

Е. И. ДОЛОМАНОВА, И. Г. БЕРЗИНА, И. Б. БЕРМАН

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИТИЯ В НЕКОТОРЫХ МИНЕРАЛАХ
ОЛОВОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИБИРИ
ПО ДАННЫМ (п, α) РАДИОГРАФИИ**

Литий в кварце может присутствовать в решетке как стабилизатор заряда при замещении ионов Si^{4+} ионами Al^{3+} , Ti^{3+} , Fe^{3+} в составе газо-жидких включений и в субмикроскопических включениях минералов. Химическим и спектральным анализами дается валовое содержание лития в кварце, а рентгеноспектральным микроанализом он не определяется.

В жильных кварцах разного генезиса из упомянутых выше месторождений, по данным химического анализа, содержание Li_2O колеблется в широких пределах, но судя по средним цифрам (из 14 определений) наблюдается тенденция увеличения содержания лития от ранних стадий минерализации к поздним в одном и том же месторождении и от высоко — к низкотемпературным формациям месторождений (табл. 1).

При изучении изоморфизма в кварце было показано, что при замещении ионов Si^{4+} ионами Al^{3+} или Ti^{3+} стабилизаторами заряда являются щелочные металлы. Методом ИК-спектроскопии при низкой температуре ($\sim 80^\circ K$) установлено, что в кварцах разного генезиса от магматических к постмагматическим, а среди последних от ранних к поздним стадиям минерализации, наблюдается смена одновалентных катионов в следующем порядке: Na^+ , Li^+ , H^+ .

Таблица 1

Среднее содержание Li_2O в кварце разного генезиса по данным химического анализа (10^{-4} вес.%)

Кварц первой стадии минерализации из месторождений:				Нерудonoсный гребенчатый кварц из жил, секущих словonoнные жилы	Колебания содержания
Касситерит-полевошпат-кварцевой и касситерит-кварцевой формации	Колебания содержания	Касситерит-кварц-сульфидной и касситерит-сульфидной формации	Колебания содержания		
21	12—130	24	21—1090	851	5—1392

В кварце первой стадии минерализации в месторождениях касситерит-полевошпат-кварцевой и касситерит-кварцевой формаций главным стабилизатором заряда обычно является ион Na^+ . В кварце последующих стадий минерализации преобладают ионы Li^+ и H^+ . В кварце всех стадий минерализации в месторождениях касситерит-кварц-сульфидной

и касситерит-сульфидной формаций стабилизаторами заряда являются Li^+ и H^+ .

Чтобы выяснить характер распределения лития в кварце разного генезиса, образцы его были исследованы методом (n, α) — радиографии (Берзина и др., 1971; Гинзбург и др., 1973). Этот метод оказался очень эффективным и подтвердил данные, полученные методом ИК-спектроскопии.

С его помощью было установлено, что в жильном кварце первой стадии минерализации из месторождений касситерит-полевошпат-кварцевой формации литий практически отсутствовал (рис. 1), хотя почти од-

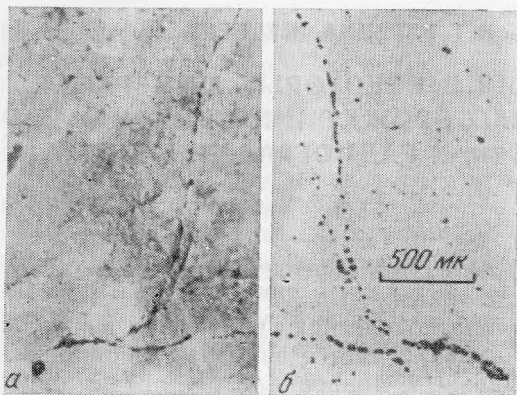


Рис. 1. Сливной жильный кварц первой стадии минерализации. Сопоставление фотографий шлифов (а) и детекторов (б), отображающих распределение лития в кварце (см. далее)

новременно с ним, но несколько раньше, кристаллизуется циннвальдит, или несколько позже — биотит и ортоклаз, содержащие литий, т. е. в растворе, из которого кристаллизовались перечисленные минералы, литий присутствовал. В кварце второй стадии минерализации, сингенетичном с сульфидами, литий обнаружен в небольшом количестве и распределен в нем довольно равномерно.

В месторождениях касситерит-кварцевой формации в кварце первой стадии минерализации лития около $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ и он также распределен равномерно (табл. 2). В гребенчатом нерудоносном кварце, образованием которого заканчивается гидротермальный процесс на этих месторождениях, литий неравномерно распределен по зонам роста, но в пределах каждой зоны или вицинали распределение его более или менее равномерное. Подсчет концентрации лития показывает, что в местах с наиболее плотным распределением трещин (1) содержание лития $8,1 \cdot 10^{-2}\%$, в зонах с менее плотным их расположением (2) содержание лития — $5,7 \cdot 10^{-2}\%$, а в зонах, где трещины относительно редки (3), — лития $3,8 \cdot 10^{-2}\%$ (рис. 2 а, б). Оказалось также, что в одних кристаллах кварца лития больше в центральных зонах, в других — в периферических. Это указывает на одновременное их образование, на неоднородность гидротермального раствора и на изменение его во времени. Обломки кварца первой стадии минерализации, сцементированные гребенчатым кварцем, практически лития не содержат.

В месторождении касситерит-кварц-сульфидной формации в жильном кварце первой стадии минерализации литий, в пределах чувствительности методов (n, α) радиографии и ИК-спектроскопии не обнаружен. По данным химического анализа содержание лития в этом кварце $5 \cdot 10^{-4}\%$. Он присутствует в мусковите и хлорите, чешуйки которых располагаются в зальбандах жил и прожилков, в межзерновом пространстве среди кварца. В касситерите и арсенопирите ($6,7 \cdot 10^{-4}\%$) его очень мало. Из этого можно заключить, что литий, обнаруженный в кварце химическим и спектральным анализами (табл. 2), присущ не самому

Таблица 2
Содержание лития в минералах (в вес. %)

Образец	Формации месторождений	Минерал	Li	Li	Li	Примечание
			Спектральный анализ	Химический анализ	(n, α) радиография	
415	Касситерит-кварцевая	Кварц жильный, сливной, первой стадии минерализации	$\sim 1,0 \cdot 10^{-1}$	$23 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	
		Кварц гребенчатый, зональный, нерудоносный, третьей стадии минерализации			$8,1 \cdot 10^{-2}$	см. рис. 2—1
		Внутренняя зона			$5,7 \cdot 10^{-2}$	» 2—2
5	Кварц жильный, сливной, первой стадии минерализации	Внутренняя зона	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$26 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	» 2—3
		Касситерит			$1,3 \cdot 10^{-3}$	
334	Касситерит-кварц-сульфидная	Кварц жильный, сливной первой стадии минерализации		$5 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	
53	Касситерит-сульфидная	Кварц жильный, сливной, первой стадии минерализации	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$26 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	
		Касситерит			$1,3 \cdot 10^{-3}$	
3519		Хлорит			$4,3 \cdot 10^{-2}$	
		Кварц второй стадии минерализации гребенчатый, зональный; содержание в зонах роста от центра к периферии			$4,7 \cdot 10^{-2}$	фиг. 3—1
					$2,8 \cdot 10^{-2}$	» 3—2
3583		Кварц гребенчатый зональный, первой стадии минерализации; содержание в зонах роста	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	» 3—3
					$2,2 \cdot 10^{-3}$	фиг. 4—1
					$6,4 \cdot 10^{-2}$	» 4—2

кварцу, а микровключениям слюды и хлорита в нем, которые не могли быть замечены при отборе кварца на анализ.

В одном месторождении касситерит-сульфидной формации в жильном кварце и касситерите первой стадии минерализации содержание лития одинаковое $1,3 \cdot 10^{-3}\%$, а в хлорите — $4,3 \cdot 10^{-2}\%$. В кварце второй стадии минерализации лития значительно больше как в гребенчатом, так и в перистом, нарастающем на гребенчатый (рис. 3). И в этом случае данные, полученные при облучении образцов тепловыми нейтронами, хорошо увязываются с данными ИК-спектроскопии. Следует отметить, что литий в значительно большем количестве — $4,3 \cdot 10^{-2}\%$ обнаружен в хлорите, заполняющем промежутки между зернами кварца или секущем их и карбонаты тонкими прожилками.

В другом месторождении той же формации жильный кварц представлен гребенчатым и перистым. Литий в нем распределен по зонам роста неравномерно. Так, в периферических зонах его меньше — $2,2 \cdot 10^{-3}\%$, а в центральных больше — $6,4 \cdot 10^{-2}\%$ (рис. 4). Кроме того, литий присутствует в тонкодисперсном минерале, расположенном между пластинками перистого кварца. Таким образом распределение лития в кварце этого месторождения оказалось таким же, как в гребенчатом кварце из месторождений касситерит-кварцевой формации.

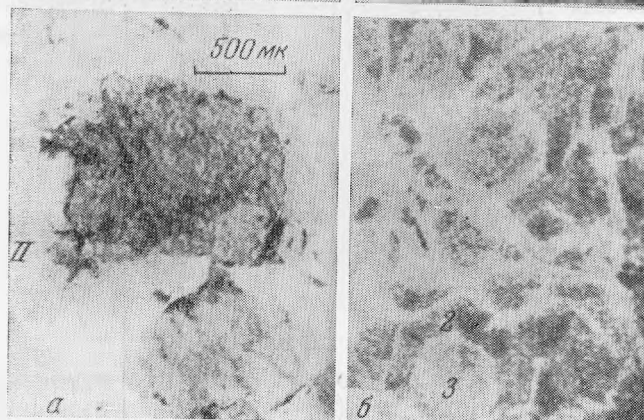
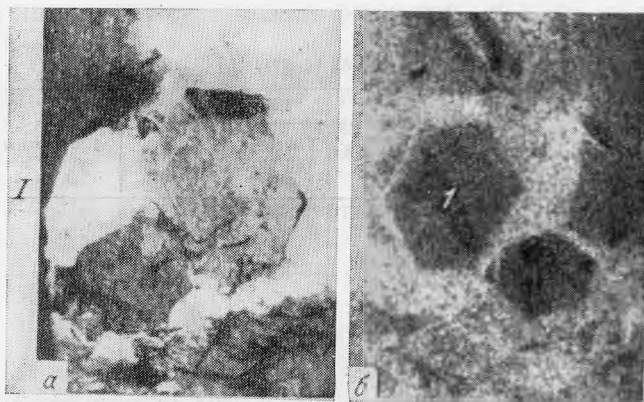


Рис. 2. Нерудоносный гребенчатый кварц третьей стадии минерализации

I — минерализация,
II — вторая стадия

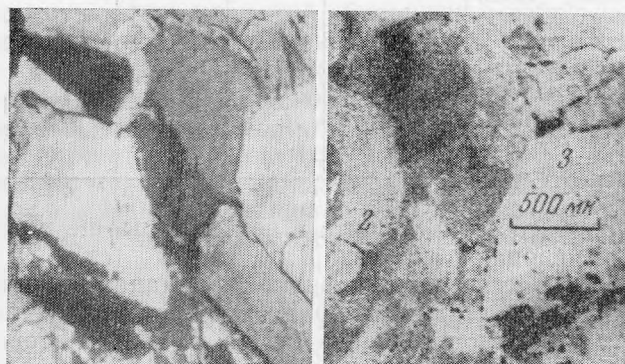


Рис. 3. Гребенчатый кварц второй стадии минерализации

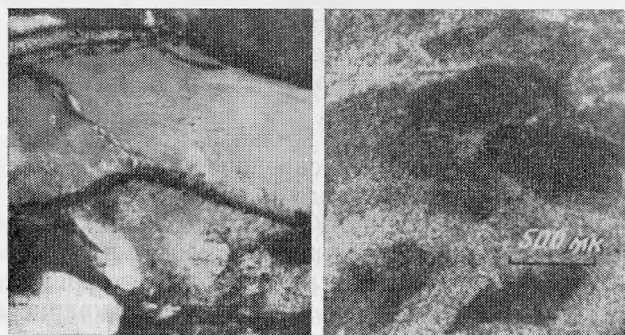


Рис. 4. Гребенчатый кварц первой стадии минерализации

Более крупные, чем треки, темные точки, округлой формы на приведенных фотографиях, расположенные в кварце цепочками или беспорядочно и неравномерно, очень похожи на газово-жидкие включения (рис. 5). В связи с этим можно отметить, что рентгеноспектральным микроанализом в вакуолях, содержащих маточный раствор, в составе

Рис. 5. Распределение газовых и газово-жидких включений различного размера в кварце первой стадии минерализации и в залеченных трещинках.
Ув. 365

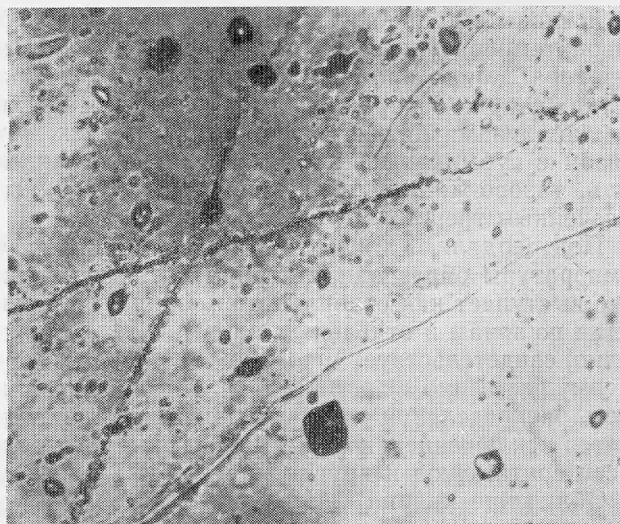
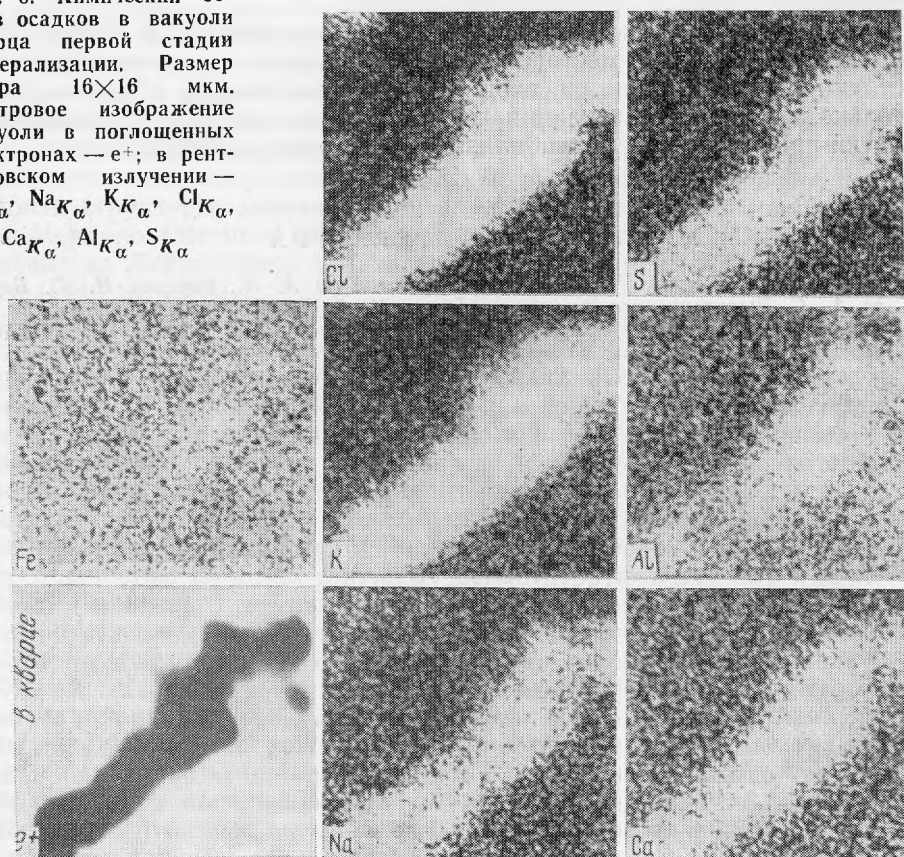


Рис. 6. Химический состав осадков в вакуоли кварца первой стадии минерализации. Размер кадра 16×16 мкм. Растровое изображение вакуоли в поглощенных электронах — e^+ ; в рентгеновском излучении — $Fe_{K\alpha}$, $Na_{K\alpha}$, $K_{K\alpha}$, $Cl_{K\alpha}$, $S_{K\alpha}$, $Al_{K\alpha}$, $S_{K\alpha}$



твердой фазы, калий и натрий обнаруживаются почти всегда в виде хлоридных соединений (рис. 6). Вполне вероятно и присутствие в них лития.

* * *

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы. Жильный, сливной, зернистый кварц оловорудных месторождений высокотемпературных формаций почти не содержит лития в виде стабилизатора заряда при замещении ионов Si^{4+} ионами Al^{3+} или Ti^{3+} в решетке кварца. Обнаруживаемый в этом кварце химическим и спектральным анализами литий, в основном является «чуждым» для кварца и связан с субмикроскопическими включениями слюд, хлорита и, может быть, газово-жидких включений, расположенных преимущественно по залеченным трещинкам.

Подтвердились данные ИК-спектроскопии в том, что с понижением температуры образования кварца литий все чаще и в большем количестве выступает как стабилизатор заряда. Неравномерное распределение лития по зонам и отдельным пирамидам роста гребенчатого кварца, очевидно, свидетельствует о том, что в одних зонах стабилизатором заряда преимущественно выступает ион лития, в других — протон. Неоднородность распределения отдельных элементов по зонам роста кварца не является исключением и аналогична такой же неоднородности турмалина, касситерита, слюд и других минералов в оловорудных месторождениях.

Облучение кварца тепловыми нейтронами позволяет отличать низко- и высокотемпературный кварц. Получаемые наглядные картины распределения лития в минерале позволяют судить о его поведении в растворе в процессе минералообразования.

Литий в гидротермальных растворах присутствовал в течение всего времени образования месторождений, но в ранние высокотемпературные стадии минерализации он входил в состав главным образом слюд и только, когда кристаллизация их закончилась или резко уменьшилась, литий принял участие в стабилизации катионов в решетке кварца.

ЛИТЕРАТУРА

- Берзина И. Г., Берман И. Б., Назарова А. С. Выявление пространственного распределения и определение концентрации лития в минералах и горных породах.— Докл. АН СССР, 201, № 3, 1971.
- Гинзбург А. И., Берзина И. Г., Берман И. Б. О процессе лепидолитизации мусковита.— Геол. рудных месторождений, № 2, 1973.