

# Моделирование спектров отражения астероидов и оценка их таксономических типов и состава вещества

Савелова А.А. (1), Бусарев В.В. (1,2), Щербина М.П. (1),

(1) Государственный астрономический институт имени Штернберга МГУ, Москва, Россия

(2) Институт астрономии Российской академии наук, Москва, Россия

## Введение:

Определение состава поверхностного вещества подавляющего большинства астероидов в настоящий момент возможно только путем выполнения дистанционных измерений, а также обработки и моделирования полученных данных. В силу всё возрастающего количества открытых астероидов и данных о них необходимо по возможности автоматизировать процесс обработки подобной информации.

Ранее [1] была написана программа, основанная на аппроксимации спектров отражения астероидов комбинациями спектров отражения минералов и метеоритов из имеющихся баз данных, позволяющая получить количественные оценки состава вещества поверхности астероидов. Кроме того, была написана [2], а к настоящему моменту доработана, программа, позволяющая оценить таксономический класс астероида по форме его спектра отражения и геометрическому альбедо.

## Метод «шаблонов» и программа:

Нами была разработана программа для определения спектральных типов астероидов (по классификациям Толена [3] и SMASSII [4]) по форме спектров отражения астероидов. Для достижения этой цели для каждого спектрального класса обеих классификаций был построен «шаблон» - спектральные границы в системе координат R (нормированная отражательная способность астероида на длине волны 0,55 мкм) –  $\lambda$  (длина волны в диапазоне 0,4-0,9 мкм). «Шаблоны» были построены по спектрам отражения астероидов из базы SMASSII. Программа позволяет оценить таксономический класс астероида путем сравнения «шаблонов» спектральных классов и исследуемого спектра отражения астероида. Кроме того, программа проверяет, подходит ли альбедо астероида под диапазон альбедо, характерный для каждого рассматриваемого таксономического класса. В результате работа данной программы ускоряет процесс установления таксономического класса астероида.

## Результаты:

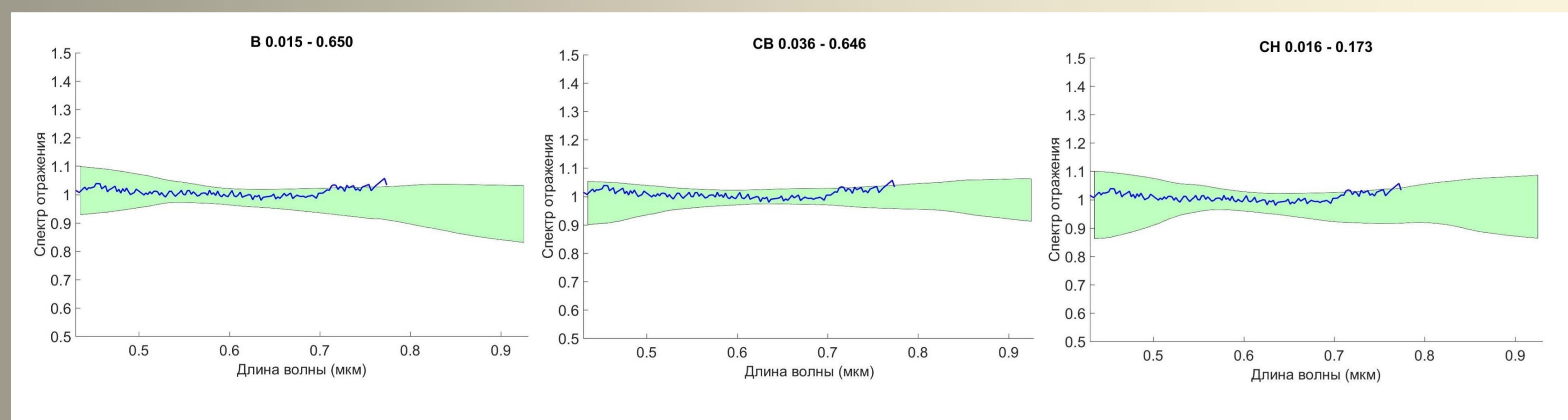
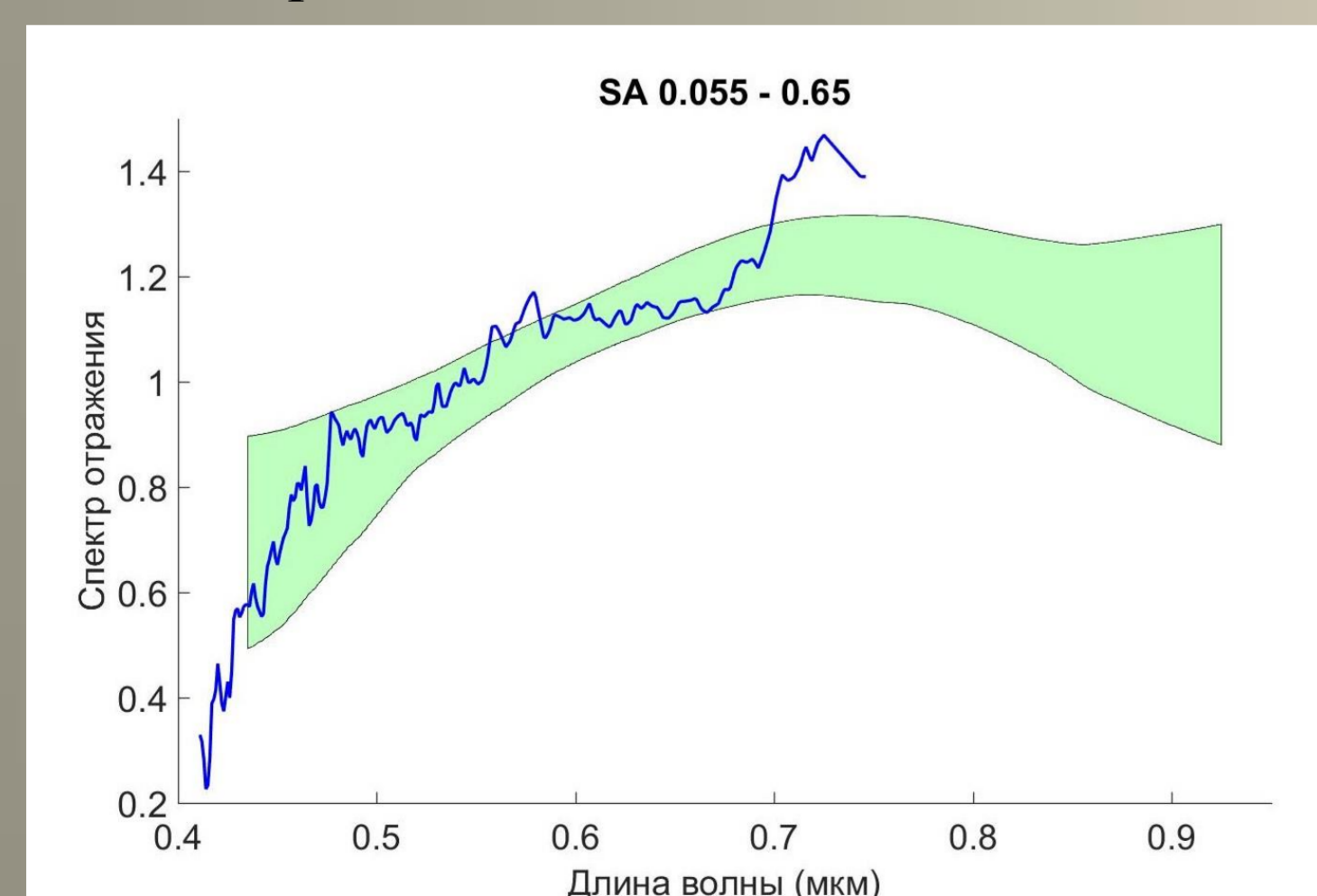


Рис.1. 47 Aglaja, классификация SMASSII. Синяя линия - спектр отражения исследуемого астероида, зеленая область – «шаблон». Вверху графика указан таксономический класс, для которого был построен шаблон, и диапазон альбедо для него.

Результаты для астероида 47 Aglaja (АГП) представлены на рис.1. Астероид принадлежит классу В по SMASSII [5]. Программа показала, что спектр отражения астероида 47 находится внутри «шаблонов» классов В, СВ, СН по SMASSII (альбедо Aglaja находится в границах диапазонов альбедо для данных классов).



Результаты для астероида 93768 (Марс-кроссер) показаны на рис. 2. Лучше всего спектр отражения астероида попадает в «шаблон» класса SA по SMASSII (астероид не классифицирован в используемых базах данных). Альбедо астероида удовлетворяет границам альбедо данного класса.

Рис.2. 93768, классификация SMASSII. Синяя линия - спектр отражения исследуемого астероида, зеленая область – «шаблон». Вверху графика указан таксономический класс, для которого был построен шаблон, и диапазон альбедо для него.

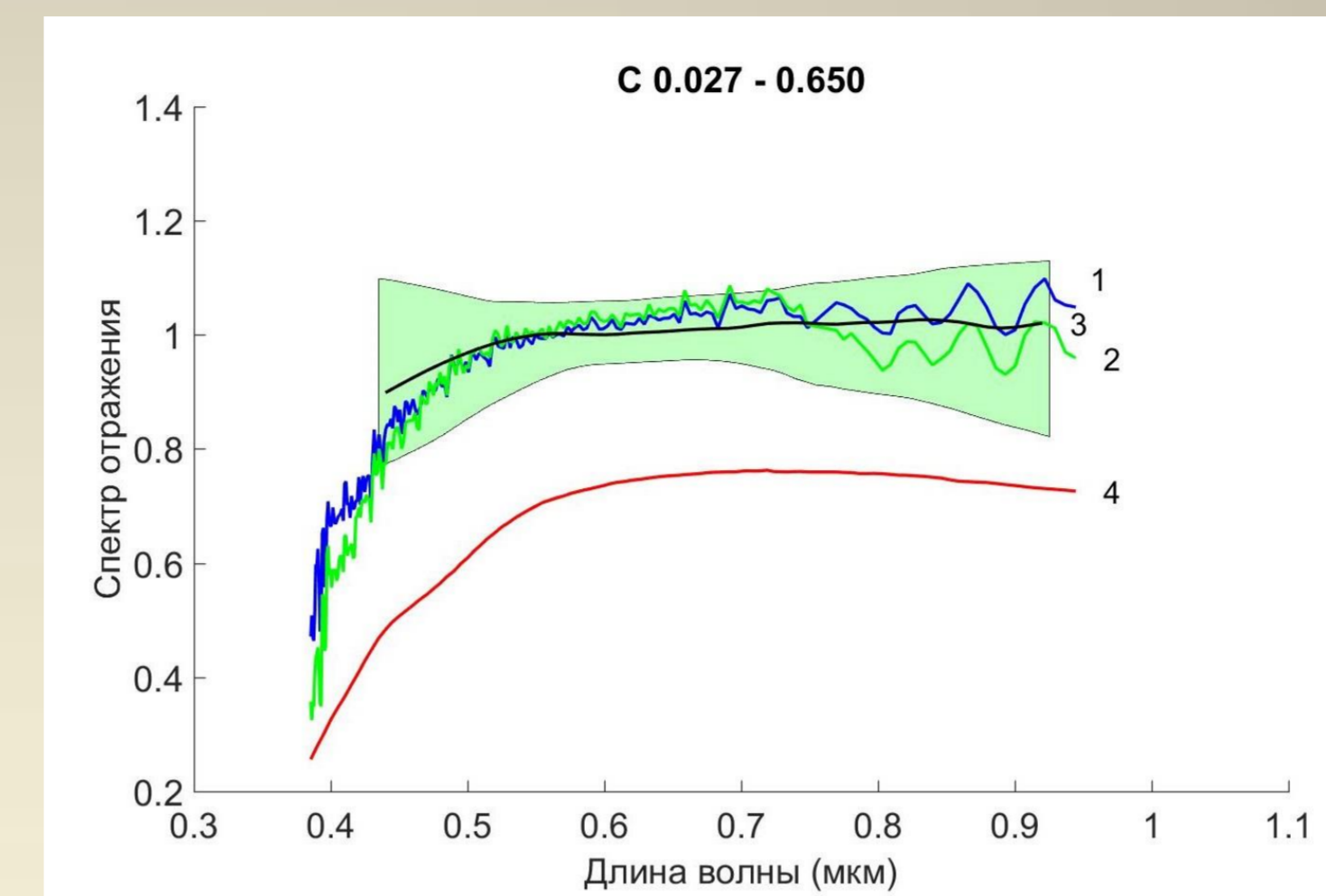


Рис.3. 102 Мириам. 1,2 – спектры отражения астероида, 3 – спектр отражения астероида из SMASSII, 4 – метеоритное приближение.

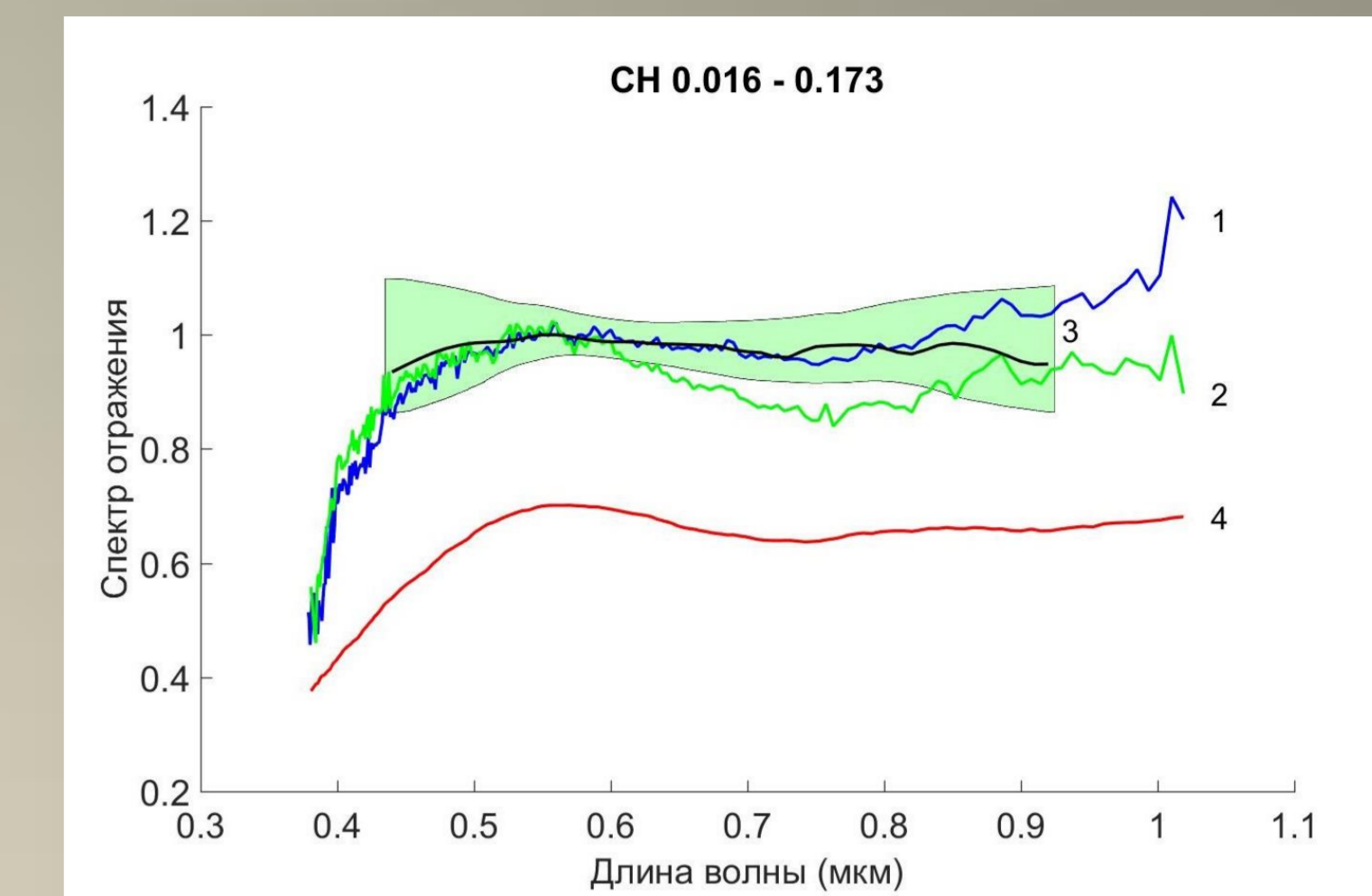


Рис.4. 266 Алина. 1,2 – спектры отражения астероида, 3 – спектр отражения астероида из SMASSII, 4 – метеоритное приближение.

В декабре 2020 года нашей группой были получены новые спектры отражения 10 астероидов Главного Пояса вблизи момента прохождения ими перигелия. Мы применили наши программы к ним. Результаты для двух из десяти астероидов представлены на рисунках 3 и 4.

На рисунке 3 представлен результат для астероида 102 Мириам. Согласно базе данных [5] астероид принадлежит спектральному классу С по SMASSII и имеет геометрическое альбедо 0.051. Для данного астероида был подобран метеоритный аналог – это метеорит Frontier Mountain 99040, принадлежащий типу CO3. Тип метеорита не противоречит примитивному таксономическому классу астероида.

На рисунке 4 представлен результат для астероида 266 Алина. Согласно базе данных [5] астероид принадлежит спектральному классу СН по SMASSII и имеет геометрическое альбедо 0.027. Подобранный метеоритный аналог – смесь метеоритов 67% Nogoysa + 33% Murchison. Оба метеорита принадлежат типу CM2, что не противоречит примитивному таксономическому классу астероида.

Формы спектров остальных 8 астероидов не согласуются со «стандартными» спектрами отражения данных астероидов из базы SMASSII. С учетом того, что

- 1) все астероиды наблюдались вблизи момента прохождения ими перигелия,
- 2) было установлено, что спектральная прозрачность земной атмосферы за время наблюдения астероида не менялась,
- 3) астероиды наблюдались в течение небольших интервалов времени, за которые, с учетом их скоростей вращения, не мог существенно измениться минеральный состав поверхности,

был сделан вывод, что, по-видимому, форма спектров обуславливается возникшей у данных астероидов вблизи перигелия подвижной пылевой экзосферой.

## Заключение:

1. Доработана программа, использующая метод «шаблонов» для определения спектральных типов астероидов.
2. Получены результаты по оценке таксономических классов и подбору метеоритных аналогов для новых спектров отражения астероидов.

## Список литературы:

- [1] Rezaeva A.A., Shcherbina M.P., Busarev V.V. Modeling of asteroid reflectance with laboratory databases of analog sample // Abstracts of the Tenth Moscow Solar System Symposium (10M-S3). Space Research Institute. Moscow. Russia. 2019. P.439-440.
- [2] МЕТОД «ШАБЛОНОВ»: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ТИПОВ АСТЕРОИДОВ// Сборник тезисов Всероссийской конференции «Наземная астрономия в России. XXI век». САО РАН. Нижний Архыз. Россия. 2020. С.196-197.
- [3] Tholen D. J. In: Asteroids II. Tucson: University of Arizona Press, pp. 1139–1150, 1989.
- [4] Bus S.J., Binzel R.P. Icarus, 2002, 158, pp. 146-177.
- [5] JPL Small-Body Database Browser. URL: <https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi> (дата обращения: 10.08.2021)