

МГУ имени М.В. Ломоносова Химический Факультет Кафедра Неорганической Химии ЛАБОРАТОРИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Узнайте о нас больше

<http://www.inorg.chem.msu.ru/>

<http://www.nanometer.ru/>

ГРУППА ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Руководитель: ПУТЛЯЕВ Валерий Иванович; *комн. 449; тел. 939-24-69*

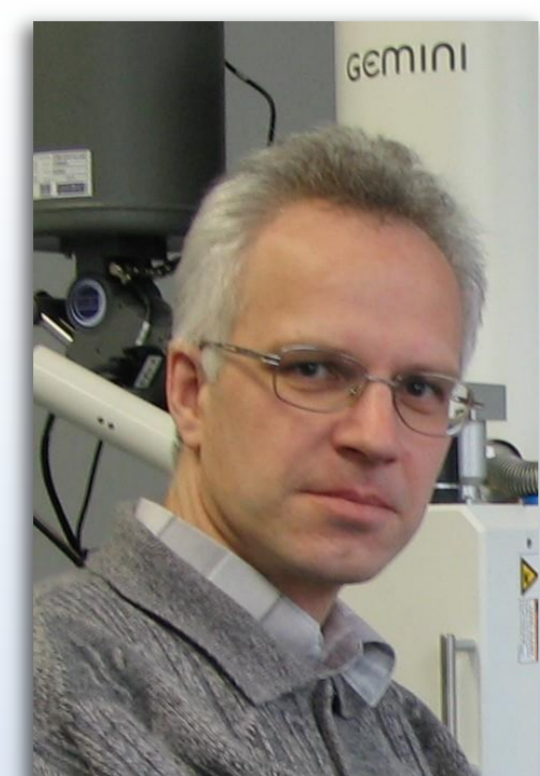
Основными направлениями научных исследований данной группы являются 1) разработка биосовместимых материалов на основе фосфатов кальция, 2) наноструктурированные материалы на основе оксидов переходных металлов (в частности, титана) для фотокатализа и сорбции, 3) конструкционные композиционные материалы на основе алумосиликатов (фосфатов) – геополимеры.

Алотрансплантирование (вживление синтетических имплантов) костной ткани – одна из актуальных проблем современной науки. В этой области задействованы различные научные дисциплины: медицина, химия, биология, физика, инженерия и пр. Действительно – в нашем организме около 200 костей, и все они несут специфическую нагрузку, выполняя определенную функцию. На сегодняшний день невозможно сформулировать общее правило конструирования костных имплантов – часто случаи травм приходится рассматривать индивидуально. В наши дни серьезно развиваются методики использования клеев и керамик на основе фосфатов кальция, которыми можно покрыть дефекты различной площади. Особенность таких материалов – полная биосовместимость. Это связано с тем, что основным неорганическим компонентом наших костей как раз являются различные фосфаты кальция, чаще всего в форме *кальциевого гидроксиапатита* с формулой $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Эти материалы можно синтезировать в лабораторных условиях, а варьирование их химического состава, методов и условий синтеза позволяет улучшить биосовместимость и даже *биорезорбируемость* (постепенная замена инородного материала собственным). Немалую роль в биорезорбируемости материала играют его физические характеристики – количество и размер пор, плотность, прочность и пр.

Геополимеры – каркасные алумосиликаты рассматриваются как серьезная альтернатива таким традиционным строительным материалам как цемент с точки зрения энергетических затрат на получение. Само название материала говорит о том, что объединение анионов в трехмерный каркас можно трактовать как процесс полимеризации (конденсации). Несмотря на то, что в исследовательскую практику этот класс материалов вошел сравнительно недавно, есть сведения об использовании подобных систем человеком еще в глубокой древности (так, например, существует гипотеза о геополимерной технологии изготовления блоков египетских пирамид).

Работая в данной научной группе Вы сможете познакомиться с различными методами синтеза и анализа приведенных выше материалов. Узнаете, как протестировать их биосовместимость, определить кристаллическую структуру и многое другое.

Кальциевый гидроксиапатит – основной неорганический компонент костей и зубов животных и человека



Снимок КТ. Отмечена область, восстановленная био-клеем на основе кальциевого гидроксиапатита

Микрофотография пористой биосовместимой керамики



ГРУППА ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО СИНТЕЗА

Руководитель: ЧУРАГУЛОВ Булат Рахметович; *каб. 552; 939-57-42*

Основным научным направлением данной группы являются экологически чистые методы мягкой химии: гидротермальный и сольватермальный методы синтеза функциональных материалов в сверхкритических растворах при повышенных температурах в водных и неводных растворах. Проводятся исследования, направленные на поиск наноматериалов, пригодных к использованию в литий-ионных аккумуляторах в качестве *катодов*. Основное внимание сотрудников устремлено на оксиды ванадия с различной морфологией – *одномерной* (нанонити, висеры, наностержни), *двумерной* (ксерогели, эмбигели) и *трехмерной* (объемные фазы, азрогели).

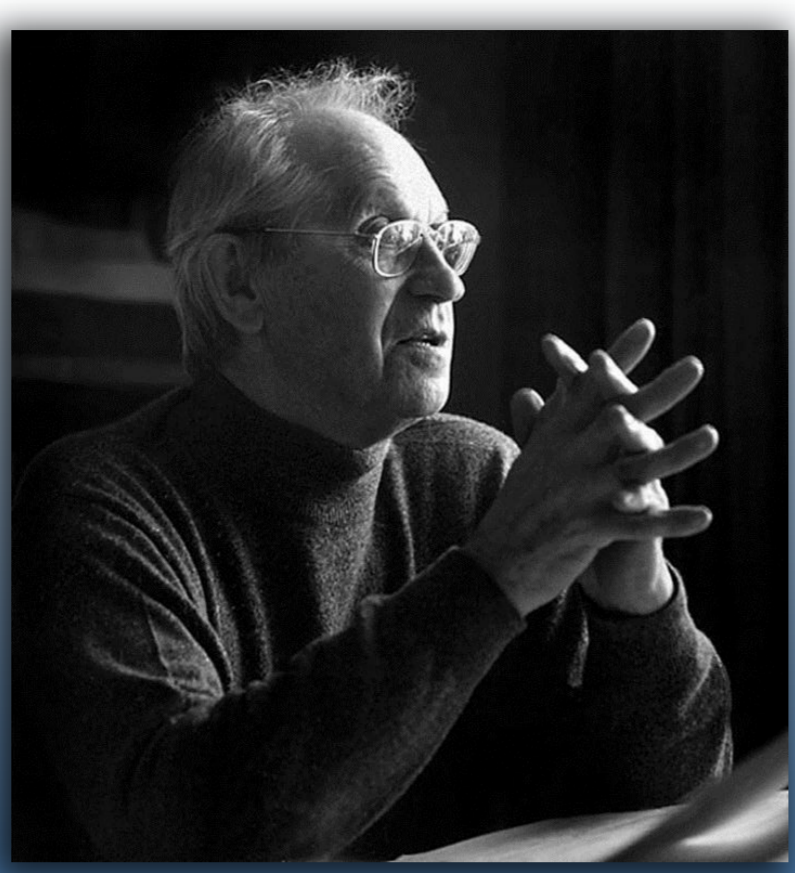
Существует несколько подходов для создания новых материалов. Можно варьировать химический состав, физические свойства, а можно изучать влияние альтернативных методов синтеза на свойства и характеристики конечного материала. Часто, морфология и текстура материала играет решающую роль в формировании его свойств. *Азрогели* – это неорганические «губки», пористые материалы с огромной площадью поверхности, часто превышающей величину 200 м²/г, и очень низкой плотностью. Благодаря своей уникальной пористой структуре с системой переплетенных каналов и очень тонким стенкам (толщина иногда достигает 10 нм) азрогели способны интеркалировать Li⁺ на больших токах циклирования, снимая тем самым кинетические затруднения. Кроме синтеза и исследования катодных наноматериалов, сотрудники Группы решают технологическую задачу нанесения активного материала на токосъемник. Для этого применяются сверхкритические технологии. Реализация данного подхода позволяет изготавливать электроды, не содержащие связующих веществ, однако обладающие очень плотным и стабильным контактом между наночастицами азрогеля и токосъемником. В группе применяются следующие методики: 1) *Гидротермальный и/или сольватермальный* методы синтеза простых оксидных материалов, комплексов, одномерных наноструктур, гибридных/композитных материалов. 2) Применение *ультразвуковых* и *микроволновых воздействий* на химические процессы в гидротермальных условиях для увеличения функциональных возможностей новых, экологически чистых и энергосберегающих гидротермальных технологий. 3) Приготовление порошков *и/или азрогелей* с последующей сверхкритической сушкой в различных растворителях и их применение в области катализа.



Схема морфологии азрогеля, азрогеля, закупоренного углеродной сажей и образования электропроводящего каркаса в структуре азрогеля



Азрогель – очень легкий высокопористый материал. Несмотря на кажущуюся хрупкость, он способен выдерживать сильные перепады температур и давления



ТРЕТЬЯКОВ Юрий Дмитриевич

(04.10.1931 – 11.08.2012)

Академик АН СССР с 1987 года
Академик РАН с 1991 года

Заведующий кафедрой Неорганической Химии химического факультета МГУ
Заведующий лабораторией Неорганического Материаловедения 1988-2012

Основатель Факультета Наук о Материалах (1991 год)

Декан Факультета Наук о Материалах 1991-2012

ГРУППА МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Руководитель: КАЗИН Павел Евгеньевич; *каб. Лекционная БХА; тел. 939-34-40*

В данной научной группе исследуются материалы, обладающие характерными магнитными свойствами (магнитные частицы с высокой коэрцитивной силой на основе гексаферрита стронция, магниторезистивные материалы на основе лантан-стронциевых манганитов), люминесцирующие стекла (перспективный материал для оптоволоконной) а также медьсодержащие материалы со структурой апатита, обладающие специфической кристаллической структурой и окраской.

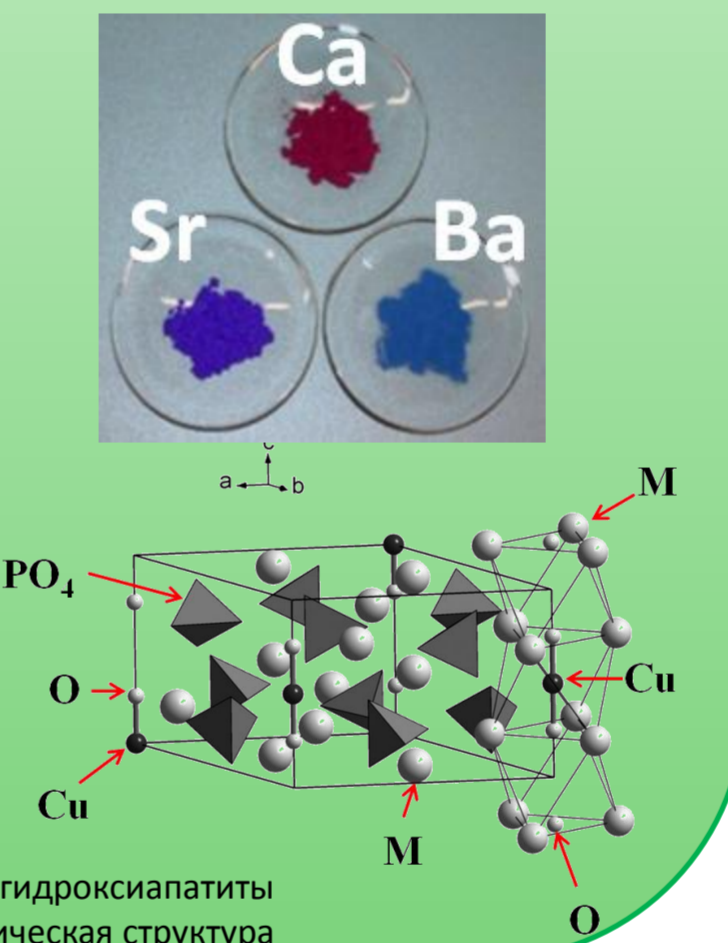
В последние годы большой интерес привлекают магнитные структурированные материалы на основе *однодоменных* наночастиц гексаферритов. Наиболее ярким примером является создание IBM и Fujii в 2010 году новой магнитной ленты с рекордно высокой плотностью записи цифровой информации, основу которой составляет тонкая пленка *нанодисперсного гексаферрита бария*. Кассета с такой лентой способна нести до 35 терабайт информации, что в 44 раза больше, чем магнитная лента последнего, четвертого поколения. Материалы на основе *гексаферрита стронция* еще более перспективны, т.е. они характеризуются большими значениями магнитной анизотропии и спонтанной намагниченности по сравнению с $BaFe_{12}O_{19}$. Такие магнитные пленки могут также использоваться в качестве элементов микро- и наноэлектромеханических систем и в СВЧ технике. Магниторезистивные материалы применяются в качестве чувствительных датчиков магнитного поля в широком диапазоне температур. В эпоху информационного общества, скорость и качество передачи информации играют важную роль в жизни каждого. Оптоволоконные кабели проявили себя с наилучшей стороны в этой области, однако современные материалы все еще продолжают развиваться и совершенствоваться.

Немалую долю внимания современного человека должен привлекать вопрос сохранения нашей экосистемы. Так, многотоннажное производство высокотоксичных пигментов, содержащих свинец, кадмий и другие опасные вещества, могут привести к печальным последствиям. Пигменты – не поддаются вторичной переработке и утилизируются на бытовых свалках. Открытие малотоксичных *окрашенных медьсодержащих материалов со структурой апатита* привлекает большой интерес. Более того, нетипичная кристаллическая структура этого материала также требует дальнейших тщательных исследований.

Работая в данной группе, Вы сможете познакомиться с различными методами синтеза и анализа описанных выше материалов. Особое внимание уделяется кристаллической структуре и физическим свойствам (магнитные свойства, окраска, люминесценция).



Варьирование прозрачности магнитной жидкости при изменении направления магнитного поля



Медьсодержащие кальциевый, стронциевый и бариевый гидроксиапатиты и их кристаллическая структура

ГРУППА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Руководитель: ГУДИЛИН Евгений Алексеевич; *каб. 548; тел. 939-47-29*

В данной научной группе разрабатываются и исследуются материалы для создания современных литий-ионных аккумуляторов, а также проводятся исследования магнитных материалов на основе оксида железа для направленной транспортировки лекарств и локальной гипертермии. Энергетика – один из наиболее болезненных вопросов современности. Известно, что запасы природодобываемых топлив постепенно истощаются. Таким образом, возникает необходимость разработки и продвижения альтернативных источников энергии. То же самое касается и аккумуляторов – нужно увеличивать их емкость, рабочий ресурс, эффективность, безопасность. Большинство современных аккумуляторов содержат жидкий электролит. Многие аккумуляторы содержат тяжелые металлы. Наверняка Вы замечали знак зачеркнутого мусорного ведра на батарейках – это означает, что их *нельзя утилизировать как бытовой мусор*, однако сеть сбора и переработки такого рода отходов до сих пор не достигла какого-либо развития. Были также известны взрывы аккумуляторов бытовых устройств. Видно, что существует множество проблем, которые можно решить путем трудоемких исследований и разработке новых материалов для катода, анода и электролита. На сегодняшний день уже есть работы посвященные разработке твердых ионопроводящих мембран-электролитов.

Векторная доставка лекарств – одна из самых молодых тенденций современной медицины. Многие лекарственные препараты обладают рядом противопоказаний и, помимо пользы, могут принести и комплекс проблем. Подобные случаи привели к разработке альтернативных способов доставки лекарственных средств. Одним из них является метод направленной доставки лекарств, с помощью магнитных микрокапсул. Такие частицы могут содержать в себе активное вещество лекарственного препарата и под действием магнитного поля локализируются непосредственно в пораженной области, требующей лечения. На схожем принципе работает перспективный метод лечения злокачественных опухолей – *локальная гипертермия*. Опухолевая ткань разрушается при температуре, чуть ниже температуры сворачивания белка здоровых клеток. Таким образом, разогрев локализованных в опухоли магнитных частиц в переменном магнитном поле может привести к избирательной гибели пораженных клеток.

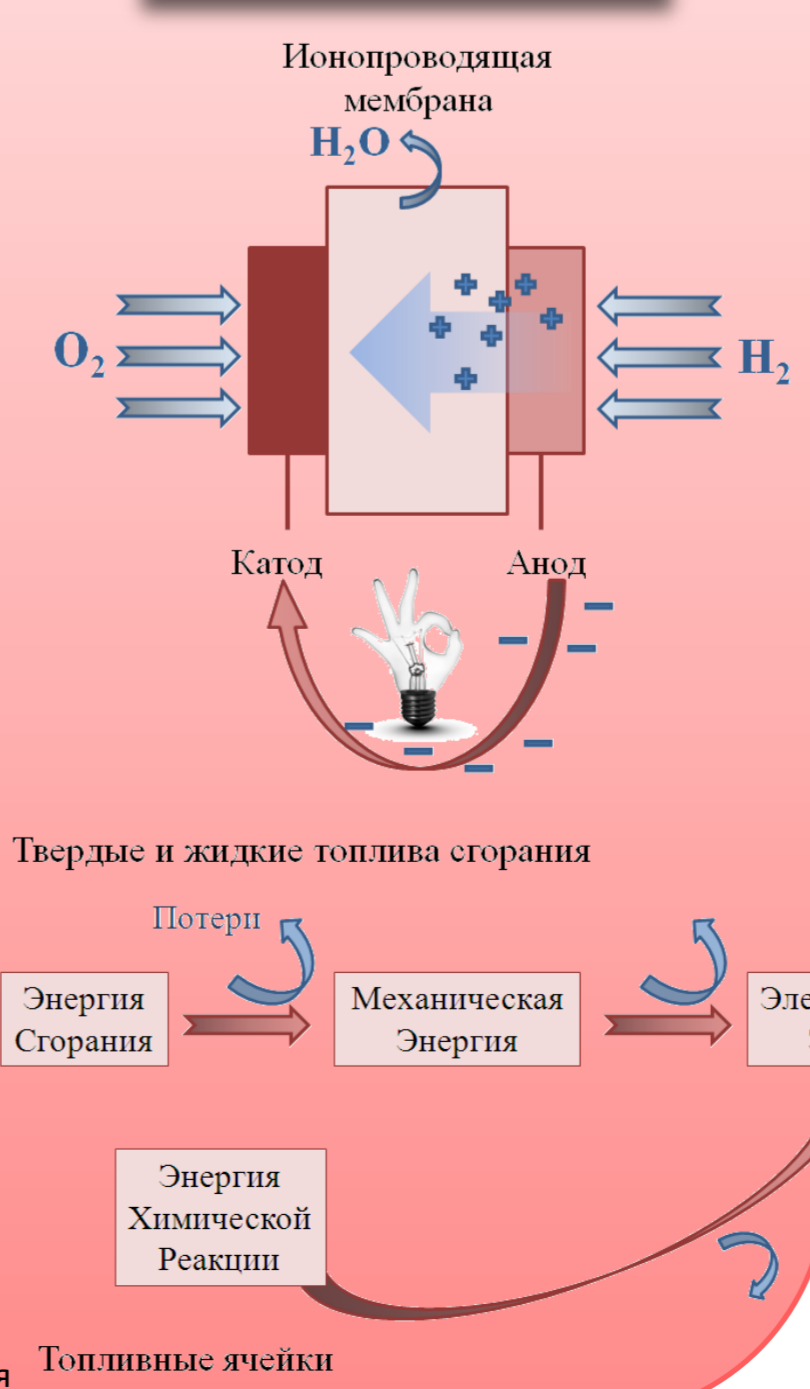


Схема топливной ячейки и ее отличие от современных топлив хранения

ГРУППА НАНОМАТЕРИАЛОВ

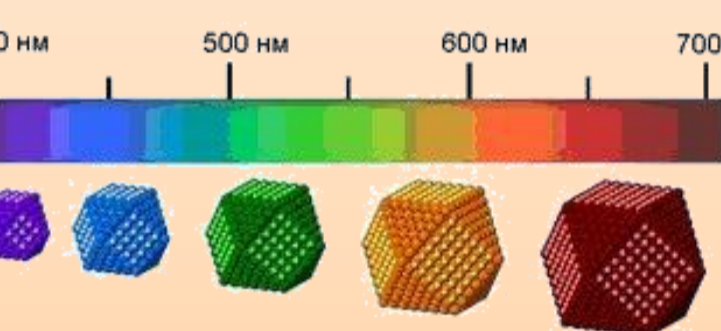
Руководитель: ЛУКАШИН Алексей Викторович; *каб. 556; тел. 939-59-31*

Одним из основных направлений деятельности данной научной группы является синтез наночастиц металлических и полупроводниковых наноструктур в пространственно ограниченных средах (*темплатах*). В качестве таких темплатов используются мезопористые оксиды кремния и алюминия (диаметр пор варьируется от 2 до 300нм). Производится синтез и изучение прямых и инвертированных опалов (исследование магнитооптических свойств) и сверхрешеток наночастиц селенида кадмия. Также исследуются изменения электронных свойств одностенных углеродных нанотрубок после заполнения внутренних каналов различными соединениями.

Наночастицы – общее название частиц, размер которых лежит в диапазоне от 1 до 100нм. В последние годы подобные частицы привлекают большое внимание. Было установлено, что размер наночастиц влияет на их физико-химические свойства. Таким образом, варьируя размер наночастиц можно достичь определенных специфических свойств. Так, пористый оксид алюминия может быть использован в качестве твердотельной мембраны для разделения определенных жидкостей и газов.

Углеродные нанотрубки интересны наличием электропроводящих свойств. То, в какой степени эти свойства выражены, зависит от вида нанотрубки, количества стенок и природы вещества, внедренного во внутренний канал трубки. Подобные материалы в перспективе могут служить основой *нанопроводов* в различных компьютерных микросхемах.

Природные опалы привлекают внимание своей интересной двухцветной окраской. Подобный эффект обусловлен особенностями структуры данного материала. В лабораторных условиях можно синтезировать как *прямые*, так и *инвертированные опалы* различного химического состава. Некоторые инвертированные металлические опалы обладают интересными *магнитооптическими свойствами*. Наночастицы можно упорядочить самыми разнообразными способами. Пожалуй, самый распространенный вид упорядочения наночастиц – это трехмерные агломераты размером в несколько мкм. Если такие агломераты содержат *электроны проводимости*, то они называются *квантовые точки*. Такие агломераты обладают люминесценцией, спектр которой изменяется в зависимости от размера и химического состава. Благодаря этому их можно использовать в самых разнообразных методах анализа и диагностики, основанных на люминесценции. Существует также ряд работ, подтверждающих возможность использование таких квантовых точек в современных дисплеях.



Люминесценция квантовых точек. Спектр варьируется в зависимости от размера частиц



Завораживающая окраска природных опалов

ГРУППА НАПРАВЛЕННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Руководитель: ЕРЕМИНА Елена Алимовна; *каб. 546; тел. 939-46-09*

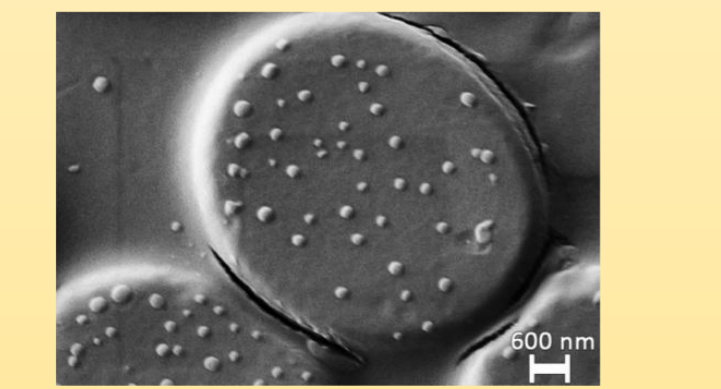
Основным направлением научной работы данной группы является синтез и исследование *наночастиц благородных металлов*, а также их композитов с сульфидом молибдена и вольфрама для биомедицинского применения. Синтез и исследование материалов на основе оксидов титана и ванадия в качестве фотокатализаторов, а также их модификация наночастицами золота и серебра.

В последнее время значительно вырос интерес к спектроскопии *гигантского комбинационного рассеяния (ГКР)* как универсальному методу для анализа биологических молекул. К основным преимуществам метода относят высокую чувствительность, качественное определение молекул по характеристическим спектрам, простоту пробоподготовки, уникальную возможность усиления сигнала комбинационного рассеяния до 10¹⁴ раз. Одной из последних тенденций приложений ГКР-спектроскопии является анализ живых клеток. В случае исследования живых клеток возникает ряд существенных и пока еще не решенных проблем, связанных с поиском эффективных, неинвазивных и воспроизводимых методов исследования, обладающих высокой селективностью и информативностью. В основе метода ГКР лежит эффект *плазмонного резонанса*, которым обладают наночастицы благородных металлов и наноструктурированные материалы на основе ряда металлов. Так, поиск и разработка новых наноструктурированных материалов на основе металлического серебра с заданными морфологией и оптическими свойствами для исследования эритроцитов методом ГКР-спектроскопии являются основными задачами исследований в данной области.

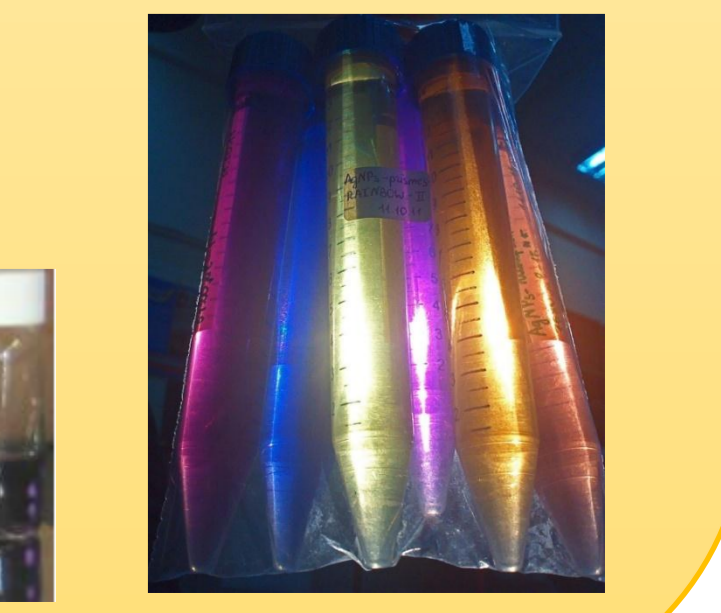
В широком смысле фотокатализ представляет собой процесс многократного (от тысяч до миллионов раз) ускорения протекания химических реакций при одновременном воздействии вещества-катализатора и светового излучения. Особенность фотокатализа состоит именно в том, что раздельное действие на реагенты светового излучения или катализатора не оказывает какого-либо значительного эффекта. Наиболее яркий пример фотокаталитической реакции в природе – фотосинтез. Однако в современной химии известен целый ряд фотокаталитических процессов: различные реакции окисления, восстановления, полимеризации гидрирования и дегидрирования, осаждения металлов. С помощью таких материалов можно заставить поверхность обездаривать саму себя, окисляя осаждающиеся на нее молекулы под действием света. Особый интерес вызывает *фотаразложение воды*, что связано с бурным развитием *топливных ячеек*.



Схема работы фотокатализа: адсорбированные на поверхности бактерии окисляются под действием солнечного света



Наночастицы серебра на поверхности эритроцита



«Серебряная Нанорудга» – стабильные коллоидные растворы наночастиц серебра в воде. С ростом размера частиц, окраска сдвигается в синюю область. Справа – растворы годовой выдержки. Стабильность без стабилизаторов.