

ИЗОТОПНО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ ТУРМАЛИНОВ ШЕРЛ-ДРАВИТОВОГО РЯДА

В.И. Устинов*, И.А. Бакшеев**

* - *Институт геохимии и аналитической химии им. В.И.Вернадского РАН*

** - *Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Геологический факультет,
 e-mail: baksheev@geol.msu.ru*

В состав среднетемпературных (300-400°C) гидротермальных метасоматитов и сопровождающих кварцевых жил безрудной пропилитовой и золотоносной березит-лиственитовой формации Шабровского месторождения талька, золоторудных месторождений Березовское и Золотая Гора на Урале зачастую входят турмалины шерл-дравитового ряда.

Турмалины пропилитовой и березит-лиственитовой формаций изученных объектов Урала характеризуются линейной зависимостью в координатах $Fe_{общ}/(Fe_{общ}+Mg) - \delta^{18}O_{\text{‰}}$ ($r=0.89$) (рис. 1), причина которой связана с обогащением флюидов изотопом ^{18}O при увеличении железистости минерала. Это явление, вероятно, можно бы объяснить «солевым» эффектом, т.е. значительным увеличением содержания железа во флюиде при кристаллизации турмалинов, что четко коррелирует с геологическими условиями формирования. Так низкожелезистый дравит кристаллизовался в жиле среди апогипербазитовых гематит-тальк-магнезитовых метасоматитов пропилитовой формации, а более высокожелезистые разновидности входят в состав жил среди гидротермально измененных габброидов (рис.1). В тоже время дравит из пироксилит-кварцевых жил, сопряженных с апогабброидными метасоматитами березит-лиственитовой формации, характеризуются низкой железистостью, что объясняется его парагенезом с пиритом, который также развит в этих жилах. Однако отсутствие экспериментальных данных по «солевому» эффекту для концентрированного железистыми солями растворов.

Наиболее логичная интерпретация наблюдаемой зависимости $Fe_{общ}/(Fe_{общ}+Mg) - \delta^{18}O_{\text{‰}}$ - изменение соотношения CO_2/H_2O флюида в процессе формирования этого минерала. Логично предположить, что это соотношение изменяется за счет добавления углекислоты.

Вышеуказанное иллюстрируется простым выражением:

$$\delta^{18}O_{\text{турм}} = \delta^{18}O_{CO_2} + \Delta^{18}_{\text{турм-}CO_2} + b[(\delta^{18}O_{H_2O} - \delta^{18}O_{CO_2}) - (\Delta^{18}_{\text{турм-}CO_2} - \Delta^{18}_{\text{турм-}H_2O})],$$

где $\Delta^{18}_{\text{турм-}CO_2}$ и $\Delta^{18}_{\text{турм-}H_2O}$ – факторы фракционирования в системе турмалин- $CO_2(H_2O)$, b – соотношение CO_2/H_2O во флюиде

Добавление CO_2 постоянного изотопного состава кислорода во флюид и определяет величину $\delta^{18}O_{\text{турм}}$ как линейную функцию параметра b . Если «исходный» флюид содержал CO_2 , то необходимо ввести коррекцию в величину $\delta^{18}O_{CO_2}$ и b .

Достаточно стройная интерпретация нарушается одной точкой «выпадающей» из прямолинейного графика $\delta^{18}O - Fe_{общ}/(Fe_{общ}+Mg)$ (рис.1). Этот факт можно объяснить только локальным изменением $\delta^{18}O$ водной фазы флюида, но трудно предположить причину облегчения $\delta^{18}O_{H_2O}$ (рис. 2б), тем более в близкой геологической ситуации. Выход из этого положения был найден с помощью дополнительного изучения турмалинов.

Метасоматиты формируются при разной величине f_{O_2} , и это должно находить отражение в соотношении Fe^{3+} и Fe^{2+} в составе турмалинов. Основываясь на расчете кристаллохимических формул турмалина по данным электронно-зондового анализа и данных ЯГР спектроскопии, нами рассчитано количество Fe^{3+} в изученных турмалинах. На рис.2а приведен график зависимости величины $\delta^{18}O$ турмалина от содержания в нем Fe^{3+} , из которого видно, что эти два параметра также характеризуются прямой линейной зависимостью ($r=0.90$). Более сильная прямая корреляция ($r=0.95$) наблюдается и между содержанием Fe^{3+} и $\delta^{18}O_{H_2O}$ минералообразующих флюидов (рис.2б).

Наблюдаемая положительная корреляция $\delta^{18}O$ турмалинов пропилитовой и березит-лиственитовой формаций – концентрация CO_2 во флюиде (отношение $F^{3+}/Fe_{общ}$ в дравитах) (рис.3) отражают окислительную обстановку минералообразования. Вероятно, во флюидах наряду с окислителем железа воздушным O_2 ($\delta^{18}O \approx 23.0\text{‰}$) и «начальным» CO_2 присутствовал оксид углерода CO . Взаимодействие во флюиде CO и воздушного кислорода с образованием изо-

точно тяжелого CO_2 приводило к утяжелению кислорода турмалинов в результате изотопного обмена.

Широко известные Изумрудные копи Урала сопряжены с более высокотемпературным, чем пропилиты и березиты-листвениты, грейзеновым процессом. Проведенные исследования показывают, что при практически одинаковой с турмалинами пропилитовой формации Шабровского месторождения железистости образцы из Изумрудных Копей, характеризуются гораздо меньшим содержанием Fe^{3+} , что указывает на более восстановительные условия их образования. В тоже время изотопный состав кислорода турмалинов Изумрудных копей и флюида, ответственного за их формирование существенно не отличается от пропилитовой формации.

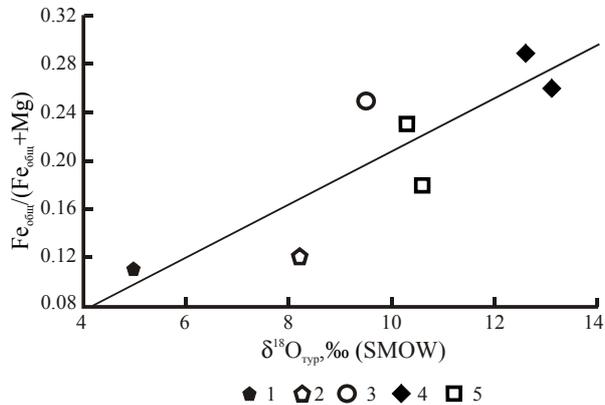


Рис. 1. Соотношение $\text{Fe}_{\text{общ}}/(\text{Fe}_{\text{общ}}+\text{Mg})$ и $\delta^{18}\text{O}$ турмалина. 1-2 – Березовское месторождение: 1 - пропилитовая формация, 2 – березит-лиственитовая; 3 – месторождение Золотая Гора, 4 – Шабровское месторождение, 5 – Изумрудные копи.

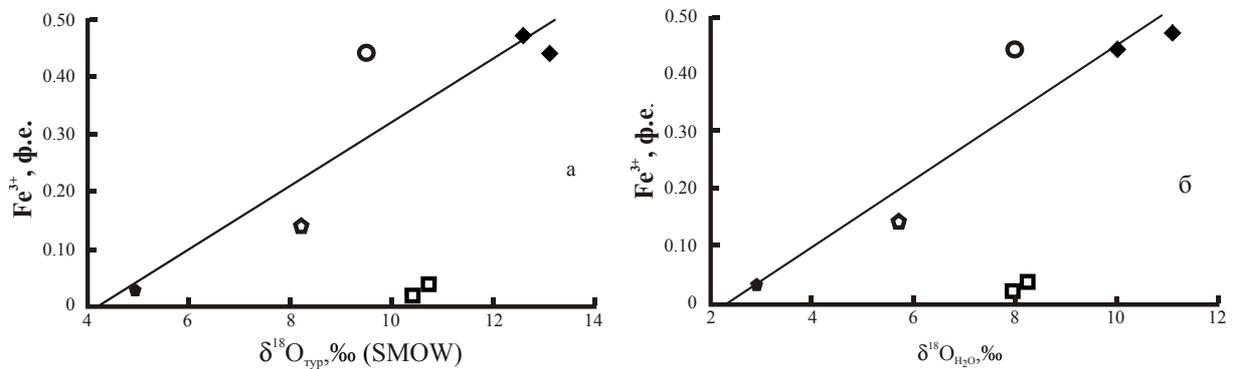


Рис. 2 . Соотношение Fe^{3+} и $\delta^{18}\text{O}$ турмалинов (а) и Fe^{3+} и $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$ минералообразующего флюида (б). Условные обозначения см. рис. 1

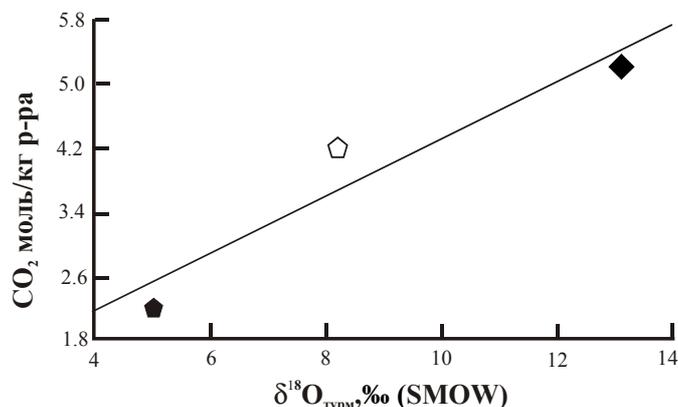


Рис. 3. Соотношение $\delta^{18}\text{O}$ турмалинов и концентрация CO_2 в минералообразующем флюиде. Условные обозначения см. рис. 1

Выводы:

1. Изотопный состав кислорода турмалина шерл-дравитового ряда грейзеновой, пропилитовой, и березит-лиственитовой формаций не коррелирует с железистостью минерала.
2. Доказана причинная связь величин $\delta^{18}\text{O}$ турмалина – концентрация Fe^{3+} для турмалинов безрудной пропилитовой и золотоносной березит-лиственитовой формаций, отражающей степень окисленности минералообразующего флюида.
3. На примере Березовского Au месторождения показано, что метасоматиты березит-лиственитовой формации и сопряженные кварцевые жилы формируются в восстановительных условиях, что отражается в низком содержании Fe^{3+} в турмалине, а «облегченный» изотопный состав кислорода, вероятно, может служить индикатором процесса рудообразования.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПП-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dggms/1-2003/informbul-1/hydroterm-21.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна