

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.067.02 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ И МИНЕРАЛОГИИ ИМ. В.С. СОБОЛЕВА СИБИРСКОГО
ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ ШАРЫГИНА
ВИКТОРА ВИКТОРОВИЧА НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА
ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____
Решение диссертационного совета от 04.10.2022 г. № 02/15

О присуждении **Шарыгину Виктору Викторовичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени доктора геолого-минералогических наук.

Диссертация в виде научного доклада «**Минералообразование в пирометаморфических, щелочно-магматических и метеоритных ассоциациях**» по специальности 25.00.05 – «минералогия, кристаллография» принята к защите 23.06.2022 г., протокол № 02/8, диссертационным советом Д 003.067.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук (630090, г. Новосибирск, просп. акад. Коптюга, 3), приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Шарыгин Виктор Викторович, 1964 года рождения, в 1997 г. защитил диссертацию в виде научного доклада на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности «25.00.05 – минералогия, кристаллография» на тему «**Физико-химические особенности кристаллизации лампроитов по данным изучения включений расплава в минералах**» в диссертационном совете, созданном на базе Объединенного института геологии, геофизики и минералогии Сибирского отделения Российской академии наук, Соискатель работает старшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории термобарогеохимии (№ 436) ФГБУН Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН.

Официальные оппоненты:

Соловова Ирина Петровна доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04. – «**петрология, вулканология**», ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института геологии рудных месторождений, петрографии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН, г. Москва).

Плечов Павел Юрьевич, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.04 – «**петрология, вулканология**», профессора РАН, директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Минералогический музей им. А.Е.Ферсмана Российской академии наук (ФММ РАН, г. Москва).

Криволуцкая Надежда Александровна, доктор геолого-минералогических наук по специальности 25.00.11 – «**геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, магниторазведка**», ведущий научный сотрудник лаборатории геохимии магматических и метаморфических пород Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена

Ленина и Ордена Октябрьской Революции Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН, г. Москва) дали **положительные отзывы на диссертацию**.

Ведущая организация – **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле** (г. Санкт-Петербург), в своем положительном заключении, подписанном **Микушевым Сергеем Владимировичем**, кандидатом физико-математических наук, проректором по науке, и **Золотаревым Андреем Анатольевичем**, доктором геолого-минералогических наук, профессором и заведующим кафедры кристаллографии, указала, что представленная диссертация является законченным трудом, в котором на основании выполненных автором исследований существенно расширены представления об особенностях и роли силикат-солевых ликвационных явлений в эволюции щелочных магматических расплавов, предложены новые минеральные ассоциации для температурной оценки кристаллизации в пирометаморфических породах и сделаны предпосылки, которые позволяют развивать теоретические представления об эволюции щелочных магм и метеоритов на поздних стадиях их эволюции. Диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография, по п.19, п.20. Шарыгин Виктор Викторович заслуживает присуждения ему искомой степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 25.00.05 – минералогия, кристаллография.

Соискателем В.В.Шарыгиным заявлено 40 опубликованных с 2011 по 2021 г. по теме диссертации работ в рецензируемых научных изданиях из списка баз данных Scopus (SCIMAGO) в журналах первого и второго квартиля:

1. **Sharygin V.V.**, Kamenetsky V.S., Zaitsev A.N., Kamenetsky M.B. Silicate-natrocyanatite liquid immiscibility in 1917 eruption combeite-wollastonite nepheline, Oldoinyo Lengai volcano, Tanzania: melt inclusion study // *Lithos*, 2012, v. 152, p. 23-39. (**Квартиль Q1**)
2. **Sharygin V.V.**, Lazic B., Armbruster T.M., Murashko M.N., Wirth R., Galuskin I.O., Galuskin E.V., Vapnik Y., Britvin S.N., Logvinova A.M. Shulamitite $\text{Ca}_3\text{TiFe}^{3+}\text{AlO}_8$ - a new perovskite-related mineral from Hatrurim Basin, Israel // *European Journal of Mineralogy*, 2013, v. 25, n. 1, p. 97-111. (**Q2**)
3. **Sharygin V.V.**, Pekov I.V., Zubkova N.V., Khomyakov A.P., Stoppa F., Pushcharovsky D.Yu. Umbrianite, $\text{K}_7\text{Na}_2\text{Ca}_2[\text{Al}_3\text{Si}_{10}\text{O}_{29}]\text{F}_2\text{Cl}_2$, a new mineral species from melilitolite of the Pian di Celle volcano, Umbria, Italy // *European Journal of Mineralogy*, 2013, v. 25, n. 4, p. 655-669. (**Q2**)
4. **Sharygin V.V.** Zincian micas from peralkaline phonolites of the Oktyabrsky massif, Azov Sea region, Ukrainian Shield // *European Journal of Mineralogy*, 2015, v. 27, no. 4, p. 521-533. (**Q2**)
5. **Шарыгин В.В.** Минералы надгруппы майенита из горелого террикона Челябинского угольного бассейна // *Геология и геофизика*, 2015, т. 56, № 11, с. 2031-2052. (**Q2**)
6. **Шарыгин В.В.**, Зубкова Н.В., Пеков И.В., Русаков В.С., Ксенофонтов Д.А., Нигматулина Е.Н., Владыкин Н.В., Пущаровский Д.Ю. Литийсодержащий Na-Fe-амфибол из криолитовых пород Катугинского редкометального месторождения (Забайкалье, Россия): особенности состава и кристаллическая структура // *Геология и геофизика*, 2016, т. 57, № 8, с. 1511-1526. (**Q2**)

7. Sharygin V.V., Kamenetsky V.S., Zhitova L.M., Belousov A.B., Abersteiner A. Copper-containing magnesioferrite in vesicular thachyandesite in a lava tube from the 2012–2013 eruption of the Tolbachik volcano, Kamchatka, Russia // *Minerals*, 2018, v. 8 (11), article 514. (Q2)
8. Sharygin V.V. A hibonite-spinel-corundum-hematite assemblage in plagioclase-clinopyroxene pyrometamorphic rock, Hatrurim Basin, Israel: chemical composition, genesis and temperature estimation // *Mineralogical Magazine*, 2019, v. 83, no. 1, p. 123-135. (Q2)
9. Sharygin V.V., Yakovlev G.A., Wirth R., Seryotkin Y.V., Sokol E.V., Nigmatulina E.N., Karmanov N.S., Pautov L.A. Nataliakulikite, $\text{Ca}_4\text{Ti}_2(\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+})(\text{Si},\text{Fe}^{3+},\text{Al})\text{O}_{11}$, a new perovskite-supergroup mineral from Hatrurim Basin, Negev Desert, Israel // *Minerals*, 2019, 9 (11), article 700. (Q2)
10. Sharygin V.V., Ripp G.S., Yakovlev G.A., Seryotkin Y.V., Karmanov N.S., Izbrodin I.A., Grokhovsky V.I., Khromova E.A. Uakitite, VN, a new mononitride mineral from Uakit iron meteorite (IIAB) // *Minerals*, 2020, 10 (2), article 150. (Q2)
11. Sharygin V.V. Mineralogy of silicate-natrophosphate immiscible inclusion in Elga IIE iron meteorite // *Minerals*, 2020, 10 (5), article 437. (Q2)
12. Sharygin V.V., Doroshkevich A.G., Seryotkin Yu.V., Karmanov N.S., Belogub E.V., Moroz T.N., Nigmatulina E.N., Yelisseyev A.P., Vedenyapin V.N., Kupriyanov I.N. Rippite, $\text{K}_2(\text{Nb},\text{Ti})_2(\text{Si}_4\text{O}_{12})\text{O}(\text{O},\text{F})$, a new K-Nb-cyclosilicate from Chuktukon carbonatite massif, Chadobets upland, Krasnoyarsk Territory, Russia // *Minerals*, 2020, 10 (12), article 1102. (Q2)
13. Sharygin V.V. Editorial for Special Issue “Mineralogy of Meteorites” // *Minerals*, 2021, 11(4), article 363. (Q2)
14. Sharygin V.V., Britvin S.N., Kaminsky F.V., Wirth R., Nigmatulina E.N., Yakovlev G.A., Novoselov K.A., Murashko M.N. Ellinaite, CaCr_2O_4 , a new natural post-spinel oxide from Hatrurim Basin, Israel, and Juina kimberlite field, Brazil // *European Journal of Mineralogy*, 2021, v. 33, p. 727–742. (Q2)
15. Секисова В.С., Шарыгин В.В., Зайцев А.Н., Стрекопытов С. Ликвационные явления при кристаллизации форстерит-флогопитовых ийолитов вулкана Олдоиньо Ленгаи, Танзания: по данным изучения включений расплава в минералах // *Геология и геофизика*, 2015, т. 56, № 12, с. 2173-2197. (Q2)
16. Старикова А.Е., Шарыгин В.В., Скляров Е.В. Бариевые фторалюминаты Катугинского редкометального месторождения, Забайкальский край, Россия // *Доклады Академии Наук*, 2017, т. 472, № 2, с. 180-184. (Q2)
17. Doroshkevich A.G., Sharygin V.V., Belousova E.A., Izbrodin I.A., Prokopyev I.R. Zircon from the Chuktukon alkaline ultramafic carbonatite complex (Chadobets uplift, Siberian craton) as evidence of source heterogeneity // *Lithos*, 2021, v. 382-383, article 105957. (Q1)
18. Nedosekova I.L., Belousova E.A., Sharygin V.V., Belyatsky B.V., Bayanova T.B. Origin and evolution of the Ilmeny-Vishnevogorsky carbonatites (Urals, Russia): insights from trace-elements compositions, Rb-Sr, Sm-Nd, U-Pb, Lu-Hf isotope data // *Mineralogy and Petrology*, 2013, v. 107, iss. 1, p. 101-123. (Q2)
19. Zaitsev A.N., Spratt J., Sharygin V.V., Wenzel T., Zaitseva O.A., Markl G. Mineralogy of the Laetolil Footprint Tuff: A comparison with possible volcanic sources from the Crater Highlands and Gregory Rift // *Journal of African Earth Sciences*, 2015, v. 111, p. 214-221. (Q2)

20. Чеботарев Д.А., Дорошкевич А.Г., **Шарыгин В.В.**, Юдин Д.С., Пономарчук А.В., Сергеев С.А. Геохронология Чуктуконского карбонатитового массива, Чадобецкое поднятие, Красноярский край, Россия // *Геология и геофизика*, 2017, т. 58, № 10, с. 1542-1553. (Q1)
21. Doroshkevich A.G., Chebotarev D.A., **Sharygin V.V.**, Prokopyev I.R., Nikolenko A.M. Petrology of the alkaline silicate rocks and carbonatites of the Chuktukon massif, Chadobets upland, Russia: sources, evolution of the magmas and relation to the Triassic Siberian LIP // *Lithos*, 2019. v. 332-333, p. 245-260. (Q1)
22. Старикова А.Е., Скляров Е.В., **Шарыгин В.В.** Y-REE-минерализация в биотит-арфведсонитовых гранитах Катугинского редкометального месторождения, Забайкальский край, Россия // *Доклады Академии Наук*, 2019, т. 487, № 1, с.88-92. (Q2)
23. Sokol E.V., Kokh S.N., **Sharygin V.V.**, Danilovsky V.A., Seryotkin Y.V., Liferovich R., Deviatiarova A.S., Nigmatulina E.N., Karmanov N.S. Mineralogical diversity of Ca₂SiO₄-bearing combustion metamorphic rocks in the Hatrurim Basin: Implications for storage and partitioning of elements in oil shale clinkering // *Minerals*, 2019, v. 9 (8), article 465. (Q2)
24. Kamenetsky V. S., Belousov A., **Sharygin V.V.**, Zhitova L.M., Ehrig K., Zelenski M.E., Chaplygin I., Yudovskaya M.A., Nesterenko P.N., Zakharov S.M. Natural gold-copper smelting with chloride flux in lava tubes of Tolbachik volcano (Kamchatka arc) // *Terra Nova*, 2019, v. 31, 511-517. (Q1)
25. Kamenetsky V.S., Kamenetsky M.B., Golovin A.V., **Sharygin V.V.**, Maas R. Ultrafresh salty kimberlite of the Udachnaya–East pipe (Yakutia, Russia): A petrological oddity or fortuitous discovery? // *Lithos*, 2012, v. 152, p. 173-186. (Q1)
26. Chakhmouradian A.R., Reguir E.P., Kamenetsky V.S., **Sharygin V.V.**, Golovin A.V. Trace-element partitioning in perovskite: implications for the geochemistry of kimberlites and other alkali-rich undersaturated rocks // *Chemical Geology*, 2013, v. 353, p. 112-131. (Q1)
27. Kamenetsky V.S., Charlier B., Zhitova L.M., **Sharygin V.V.**, Davidson P., Feig S. Magma chamber-scale liquid immiscibility in the Siberian Traps represented by melt pools in native iron // *Geology*, 2013, v.41, p. 1091-1094. (Q1)
28. Seryotkin Yu.V., Sokol E.V., Kokh S.N., **Sharygin V.V.** Natural bentorite - Cr³⁺-derivate of ettringite: determination of crystal structure // *Physics and Chemistry of Minerals*, 2019, v. 46, p. 553-570. (Q2)
29. Гибшер А.А., Мальковец В.Г., Травин А.В., Белоусова Е.А., **Шарыгин В.В.**, Конц З. Возраст камптонитовых даек агардагского щелочнобазальтоидного комплекса Западного Сангилена на основании Ar/Ar и U/Pb датирования // *Геология и геофизика*, 2012, т. 53, № 8, с. 763-775. (Q2)
30. Zaitsev A.N., Marks M.A.W., Wenzel T., Spratt J., **Sharygin V.V.**, Strekopytov S., Markl G. Mineralogy, geochemistry and petrology of the phonolitic to nephelinitic Sadiman volcano, Crater Highlands, Tanzania // *Lithos*, 2012, v. 152, p. 66-83. (Q1)
31. Potter N.J., Ferguson M.R.M., Kamenetsky V. S., Chakhmouradian A. R., **Sharygin V.V.**, Thompson J.M., Goemann K. Textural evolution of perovskite in the Afrikanda alkaline-ultramafic complex, Kola Peninsula, Russia // *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2018, 173 (12), article 100. (Q1)
32. Stoppa F., Schiazza M., Rosatelli G., Castorina F., **Sharygin V.V.**, Ambrosio F. A., Vicentini N. A Carbonatite System: from Mantle to Ore-deposit // *Ore Geology Reviews*, 2019, v. 114, article 103041. (Q1)

33. Zaccaria D., Vicentini N., Perna M.G. , Rosatelli G., **Sharygin V.V.**, Humphreys-Williams E., Brownscombe W., Stoppa F. Lamprophyre as the source of zircon in the Veneto Region, Italy // *Minerals*, 2021, v. 11 (10), article 1081. (Q2)
34. Konc Z., Marchesi C., Hidas K., Garrido C.J., Szabó Cs., **Sharygin V.V.** Structure and composition of the subcontinental lithospheric mantle beneath the Sangilen Plateau (Tuva, southern Siberia, Russia): evidence from lamprophyre-hosted spinel peridotite xenoliths // *Lithos*, 2012, v. 146, p. 253-263. (Q1)
35. Galuskin E.V., Gfeller F., Galuskina I.O., Armbruster T., Bailau R., **Sharygin V.V.** Mayenite supergroup, part I: Recommended nomenclature // *European Journal of Mineralogy*, 2015, v. 27, no. 1, p. 99-111. (Q2)
36. Galuskin E.V., Gfeller F., Armbruster T., Galuskina I.O., Vapnik Ye., Dulski M., Murashko M., Dzierżanowski P., **Sharygin V.V.**, Krivovichev S.V., Wirth R. Mayenite supergroup, Part III: Fluormayenite, $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}[\square_4\text{F}_2]$, and fluorkyuygenite, $\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{32}[(\text{H}_2\text{O})_4\text{F}_2]$, two new minerals from pyrometamorphic rock of the Hatrurim Complex, Southern Levant // *European Journal of Mineralogy*, 2015, v. 27, no. 1, p. 123-136. (Q2)
37. Sokol E.V., Seryotkin Yu.V., Kokh S.N., Vapnik Ye., Nigmatulina E.N., Goryainov S.V., Belogub E.V., **Sharygin V.V.** Flamite $(\text{Ca},\text{Na},\text{K})_2(\text{Si},\text{P})\text{O}_4$, a new mineral from the ultrahigh-temperature combustion metamorphic rocks, Hatrurim Basin, Negev Desert, Israel // *Mineralogical Magazine*, 2015, v. 79, no. 3, p. 583-596. (Q2)
38. Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Sklyarov E.V., Kotov A.B., Vladynkin N.V., Pisarevsky S.A., Larin A.M., Salnikova E.B., Savelieva V.B., **Sharygin V.V.**, Starikova A.E., Tolmacheva E.V., Velikoslavinsky S.D., Mazukabzov A.M., Bazarova E.P., Kovach V.P., Zagornaya N.Yu., Alyanova N.V., Khromova E.A. The unique Katugin rare-metal deposit (southern Siberia): Constraints on age and genesis // *Ore Geology Reviews*, 2017, v. 91, p. 246-263. (Q1)
39. Zaitsev A.N., McHenry L., Savchenok A.I., Strekopytov S., Spratt J., Humphreys-Williams E., **Sharygin V.V.**, Bogomolov E.S., Chakhmouradian A.R., Zaitseva O.N., Arzamastsev A.A., Reguir E.P., Leach L., Leach M., Mwankunda J. Stratigraphy, mineralogy and geochemistry of the Upper Laetolil Tuffs including a new Tuff 7 site with footprints of *Australopithecus afarensis*, Laetoli, Tanzania // *Journal of African Earth Sciences*, 2019, v. 158, Article 103561. (Q2)
40. Sokol E.V., Kokh S.N., Seryotkin Yu.V., Deviatiiarova A.S., Goryainov S.V., **Sharygin V.V.**, Khoury H.N., Karmanov N.S., Danilovsky V.A., Artemyev D.A. Ultrahigh-temperature sphalerite from Zn-Cd-Se-rich combustion metamorphic marbles, Daba complex, Central Jordan: paragenesis, chemistry and structure // *Minerals*, 2020, 10 (9), article 822. (Q2)

На диссертацию в виде научного доклада поступило 9 отзывов (все положительные) от: 1) ведущих научных сотрудников лаборатории редкометального магматизма ИГЕМ РАН (г. Москва), к.г.-м.н. Андреевой Ирина Анатольевна и д.г.-м.н. Никифорова Анатолия Викторовича; 2) к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории метеоритики и космохимии ГЕОХИ РАН (г. Москва) Ивановой Марины Александровны; 3) к.г.-м.н., старшего научного сотрудника лаборатории геохимии и рудоносности щелочного магматизма ГЕОХИ РАН (г. Москва) Зайцева Виктора Анатольевича; 4) д.г.-м.н., члена-корреспондента РАН, главного научного сотрудника лаборатории палеогеодинамики ИЗК СО РАН (г. Иркутск) Склярова Евгения Викторовича; 5) к.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории металлогенеза и рудообразования ГИН СО РАН, (г. Улан-Удэ) Кислова Евгения Владимировича; 6) к.г.-м.н., научного сотрудника лаборатории синтеза и модификации минералов ИЭМ РАН

(г. Черноголовка) Ермолаевой Веры Никитичны; 7) д.г.-м.н., ведущего научного сотрудника лаборатории метеоритики и космохимии ГЕОХИ РАН (г. Москва) Хисиной Натальи Рафаиловны и к.г.-м.н., заведующего лабораторией метеоритики и космохимии ГЕОХИ РАН Бадюкова Дмитрия Дмитриевича; 8) к.т. наук, профессора Гроховского Виктора Иосифовича и м.н.с. Муфтахетдиновой Разили Фагилевны, кафедра физических методов и приборов контроля качества, Физико-технологический институт, Уральский федеральный университет (г. Екатеринбург); 9) д.г.-м.н., академика РАН, главного научного сотрудника лаборатории геохимии основного и ультраосновного магматизма ИЗК СО РАН (г. Иркутск) Кузьмина Михаила Ивановича.

В отзывах отмечено, что диссертационная работа является серьёзным научным исследованием, решающим несколько крупных научных проблем и вносящим серьезный вклад в петрологию: предложены новые геотермометры для температурной оценки кристаллизации пирометаморфических пород; расширены представления об особенностях и роли силикатно-солевых ликвационных явлений в эволюции щелочных расплавов, сделаны выводы, позволяющие развивать теоретические представления об эволюции щелочных магм; показано, что силикатно-солевая ликвация является значимой в генезисе метеоритного вещества, что заставляет нас задуматься, о её возможном значении как фактора дифференциации вещества на уровне оболочек планет. Подчеркивается значительный объем экспериментальных термобарогеохимических данных, применение широкого круга современных аналитических методов исследования. Полученные соискателем результаты признаны мировым сообществом, что подтверждается их опубликованием в высокорейтинговых журналах. Основные защищаемые положения достоверны и обоснованы.

Основные замечания и предложения по диссертации в виде научного доклада касаются следующего:

1) *Из отзыва ведущей организации (Золотарев А.А., Брусницын А.И., Гуржий В.В.):*

Замечание ко второму защищаемому положению.

То, что отделение натрокарбонатитового расплава от исходной карбонатизированной нефелинитовой магмы происходило при температурах выше 900°C, выглядит очевидным фактом (температура плавления чистого Na_2CO_3 858°C).

За исключением дискуссионного комментария ко второму (третьему) защищаемому положению, у представителей ведущей организации нет возражений по существу.

2) *Из отзыва официального оппонента Солововой И.П.*

При ознакомлении с главой 2 возникли вопросы и незначительные замечания.

Стр. 23, 36 и везде по тексту. В описании высокотемпературных опытов используется выражение «плавление стекла». Можно говорить о его размягчении, но не плавлении.

Стр. 24. При описании термических экспериментов с включениями в нефелине Олдоинью Ленгаи отмечалось появление и затем исчезновение капель солевого расплава разного состава или новообразованных фаз (фторид, хлорид, сульфат) при 670–840°C. Очень необычное явление. Почему было решено, что это солевой расплав, причем фторид-, хлорид-, сульфатного состава?

Стр. 26, 31, 35 и везде по тексту. При описании фазового состава включений часто указывается на присутствие в них ксеногенных фаз. По каким критериям они были отнесены к «ксеногенным»?

Стр. 33. На странице 33 сказано «Наличие водосодержащей фазы, представленной флогопитом, кристаллизующегося на ранней стадии образования ийолитов, указывает на ощу-

тимое количество воды в исходном расплаве, а содержания H_2O (1.0-2.3 мас.%) во включениях расплава в нефелине, возможно, отражают постепенное уменьшение ее количества в процессе кристаллизации». В табл. 3 даны составы ийолитов, но без концентрации H_2O , поэтому говорить об «ощутимом количестве воды в исходном расплаве», опираясь только на присутствие флогопита, лучше осторожнее.

Стр. 36 - 37. При рассмотрении процесса фазовых превращений во включениях с дочерней фазой флюорита указано, что при 600-630°C происходит «плавление флюорита с образованием капли флюоритового расплава». То есть, по мнению доктора физико-математических наук, в какой-то момент недоплавленное округлое зерно кристалла CaF_2 «превращается» в каплю монофазного флюоритового расплава и возникает силикатно-солевая (монофазная) несмесимость? Как объяснить такое превращение? Тем более, что температура плавления монофазы флюорита составляет 1360°C. Все значительно упрощается в том случае, если CaF_2 рассматривать как составляющую более сложного солевого расплава или H_2O -содержащего флюида. В таблице 5 указано, что концентрация Na_2O в силикатном расплаве достигает чрезвычайно высоких концентраций - 14.6 мас.% в присутствии H_2O и Cl до 0.9%. При таком соотношении $NaCl$ должен перераспределяться во флюид или второй расплав (солевой). Однако, если флюорит является дочерней фазой силикатного расплавного включения, то откуда берется флюоритовый расплав при 600°C, который не растворяется в силикатном? Может быть это не расплав? Типичный процесс растворения фаз во включениях в высокотемпературных экспериментах предполагает постепенное округление граней кристаллов и уменьшение размера зерен, которые могут быть приняты за расплав.

3) Из отзыва официального оппонента Плечова П.Ю.

Замечания к первой главе:

В этой главе детально рассмотрена минералогия пирометаморфических пород Хатруим Бэзин (Израиль). На основе составов минералов автор делает оценку температуры формирования ассоциаций Fe-перовскит + наталиякуликит и Fe-перовскит + шарыгинит в диапазоне 1170-1200 С. Он также отмечает обилие других примесей (Al, Cr) в минералах данной ассоциации. В этой связи у рецензента возникает ряд вопросов и существенное замечание: На рис. 1.4.-3 приведена диаграмма фазовых переходов в системе $CaTiO_3$ – $Ca_2Fe_2O_5$, построенная по экспериментальным данным Весерто et al., 1999, 2000, 2002. Эти эксперименты проводились при атмосферном давлении в равновесных условиях (медленный отжиг) и при фугитивности кислорода на уровне кислородного буфера IW+1.

1. Соответствуют ли условия природного минералообразования указанным параметрам? Можно допустить, что давление было близко к атмосферному, но оценка фугитивности кислорода в работе не приведена.
2. Предложенная диаграмма подразумевает формирование парагенезиса за счет разложения более высокотемпературного перовскита, однако, из фотографий 1.4.-1 не видно реликтов такой реакции.
3. Формирование минеральных ассоциаций из газовых струй может существенно отклоняться от равновесных условий, которые создавались при эксперименте. В качестве примера можно привести кристаллизацию богатого примесями (в том числе и Fe) кристобалита из газовой фазы при температуре заведомо ниже 900 С [Иванова и др., НДМ, 2018].

Для системы Al_2O_3 - Fe_2O_3 справедливы те же замечания, что и для системы CaTiO_3 – $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$. Не могла ли фаза FeAlO_3 кристаллизоваться из газовой фазы? Тогда ее существование может быть объяснено кинетикой кристаллизации, а не кинетикой остывания системы.

Замечания ко второй главе:

При изучении карбонатно-силикатной несмесимости при термометрических экспериментах с расплавными включениями в минералах нельзя пренебречь существенным влиянием давления и возможной реакцией расплава с минералом-хозяином. В этой связи у рецензента возникают вопросы:

1. Было ли исследовано возможное взаимодействие карбонатно-силикатных расплавных включений с нефелином-хозяином? К примеру, перераспределение щелочей в нефелин и их возможная миграция из включения на магматической стадии может объяснить большие вариации состава карбонатных глобулей при более-менее близком составе силикатного стекла (буферирование), а также невозможность гомогенизировать силикатный и карбонатный расплав.
2. Почему в силикатном стекле карбонатно-силикатных включений в нефелине не отмечается самостоятельная флюидная фаза? Не является ли это свидетельством взаимодействия различных составляющих включения после его консервации?
3. Изучался ли нефелин как качественный контейнер для расплавных включений? К примеру, термическое расширение нефелина в термометрических экспериментах, проводимых при внешнем атмосферном давлении может существенно снижать давление внутри включения при нагреве и смещать равновесие между силикатной и карбонатной фазой. Нет ли следов деформации нефелина на границе включения и минерала-хозяина? Измерялись ли композиционные профили в нефелине на границе с включениями?
4. Почему в оливине изученных пород зафиксированы только вторичные включения?
5. Размер карбонатных глобулей на рис. 2.2.-2 не превышает 2-3 мкм. Возможно, в таблице 7 анализы отражают влияние матрицы анализа на измеряемый состав.
6. Замечены следующие опечатки: Стр. 22, конец второго абзаца – стеловатых. Наверное, стекловатых? Стр. 24 - переход флюорита во флюоритовый расплав. Наверное, во фторидный расплав? Стр. 44 трубке карбонатитовых лампрофирах. Наверное, лампрофиров

Вопросы по третьей главе:

1. Не до конца понятно обоснование последовательности проявления несмесимости. По логике автора силикатная составляющая сначала распределялась в сульфидную фазу, а затем обособлялась в виде самостоятельных выделений. Почему разделение жидкостей на металлическую, сульфидную и силикатную не могло происходить одновременно?
2. На рис. 3.3.-2 показано субмикронное выделение меди. Не могли ли такие мелкие частички сорбироваться на поверхности препарата во время препаратоподготовки или напыления образца? В моей практике такие случаи встречались.
3. Из описания силикат-натрофосфатной несмесимости в метеорите Эльга осталось неясным, сформировалась ли она при первичной кристаллизации метеорита или за счет более поздних импактных процессов. Был ли необходим этот этап несмесимости для

формирования натрофосфатной минерализации? В метеорите Cape York натрофосфаты приурочены к сульфидным, а не силикатным выделениям.

4) Из отзыва официального оппонента Криволуцкой Н.А.

Как любая большая работа, диссертация не лишена некоторых недостатков, которые, вероятно, обусловлены во многом ограниченным объемом избранного формата. Главным из них рецензенту представляется недостаточные сведения по геологии выбранных объектов, в частности, отсутствие в некоторых случаях валового составов пород, в которых были изучены минералы и включения в них, что не позволяет сопоставить полученные данные для родоначальных расплавов с реальными составами. Хотелось бы увидеть более детальный анализ полученных автором данных по эволюции процессов (магматизма, пирометаморфизма и др.) с помощью изучения включений и других петрологических методов.

Конкретные замечания сводятся к следующему:

1. В разделе «Личный вклад автора» сказано, что автором были отобраны и подготовлены образцы магматических и пирометаморфических пород и метеоритов для различных аналитических работ. Не совсем понятно, какие именно образцы отобраны в полевых условиях, а какие просто выбраны из существующих коллекций. Например, сказано, что комбеит-волластонитовый нефелинит из лавового потока 1917 года (образец OL7/2000) был отобран в западной части северного кратера Олдоиньо Ленгай. Кем отобран, автором? В действительности такие сведения во многом отражают знания автора о геологии объектов.

2. В начале главы 1 дается характеристика пирометаморфизма, к которому отнесены и метаморфические породы из контакта трапповых интрузивов со ссылкой на работу Ревердатто (1970). Хотелось бы уточнить все ли контактово-метаморфические породы относятся к пирометаморфическим образованиям. На первых этапах исследований описанные еще В.С. Соболевым породы высокотемпературной фации в 1934 г. определялись как очень редкое явление. Хорошо было бы конкретизировать условия появления подобных пород (по литературным данным).

3. В главе 1 отмечается, что первоначально изученная порода была классифицирована как плагиоклаз-клинопироксеновый роговик (Шарыгин и др., 2008), но обилие газовых пустот позволяет интерпретировать её как паралаву, которая образовалась за счет плавления роговика (Sharygin, 2019). Вероятно, для точной диагностики породы необходимо знать не только текстурно-структурные особенности породы, но и морфологию и положение геологического тела, которое ей сформировано. Об этом ничего не сказано в данном разделе. Хорошо было бы привести в работе геологические разрезы или зарисовки обнажений.

4. Сделанное выше замечание об отсутствии составов пород в значительной степени относится к исследованию вулкана Олдоиньо Ленгай. Особенно остро встает вопрос о составе расплава нефелинитов, поскольку состав включений (Таблица 2) в нефелине принципиально отличается от состава минерала (и породы) по главным и редким элементам, что отмечено самим автором. С чем связаны подобные отличия и на сколько изученные включения отражают состав исходного расплава? Следовало пояснить это в тексте. Нигде в работе не приводятся составы закаленных стекол из включений. Если их состав не меняется в процессе эксперимента, то это тоже хорошо было бы показать. На Рис.2.1. нет масштаба.

5. В качестве источника для верхних слоев туфов Лаетоли В.В. Шарыгиным предлагаются два вулкана - Ессимигор и Мосоник, но высказываются сомнения в реальности

источника, т.к. они расположены на расстоянии около 100 км. Такое расстояние вполне реально, т.к. пепловый материал может переноситься и на значительно большие расстояния.

6. В Главе 3 сказано, что в железных метеоритах постоянно присутствуют троилитовые нодули и обособления, представляющие собой остаточный сульфидный расплав. Почему сульфидный расплав остаточный?

7. Автором сказано, что для метеорита Эльга выявлены многочисленные признаки локального импактного плавления как в металле, так и в силикатных включениях. В чем они выражаются? Хорошо бы дать краткую характеристику.

5) Из отзыва Андреевой И.А. и Никифорова А.В.

1. Автором детально изучены расплавные включения в целом ряде минералов нефелинитов и ийолитов вулкана Олдоиньо Ленгай. При этом состав расплава (стекла) приводится только во включениях в нефелине из этих пород. К тому же, это - негретые включения. Не ясно, почему автор не рассматривает стекла гомогенизированных расплавных включений (силикатную составляющую), ведь во многих включениях присутствуют дочерние минералы и, следовательно, после гомогенизации состав стекол гомогенизированных включений будет отличаться от состава стекол негретых включений.
2. Составы стекол расплавных включений в нефелине ийолитов существенно различаются с составом породы, и автор не объясняет с чем это связано. Возникает вопрос: насколько соответствует состав стекол изученных расплавных включений реальному составу исходного расплава?
3. Как уже отмечалось, автор не привел составы стекол гомогенизированных расплавных включений из других минералов пород Олдоиньо Ленгай и не рассмотрел характер их взаимоотношений, а ведь это могло значительно расширить представления об эволюции магм вулкана.
4. Автор делает вывод об отсутствии генетической связи между фонолитами и натрокарбонатитами. Отсутствие силикатно-карбонатных включений в минералах фонолитов не является достаточным доказательством такого утверждения. Как правило, фонолиты, их интрузивные аналоги и карбонатиты являются полноправными членами единой магматической системы и генетически связаны между собой. Необходимы дополнительные доказательства (геологические, геохимические, изотопно-геохимические и т.д.) для такого вывода.

6) Из отзыва Ивановой М.А.

1. Было бы логично увидеть в диссертации сценарии образования конкретных пород, учитывая найденные условия возникновения минеральных парагенезисов, их не достает в качестве завершающего этапа исследования. Согласуются ли эти сценарии с общепринятыми процессами формирования или нет? Например, в железном метеорите Уакит были обнаружены добреелит, калининит, карлсбергит, сфалерит, уакитит и гроховскиит, и автор показал, что кристаллизация этих фаз в металлической и в сульфидной частях происходила благодаря перераспределению Cr, V, Zn и Cu между Fe-Cr-обогащенной сульфидной жидкостью и Fe-Ni металлического расплава при температуре выше 1000°C. Автор мог бы изложить свои соображения, при каком сценарии мог реализоваться этот процесс в истории формирования железных метеоритов, на каком этапе и когда происходило перераспределение элементов, опираясь на известные в литературе данные. Такая же ситуация с двумя другими железными метеоритами.

2. Железные метеориты Эльга, Уакит и Дарьинское относятся к разным химическим группам и имеют разные структуры и историю формирования. Эльга (ПЕ), например, (Teplyakova et al., 2022), эта статья только появилась онлайн в журнале Meteoritics and Planetary Science), содержащая силикатные включения и испытавшая ударные события, подвергалась совсем другим процессам, отразившихся на изучаемых сульфид-фосфидных и фосфатных ассоциациях в отличие от таковых в метеоритах Дарьинское (ПС) и Уакит (ПАВ или ПА). И почему некоторые минеральные ассоциации, найденные в Эльге и Дарьинском, не могли быть обнаружены в Уаките? С чем это могло быть связано? Есть ли проявления ударных процессов в Уаките?
3. Важной структурной характеристикой железных метеоритов, а тем более нового метеорита Уакит, является размер балок камасита, наличие или отсутствие видманштейновой структуры. К сожалению, в описании Уакита в диссертации этой характеристики не было отмечено. Безусловно, структурные характеристики связаны и с химической группой железных метеоритов, поэтому было бы полезно показать соответствие определенной химической группы со структурным типом этого метеорита. Если информации была опубликована в Международном метеоритном бюллетене, то необходимо сделать ссылку на этот номер, где есть это описание и недостающие характеристики.
4. Наличие или отсутствие видманштейновой структуры сразу накладывает ограничения на режим остывания родительского тела железного метеорита при соответствующем химическом составе, поэтому при характеристике редких минеральных парагенезисов необходимо учитывать формирование основного вещества, в которых эти парагенезисы формировались.
5. Было бы интересно, кроме температур образования, определить еще и окислительно-востановительные условия, при которых минеральные ассоциации могли быть стабильны, но это, по-возможности.
6. На странице 53 непонятен термин “идеальные и гонотипные составы. Возможно, там ошибка в написании или я не сталкивалась с таким определением. Если это гонотипный, то лучше написать просто однородный состав.

7) Из отзыва Зайцева В.А.

- 1) Форма изложения не позволяет отечественному читателю в полной мере насладиться этими результатами, тем более, что подавляющая часть работ докторанта из опубликована по-английски (конечно большинство современных российских учёных владеет английским языком, но, скорость чтения по-русски и по-английски существенно различается). Поэтому положительный эффект для российской науки от проделанной автором работы окажется значительно меньше, чем он мог бы быть, поскольку, если бы докторант сделал её в классическом варианте, и она стала бы, по существу, монографией.
- 2) Существует очевидное противоречие между формулировкой «Натрокарбонатитовый расплав является конечным продуктом эволюции исходной кальциокарбонатитовой магмы», содержащейся в третьем защищаемом положении и результатами докторанта, содержащимися в разделе 2.1, где убедительно показано, что натрокарбонатитовый расплав является результатом силикатно-карбонатной ликвации, то есть для его возникновения существования кальциокарбонатитовой магмы не требуется. Это противоречие снялось бы, если бы эта фраза например, начиналась словами «В этих комплексах...».

- 3) Определённую неясность вносят употребляемый в диссертации термин «главная стадия ликвации». На с. 33 указано «расплав, из которого кристаллизовался нефелин, уже был гетерогенным», таким образом, непонятно, что, если не ликвация, могло породить гетерогенность расплава и почему этот процесс отделён от главной стадии.
- 4) В работе нет оценок таких параметров, как давление и фугитивности кислорода, серы и т.д., равно как и обсуждения влияния их на исследуемые процессы, хотя обилие наблюдений, наверняка позволяет их, хотя бы в какой-то мере оценивать.

8) *Из отзыва Склярова Е.В.*

Сколько-нибудь серьезных замечаний к работе нет. При беглом ознакомлении с диссертацией появились некоторые сомнения в правомерности объединения столь разнородных объектов исследований (пиromетаморфиты, щелочно-карбонатитовые комплексы, метеориты) и разноплановых минералогических ассоциаций, но внимательное знакомство с диссертацией позволило найти объединяющую составляющую, заключающуюся в детальной минералогии и термобарогеохимии.

9) *Из отзыва Кислова Е.В.*

Трудно найти в такой скрупулезной и тщательной работе недостатки. Можно лишь усомниться в использовании термина «санидитовая», все-таки более правильно говорить о санидиновой.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что Соловова Ирина Петровна, Плечов Павел Юрьевич и Криволуцкая Надежда Александровна являются высококвалифицированными специалистами в петрологии изверженных, метаморфических пород и метеоритов, а именно высококлассными специалистами в изучении включений расплава в различных типах пород. Оппоненты имеют многочисленные публикации в высокорейтинговых изданиях в области исследования, соответствующей тематике диссертации, и способны объективно оценить данную диссертационную работу.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что направление ее научно-исследовательской деятельности полностью соответствует тематике диссертации (щелочные породы, пиromетаморфические породы и метеориты), а специалисты могут объективно и аргументированно оценить научную и практическую значимость диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненным соискателем исследований обосновано, что тесные ассоциации минералов серии перовскит-браунмиллерит ($\text{Fe-перовскит} + \text{шарыгинит/шуламитит}$, $\text{Fe-перовскит} + \text{наталиякуликит}$) и серии гематит-корунд, а также фаза состава FeAlO_3 , могут быть использованы для оценки пиковых температур в метакарбонатных и пироксен-плагиоклазовых пирогенных породах. Получены новые данные о составе ликвидирующих жидкостей (силикатной и натрокарбонатной/Са-фторидной), образующихся при формировании пород вулкана Олдоиньо Ленгаи, а также пород других вулканов рифта Грегори и Кратерного нагорья (Танзания) и установлены физико-химические особенности эволюции их исходных расплавов. Обобщены данные о натрокарбонатной составляющей в интрузивных породах щелочно-карбонатитовых комплексов мира. Охарактеризованы силикат-натрофосфатная несмесимость в железных метеоритах Эльга и Дарьинское и особенности химического состава фаз, появляющихся на поздних этапах кристаллизации в железных метеоритах.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что расширены и обобщены данные о силикатно-солевых ликвационных явлениях в эволюции щелочных расплавов и железных метеоритов, привлечены современные фазовые диаграммы для температурной оценки кристаллизации в высококальциевых пирометаморфических породах, сделаны выводы, которые позволяют развивать теоретические представления об эволюции щелочных магм и метеоритов на поздних стадиях их эволюции.

Доказаны следующие положения:

1. Ассоциации Fe-перовскит + шарыгинит (или шуламитит), Fe-перовскит + наталиякулит, корунд-гематит и фаза FeAlO₃ представляют собой новые температурные реперы, пригодные для оценки пиковых температур формирования метакарбонатных и плагиоклаз-клинопироксеновых пирометаморфических пород (высокотемпературная субфация спуррит-мервинитовой фации метаморфизма).
2. При становлении вулкана Олдоиньо Ленгаи (Танзания) натрокарбонатитовый расплав появляется за счет силикат-натрокарбонатной несмесимости в исходной карбонатизированной нефелинитовой магме при температурах выше 900°C в промежуточной близповерхностной магматической камере. Образование натрокарбонатитов генетически не связано с расплавами фонолитового состава. В пределах рифта Грегори и Кратерного нагорья (Восточно-Африканская рифтовая система) силикатно-солевая жидкостная несмесимость также фиксируется в нефелинитах вулканов Садиман и Мосоник (силикат-CaF₂ ликвация) и в туфах Лаэтоли (силикат-натрокарбонатная ликвация).
3. Щелочно-карбонатовая (натрокарбонатовая) составляющая фиксируется на самых поздних этапах формирования крупных щелочно-карбонатитовых интрузивных комплексов. Натрокарбонатитовый расплав является конечным продуктом эволюции исходной кальциокарбонатитовой магмы.
4. В железных метеоритах Эльга и Дарьинское силикат-натрофосфатная жидкостная несмесимость проявляется при температурах 1000-1100°C на поздних стадиях их эволюции. В железном метеорите Уакит отделение Fe-Cr-обогащенной сульфидной жидкости от Fe-Ni металлического расплава при температуре выше 1000°C способствовало перераспределению Cr, V, Zn и Cu и образованию таких минералов как добреелит, калининит, карлсбергит, сфалерит, уакитит и гроховскиит в металлической и сульфидной частях.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики определяется тем, что исследования по интрузивным кальциокарбонатитам и сопутствующим силикатным породам позволяют обосновать особенности формирования месторождений стратегических металлов, генетически связанных с карбонатитами. Знания о новых минералах и об условиях их кристаллизации в природных системах могут способствовать поиску оптимальных условий для выращивания монокристаллов их синтетических аналогов, используемых в материаловедении (полупроводники, ионные проводники, нелинейные оптические свойства).

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что в основу исследований легли многочисленные аналитические и экспериментальные данные, полученные методами термобарогеохимии. Методической основой работы является исследование включений расплава в минералах различных щелочных пород и карбонатитов, а также метеоритов. Включения в земных породах изучались методом термометрии с применением микротермокамер (визуальное наблюдение, атмосферное давление, инертная среда) и методом «сле-

пого прогрева» (отобранные зерна минералов нагревались в капсуле до определенной температуры, и затем быстро закаливались). Для исследования включений в минералах, самих минералов (включая новые минеральные виды) и пород, применялись оптическая микроскопия, рентгеноспектральный микроанализ (EDS и WDS), КР- и ИК-спектроскопия, вторично-ионная масс-спектрометрия (SIMS), масс-спектрометрия с индуктивно связанный плазмой (LA-ICP-MS), монокристальная рентгеновская дифракция, дифракция вторичных электронов (EBSD), просвечивающая электронная микроскопия (TEM), рентгенофлуоресцентный анализ (XRF) и другие методы.

Теоретическая часть работы основана на анализе опубликованных теоретических, экспериментальных и расчетных данных по теме диссертации. На основе этих сведений в частности обоснована правомочность использования фазовых диаграмм $\text{CaTiO}_3\text{-Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$ и $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ для оценки температур в метакарбонатных и пироксен-плагиоклазовых пирогенных породах.

Личный вклад соискателя состоит в обобщении результатов собственных многолетних исследований, проведенных в лаборатории термобарогеохимии ИГМ СО РАН. Автор непосредственно отбирал и подготавливал образцы магматических и пирометаморфических пород и метеоритов для различных аналитических работ, выполнил комплекс микроаналитических работ по включениям и минералам, проводил обработку и интерпретацию полученных результатов. Результаты исследований доложены и аprobированы на многочисленных российских и зарубежных конференциях.

На заседании 4 октября 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить **Шарыгину Виктору Викторовичу** учёную степень доктора геолого-минералогических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 9 докторов наук по специальности 25.00.05, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - 18, «против» - 0, «недействительных бюллетеней» - 0.

И.о. председателя диссертационного совета
академик РАН

Н.П. Похilenко

Ученый секретарь диссертационного совета
Д.Г.-М.Н.

О.Л. Гаськова

06.10.2022 г.

