

ТАБЛИЧНАЯ ФОРМА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТЕОРИТОВ

Яковлев Г.А.^{1,2}¹Уральский федеральный университет, Екатеринбург, Россия, yakovlev.grigory@urfu.ru²Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого УрО РАН, Екатеринбург, Россия

При изотопных исследованиях вещества метеоритов различных типов на графиках в осях $\epsilon^{54}\text{Cr} - \epsilon^{50}\text{Ti}$ и $\epsilon^{54}\text{Cr} - \Delta^{17}\text{O}$ была обнаружена тенденция к образованию двух непересекающихся кластеров [Trinquier et al., 2007; Warren, 2011]. При измерениях концентраций изотопов молибдена позднее были получены схожие результаты [Budde et al., 2016]. Поскольку один из кластеров включал в себя преимущественно углистые хондриты, то он получил обозначение «углистый» (CC). К совокупности оставшихся классов стал применяться термин «неуглистый» (NC). В недавней работе [Kleine et al., 2020] формирование двух отдельных изотопных резервуаров в ранней Солнечной системе объясняется формированием Юпитера.

В ряде работ отмечалась возможная полезность NC-CC дихотомии при классификации метеоритов [Budde et al., 2016; Zhu et al., 2022] в будущем. Выказывалась идея о внедрении в существующую устоявшуюся классификацию метеоритов по иерархическому принципу в каждый крупный раздел дополнительного распределения на основе близости к NC- или CC-резервуару [Warren, 2011]. Включение

в классификацию на основе дифференциации нового параметра представляется полезным и перспективным. Однако, соответствующая схема отличается запутанностью и громоздкостью. Для преодоления возможных неудобств разработано представление в табличном виде (рис. 1).

На данной схеме горизонтальная ось отражает принадлежность к NC- или CC- резервуару. В связи с более сильными проявлениями водного метаморфизма в веществе углистых хондритов предполагается их формирование (вместе с соответствующим кластером) за пределами снеговой линии. Расположение неуглистого кластера ближе к Солнцу не противоречит имеющимся литературным данным. В качестве вертикальной оси может быть использована степень дифференциации вещества. На рисунке 1 отображены только те группы, у которых установлено то или иное сочетание содержаний изотопов хрома, титана, молибдена и кислорода.

С одной стороны, табличная форма метеоритной классификации позволяет выявить пробелы в представленности вещества метеоритов тех или иных



Рис. 1. Табличная форма представления классификации метеоритов. Таблица заполнена на основании данных из работ [Budde et al., 2016; Doyle et al., 2016; Kleine et al., 2020; Rubin, 2018]

типов в доступных коллекциях (например, кора дифференцированных объектов, расположенных за снеговой линией). С другой стороны, эти лакуны могут свидетельствовать как о неполноте исследования имеющихся в распоряжении научного сообщества образцов, так и о физических ограничениях их возможного появления на Земле. В любом случае, табличная форма позволяет учесть дополнительный параметр при классификации вещества внеземного происхождения, причём позволяет это сделать в компактном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Budde G., Burkhardt C., Brennecke G.A., Fischer-Gödde M., Kruijer T.S., Kleine T. Molybdenum isotopic evidence for the origin of chondrules and a distinct genetic heritage of carbonaceous and non-carbonaceous meteorites // *Earth and Planetary Science Letters*. 2016. V. 454. P. 293–303.
2. Doyle P.M., Krot A.N., Jogo K., Nagashima K., Wakita S., Ciesla F.J. Aqueous Alteration and Accretion of Chondrite Parent Bodies: When and Where // *CosmoELEMENTS*. 2016. URL: http://www.elementsmagazine.org/archives/e12_5/e12_5_dep_cosmoelements.pdf
3. Kleine T., Budde G., Burkhardt C., Kruijer T.S., Worsham E.A., Morbidelli A., Nimmo F. The Non-carbonaceous-Carbonaceous Meteorite Dichotomy // *Space Sci. Rev.* 2020. V. 216. A. 55.
4. Rubin A.E. Carbonaceous and noncarbonaceous iron meteorites: Differences in chemical, physical, and collective properties // *Meteoritics & Planetary Science*. 2018. V. 53(11). P. 2357–2371.
5. Trinquier A., Birck J.-L., Allegre C.J. Widespread ⁵⁴Cr heterogeneity in the inner Solar system // *The Astrophysical Journal*. 2007. V. 655. P. 1179–1185.
6. Warren P.H. Stable-isotopic anomalies and the accretionary assemblage of the Earth and Mars: A subordinate role for carbonaceous chondrites // *Earth and Planetary Science Letters*. 2011. V. 311. P. 93–100.
7. Zhu K., Schiller M., Moynier F., Groen M., M.O'D. Alexander C., Davidson J., Schrader D.L., Bischoff A., Bizzarro M. Chondrite diversity revealed by chromium, calcium and magnesium isotopes // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 2023. V. 342. P. 156–168.