

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ ПЕРЕНОСА НЕОДИМА В ВОДЯНОМ ПАРЕ

Н.Р. Загртденов, А.Ю. Бычков, И.Ю. Николаева

Неодим традиционно относят к низколетучим элементам, поскольку его оксиды имеют низкую летучесть в вакууме [1]. Однако известно, что влияние других компонентов, таких как вода, хлор, фтор могут повышать количество вещества, переносимого в газовой фазе. Этот эффект был отмечен в случае столь низколетучих элементов, как галлий, серебро, золото, медь [2]. На сегодняшний день, также существуют свидетельства газового переноса редкоземельных элементов (РЗЭ) в условиях гидротермального процесса [3,4].

Растворимость $\text{Nd}(\text{OH})_3$ и Nd_2O_3 в водяном паре изучалась двумя путями: статическим методом в автоклавах и динамическим методом потока соответственно.

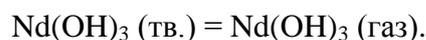
Статические эксперименты по переносу неодима в газовой фазе проводились в титановых автоклавах, при температурах 200, 250 °С и интервалах давления воды от 3 до 15 и от 5 до 38 бар соответственно (не достигая давления насыщенного пара). Непосредственно перед опытом в автоклав заливалось определенное количество бидистиллированной воды, задающей давление с таким расчетом, чтобы в условиях опыта присутствовала только газовая фаза. После в автоклав на держателе помещался открытый титановый контейнер с твердой фазой. опыты проводились в течение 7 суток. В ходе эксперимента вся вода, введенная в автоклав, превращалась в пар и взаимодействовала с твердой фазой, помещенной в ампуле. Компоненты, перенесенные в газовую фазу, осаждались в процессе закалки на дно и стенки автоклава в виде капелек конденсата. Затем автоклав открывался, ампулы с оставшимся веществом извлекались. Для определения количества перенесенного вещества проводились смывы 3% раствором HNO_3 . Для этого в автоклав помещалось 10 мл 3% HNO_3 и автоклавы ставились на 200 °С. Полученные таким образом растворы, являлись первым смывом, затем делались повторные смывы.

Метод потока был использован для исследования растворимости Nd_2O_3 при 300, 350, 450°С и интервале парциальных давлений воды от 0,025 до 0,7 бар. Поток воздуха, скорость которого измерялась, последовательно пропускаться через два барботера, находящихся в термостате с заданной температурой: с раствором гидроксида натрия и с дистиллированной водой. В первом сосуде происходила очистка от углекислоты, во втором же воздух насыщался парами воды при температурах, задаваемых термостатом. Таким образом, воздух с определенным давлением паров воды нагнетался в кварцевую

трубку с порошком оксида неодима, которая находилась в печи при рабочей температуре 300, 350 или 450°C, где и происходила реакция растворения. Проходя через стеклянный фильтр, поток воздуха очищался от захваченных нерастворенных твердых частиц порошка оксида неодима. В результате газ, насыщенный формой неодима, способной мигрировать в водяном паре, попадал в пробирку с 3% азотной кислотой, где барботировался, оставляя в растворе весь неодим.

Определение содержаний неодима в экспериментальных растворах производилось методом ICP-MS на одноколлекторном масс-спектрометре *ELEMENT 2* фирмы Thermo Finnigan.

Результаты статических автоклавных экспериментов показали, что растворимость $\text{Nd}(\text{OH})_3$ в водяном паре не зависит от давления воды, таким образом, нами предполагается растворение по следующей реакции:



Получены следующие логарифмы констант равновесия: $-9,15 \pm 0,42$ для 200 °C и $-9,30 \pm 0,31$ для 250°C.

В случае с проточной системой растворимость Nd_2O_3 увеличивается с ростом фугитивности воды, при этом угловой коэффициент близок к значению 1.5. Это дает основание считать возможной реакцию вида:



Для этой реакции были рассчитаны логарифмы константы реакции: -8.31 ± 0.42 при 300 °C, -7.74 ± 0.31 при 350 °C и -7.03 ± 0.61 при 400 °C.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казенанс Е.К., Чижиков Д.М. Давление и состав пара над окислами химических элементов. М., «Наука», 1976. 344-с.
2. Pokrovski GS, Borisova AY, Bychkov AY (2013) Speciation and transport of metals and metalloids in geological vapors. *Rev Mineral Geochem* 76:165-218
3. Gilbert C.D., Williams-Jones A.E. Vapour transport of rare earth elements (REE) in volcanic gas: Evidence from encrustations at Oldoinyo Lengai. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Volume 176, Issue 4, 15 October 2008, Pages 519–528
4. Möller P., Dulsky P., and Morteani G. Partitioning of rare earth elements, yttrium, and some major elements among source rocks, liquid and vapor of Larderello-Travale Geothermal Field, Tuscany (Central Italy). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 67, No. 2, pp. 171–183, 2003