

Анализ приповерхностных слоев быстрозатвердевшего сплава Al-Mg-Li-Sc-Zr методом мгновенных ядерных реакций после высокотемпературного отжига

И.А. Столяр^{1*}), В.Г. Шепелевич¹⁾,
И.И. Ташлыкова-Бушкевич²⁾,
E. Wendler³⁾, R. Wu⁴⁾

✉ uyluana@gmail.com

1) Белорусский государственный университет, Белорусский госуниверситет, Минск, Беларусь,
2) Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь,
3) Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena, Germany
4) Harbin Engineering University, Harbin, China



seit 1558

Введение

Сплавы системы Al-Mg-Li широко используются в авиационной и аэрокосмической технике благодаря весовой эффективности, поэтому наблюдается возрастающий интерес к этим материалам, полученным при неравновесных условиях. В результате применения методов высокоскоростной кристаллизации возможно создание композиций, характеризующихся уникальным сочетанием физико-химических и механических свойств. Вместе с тем структура таких сплавов является неравновесной и при высоких температурах отжига наблюдается проблема деградации свойств с временем выдержки. Поэтому для эксплуатации БЗ сплавов при повышенных рабочих температурах необходимо исследовать стабильность микроstructures и, следовательно, свойств материалов после термообработки.

Цель

Изучить влияние высокотемпературного отжига на композиционный состав поверхности БЗ фольг сплава Al-Mg-Li-Sc-Zr (1421), включая исследование поверхностной сегрегации лития как функции времени выдержки и определение взаимосвязи между структурно-фазовым составом и микротвердостью отожженных образцов.

Экспериментальные условия

Объект исследования	Быстрозатвердевшие (БЗ) фольги сплава 1421: Al-5.8 ат. % Mg-8.1 ат. % Li-0.03 ат. % Zr-0.11 ат. % Sc; ширина фольг составляла 5-10 мм, толщина – 40-80 мкм
Метод получения фольг	Капля расплава выплескивалась на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра
Скорость охлаждения расплава	$\sim 10^6$ K/c
Методы исследования фольг:	<ul style="list-style-type: none"> Метод растровой электронной микроскопии (РЭМ) и рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) Метод мгновенных ядерных реакций (МЯР) & SIMNRA Изотермический отжиг
	<p>Изучение поверхности отожженных фольг проводилось с помощью растрового электронного микроскопа LEO1455VP с приставкой "HKL CHANNEL5"</p> <p>Ядерная реакция ${}^7\text{Li}(p,\alpha){}^4\text{He}$, энергия протонов с энергией 1.4 МэВ. Измерения проводились на ускорителе-тандентроне (ЗМВ) JULIA, разрешение детектора 15 кэВ. Детектор находился под углом $\theta = 170^\circ$. Диаметр падающего на мишень пучка составлял 1 мм.</p> <p>Фольги отжигались при температуре 380°C в течение 1 ч, 2 ч и 8 ч</p>

Выводы

Проведено элементное картирование поверхности фольг БЗ сплава 1421, отожженных при 380°C в течение 1ч. Обнаружена тенденция роста содержания магния и скандия на 9 и 27% соответственно. Концентрация циркония остаётся неизменной. Установлено, что распределение лития характеризуется значительным пиком в приповерхностном слое до 1 мкм, достигающим 40 ат.%. С ростом времени выдержки до 8 ч толщина слоя, обогащенного литием, увеличивается в 8 раз. Более интенсивная диффузия лития в глубину фольг обнаружена в области поверхности Б.

Результаты

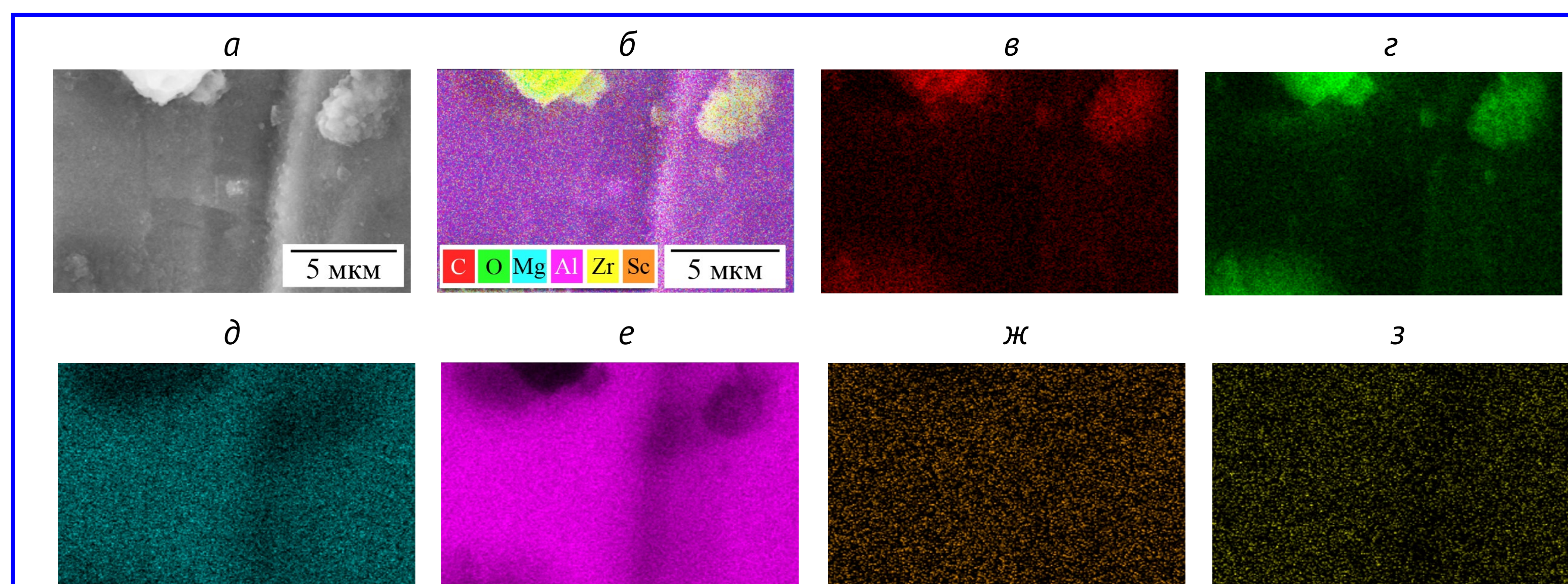


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение контактирующей с воздухом поверхности БЗ фольги сплава 1421, отожженной при 380°C в течение 1 ч: РЭМ-изображение во вторичных электронах участка фольги (а) и соответствующая РСМА карта распределения основных химических элементов по поверхности (б), а также картирование, полученное в характеристическом рентгеновском излучении атомов углерода (в), кислорода (г), магния (д), алюминия (е), циркония (ж) и скандия (з)

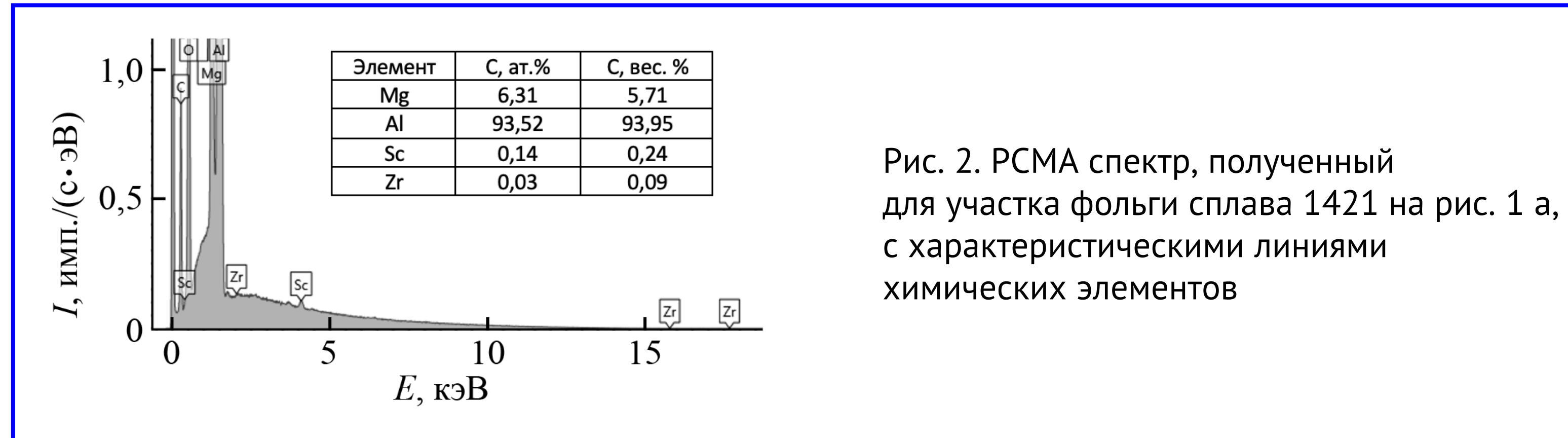


Рис. 2. РСМА спектр, полученный для участка фольги сплава 1421 на рис. 1 а, с характеристическими линиями химических элементов

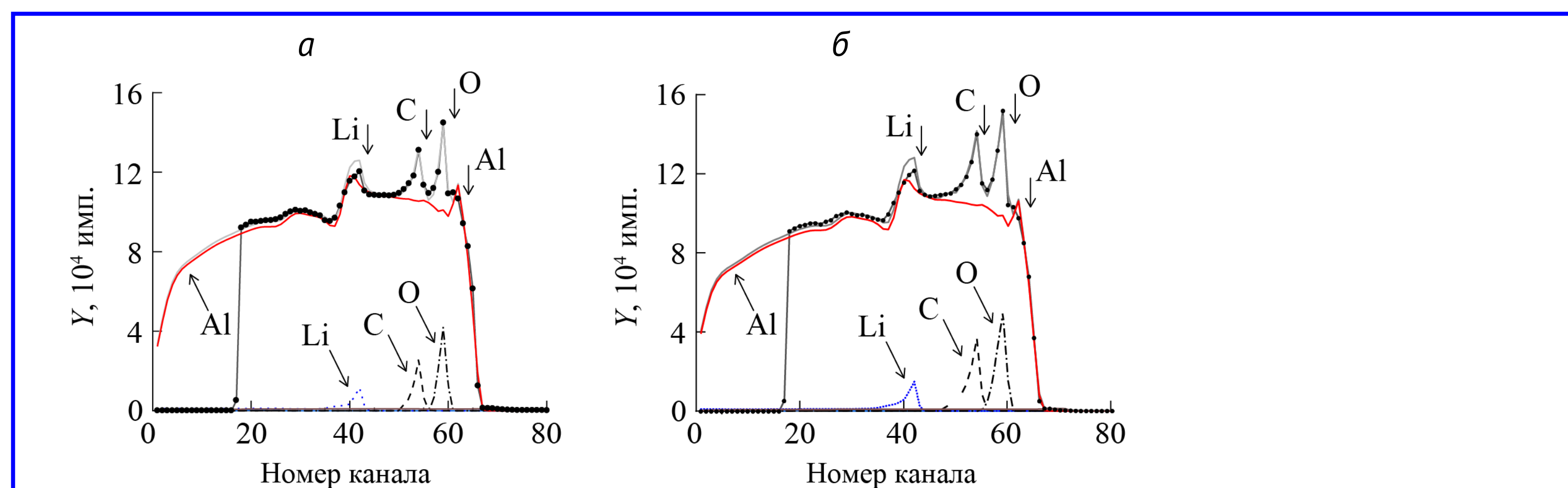


Рис. 3. Экспериментальные спектры протонов с энергией 1,4 МэВ, обратно рассеянных БЗ фольгой сплава 1421, отожженной при 380°C в течение 1 ч, представленные с моделированием (серая линия): а – поверхность А (drum-side), б – поверхность Б (air-side)

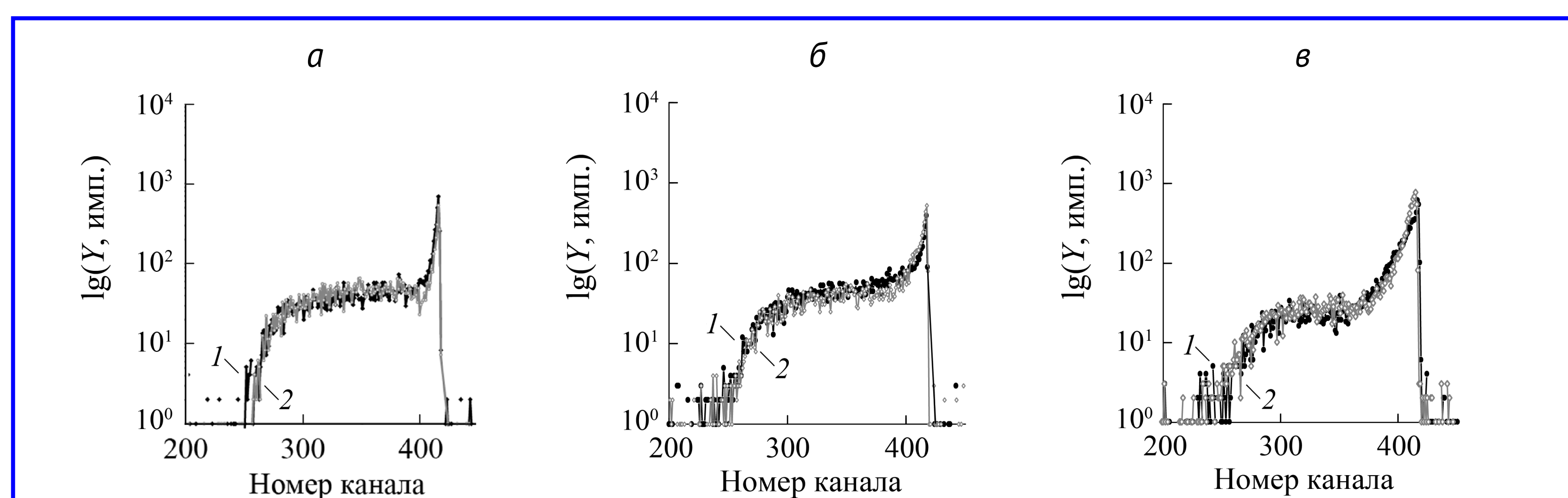


Рис. 4. Спектры α -частиц из реакции ${}^7\text{Li}(p,\alpha){}^4\text{He}$ для поверхностей А (1) и Б (2) фольг сплава 1421, отожженных при 380°C в течение 1 ч (а), 2 ч (б) и 8 ч (в)

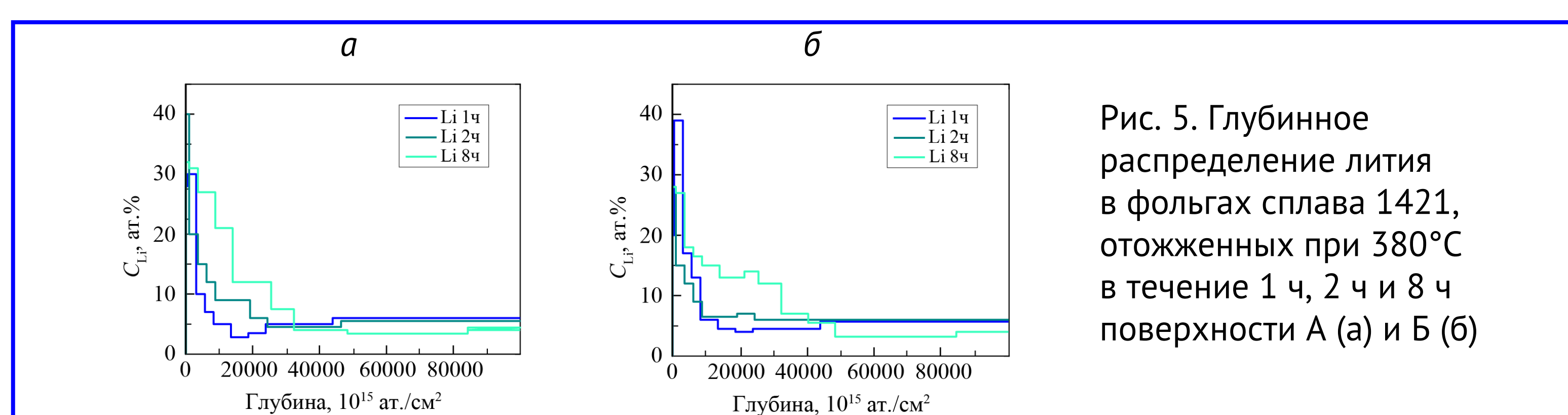


Рис. 5. Глубинное распределение лития в фольгах сплава 1421, отожженных при 380°C в течение 1 ч, 2 ч и 8 ч поверхности А (а) и Б (б)