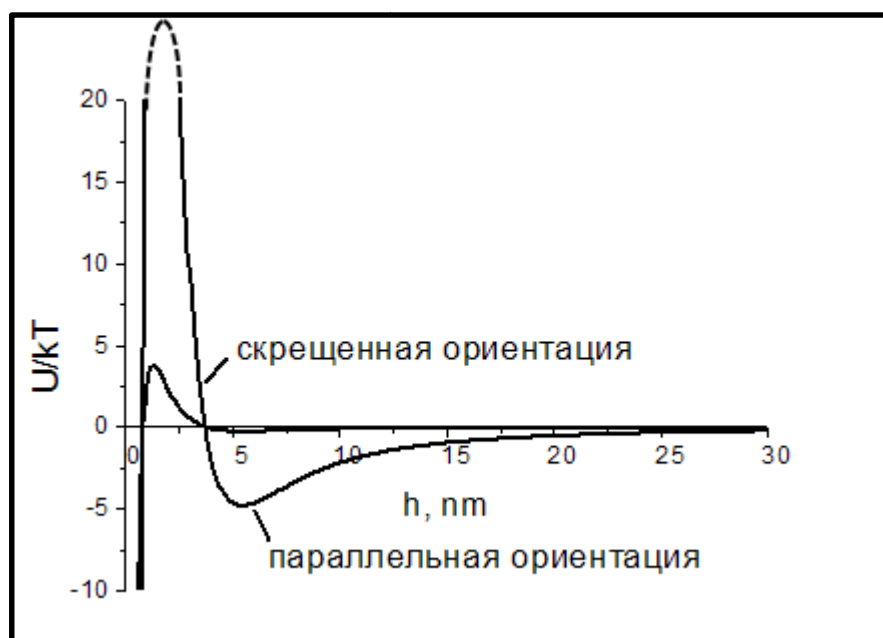


- 1) Проведены расчеты энергий взаимодействия между наночастицами оксидов металлов/кремния и целлюлозы (в том числе между гомо- и гетерочастицами) по теории ДЛФО. Показано, что гомокоагуляция энергетически невыгодна, процесс же гетерокоагуляции происходит в первичном потенциальном минимуме с образованием прочных коагуляционных контактов. Показано, что коагуляция анизотропных частиц может происходить с различной их взаимной ориентацией и приводит к появлению особых оптических и реологических свойств золь. Взаимная ориентация частиц (параллельная или хаотичная) может регулироваться концентрацией вводимого в золь электролита, что подтверждено расчетами по теории ДЛФО и экспериментальными методами.



Кривые энергии взаимодействия стержневидных частиц при различной их взаимной ориентации

- 2) Проведено изучение процессов гетерокоагуляции между целлюлозой и наночастицами оксидов металлов/кремния, полученных золь-гель методом. Показана возможность получения гибридных наночастиц с регулируемым зарядом и агрегативной устойчивостью.

Получены гибридные волокна целлюлоза/оксид металла с распределением наночастиц на внешней поверхности либо в объеме **целлюлозного волокна**.

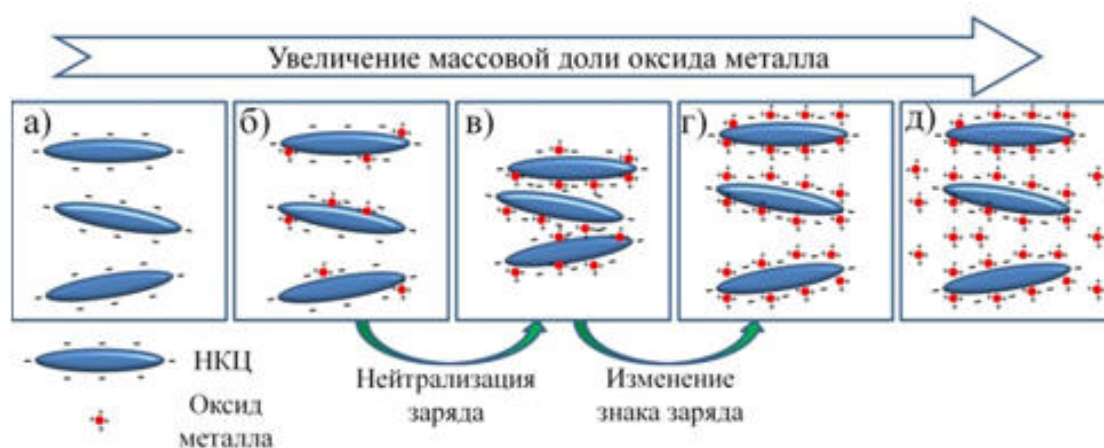
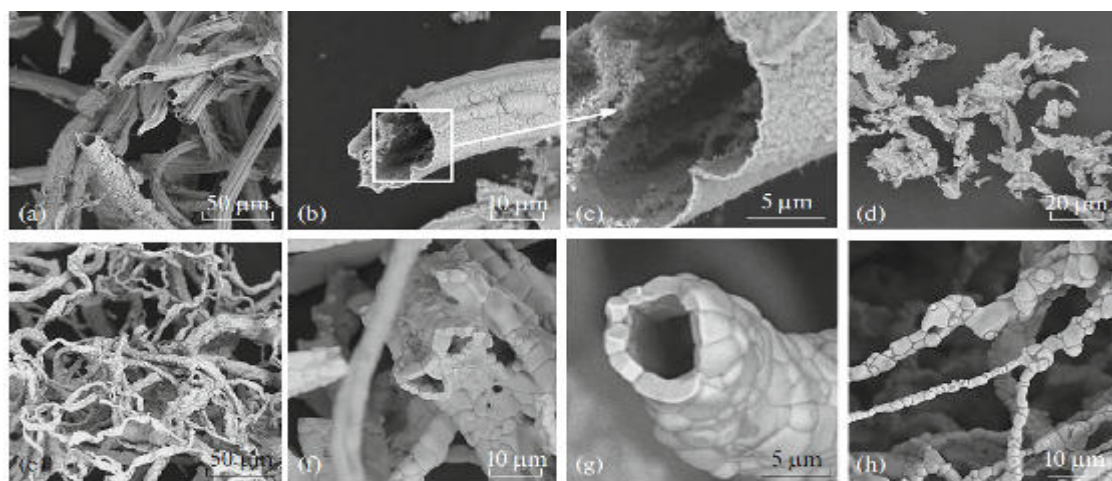


Схема гетероагрегации между НКЦ и оксидами металлов

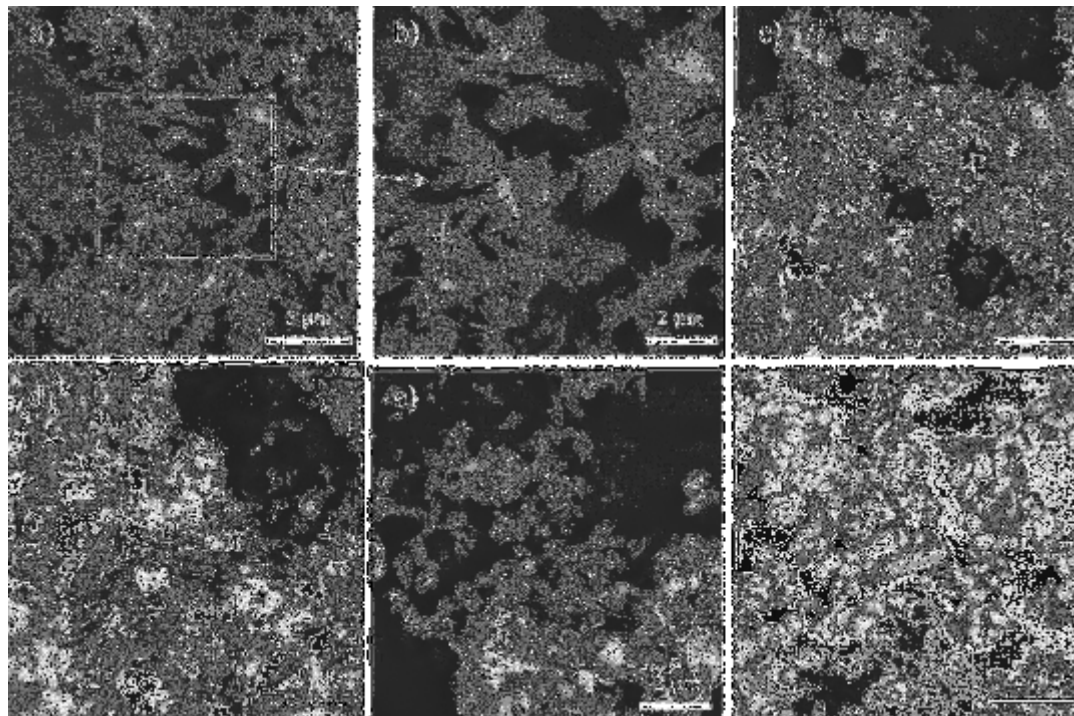
3) Разработан темплатный метод получения керамических и металлических волокнистых (полых и сплошных) материалов с использованием целлюлозных темплатов, в том числе химически- и структурно-модифицированных. Впервые предложен возможный механизм формирования волокон и трубок, основанный на электростатическом взаимодействии наночастиц оксидов и целлюлозы.



Микрофотографии СЭМ трубок (а—с, е—г) и волокон (d, h) оксида железа (III), обожженных при температуре 600 °С (а—d) и 1200 °С (е—h).

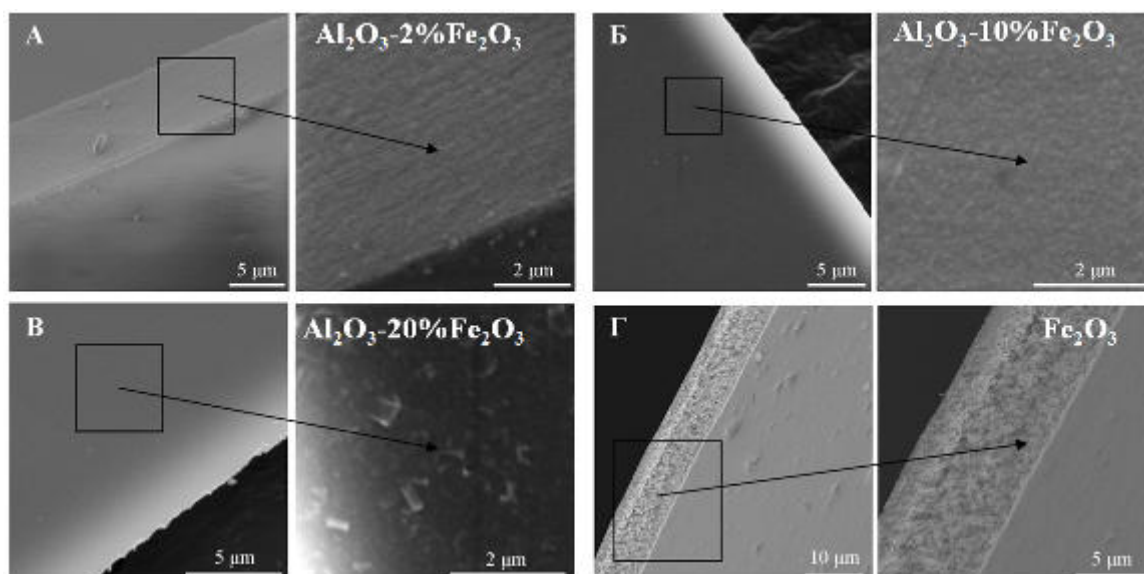
4) Исследованы особенности фазообразования, морфология, физико-химические, термические и сорбционные свойства продуктов гидротермального синтеза, полученных с использованием в качестве прекурсоров солей или гидрозолей оксидов алюминия и железа (III). Показана возможность направленного дизайна морфологии частиц и регулирования физико-химических и адсорбционных свойств порошков путем варьирования соотношения ионов алюминия и железа (III) в исходном растворе, природы аниона, а также использования поверхностно-активных веществ. Отмечено, что гидротермальная обработка золь позволяет

получить высокодисперсные продукты с повышенными текстурными и сорбционными характеристиками по отношению к токсичным соединениям Cr(VI). Порошки композиционного состава проявляют более высокую (в 1.5 - 2 раза) сорбционную емкость по сравнению с однофазными продуктами.



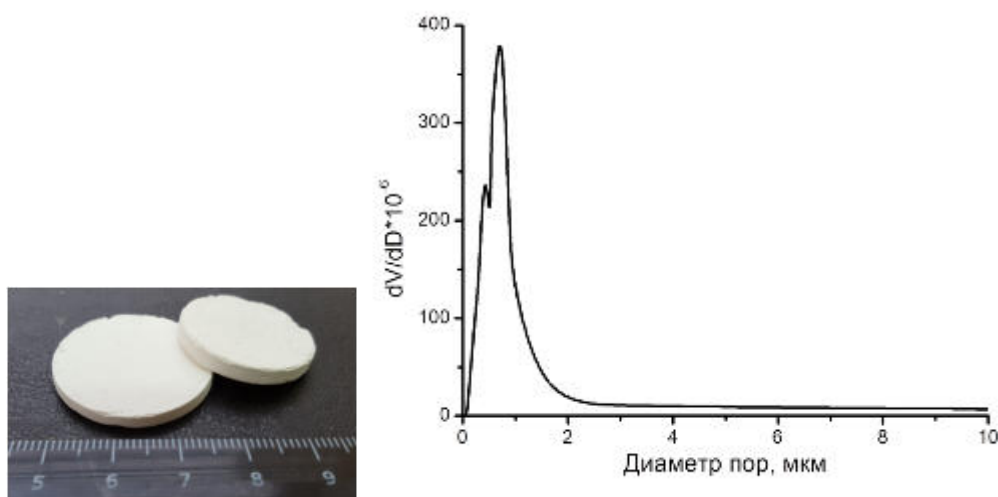
Микрофотографии СЭМ образцов, полученных гидротермальной обработкой хлоридов алюминия и железа в различных соотношениях.

5) Разработан золь-гель способ получения самонесущих наноструктурированных пленок “оксид алюминия – оксид железа” толщиной 7–9 мкм с использованием водорастворимого пленкообразующего полимера (поливиниловый спирт). Показано, что использование ПВС при получении пленок приводит не только к образованию мезопор с узким и мономодальным распределением по размеру, но и способствует равномерному распределению наночастиц оксида железа (III) в алюмооксидной матрице, что препятствует их агломерации, росту и спеканию. Установлено, что изменение массовой доли частиц оксида железа (III) в исходной композиции позволяет регулировать текстурные характеристики, каталитическую активность, адсорбционную емкость и оптические свойства оксидных пленок.



Микрофотографии СЭМ поверхности пленок

6) Предложен новый процесс формирования макропористой керамики из металлооксидных волокон с узким распределением пор по размерам (0,5-1,5 мкм), высокими значениями удельной производительности по воде ($3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{МПа}$) и открытой пористости (>50 %). Полученная керамика перспективна в области микрофильтрации жидких и газовых сред для очистки от твердых загрязнений.



Фотография пористой керамики (слева) и ртутная порограмма (справа)

7) Разработан способ получения гибридных магнитных дисперсий $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{НКХ}$. Показано, что гибриды образуют устойчивые дисперсии до 30 масс.% содержания магнетита. Отмечено, что приложение внешнего магнитного поля гибридные частицы притягиваются к магниту, а после удаления магнита и перемешивания -

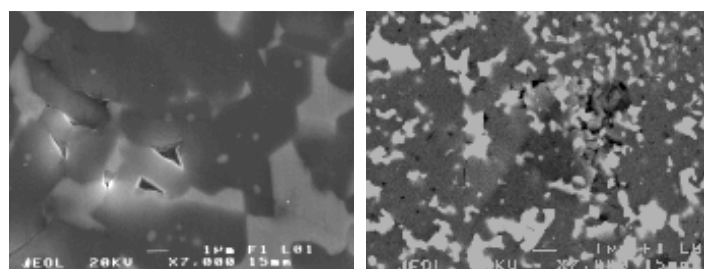
редиспергируются. Подобные системы перспективны для использования в адресной доставке внутри биосистем.



Фотографии гибридных систем $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{HKX}$ (слева) и процесса магнитного осаждения дисперсий $\text{Fe}_3\text{O}_4@\text{HKX}$ во времени (справа)

8) По традиционной керамической технологии и методом горячего прессования получены керамические композиты, соответственно, на основе частично и полностью стабилизированного тетрагонального диоксида циркония. Компоненты композиционных материалов синтезированы золь-гель методом (исключая нановолокна Al_2O_3 , полученные методом электровзрыва). Керамические композиты состоят из матрицы (субмикрочастицы частично/полностью стабилизированного тетрагонального диоксида циркония оксидами церия и иттрия), наполненной слоистыми субмикрочастицами гексаалюмината лантана, модифицированного оксидом иттрия, и усиленной нановолокнами Al_2O_3 .

Введение нановолокон в состав композита и получение его методом горячего прессования привело к уменьшению размеров зерен до трех раз и повышению его физико-механических свойств (твердость по Виккерсу выше на 25%, водопоглощение и пористость ниже в 4 и более раза).



а

б

Изображения сканирующей электронной микроскопии (режим упруго-отраженных электронов) образцов композита, полученных методом полусухого прессования и обжигом по керамической технологии— а, спеченных методом горячего прессования — б.

9) Впервые методом термообработки синтезированы органофункционализированные силикаты магния в присутствии нерастворимых в воде хлоридов ([15(2)-

диэтиленгликолевый эфир 13(1)-амино-N-метил-17(3)-метокси-13(1),17(3)-диоксохлорина е6] – хлорин 1; [15(2)-метиловый эфир 13(1),17(3)-диамино-N,N'-бис(2-гидроксиэтил)/13(1),17(3)-диоксохлорина е6] – хлорин 2). Показано влияние заместителей хлоринового макроцикла на расположение хлоринов в гибридной системе слоистый силикат – хлорин. В межслоевом пространстве органофункционализованных образцов молекулы хлорина 1 в виде монослоя располагаются параллельно силикатным слоям. В органофункционализованных силикатах магния молекулы хлорина 2 находятся на поверхности частиц силиката магния в виде неассоциированных индивидуальных молекул. Удержание молекул хлорина 2 на поверхности частиц силиката магния происходит как за счет образования водородных связей, так и в результате электростатического взаимодействия протонированных молекул хлорина 2 и ионизированных гидроксильных групп силиката.

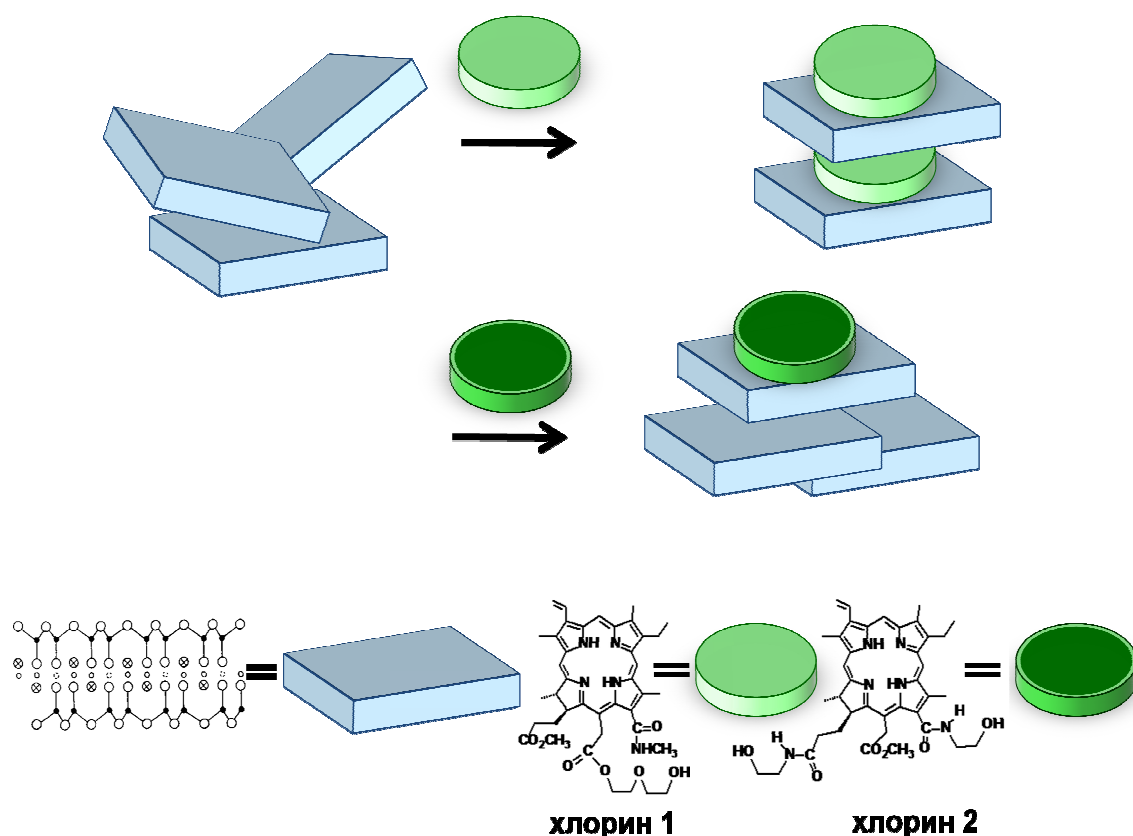


Схема модификации слоистого силиката магния порфиринами и порфиринами металлов

10) Разработана методика получения водорастворимых форм органо-неорганических коллоидных комплексов гидратированного оксида алюминия с

диаспороподобной структурой наночастиц и гиперин, а также производных хлорофилла-а обладающих биологической активностью.