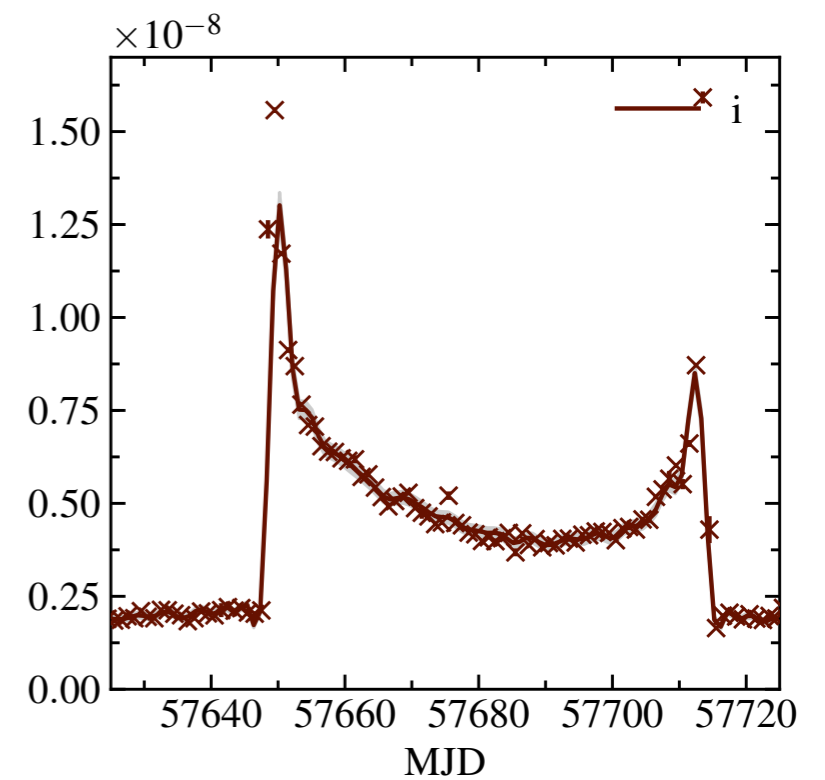
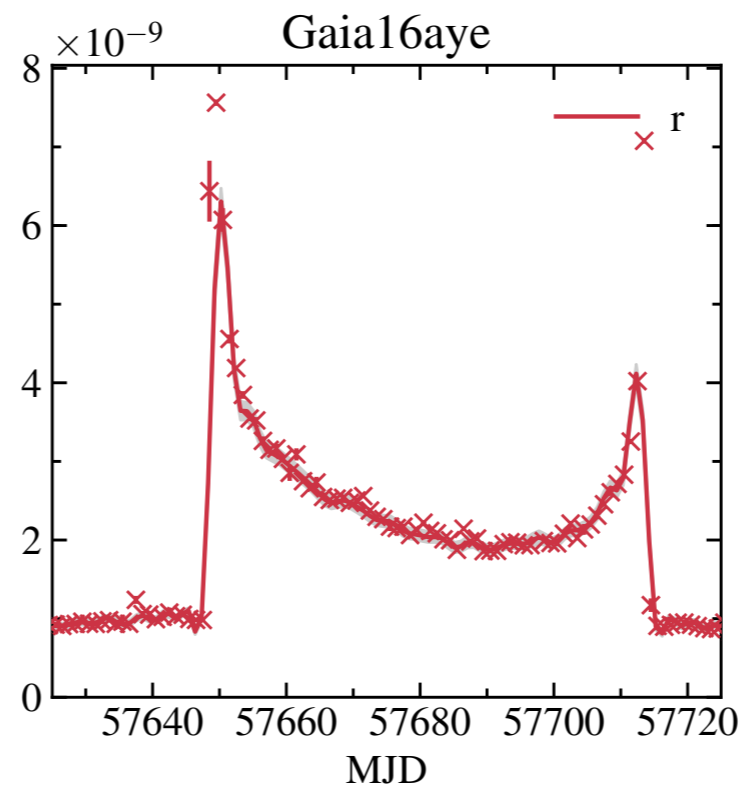
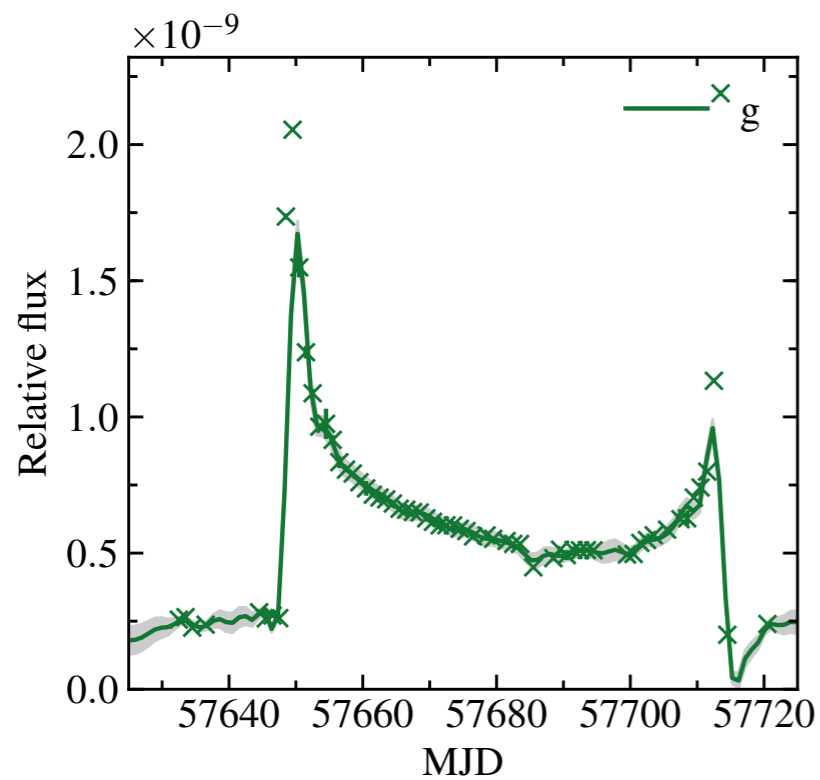
СВЕРХЪЯРКИЕ СВЕРХНОВЫЕ

- ▶ SN1000+0216 (SLSN-II, Cooke et al. 2012)



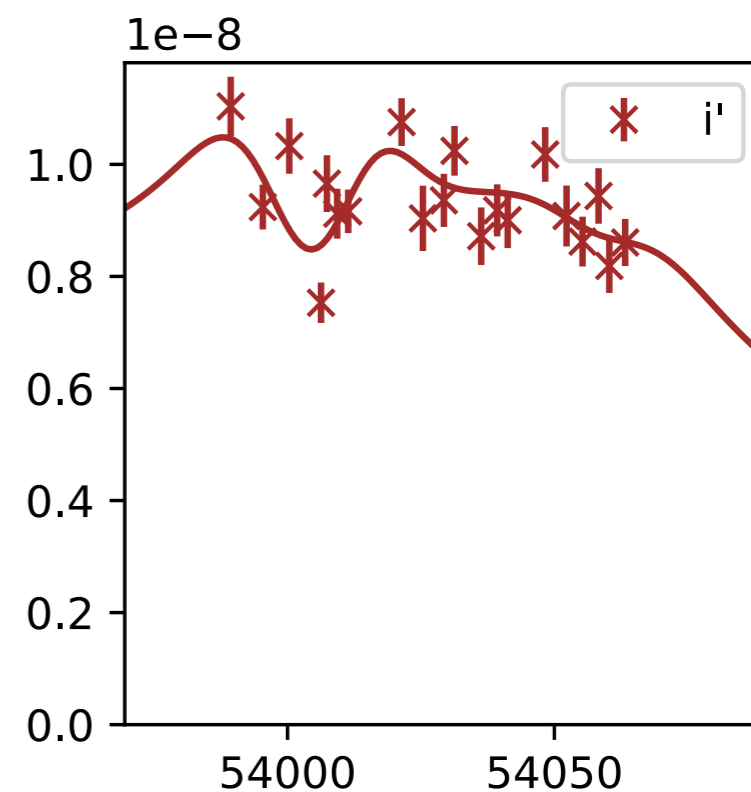
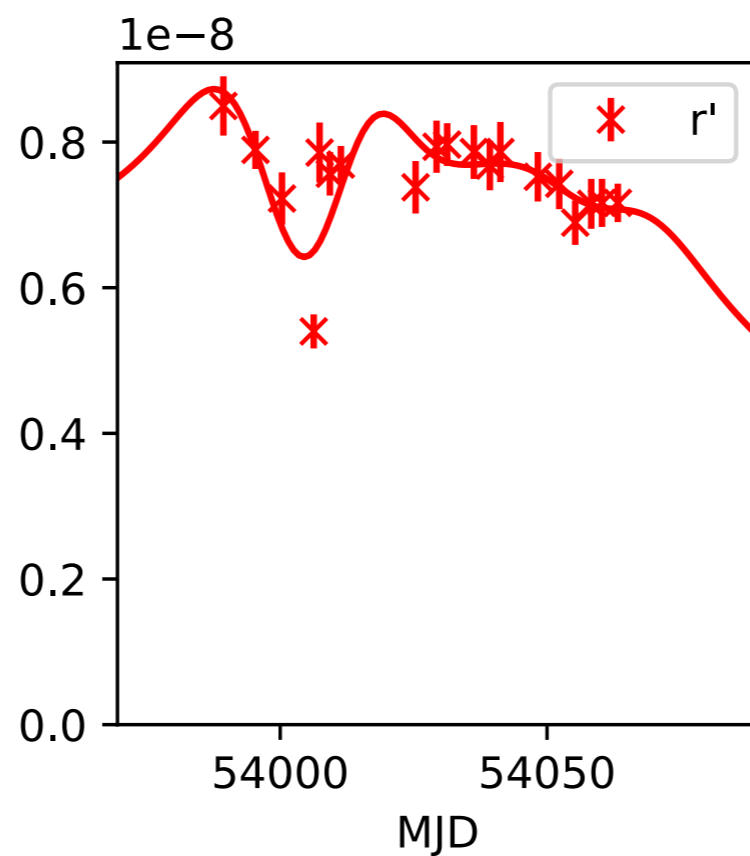
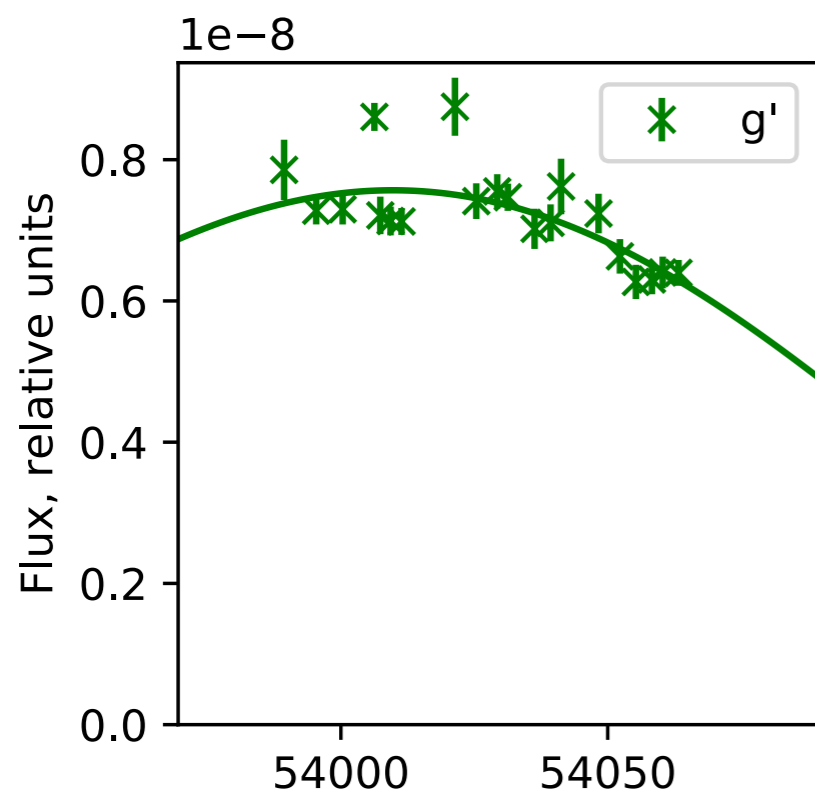
ДВОЙНОЕ МИКРОЛИНЗИРОВАНИЕ

- ▶ Gaia16aye (Wyrzykowski et al. 2016, ATel 9507)



АКТИВНЫЕ ЯДРА ГАЛАКТИК

- ▶ SN 2006kg (Sako et al., 2018)



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!