

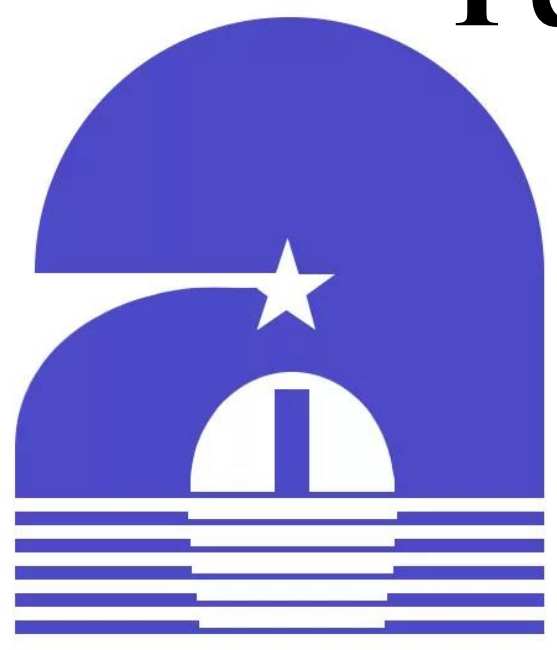
Результаты одновременных наблюдений TESS и наземной многополосной фотометрии VL Лас в период высокой активности блазара

Горбачев М. А., Бутузова М. С., Пить Н. В., Кривенко А. С.

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Россия



email: mgorbachev17@gmail.com



Абстракт

Для блазара VL Лас мы анализируем данные TESS и многополосных наблюдений, выполненных с помощью телескопа MTM-500 Крымской астрофизической обсерватории, за период со 2 по 30 сентября 2022 г. За этот период VL Лас проявлял сильную переменность как сопровождаемую изменениями спектрального индекса, так и нет. Найденные кратчайшие характерные времена переменности в основном находятся в пределах от 0.2 до 1 суток и не зависят от яркости объекта, спектрального индекса и средней амплитуды переменности внутри соответствующих интервалов кривой блеска. Это указывает на то, что механизм образования кратковременной переменности описывается двумя или более независимыми параметрами.

Введение

В период 05.2021-12.2023 блазар VL Лас находился в экстремально активном состоянии [1]. Для понимания процессов, приводящих к такой сильной переменности, необходимы наблюдения на различных временных шкалах. В сентябре 2022 года VL Лас наблюдался космической обсерваторией TESS [2], выполняющей длительный мониторинг участков неба с высоким временным разрешением. Мы дополняем эти данные квазисовременными наблюдениями, выполненными на телескопе MTM-500 КРАО РАН, что позволяет исследовать связь между временными и спектральными свойствами переменности VL Лас на кратчайших временных масштабах.

Наблюдения и анализ данных

Внутрисуточные В-,V-,R-,I-наблюдения VL Лас проводились с помощью телескопа MTM-500 КРАО РАН, с диаметром главного зеркала 50 см, полем зрения 14'×14' и камерой Arogee U6 [3].

После применения ANOVA-теста выявлена внутрисуточная переменность в 15 ночей из 23. Кривые блеска за весь период наблюдений и за ночь MJD = 59840 приведены на рис. 1. Переходя от звездных величин к потоку излучения [4], мы определяли спектральный индекс (α) в предположении степенного спектра излучения $F \sim \nu^\alpha$ (рис.2). Неопределенность значения α , возникающая из-за погрешности в определении потока, вычислялась согласно методике, описанной в работе [5].

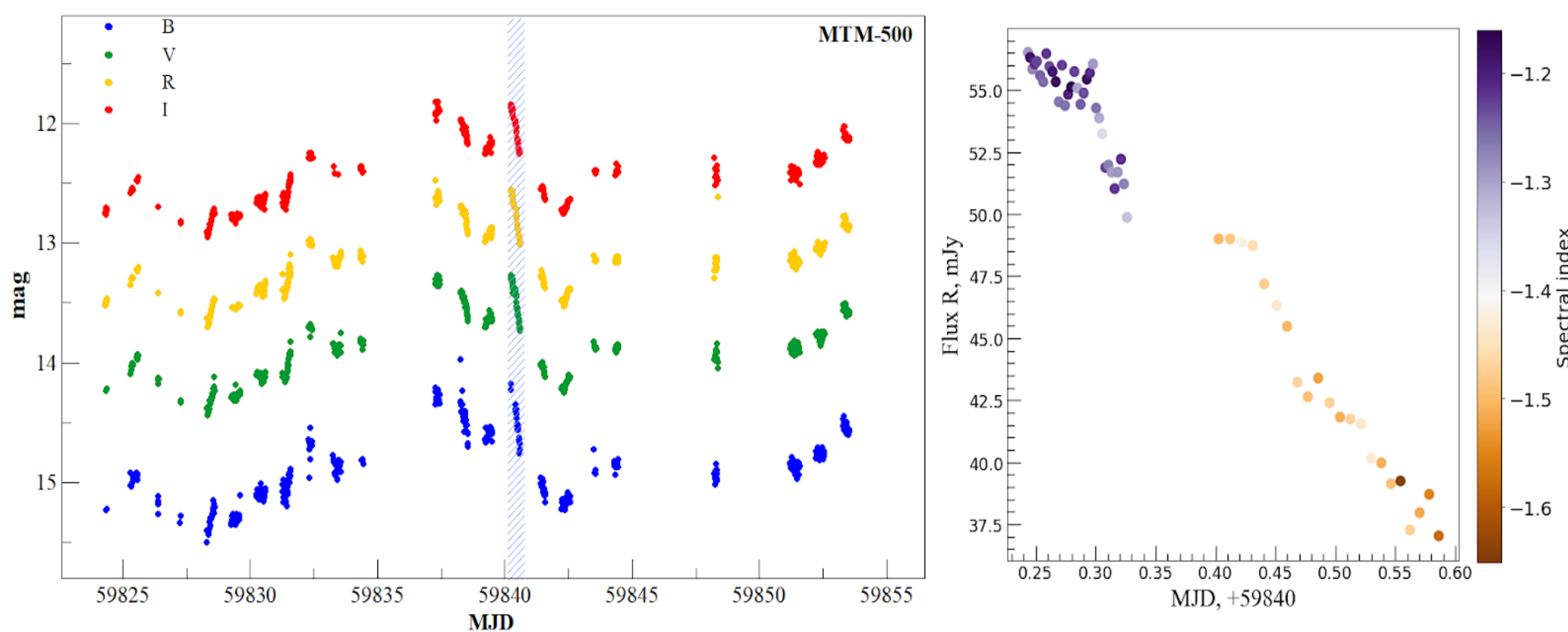


Рис.1. Левая панель - кривая блеска BL Лас в полосах B,V,R,I по данным MTM-500. Закрашенной областью отмечена ночь, кривая блеска которой показана на правой панели.

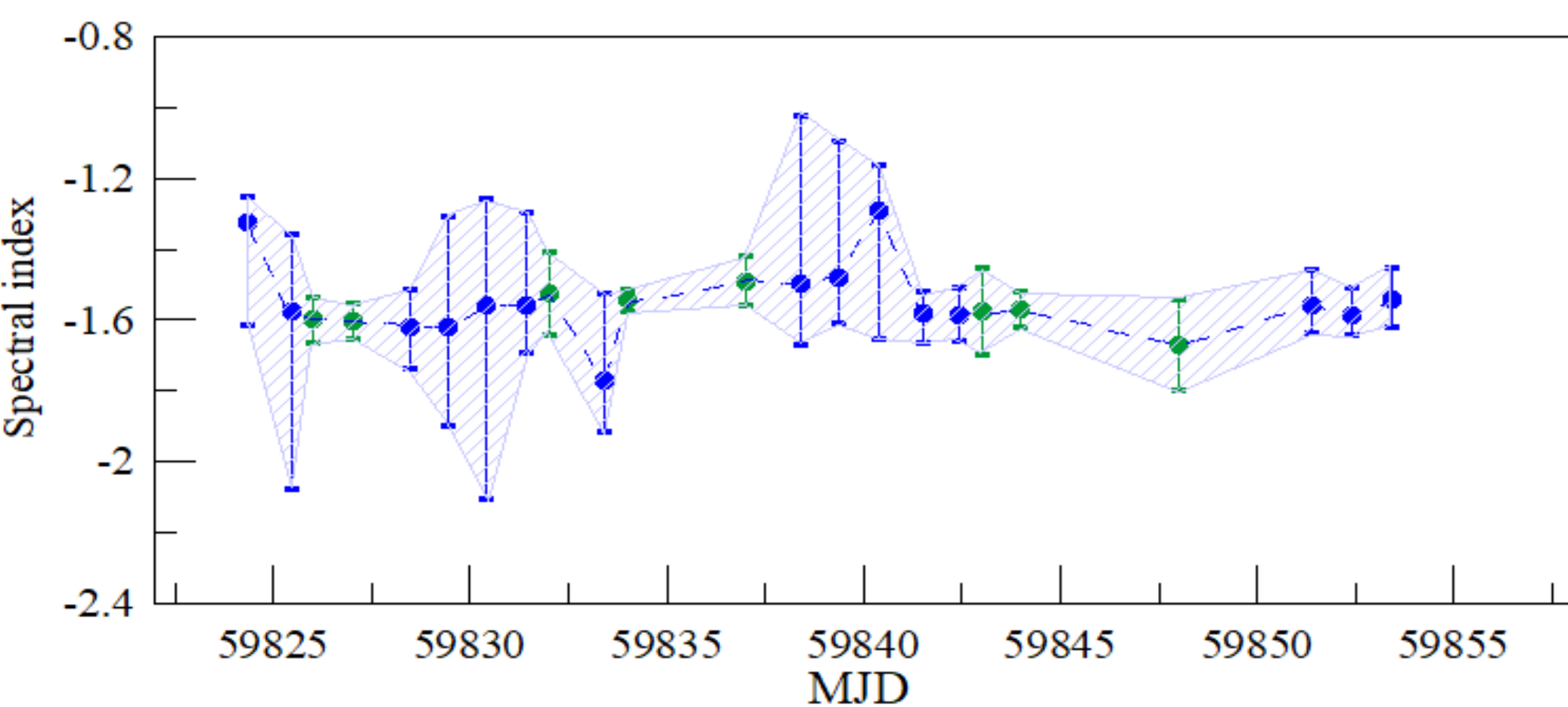


Рис.2. Эволюция спектрального индекса BL Лас. Синим и зеленым маркерами отмечены медианные значения α для ночей с обнаруженной IDV и без неё, соответственно. Бары ошибок демонстрируют максимальное изменение α в течение ночи.

Из-за плотного звездного окружения вблизи VL Лас, его относительно слабой яркости и большого размера пикселя (21"), TESS не предоставляет для этого источника результаты автоматической обработки. Мы предлагаем новый метод получения кривых блеска, полученных путем суммированных по 10 кадров вырезок из полнокадровых изображений TESS. Видно хорошее совпадение с результатами наблюдений MTM-500 (рис. 3). По данным MTM-500, BL Лас имел большую амплитуду переменности ($\Delta_{\text{MTM500}}=1.225$), чем в данных TESS ($\Delta_{\text{TESS}}=1.102$). Мы связываем этот факт с изменением спектрального индекса при переменности и широкой полосой пропускания фильтра TESS (600 – 1000 нм.).

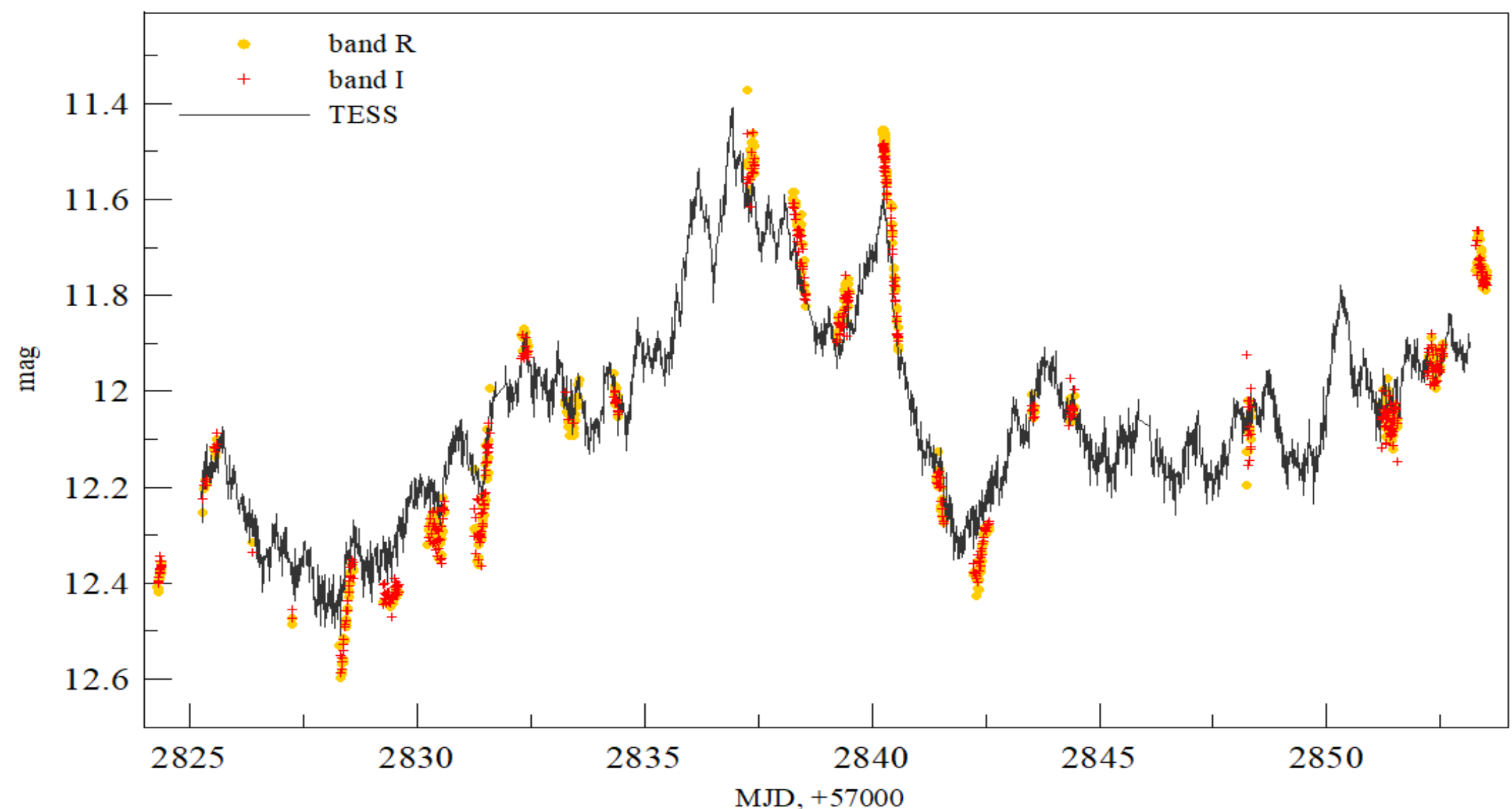


Рис.3. Совместная кривая блеска BL Лас по данным MTM-500 и TESS. Для лучшей наглядности кривых блеска, значения звездной величины в полосах R и I были скорректированы на -1.1 и -0.36 звездной величины, соответственно.

Если за переменность на малых временных шкалах отвечает один процесс, то со временем его параметры могут изменяться. Или этот процесс может сменяться другим. Тогда можно ожидать изменение кратчайшего характерного времени переменности τ . В предположении, что в некоторый интервал времени в переменности доминирует один процесс, мы определяем τ с помощью структурной функции (СФ) для последовательных интервалов на кривой блеска [6]. Рисунок 4 показывает отсутствие явных зависимостей τ от квадрата средней амплитуды переменности (SF_{max}), определяемого как значение максимума СФ, средней яркости и максимального изменения блеска (Δ_{mag}) на соответствующих интервалах. Временная эволюция α и τ демонстрируют различное поведение: на графике присутствуют как интервалы корреляции и антикорреляции, так и значительные изменения τ при постоянстве α (рис.5).

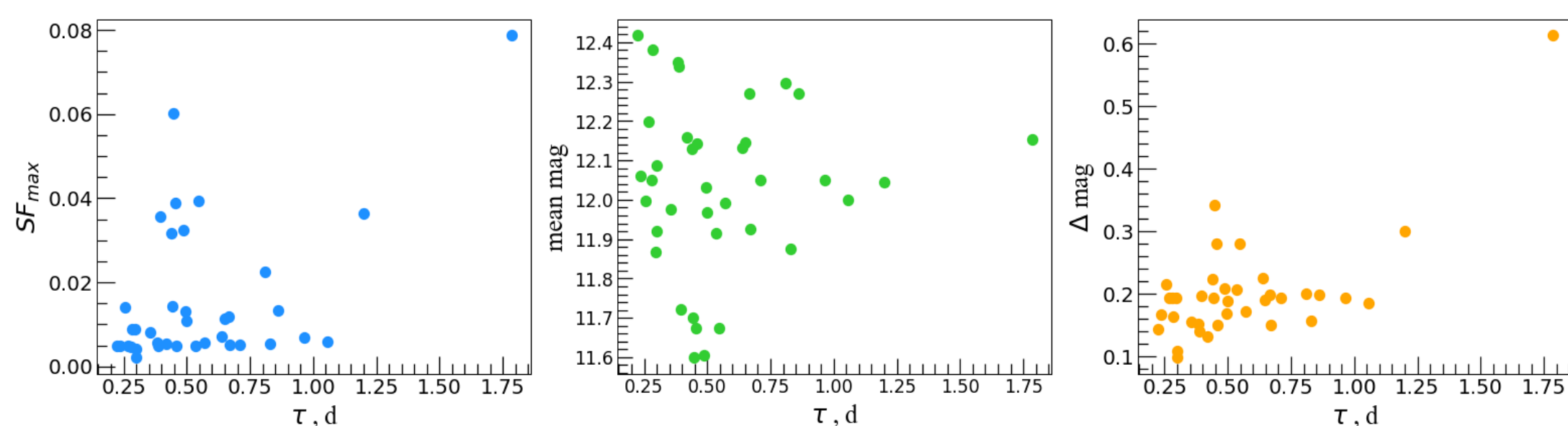


Рис.4. Зависимости между параметрами микропеременности: τ , SF_{max} , $\langle \text{mag} \rangle$, Δ_{mag} .

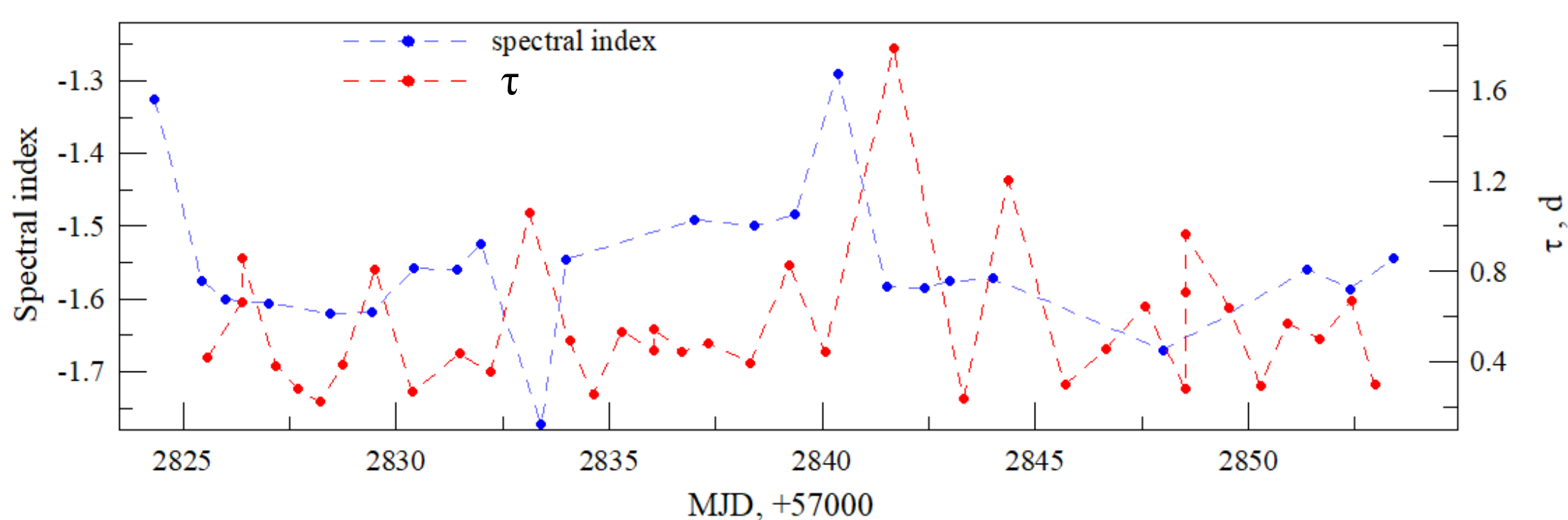


Рис.5. Эволюция спектрального индекса α и характерного времени переменности τ .

Заключение

Внутрисуточная переменность BL Лас обнаружена в 15 из 23 ночей, при этом в 7 ночах присутствуют изменения спектрального индекса. Мы предполагаем, что разница амплитуд переменности в данных TESS и наземного телескопа вызвана изменением α при широкой полосе пропускания TESS. Кратчайшие характерные времена переменности в основном находятся в интервале от 0.2 до 1.8 дня. Не выявлено корреляции между временными и спектральными характеристиками переменности. Это свидетельствует о том, что механизмы кратковременной переменности характеризуются двумя и более независимыми параметрами.

Исследование частично поддержано грантом РФФ № 24-22-00343

Литература

1. Bachev R., Tripathi T., Gupta A.C., et al. 2023, MNRAS, V.522, p.3018.
2. Ricker G.R., Winn J.N., Vanderspek R.L., et al. 2015, JATIS, V.1, p.014003.
3. Rublevski A.N., Kiselev N.N., 2019, Izvestiya KRAO, V.115, p.63.
4. Mead A.R.G., Ballard K.R., Brand P.W.J.L., et al. 1990, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., V.83, p.183
5. Gorbachev M.A., Butuzova M.S., Nazarov S.V., et al. 2024, Astropart. Phys., V. 160, p.102965.
6. Butuzova M.S., 2021, Astropart. Phys., V. 129, p.102577.