

## Исследование процесса генерации водорода при окислении магния в солевых водных растворах в диапазоне температур от $-40^{\circ}\text{C}$ до $+20^{\circ}\text{C}$

С.С. Рыжкова<sup>1,2</sup>, О.А. Буряковская<sup>1,3</sup>, М.С. Власкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Объединенный институт высоких температур РАН

<sup>2</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>3</sup>Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Освоение Арктической зоны Российской Федерации, сформулированное как одно из ключевых направлений развития российской экономики в XXI веке, является сложной комплексной задачей, требующей разработки ряда технических решений, в том числе в области эффективного энергоснабжения действующих и планируемых к созданию промышленных и инфраструктурных объектов [1]. Одним из подходов к решению данной задачи является разработка источников электроэнергии на основе водородного топлива.

Существуют работы, посвященные генерации водорода с использованием алюминия, в том числе в условиях низких температур [2]. Также существуют работы, посвященные генерации водорода путем окисления магния в воде или в различных водных растворах в присутствии хлоридов металлов [3,4]. Но данный процесс, как правило, изучали вблизи комнатных температур без охвата большого диапазона температур. Также не удалось найти публикации о возможности протекания данной реакции в условиях низких температур.

Целью данного исследования было определение составов водных растворов, которые будут обеспечивать окисление магния при низких температурах с выделением водорода, а также определение температурной зависимости скорости протекания данной реакции для возможного создания водородогенерирующей установки. В ходе данного исследования были проведены эксперименты по окислению порошка магния МПФ-4 в различных водных растворах в диапазоне температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ .

Эксперименты при комнатной температуре позволили произвести предварительный отбор наиболее перспективных растворов для дальнейшего исследования при низких температурах ( $\text{MgCl}_2$  и  $\text{AlCl}_3$ ) (рис. 1). Серия экспериментов по окислению магния в водных растворах  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$  и их смеси при  $0^{\circ}\text{C}$  позволила сделать вывод о том, что  $\text{AlCl}_3$  обеспечивает наиболее быстрое начало реакции окисления, а также наиболее высокую скорость ее протекания (рис. 2). При окислении магния при  $-40^{\circ}\text{C}$  в водных растворах  $\text{AlCl}_3$  различной концентрации было отмечено увеличение степени превращения магния с ростом концентрации (рис. 3).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что использование магния с целью генерации водорода при низких температурах является вполне перспективным решением. Способ получения водорода за счет реакции окисления магния в водном растворе  $\text{AlCl}_3$  может лечь в основу новых экологических систем автономного тепло- и электроснабжения.

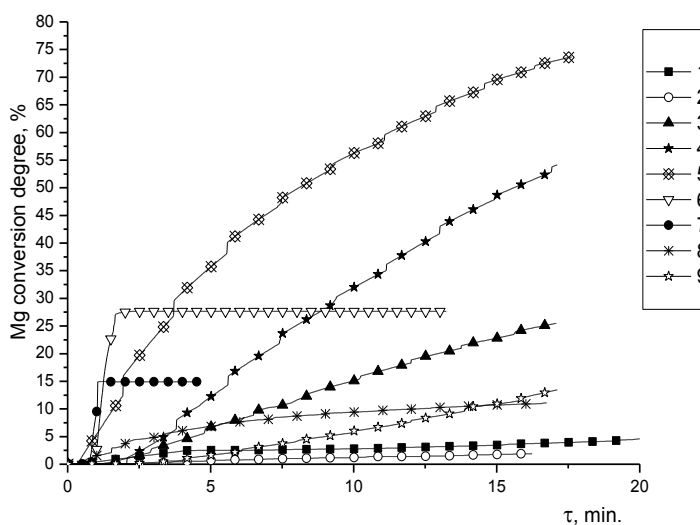


Рис.1 – Зависимости степени превращения порошка магния массой 0,025 г от времени при  $T = 20^{\circ}\text{C}$  для водных растворов различного состава:

1 –  $\text{NaCl}$ , 2 –  $\text{KCl}$ , 3 –  $\text{CaCl}_2$ , 4 –  $\text{MgCl}_2$ , 5 –  $\text{AlCl}_3$ , 6 –  $\text{FeCl}_3$ , 7 –  $\text{CuCl}_2$ , 8 –  $\text{ZnCl}_2$ , 9 –  $\text{CsCl}$

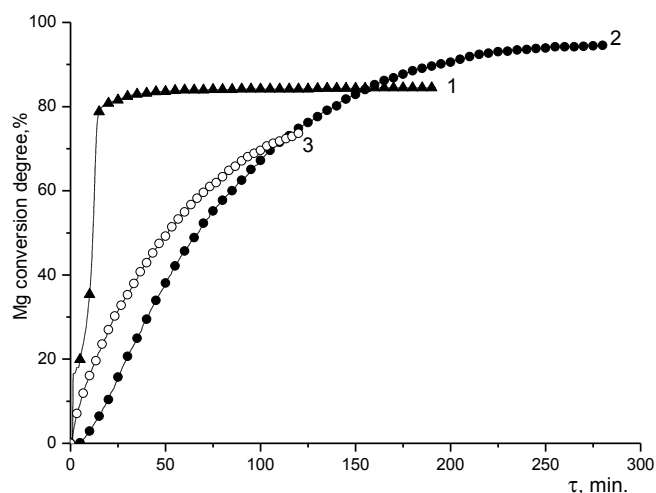


Рис.2 – Зависимости степени превращения порошка магния массой 1 г от времени при  $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  для водных растворов различного состава: 1 –  $\text{AlCl}_3$ , 2 –  $\text{MgCl}_2$ , 3 –  $\text{AlCl}_3 + \text{MgCl}_2$

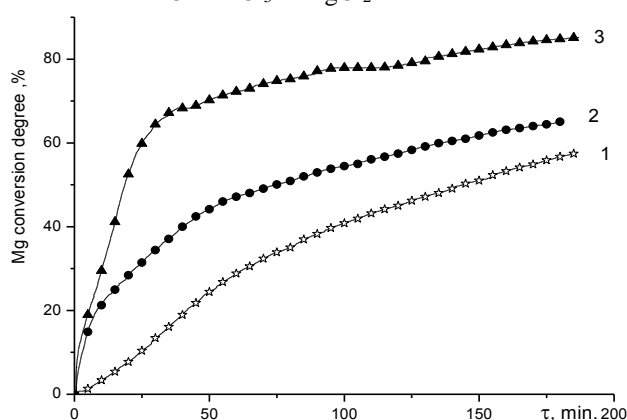


Рис.3 – Зависимости степени превращения порошка магния массой 1 г от времени при  $T = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$  для водных растворов с различной концентрацией  $\text{AlCl}_3$ : 1 – 27 г/(100 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ), 2 – 30 г/(100 мл  $\text{H}_2\text{O}$ ), 3 – 36 г/(100 мл  $\text{H}_2\text{O}$ )

### Литература

1. Попель О.С., Киселева С.В., Моргунова М.О., Габдерахманова Т.С., Тарасенко А.Б. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения потребителей в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика: экология и экономика 2015, №1 (17), 64 – 69.
2. Buryakovskaya O.A., Dudoladov A.O., Vlaskin M.S., Zhuk A.Z., Shkolnikov E.I. Generation of hydrogen by aluminium oxidation in aqueous solutions at low temperatures // International Journal of Hydrogen Energy, 30 January 2016, Vol. 41, Issue 4, Pages 2230–2237.
3. Mei-Shuai Zou, Rong-Jie Yang, Xiao-Yan Guo, Hai-Tao Huang, Ji-Yu He, Peng Zhang. The preparation of Mg-based hydro-reactive materials and their reactive properties in seawater // Int J hydrogen energy, 2011, 36, 6478 – 83.
4. Kravchenko O.V., Sevastyanova L.G., Genchel V.K., Bulychev B.M. Hydrogen generation from magnesium oxidation by water in presence of halides of transition and non-transition metals // Int J hydrogen energy, 2015, 40, 12072 – 77.