

УДК 54.027: 544.723: 544.47: 546.59

Свержевский Р.В., Орлов М.О., Одинцов А.А., Боева О.А.

## ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА АДсорбЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И КАТАЛИТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ И НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА НА ОКСИДЕ ГАДОЛИНИЯ

**Свержевский Роман Викторович**, студент 5 курса института материалов современной энергетики и нанотехнологии;

**Орлов Максим Олегович**, студент 5 курса института материалов современной энергетики и нанотехнологии;

**Одинцов Александр Андреевич**, ведущий инженер кафедры технологии изотопов и водородной энергетики, e-mail: [AlexanderOdintsov@yandex.ru](mailto:AlexanderOdintsov@yandex.ru);

**Боева Ольга Анатольевна**, к.х.н., доцент кафедры технологии изотопов и водородной энергетики

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская площадь, д. 9

*Исследованы адсорбционные и каталитические свойства наночастиц золота, нанесённых на оксид гадолиния, и чистого носителя  $Gd_2O_3$ . Показано, что при наложении магнитного поля в 0.5 Тл появляется адсорбция водорода на оксиде гадолиния, а на композитной системе  $Au/Gd_2O_3$  первичная адсорбция увеличивается в 2 раза. Магнитное поле оказывает влияние на скорость протекания реакции орто-пара конверсии против на изученных объектах.*

**Ключевые слова:** магнетизм, золото, наночастицы, орто-пара конверсия водорода, адсорбция водорода, каталитическая активность, оксид гадолиния

## MAGNETIC FIELD INFLUENCE ON ADSORPTION AND CATALYTIC ACTIVITY OF GADOLINIUM OXIDE AND GOLD NANOPARTICLES DEPOSITED ON GADOLINIUM OXIDE

Sverzhovsky R.V., Orlov M.O., Odintsov A.A., Boeva O.A.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

*The adsorption and catalytic properties of gold nanoparticles deposited on gadolinium oxide, and clean adsorbent gadolinium oxide investigated. It is shown, that applying a magnetic field about 0.5 Tesla hydrogen adsorption appears on gadolinium oxide, and primary adsorption on composite system of  $Au/Gd_2O_3$  increased by 2 times. A magnetic field influence to speed of reaction of ortho-para protium conversion for studied objects.*

**Keywords:** magnetism, gold, nanoparticles, ortho-para hydrogen conversion, hydrogen adsorption, catalytic activity, gadolinium oxide

Цель: изучение влияния магнитного поля на адсорбционные и каталитические свойства наночастиц золота, нанесенных на подложку из оксида гадолиния.

Золото является инертным металлом и не проявляет никаких магнитных и каталитических свойств в виде массивного металла при нормальных условиях. Однако при уменьшении до наноразмеров частицы золота начинают проявлять магнитные и каталитические свойства [1]. В наших экспериментах исследовались адсорбционные свойства и каталитическая активность в реакции орто-пара конверсии водорода на наночастицах золота размером 14.4 нм. В качестве носителя активного компонента выбран оксид гадолиния, т.к. данный металл и его оксид обладают огромным магнитным моментом, примерно 8 магнетонов Бора.

Прежде чем проводить эксперименты с золотом, было принято решение провести ряд "холостых" исследований с чистой подложкой из оксида гадолиния. В исследованиях использовался  $Gd_2O_3$  в виде частиц диаметром 0.35-0.5 мкм, полученных с помощью измельчения прессованного порошка с

последующим просеиванием через сита с заданными диаметрами. Перед исследованиями  $Gd_2O_3$  прокаливался при 300 °С на воздухе, а затем при той же температуре в вакууме  $\sim 10^{-6}$  Торр в течение 3-х часов.

Исследования адсорбции водорода на оксиде гадолиния показали, что водород как при низких температурах (-196 °С, -163 °С), так и при комнатной температуре (23 °С) не адсорбируется (рис. 1).

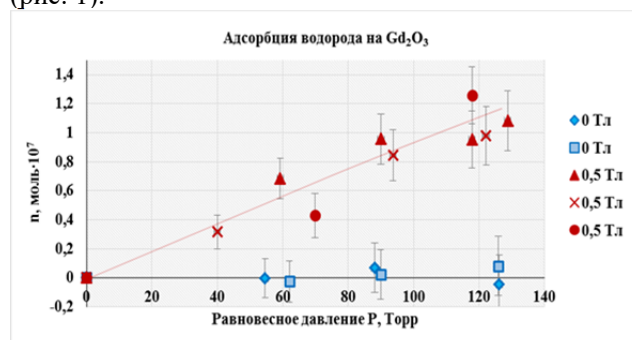


Рис. 1. Адсорбция водорода на оксиде гадолиния при температуре  $-196^\circ\text{C}$  с приложенным магнитным полем и в его отсутствии

При внесении образца в магнитное поле наблюдается распределение частиц носителя вдоль силовых линий магнитного поля, и вместо «кучки» порошка на дне реактора видно его распределение по стенкам (рис.2) реактора на высоте, где располагаются магниты. В работе использованы четыре круглых неодимовых магнита с общей величиной магнитного поля внутри кольца 0.5 тесла.

На порошке  $Gd_2O_3$  при наложении магнитного поля появляется адсорбция водорода при  $-196\text{ }^{\circ}C$  (рис. 1). При соударении с поверхностью  $Gd_2O_3$  часть молекул газа задерживается на поверхности на некоторое время, определяемое интенсивностью поверхностного силового поля. Область действия поверхностных сил имеет размеры порядка  $10^{-8}$  см, т.е. меньше, чем диаметр адсорбируемой молекулы.



Рис. 2. Образец порошка оксида гадолиния в реакторе без магнитного поля (а) и при внесении его в магнитное поле неодимовых магнитов (б, в)

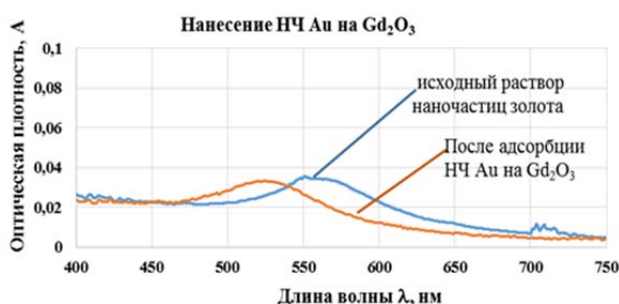


Рис. 3. Спектры поглощения раствора наночастиц золота до и после нанесения на оксид гадолиния

При изучении адсорбции водорода на системе  $Au/Gd_2O_3$  в отличие от чистого носителя адсорбция наблюдалась и при  $-196\text{ }^{\circ}C$ , и при  $-163\text{ }^{\circ}C$ . При наложении магнитного поля количество молей водорода, адсорбированного в монослое, увеличивается в среднем в  $1.5\div 2$  раза.

При изучении каталитической активности образцов  $Au/Gd_2O_3$  и  $Gd_2O_3$  показано, что они являются активными катализаторами реакции орто-пара конверсии протия. При наложении магнитного поля активность обеих систем увеличивается. Причина повышения скорости протекания реакции может быть объяснена двумя вариантами. Во-первых, как показали исследования низкотемпературной адсорбции водорода, при наложении магнитного поля увеличивается

Поэтому обычно распространение физической адсорбции ограничивается мономолекулярным слоем газа. Под действием магнитного поля может также наблюдаться поляризация молекулы водорода, что также может сказываться на адсорбционной способности.

Композитная система на основе наночастиц золота и оксида гадолиния получена пропиткой порошка  $Gd_2O_3$  коллоидным раствором, содержащим наночастицы золота размером 14.4 нм, полученные цитратным восстановлением. Процесс нанесения частиц контролировался спектрофотометрически (рис. 3) в течение 7 дней. На основании результатов анализа был сделан вывод об окончании процесса осаждения наночастиц золота из раствора на подложку.

количество адсорбированного протия, т.е. увеличивается количество активных центров на поверхности катализатора. Во-вторых, реакция орто-пара конверсии протия описывается магнитным механизмом, поэтому наложение магнитного поля, вероятно, усиливает магнитные свойства, что и приводит к увеличению скорости протекания реакции.

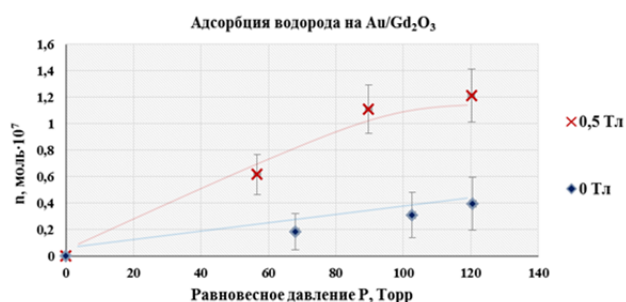


Рис. 4. Адсорбция водорода на  $Au/Gd_2O_3$  при  $-196\text{ }^{\circ}C$  с приложенным магнитным полем и в его отсутствии

#### Список литературы

1. Gareth L. Nealon, Bertrand Donnio, Romain Greget, Jean-Paul Kappler, Emmanuel Terazzi and Jean-Louis Gallani. Magnetism in gold nanoparticles. // *Nanoscale*. 2012, 4, 5244.