

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Сборник научных трудов  
XIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

**Том 2. Химия**

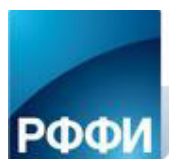
РОССИЯ, ТОМСК, 26 – 29 апреля 2016 г.

# PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

XIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists

**Volume 2. Chemistry**

RUSSIA, TOMSK, April 26 – 29, 2016



Конференция проведена при финансовой поддержке  
Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 16-32-10075.

Издательство Томский политехнический университет

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный архитектурно-строительный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

# **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК**

Сборник научных трудов  
XIII Международной конференции студентов, аспирантов  
и молодых ученых

**Том 2. Химия**

РОССИЯ, ТОМСК, 26 – 29 апреля 2016 г.

# **PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT**

XIII International Conference of students, graduate students  
and young scientists

**Volume 2. Chemistry**

RUSSIA, TOMSK, April 26 – 29, 2016

Томск 2016

УДК 50(063)  
ББК 20л0  
П27

**П27 Перспективы развития фундаментальных наук** [Электронный ресурс]: сборник трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Россия, Томск, 26–29 апреля 2016 г. / под ред. И.А. Курзиной, Г.А. Вороновой. – Томск: Изд-во – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – Режим доступа: [http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings\\_2016\\_vol\\_2.pdf](http://science-persp.tpu.ru/Arch/Proceedings_2016_vol_2.pdf) – 514 с.

ISBN 978-5-4387-0653-3  
ISBN 978-5-4387-0651-9

Сборник содержит труды участников XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». Включает доклады студентов, аспирантов и молодых ученых, представленные на секциях «Физика», «Химия», «Математика», «Биомедицина», «Экономика», «Строительство и архитектура», «Конкурс архитектурных работ», «IT-технологии и электроника». Сборник представляет интерес для студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей.

**УДК 50(063)**  
**ББК 20л0**

*Редакционная коллегия*

И.А. Курзина, доктор физико-математических наук, доцент;  
Г.А. Воронова, кандидат химических наук, доцент;  
С.А. Поробова

ISBN 978-5-4387-0653-3  
ISBN 978-5-4387-0651-9

© ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет», 2016  
© Томский политехнический университет,  
электронный текст, 2016

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА БИОРАЗЛАГАЕМЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИ-L-ЛАКТИДА И ГИДРОКСИАПАТИТА <b>В. Сюсюкина, Е. Шаповалова</b>	422
СИНТЕЗ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНАТА МЕДИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ И КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В РЕАКЦИИ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МОНООКСИДА УГЛЕРОДА <b>А.Н. Тафилевич</b>	425
ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АНТРОПОГЕННЫХ ФИТОЦЕНОЗАХ <b>А.Ю. Токарева, Е.И. Попова</b>	428
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ФОРМ МЫШЬЯКА В ОБЪЕКТАХ СО СЛОЖНЫМИ МАТРИЦАМИ МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ <b>А.В. Тё</b>	431
СИНТЕЗ МОЛИБДАТОВ МЕДИ ЗАДАННОЙ СТРУКТУРЫ <b>Х.Х. Уразов, Е.В. Солтыс, Т.С. Харламова</b>	434
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ ГРАНИЧНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОДАРСКОГО И СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЕВ <b>Э.М. Устинова, Э.В. Горчаков</b>	437
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ПРИСАДОК ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ КАПРОЛАКТАМА <b>А.Р. Утаганова, А.С. Князев, Е.В. Томилова</b>	440
МОДИФИЦИРОВАННЫЕ КРИОГЕЛИ С ГИДРОФОБНЫМИ СВОЙСТВАМИ <b>В.Р. Утяганова, М.С. Фуфаева, В.Н. Манжай</b>	443
ЗАВИСИМОСТЬ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛИКАГЕЛЯ ОТ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ <b>Ж.В. Фаустова, А.В. Владимирова</b>	446
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ОПТИЧЕСКИХ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДОПИРОВАННОГО ФТОРОМ И АЗОТОМ ДИОКСИДА ТИТАНА <b>Е.Д. Фахрутдинова, А.В. Шабалина</b>	449
ПРИМЕНЕНИЕ КРИОГЕЛЕЙ, НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ <b>В.С. Овсянникова, Д.А. Филатов</b>	452
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ В УГЛЯХ КУЗБАССА <b>Е.Р. Хабибулина, З.Р. Исмагилов, Н.В. Журавлева, С.А. Созинов</b>	455
THE APPLICATION OF EXTERNAL FIELDS TO MANUFACTURING NEW MMC BASED ON ALUMINUM ALLOY REINFORCED WITH ScF <sub>3</sub> NANOPARTICLES WITH NEGATIVE COEFFICIENT OF THERMAL EXPANTION <b>M.G. Khmeleva, A.P. Khrustalyov, S.A. Vorozhtsov</b>	458
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ РАФИНИРОВАННЫХ СПЛАВОВ И ЛИГАТУР НА ОСНОВЕ РЗМ <b>В.С. Хорохорин, Н.И. Косова, Е.Ю. Карташов, Ю.Н. Макасеев, П.Б. Молоков, В.Л. Софронов</b>	461
USING BURNABLE ABSORBER IN THORIUM REACTOR <b>D.A. Khrapov, Yu. Yu. Kovalyova</b>	464
ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МОДИФИЦИРОВАННЫМ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ СИНТЕЗОМ <b>К.А. Хрусталева</b>	467
THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF MG ALLOY REINFORCED WITH ALN NANOPARTICLES <b>A.P. Khrustalyov, S.A. Vorozhtsov, V.V. Promakhov</b>	470

**ЗАВИСИМОСТЬ ТЕКСТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛИКАГЕЛЯ ОТ КИСЛОТНОСТИ  
СРЕДЫ**

Ж.В. Фаустова, А.В. Владимирова

Научный руководитель: доцент, к.х.н. Ю.Г. Слизов

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [zhv.xf@mail.ru](mailto:zhv.xf@mail.ru)

**DEPENDENCE TEXTURAL CHARACTERISTICS OF SILICA GEL ON THE ACIDITY**

Zh.V. Faustova, A.V. Vladimirova

Scientific Supervisor: Ph., D. Yu.G. Slizhov

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: [zhv.xf@mail.ru](mailto:zhv.xf@mail.ru)

**Abstract.** *In this paper the influence of medium acidity on the texture characteristics of silica gels prepared by the sol-gel method based on tetraethoxysilane (TEOS), using cetyltrimethylammonium bromide (STABr) as a template was studied. It was found that at pH = 2 value is formed microporous silica gel with average pore size of 2 nm. In an alkaline medium at pH = 10 mesoporous SiO<sub>2</sub> (18 nm) with a narrow pore size distribution and specific surface area 110 m<sup>2</sup>/g is formed.*

В последнее время большое количество исследований посвящены получению силикагелей золь-гель методом и изучению условий его формирования [1,2]. Область применения данных материалов зависит от их текстурных характеристик и адсорбционных свойств, поэтому регулирование соответствующих показателей является актуальным и важным направлением.

В данной работе изучали влияние pH среды (при значении pH=2, pH=7, pH=10) на пористость силикагеля, полученного золь-гель методом на основе тетраэтоксисилана (ТЭОС), с использованием цетилтриметиламмоний бромида (СТАВr) в качестве темплата.

Изменение химической природы соединений в ходе гидролиза и поликонденсации исследовали методом ИК-спектроскопии, ИК-спектры золь-гелей и силикагелей снимали на спектрометре Agilent Technologies Cary 630 FTIR в диапазоне 400–4000 см<sup>-1</sup>. Площадь удельной поверхности, объем пор и распределение их по размерам характеризовали методом низкотемпературной адсорбции азота при 77К с помощью газо-адсорбционного анализатора TriStar II (3020).

При гидролизе ТЭОС (pH=2) внешний вид золя представляет собой прозрачный раствор. По данным ИК-спектроскопии уже через 4 мин после начала гидролиза образуются группы Si–OH, о чем свидетельствует появление полосы поглощения с максимумом при 960 см<sup>-1</sup>, отвечающей валентным колебаниям ( $\nu(\text{Si-OH})$ ) [3]. Кроме того, появляется полоса поглощения 782 см<sup>-1</sup>, характеризующая деформационные колебания групп ( $\delta(\text{Si-OH})$ ). Через 60 мин после добавления ТЭОС наблюдается полоса с максимумом при 1168 см<sup>-1</sup> – валентные ассиметричные колебания ( $\nu_{\text{as}}(\text{Si-O-Si})$ ), которые свидетельствуют о формировании остова Si–O–Si. В ИК – спектре высушенного золя наблюдается

смещение полосы поглощения  $1168\text{ см}^{-1}$  в область меньших частот  $1090\text{ см}^{-1}$  вследствие роста полимерной цепи и увеличения количества атомов кремния.

При  $\text{pH}=7$  раствор представляет собой эмульсию «масло в воде», при этом в течение 12 мин от начала реакции в верхней части жидкости накапливается гелеобразный слой. Через 3 часа раствор становится белого цвета, что может говорить об уменьшении однородности системы. Сразу после добавления раствора ТЭОС в ИК-спектрах появляются полосы поглощения, характеризующие образование групп Si–OH ( $960\text{ (}v_{\text{as}}(\text{Si-O}))$ ,  $783\text{ (}\delta(\text{Si-OH}))$ ) и Si–O–Si ( $1168\text{ (}v_{\text{as}}(\text{Si-O-Si}))$ ). Через 60 минут от начала реакции интенсивность полос поглощения групп Si–OH возрастает и, следовательно, увеличивается количество продуктов гидролиза. Кроме того, в результате наложения полос поглощения  $1043\text{ см}^{-1}\text{ (}v(\text{C-C-O}))$ ,  $1085\text{ см}^{-1}\text{ (}\delta(-\text{CH}_3))$  этанола с колебаниями силикатных группировок  $v_{\text{as}}(\text{Si-O-Si})$ , образующихся в растворе [4], происходит изменение формы полосы поглощения в этой области.

Раствор со значением  $\text{pH}=10$  через четыре минуты, после добавления ТЭОС, становится мутным, а через 20 мин выпадает осадок белого цвета. В ИК-спектре осадка присутствует полоса поглощения  $1050\text{ см}^{-1}$  по форме и интенсивности которой можно судить о присутствии большого количества каркасных структурных фрагментов  $\text{SiO}_2$  аморфного кремнезема. По мере уменьшения концентрации мономеров и увеличения длины цепи происходят процессы циклизации полиорганосилоксанов, что подтверждается отсутствием в ИК-спектрах, высушенного образца при  $60^\circ\text{C}$ , полос колебаний групп Si–OH[5].

В ИК-спектрах прокаленных образцов полосы колебаний  $1050$ ,  $801$ ,  $460\text{ см}^{-1}$  интерпретируются как валентные асимметричные, валентные симметричные и деформационные колебаниям Si–O–Si характерные для атомов кремния в тетраэдрах  $\text{SiO}_4$ . Высокая частота асимметричных валентных колебаний Si–O–Si указывает на сильно сшитую структуру [6]. При значении  $\text{pH}=2$  колебания  $1070\text{ см}^{-1}$  смещены в область больших частот, что свидетельствует о формировании слаборазветвленных линейных полимеров  $\text{SiO}_2$  [3].

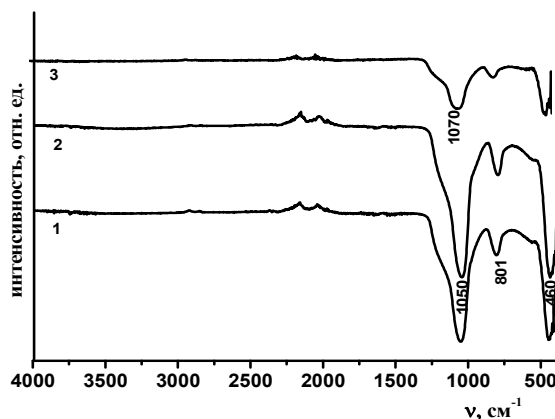


Рис.1. ИК-спектры прокаленных силикагелей (1 –  $\text{pH}=10$ , 2 –  $\text{pH}=7$ , 3 –  $\text{pH}=2$ )

Образцы, синтезированные при значении  $\text{pH}=2$  имеют площадь удельной поверхности –  $398\text{ м}^2/\text{г}$  и средний диаметр пор 2 нм. Диоксид кремния, образованный при  $\text{pH}=7$ , обладает большим размером пор – 10 нм и меньшей площадью удельной поверхности –  $297\text{ м}^2/\text{г}$ . Осаждение в щелочной среде при  $\text{pH}=10$  приводит к образованию ксерогеля с площадью удельной поверхности  $110\text{ м}^2/\text{г}$  и большей пористостью (18 нм), по сравнению с силикагелем, полученным в кислой среде.

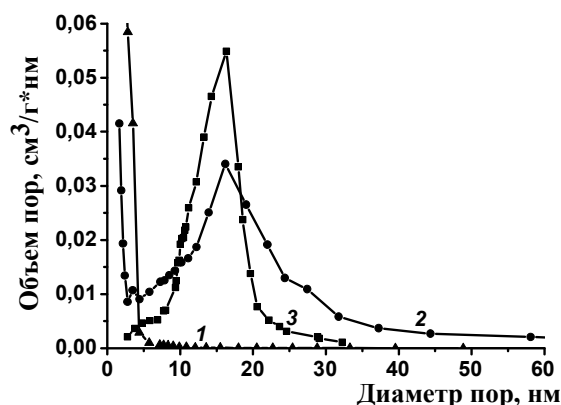


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения пор по размерам силикагелей, полученных при различных значениях кислотности (1 – pH=2; 2 – pH=7; 3 – pH=10)

Наблюдаемое влияние кислотности среды на формирование структуры силикагеля объясняется тем, что при изменении pH меняется соотношение между скоростями реакции гидролиза и поликонденсации его продуктов [6]. В кислой среде скорость гидролиза высока, поэтому на начальной стадии золь пересыщен продуктами Si–OH. В результате образуются чрезвычайно малые, высокодисперсные частицы золя, из которых формируются микро- и мезопористые образцы. В щелочной среде скорость конденсации выше скорости гидролиза. В этом случае образование продуктов гидролиза растянуто во времени, что способствует синтезу более крупных частиц SiO<sub>2</sub>, из которых формируется силикагель, имеющий более крупные поры.

Таким образом, одним из наиболее важных параметров, оказывающих влияние на пористую структуру силикагеля, полученного золь-гель методом, является pH среды. Варьирование кислотности среды на стадии гидролиза позволяет получать как микропористые, так и мезопористые силикагели с довольно узким распределением пор.

Работа выполнена в рамках госзадания (№<sub>зосред.</sub> 114051370021) Минобрнауки РФ по проекту № 1432.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родионов М.Ю., Слюсаренко Е.М., Лунин В.В. Перспективы применения алкоксотехнологии в гетерогенном катализе // Успехи химии. – 1996. – Т.65. – С.865–880.
2. Эрдей-Груз Т. Явления переноса в водных растворах: пер. с англ./ Т. Эрдей-Груз; под ред. Н.С. Лидоренко, Ю.А. Мазитова. – М.: Мир, 1976. – 596 с.
3. Симоненко Е.П., Дербенев А.В., Симоненко Н.П., Севастьянов В.Г., Кузнецов Н.Т. Изучение процесса гелеобразования при золь-гель синтезе диоксида кремния // Журнал неорганической химии. – 2015. – Т. 60. – №12. – С. 1579-1587.
4. Мошников, В.А. Золь-гель технология микро- и нанокompозитов / В.А. Мошников, Ю.М. Таиров, Т.В. Хамова, О.А. Шилова – СПб. Изд. «Лань», 2013. – 290 с.
5. Лазарев А.Н. Колебательные спектры и строение силикатов. – Л.: Наука, 1968. – 253.
6. Накамото К. Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1966. – 410 с.