

Министерство науки и высшего образования РФ
Российское минералогическое общество
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук»
Институт геологии имени академика Н. П. Юшкина

**Современные проблемы теоретической,
экспериментальной и прикладной минералогии
(Юшкинские чтения – 2022)**

Материалы российской конференции с международным участием

Сыктывкар, Республика Коми, Россия
18–20 мая 2022 г.

**Modern Problems of Theoretical, Experimental
and Applied Mineralogy
(Yushkin Readings – 2022)**

Proceedings of Russian conference with international participation

Syktyvkar, Komi Republic, Russia
18–20 May 2022

Сыктывкар



2022

Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2022): Материалы российской конференции с международным участием. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2022. 256 с.

В сборнике представлены материалы российской конференции с международным участием «Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии» (Юшкинские чтения — 2022). Рассматриваются фундаментальные проблемы генетической минералогии и кристаллографии, наноминералогии и биоминералогии. Широко представлены материалы по актуальным вопросам рационального использования минерального сырья и экспериментального моделирования процессов минералообразования. Большое внимание уделено минералогии месторождений полезных ископаемых. Сборник представляет интерес для минералогов и специалистов естественно-научного профиля.

Modern Problems of Theoretical, Experimental and Applied Mineralogy (Yushkin Readings — 2022): Proceedings of Russian conference with international participation. Syktyvkar, IG FRC Komi SC UB RAS, 2022. 256 p.

The volume contains Proceedings of Russian conference with international participation «Modern problems of theoretical, experimental and applied mineralogy» (Yushkin Readings — 2022). The fundamental problems of genetic mineralogy and crystallography, nanomineralogy and biomineralogy are considered. Data on actual problems of rational usage of mineral raw materials and experimental modeling of mineral formation processes are widely presented. Much attention is paid to mineralogy of mineral deposits. The volume is of great interest of mineralogists and specialists in the field of natural science.

Тексты докладов воспроизведены в авторской редакции.
Proceedings have been reproduced in the author version.

му в сланцах низкой стадии метаморфизма по Б. Вopenка [3].

В результате микрозондового изучения пород установлена редкоземельная минерализация, представленная монацитом и алланитом. В качестве аксессуарных минералов диагностированы апатит, циркон, сфалерит, гранат, титанит. Рудная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, пирротинитом, пентландитом, галенитом и разнообразными самородными фазами Ni, Fe с Zn и W, Cu с Sn. В неидентифицируемой минеральной фазе, содержащей SiO_2 , PO_4 , ZrO , Fe_2O_3 , UO_2 , Y_2O_3 отмечено присутствие Ag. Установлено, что самородные металлы в ассоциации с рудными минералами имеют пространственную связь с УВ.

Выявленные характерные признаки метаморфизма пород выражены в понижении марганцовистости гранатов (от центра зерен к краевым частям зерен); повышении железистости, отражающейся в присутствии в породах пирита, халькопирита, включений пирротина в пирите, включений пентландита в пирротине, развитии в породе окислов железа, кристаллогидратов FePO_4 (штрентит) в срastании с монацитом, повышении содержания Fe_2O_3 к краевым частям зерен гранатов. Также, отмечено зональное строение циркона с повышением содержания Fe_2O_3 , Hf и UO_2 в оболочках зерен, при этом поверхность зерен цирконов имеет неровную пористую текстуру; включения галенита в монаците; часто встречаются сростки пирита со сфалеритом и халькопиритом; в монаците отмечены повышенные содержания примесей ThO_2 (до 4.84 мас. %) и UO_2 (до 2.02 мас. %). Многочисленные выделения самородных фаз Fe, Ni, W, Cu могут свидетельствовать о сильно восстановительной среде минералообразования в углеродсодержащих породах Хараматалоуского комплекса.

В результате исследований минерального вещества углеродсодержащих пород Хараматалоуского комплекса (непосредственно в аншлифах и свежих сколах породы) микрозондовым анализом впервые отмечено присутствие частиц самородного Ag. На основе данных рамановской спектроскопии выделены два типа УВ — нанокристаллический графит и шунгитоподобный углерод. Выявлена пространственная связь самородных металлов и их соединений с УВ. Полученные данные могут иметь важное значение для оценки перспектив данного объекта на благороднометалльное оруденение черносланцевого типа.

Авторы выражают благодарность Л. Н. Любоженко за предоставленные для изучения образцы, С. И. Исаенко и Е. М. Тропникову за помощь в проведении аналитических исследований. Аналитические работы выполнены в ЦКП «Геонаука» (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН).

Литература

1. Любоженко Л. Н., Филиппов В. Н. Химические особенности минералов-индикаторов метаморфизма пород хараматалоуского комплекса (Полярный Урал) / Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: материалы XV Геол. съезда Республики Коми. Т. II. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 388–390.
2. Шумилова Т. Г., Любоженко Л. Н., Букалов С. С. Углеродистое вещество пород Хараматалоуского выступа и сопредельного участка Лемвинской зоны. Сыктывкар: Геопринт, 2000. 56 с.
3. Wopenka B., Pasteris J. D. Structural characterization of kerogens to granulite-facies graphite: Applicability of Raman microprobe spectroscopy // American Mineralogist, 1993. V. 78. P. 533–557.

Об устойчивом динамическом равновесии физико-химических свойств минералов в составе пород и оболочек Земли

А. В. Кокин

РАНХ и ГС при Президенте РФ, Ростов-на-Дону; alex@avkokin.ru

В процессе физико-химической эволюции Земли состав магматических пород, их плотность изменялась от ультраосновного к основному, среднему и кислому. Строго говоря, такое разнообразие горных пород уже существовало на рубеже около 3.5 млрд лет назад. Возникает вопрос, закончился ли процесс дифференциации земных оболочек, пород и минералов в их составе или продолжается до сих пор?

В рамках модели золотого сечения предполагается наличие такого состояния в эволюции, когда исследуемый объект из неустойчивого может переходить в состояние устойчивого динамическо-

го равновесия. Показателем последнего состояния относительно предыдущего является число близкое к $\Phi = 1.618...$ И если процесс физико-химической дифференциации Земли действительно в основном завершился, то это должно отразиться на физико-химическом состоянии горных пород нормального щелочного ряда и на составе наиболее распространенных в них минеральных фаз кремнезёма и полевых шпатов.

Действительно, отношение средних содержания SiO_2 в крайних дифференциатах гранитов (70.500 % SiO_2) и ультраосновных пород (43.572 % SiO_2) близко к $\Phi = 1.618$. Т. е. в рамках рассматри-

ваемой модели дифференциация пород в истории земной коры действительно завершена. Отражается ли подобное состояние на главных пороодообразующих полиморфных модификациях кремнезёма и полевых шпатов в породах?

В составе земной коры тригональный кварц может достигать предельной плотности (ρ) около 2.65 г/см^3 . В метеоритах и верхней мантии Земли, а также в условиях импактного воздействия преобразования структуры и минерального состава горных пород, кремнезём превращается в полиморфную структуру моноклинного коэсита с $\rho = 2.95\text{—}3.0 \text{ г/см}^3$ и/или тетрагонального стишовита с расчётной (теоретической) плотностью $\rho = 4.29 \text{ г/см}^3$. Поскольку стишовит представляет крайний ряд высокотемпературной модификации кремнезёма¹, то, взяв отношение плотностей стишовит/кварц, как $4.29 \text{ г/см}^3 : 2.65 \text{ г/см}^3$, также получим значение близкое к величине $\Phi = 1.6188$, отличающегося от неё превышением всего на 0.0008 отн. ед., сравнимую с точностью оценки плотностных характеристик минеральных фаз кремнезёма. То есть изменение ρ кремнезёма в ряду стишовит — кварц представляет собой действительно не только крайние эволюционные состояния фаз кремнезёма в земной коре и мантии, но также находятся с ними в состоянии близком к устойчивому динамическому равновесию.

Оценка крайних дифференциатов земных пород нормального щелочного ряда в составе полевых шпатов от анортита к альбиту по отношению в них содержания SiO_2 ($68.44 : 43.2$) составляет величину 1.584 , которая близка к Φ и отличается от неё всего на 0.034 отн. ед.

Если породы и главные пороодообразующие минералы в их составе находятся в состоянии устойчивого динамического равновесия, то геосферы Земли в процессе физико-химической дифференциации в принципе также должны соответствовать такому состоянию.

Плотность кремнезёма в составе верхней мантии оценивается в 3.3 г/см^3 , нижней мантии — 4.29 г/см^3

(по индикаторной плотности стишовита). Отсюда оценка средней плотности Земли в состоянии устойчивого динамического равновесия должна составлять величину $\rho = 3.3 \times 1.618 = 5.34 \text{ г/см}^3$, где $\Phi = 1.618$. Т.е. против принятого теоретического значения плотности Земли в 5.51 г/см^3 отклонение от него составляет всего 0.17 отн. ед. Плотность нижней мантии $4.29 \text{ г/см}^3 \times 1.618 = 6.94 \text{ г/см}^3$ (по индикаторной плотности стишовита в ней); внешнего ядра Земли $5.34 \times 1.618 = 8.64 \text{ г/см}^3$; внутреннего ядра Земли $8.64 \times 1.618 = 13.97 \text{ г/см}^3$. Как известно теоретически оценочная плотность ядра Земли принимается за $\rho = 13.10 \text{ г/см}^3$. Отклонение плотности внутреннего ядра Земли от теоретического составляет 0.87 отн. ед. Т.е. геосферы Земли в первом приближении также находятся в состоянии близком к устойчивому динамическому равновесию.

Таким образом можно полагать, что процесс физико-химической дифференциации оболочек Земли и формирования крайних по составу дифференциатов горных пород нормального щелочного ряда действительно в основном завершился уже на рубеже 3.5 млрд лет назад. Последующие процессы тектоно-магматической активизации в геологической истории Земли не привели к существенному изменению в них достигнутого динамического равновесия фаз кремнезёма и полевых шпатов. Это даёт основание говорить и о том, что физико-химическое состояние Земли как геологического тела находится вблизи устойчивого динамического равновесия. Отклонения от него в геологической истории могли быть только локальными, например, в направлении формирования пород различной щёлочности и т. д.

В рамках системного подхода принятая модель золотого сечения вскрывает ещё одну сущность: физико-химическая эволюция минералов, пород, оболочек Земли в настоящее время целиком зависит от их внутреннего состояния и не может определяться только внешними факторами.

¹Экспериментальные результаты о синтезе при высоком давлении новой модификации кремнезёма с плотностью 4.35 г/см^3 , что на 60% плотнее фазы кварца, опубликованы С. М. Стишовым и С. В. Поповой в журнале Геохимия № 10 в 1961 году. Менее чем через полгода Е. С. Т. Chao, J. J. Fahey, и J. Littler сообщили об открытии плотной фазы кремнезёма в породах Аризонского метеоритного кратера и назвали новый минерал «СТИШОВИТ» (Journal of Geophysical Research № 1, 1962 г.).