

## Основные достижения лаборатории за период 2006-2010 гг.

### Основные достижения лаборатории за период 2011-2015 гг.

[2011](#) [2012](#) [2013-2014](#) [2015](#)

#### 2011 г.

- Разработан метод темплатного синтеза сорбционно-реагентных материалов для удаления стронция на основе силикатов бария с использованием в качестве темплата силоксан-акрилатных эмульсий. Проведен сравнительный анализ полученных материалов и материалов, используемых для данной цели в компании ТЕПКО (Япония). Показана высокая перспективность разработанных сорбционно-реагентных материалов для удаления стронция из морской воды – задачи, стоящей при ликвидации последствий аварии на АЭС Фукусима.

- Разработан метод внедрения кислотно-основных индикаторов в полислоистые покрытия на основе природных полисахаридов. Оптимизированы условия получения таких покрытий на коммерчески доступных волноводах, исследованы оптические свойства полученных материалов, установлен диапазон линейного отклика оптических сенсоров для детектирования паров аммиака с пределом обнаружения 50 ppm.

*Mironenko A., Sergeev A., Bratskaya S., Nepomnyashiy A., Avramenko V., Voznesenskiy S. Design and fabrication of a chitosan based integrated optical device for humidity sensing// Proceedings of «SPIE Optics + Photonics» international conference (Proc. of SPIE), San Diego, 21–25 August 2011.– V.8093, P.809320*

- Разработан оригинальный способ получения макропористых материалов на основе оксидов вольфрама с использованием коллоидного органического темплата (силоксан-акрилатной эмульсии), метод позволяет получать оксидные материалы с упорядоченно пористой поверхностью (размер пор от 100 до 500 нм) для применения в качестве макропористых сорбентов и катализаторов. Повышение каталитической активности обеспечивается за счет введения наночастиц благородных металлов (золото, платина, палладий) в пористое пространство оксидного носителя. Экспериментальным путем установлены оптимальные параметры формирования макропористой структуры и химически активного состава материалов на основе оксидов вольфрама, с учетом влияния условий синтеза на всех стадиях процесса.

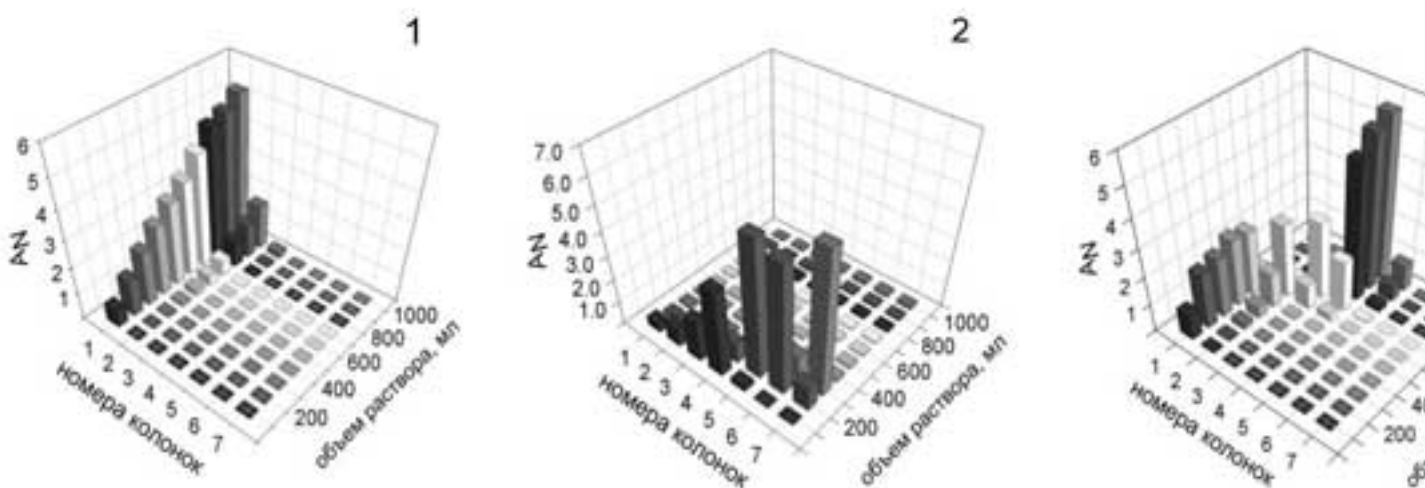
*Папынов Е.К., Майоров В.Ю., Непомнящий А.В., Кайдалова Т.А., Авраменко В.А. Темплатный синтез макропористых материалов на основе оксидов вольфрама// Химическая технология. 2011. - № 6. – С. 367-373.*

#### 2012 г.

- Предложен способ исследования динамических сорбционных свойств

ферроцианидных сорбентов по отношению к радионуклидам цезия с помощью анализа распределения радиоцезия в твердой фазе сорбента. Динамические сорбционные характеристики определяют путем измерения активности последовательных слоев сорбента после прохождения определенных объемов раствора. Показано, что исследование распределения радионуклидов цезия по слоям сорбента является эффективным методом анализа устойчивости различных сорбентов в жидких средах. Исследованы сорбционные характеристики следующих ферроцианидных сорбентов: Термоксид-35 (ферроцианид никеля-калия на гидроксиде циркония), ФНС-2 (ферроцианид никеля-калия на кремнеземе) и ФС-2 (ферроцианид меди на кремнеземе). Показано, что сорбент Термоксид-35 наиболее устойчив в щелочных средах. Предложенный метод может широко применяться для исследования устойчивости сорбентов, селективных к различным радионуклидам.

*Егорин А.М., Авраменко В.А. Динамика сорбции радионуклидов цезия на селективных ферроцианидных сорбентах. Распределение активности  $^{137}\text{Cs}$  в неподвижной фазе Радиохимия, 2012, т. 54, No. 5, с. 445–450.*

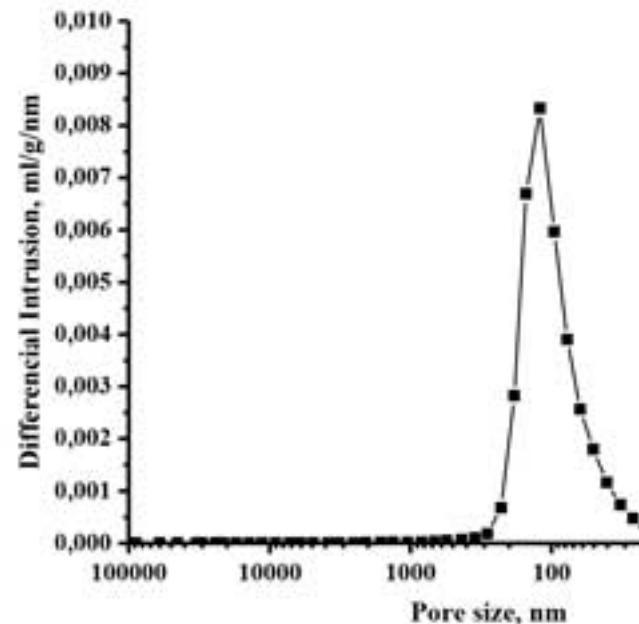
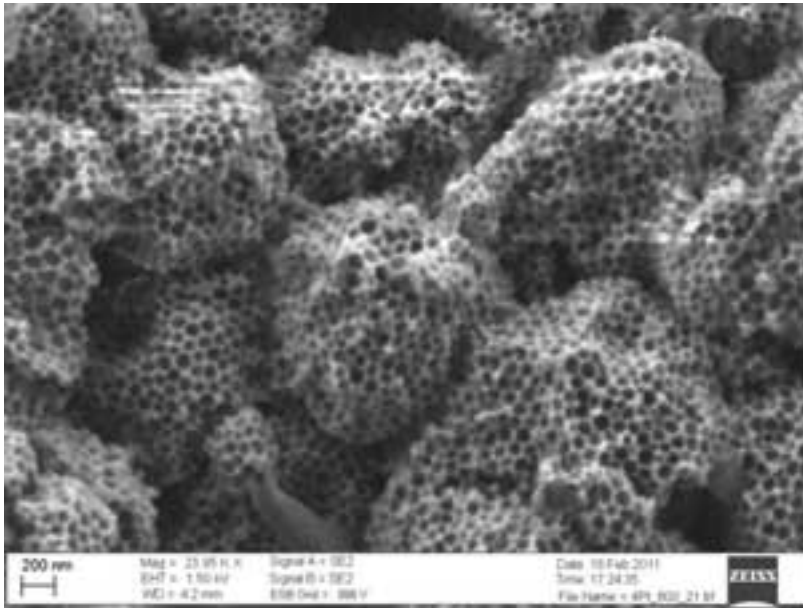


Распределение  $^{137}\text{Cs}$  при извлечении из модельного раствора, содержащего  $\text{Na}^+$  3моль/дм<sup>3</sup>,  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$  0.02моль/дм<sup>3</sup>, pH 10.5 на колонках с сорбентом: 1 – Термоксид-35, 2 – ФС-2, 3 – ФНС-2.

- Впервые разработан метод получения пористого волластонита с помощью темплатного синтеза на коллоидно-устойчивых частицах со ступенчатой термообработкой материала. Разработан метод получения силикатов кальция с

иммобилизованными наночастицами золота. Метод позволяет вводить в силикатную матрицу до 10% золотых наночастиц (размерами 20-30 нм). Полученные материалы перспективны для получения так называемых биостекол – новых материалов для создания имплантов.

*Авраменко В.А., Папынов Е.К. Темплатный синтез пористых силикатов кальция с использованием силоксан-акрилатных эмульсий. Тезисы докладов Международной конференции ХТ' 12 Москва, 2012. С.186*



СЭМ-изображение частиц пористого волластонита и распределение пор по размерам в полученном материале

- Разработан способ получения на коммерчески доступных оптических волноводах из натрий-силикатного стекла хемочувствительных мультислойных покрытий хитозан/λ-каррагинан, допированных рН-индикаторами. Установлено, что оптимальная толщина покрытия для реализации интегральных оптических детекторов NH<sub>3</sub> и HCl в газовой среде составляет 30-70 нм, а количество вводимого красителя линейно зависит от толщины покрытия для анионного индикатора бромтимолового синего и экспоненциально - для амфотерного индикатора Конго красного. Показано, что предел обнаружения паров NH<sub>3</sub> и HCl в воздухе с использованием разработанных сенсоров составляет 1 ppm

*A. Yu. Mironenko, A.A. Sergeev, S.S. Voznesenskiy, D.V. Marinin, S. Yu. Bratskaya*

*pH-indicators doped polysaccharide LbL coatings for hazardous gases optical sensing// Carbohydrate Polymers 92 (2013) 769– 774*

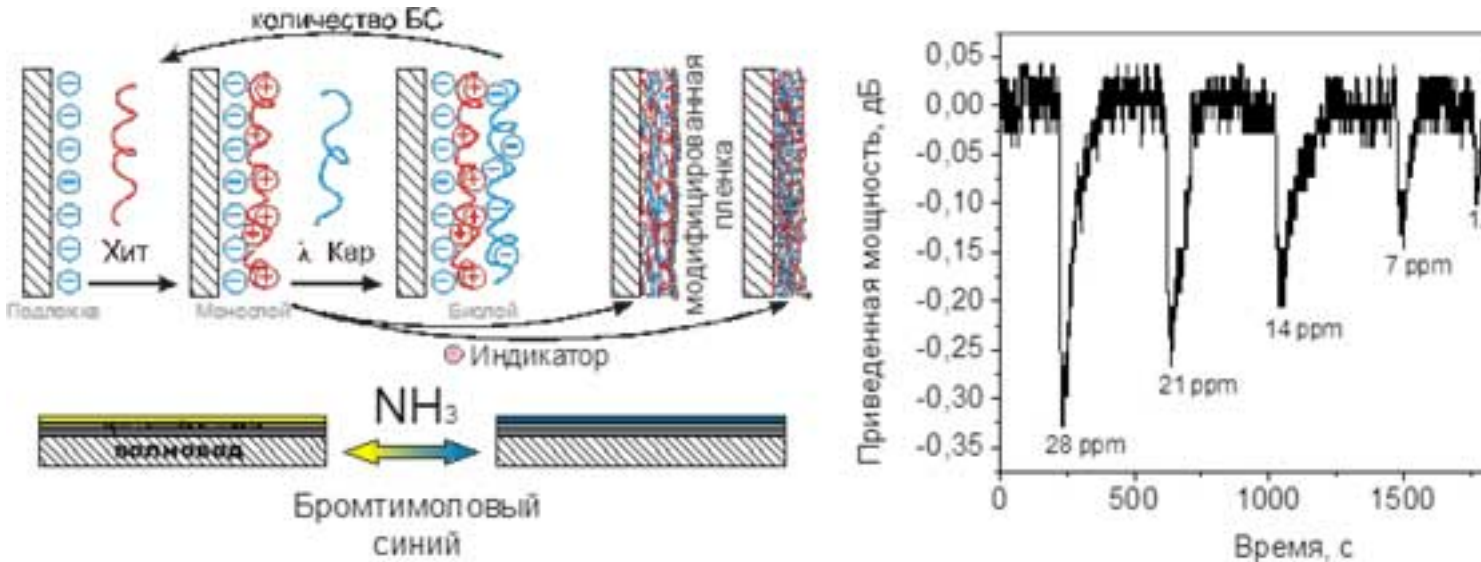
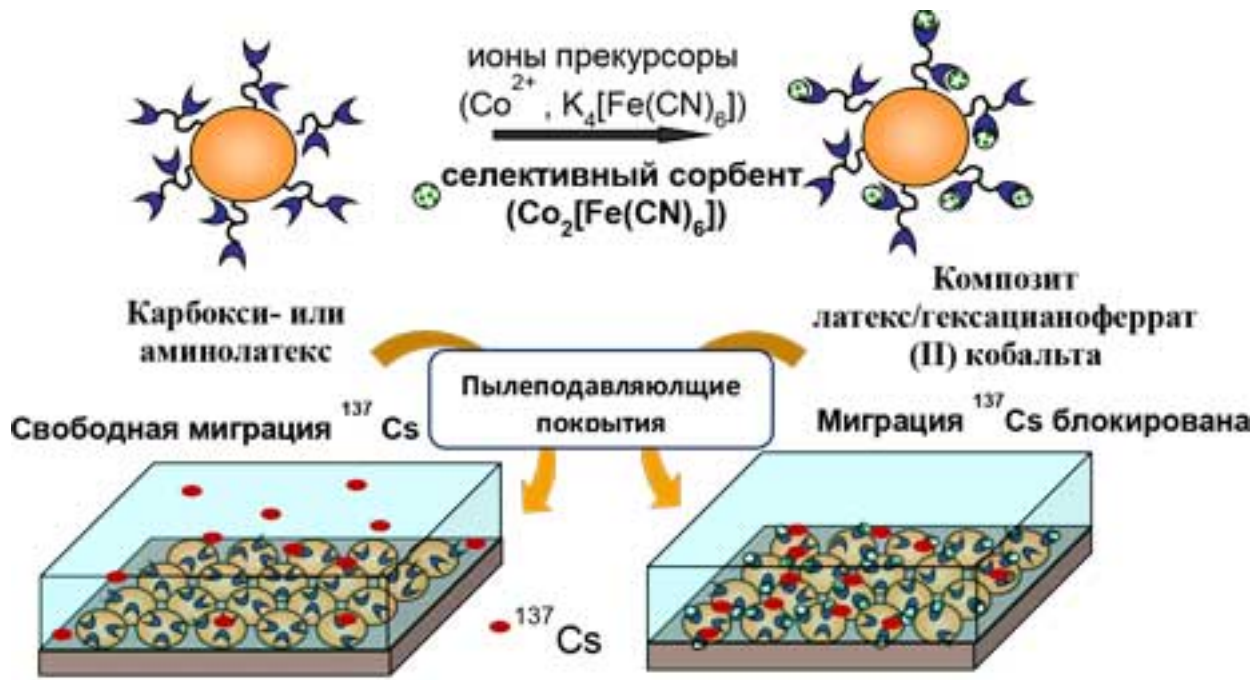


Схема формирования чувствительного полимерного слоя на поверхности волновода и оптический отклик сенсора на присутствие аммиака

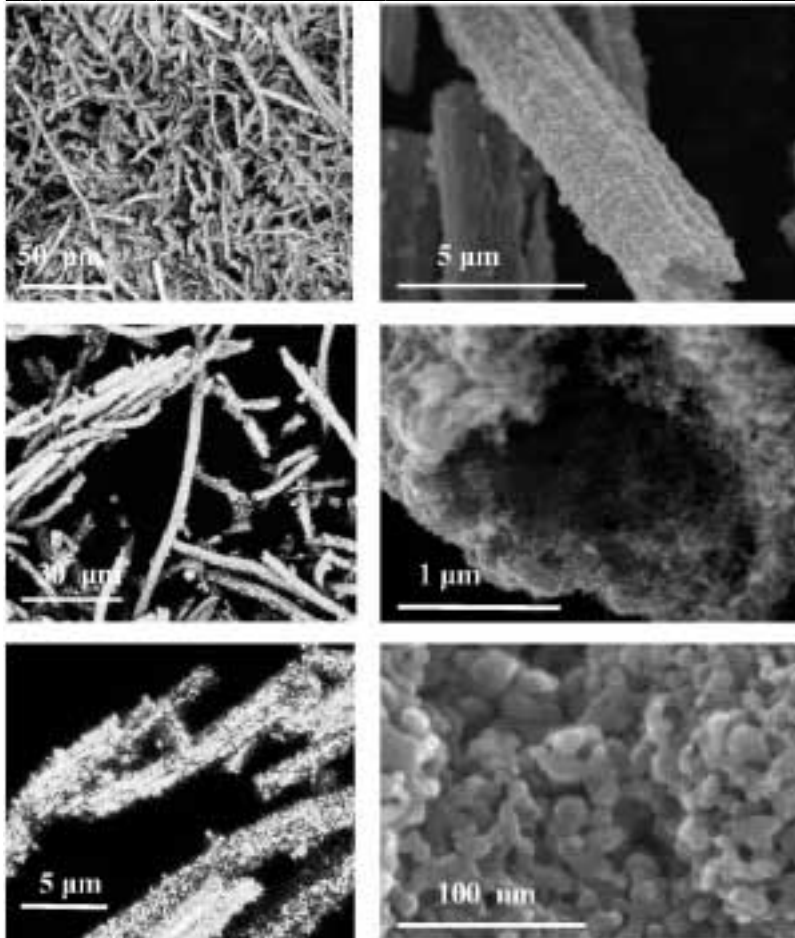
## 2013 - 2014 г.

- Предложен новый подход к формированию композитных покрытий для предотвращения миграции радионуклидов цезия, основанный на сочетании пылеподавляющих свойств силико-акрилатных латексов с сорбционными свойствами наноразмерных ферроцианидов переходных металлов, предварительно иммобилизуемых на поверхности латексов. Показано, что композитные латексные покрытия микронной толщины с содержанием ферроцианидов кобальта  $1.3 \cdot 10^{-6}$  моль/см<sup>3</sup> обеспечивают фиксацию радионуклидов <sup>137</sup>Cs на загрязненной поверхности с эффективностью более 99%.

*S. Bratskaya, A. Musyanovych, V. Zhelezov, A. Synytska, D. Marinin, F. Simon, V. Avramenko. Polymer-Inorganic Coatings Containing Nanosized Sorbents Selective to Radionuclides. 1. Latex/Cobalt Hexacyanoferrate(II) Composites for Cesium Fixation// ACS Appl. Mater. Interfaces, 2014, 6 (19), pp 16769–16776*



Миграция цезия в волную среду с загрязненной поверхности

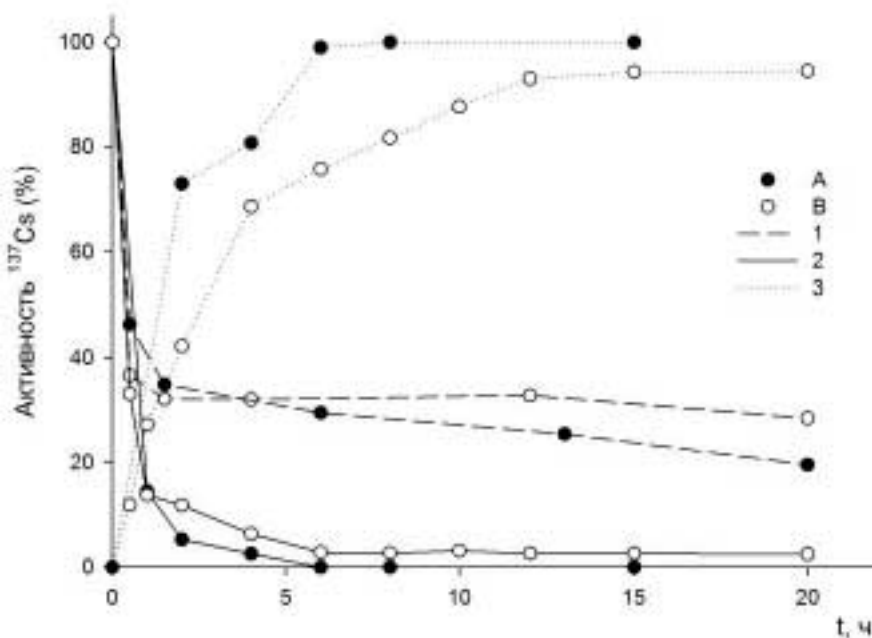


2015 г.

- Проведены исследования локализации радионуклидов в отработанных ионообменных смолах, используемых в атомной энергетике. Показано, что основная

часть радионуклидов, не удаляемых в процессе кислотно-основной регенерации, связана с неорганическими отложениями на поверхности и внутри гранул ионообменных смол. Изучена природа неорганических включений на реальных и модельных отработанных ионообменных смолах (ОИОС). Предложен метод дезактивации ОИОС с использованием резорцин-формальдегидных смол (РФС), селективных к радионуклидам цезия. Показана перспективность такого подхода для глубокой дезактивации ОИОС.

*М. С. Паламарчук, А. М. Егорин, М. В. Тутов, В. А. Авраменко Дезактивация отработанных ионообменных смол, загрязненных радионуклидами цезия// Доклады Академии наук, 2015, том 465, № 6, с. 691–695.*

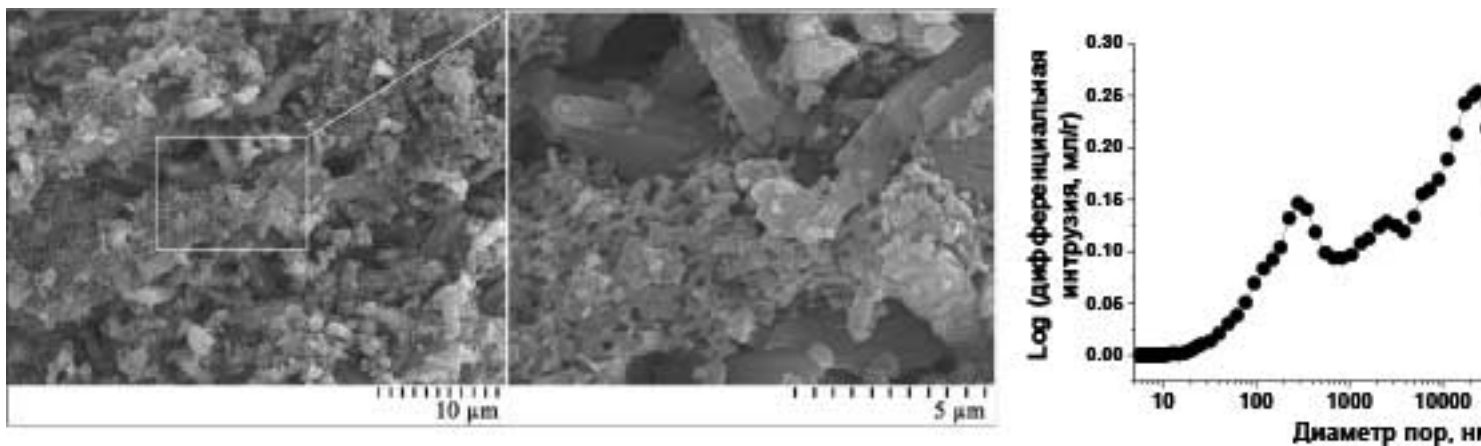


Кинетика дезактивации ИОС: 1 - раствором  $\text{NaNO}_3$  (2.25M),  $\text{NaOH}$  (0.75M) в отсутствии РФС, 2 - тем же раствором в присутствии РФС. 1, 3 - кинетические кривые накопления  $^{137}\text{Cs}$  на РФС; А – реальная ОИОС, В – модельный ионит КУ-2х8.

- Методом искрового плазменного спекания (Spark Plasma Sintering, SPS) синтезированы новые пористые силикатные композиты высокой конструкционной прочности, относящиеся к классу биоактивных керамических материалов. Предложен

способ регулирования пористой структуры керамики, обеспечивающий формирование иерархически пористого силикатного каркаса от нано- до микрометрового размера пор за счет использования порообразующего углеродистого темплата. Материалы могут быть востребованы в медицинской практике – в ортопедии, травматологии, стоматологии и других областях медицины для восстановления, замещения, регенерации поврежденных твёрдых тканей.

*Е.К. Парунов, V.Yu. Mayorov, A.S. Portnyagin, O.O. Shichalin, S.P. Koblyakov, T.A. Kaidalova, A.V. Nepomnyashiy, T.A. Sokol'nitskaya, Yu.L. Zub, V.A. Avramenko. Application of carbonaceous template for porous structure control of ceramic composites based on synthetic wollastonite obtained via Spark Plasma Sintering // Ceramics International. - Volume 41, Issue 1, Part B, January 2015, Pages 1171–1176.*



СЭМ-изображения и дифференциальная кривая зависимости объема интрузии от диаметра пор силикатной керамики, полученной методом SPS

- Проведены сравнительные исследования эффективности применения хитозана и ряда его производных для аналитического концентрирования ионов благородных металлов перед атомно-абсорбционным определением из растворов с высоким фоновым содержанием ионов Fe(III) и солей щелочных металлов. Рассчитаны коэффициенты разделения и селективности, показано, что наиболее эффективно групповое концентрирование и элюирование ионов Au(III), Pt(IV) и Pd(II) осуществляется с применением N-(4(5)-имидазолил)метилхитозана и N-(2-(4-пиридил)этил)хитозана. Предел обнаружения методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии при коэффициенте концентрирования 50 составил 0.0026 мкг/мл для золота, 0.0015 мкг/мл

для палладия, 0.0196 мкг/мл для платины.

*Yu. A. Azarova, A.V. Pestov, A. Yu. Ustinov, S. Yu. Bratskaya Application of chitosan and its N-heterocyclic derivatives for pre-concentration of noble metal ions and their determination using atomic absorption spectrometry// Carbohydrate Polymers 134 (2015) 680–686*

Пределы обнаружения ионов благородных металлов методом атомной абсорбционной спектроскопии с и без концентрирования

Элемент	Предел обнаружения без концентрирования (мкг/л)			Предел обнаружения с концентрированием в 50 раз (мкг/л)
0.1M HCl Fe(III) 300 мг/л	Na(I) 100 мг/л, 0.1M HCl	мг/л		мкг
Au	0.088	0.13		0.0026
Pt	0.75	0.75		0.015
Pd	0.097	0.097		0.00196

Предложен и экспериментально обоснован новый подход к исследованию протолитических и комплексообразующих свойств полиэлектролитов в рамках непрерывной обобщенной модели, позволяющей рассчитывать непрерывные спектры констант ионных равновесий без предварительной информации о составе системы. Введен новый принцип получения и обработки экспериментальных данных комплексометрического потенциометрического титрования полимерных лигандов с использованием двух индикаторных электродов – рН-электрода и ион-селективного

электрода (ИСЭ), что позволяет существенно расширить возможности метода при исследовании комплексов с  $\log(KML) > 7$ .

*(Братская С.Ю. Ионогенные свойства природных полиэлектролитов и их производных: дисс. ... докт. хим. наук / Институт химии ДВО РАН. Владивосток. 2009. 359 с.)*