

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

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

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 SiO₂ (18 nm) with a narrow pore size distribution and specific surface area 110 m²/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⁻¹. 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⁻¹, отвечающей валентным колебаниям ($\nu(\text{Si-OH})$) [3]. Кроме того, появляется полоса поглощения 782 см⁻¹, характеризующая деформационные колебания групп ($\delta(\text{Si-OH})$). Через 60 мин после добавления ТЭОС наблюдается полоса с максимумом при 1168 см⁻¹ – 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 см^{-1} в область меньших частот 1090 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 ($960\text{ (}\nu_{\text{as}}(\text{Si-O})\text{)}$), $783\text{ (}\delta(\text{Si-OH})\text{)}$ и Si–O–Si ($1168\text{ (}\nu_{\text{as}}(\text{Si-O-Si})\text{)}$). 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 $1043\text{ см}^{-1}\text{ (}\nu(\text{C-C-O})\text{)}$, $1085\text{ см}^{-1}\text{ (}\delta(-\text{CH}_3)\text{)}$ этанола с колебаниями силикатных группировок $\nu_{\text{as}}(\text{Si-O-Si})$, 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 см^{-1} по форме и интенсивности которой можно судить о присутствии большого количества каркасных структурных фрагментов 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°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 колебания Si–O–Si характерные для атомов кремния в тетраэдрах SiO_4 . Высокая частота асимметричных валентных колебаний Si–O–Si указывает на сильно сшитую структуру [6]. При значении $\text{pH}=2$ колебания 1070 см^{-1} смещены в область больших частот, что свидетельствует о формировании слаборазветвленных линейных полимеров SiO_2 [3].

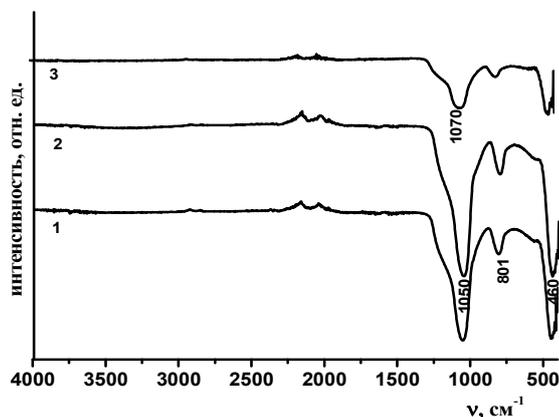


Рис.1. ИК-спектры прокаленных силикагелей (1 – $\text{pH}=10$, 2 – $\text{pH}=7$, 3 – $\text{pH}=2$)

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.

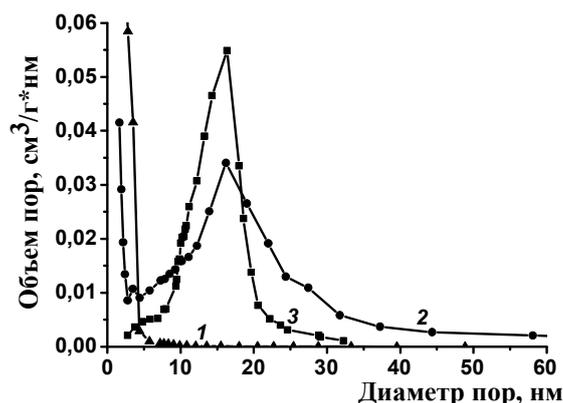


Рис. 2. Дифференциальные кривые распределения пор по размерам силикагелей, полученных при различных значениях кислотности (1 – pH=2; 2 – pH=7; 3 – pH=10)

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–ОН. 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 SiO₂, 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 (№_{зосред.} 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 нанокомпозитов / 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.