

Проектирование биологически-активных систем на основе наноразмерного силиката кальция

Современные медицинские имплантаты должны взаимодействовать с костной тканью – стимулировать рост, способствовать миграции, делению и дифференцировке клеток. Для этого они должны обладать следующими свойствами: во-первых, имплантаты не должны оказывать отрицательного влияния на живые системы; во-вторых, у искусственной кости должна быть пористая структура, чтобы клетки костной ткани и кровеносные сосуды проникали внутрь имплантата; в-третьих, необходимо, чтобы материал обладал биологически активными свойствами, мог влиять на физиологические процессы в организме. Также его компоненты не должны конкурировать между собой в реакциях внутри клеток и препятствовать росту костей.

Обычный протез из силиката кальция, который будет инертен в организме, получить довольно просто. А для того, чтобы сделать его биологически активным, надо применять специальные технологии.

Силикат кальция и композиты на его основе – одни из самых перспективных материалов для создания медицинских протезов и костных имплантов, благодаря их способности сохранять свою структуру и прочность, безвредности и биосовместимости с живым организмом. Кроме того, пористая структура и большая площадь поверхности силиката кальция делает возможным прорастание клеток костной ткани и кровеносных сосудов внутрь пористой структуры протеза.

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Выбор объектов исследования (нано- или микрочастицы силиката кальция);
3. Выбор методов исследования;
4. Выбор метода получения нано- или микрочастиц силиката кальция;
5. Выбор способа модифицирования поверхности нано-/микрочастиц силиката кальция биологически активными соединениями;
6. Планирование эксперимента;
7. Проведение эксперимента (провести химический синтез наночастиц силиката кальция, провести модификацию поверхности нано-/микрочастиц силиката кальция биологически активными соединениями, разработать модель взаимодействия биологически активного соединения с поверхностью нано-/микрочастиц и объяснить его влияние на стабильность получаемой системы; дать рекомендации к использованию полученных данных в исследованиях в области медицины).

Статьи, материалы для подготовки:

1. Блинова А.В., Румянцев В.А. Наноматериалы в практике современной стоматологии (обзор литературы). Стоматология. 2021;100(2):103-109.<https://doi.org/10.17116/stomat2021100021103>
2. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологии / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березин. М.: Физмалит, 2008. – 292 с.
3. Пул, И. Нанотехнологии / Пер. с англ. 4-е изд., испр. И доп. М.: Техносфера, 2009. – 336 с.
4. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение/ Б.Глик, Дж. Пастернак . - М.: Мир,2002. - 589 с.
5. Алексеев К.В. и др. Наноразмерные системы доставки лекарственных веществ // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, No 2. С. 17–20.
6. Hashem, A. A., Mahmoud, S. A., Geioushy, R. A., & Fouad, O. A. (2021). A green synthesis of calcium silicate nanopowders from silica fume and marble sawing dust by a microwave irradiation-assisted route. *New Journal of Chemistry*, 45(28), 12426–12434. doi:10.1039/d1nj02289j
7. Palaniraja, J., Arunachalam, P., Vijayalakshmi, U., Ghanem, M. A., & Mohana Roopan, S. (2016). Synthesis of calcium silicate nanoparticles and its catalytic application in Friedlander reaction. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, 47(6), 946–949.

Получение и исследование свойств наночастиц диоксида кремния с широким применением в разных сферах деятельности (таких как медицина, пищевая индустрия, радиотехника, ультразвуковые установки, солнечные элементы и т.д.)

Материалы на основе наночастиц диоксида кремния обладают ценным, а иногда и уникальным набором физико-химических характеристик, открывающим им широкие области применения в качестве сорбентов, катализаторов, хроматографических неподвижных фаз, наполнителей полимеров, загустителей дисперсионных сред, оптических, биологических и медицинских материалов и т.п.

В последнее время особое внимание приковано к наноструктурированным частицам диоксида кремния (НЧ SiO₂) в виде кварца или кремнезема. Эти вещества рассматриваются как перспективный, биосовместимый и биodeградируемый материал, который способен проникать на клеточном и молекулярном уровнях и может использоваться для разработки лекарственных препаратов и диагностических средств. Это возможно потому, что по форме частицы близки к сфере, а размер варьирует от 5 до 80 нм, что создает благоприятные условия для их модификации.

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Планирование эксперимента;
3. Проведение эксперимента (осуществление синтеза наночастиц диоксида кремния SiO₂; определить оптимальные условия получения SiO₂; исследовать образцы диоксида кремния методом фотонно-корреляционной спектроскопии);
4. Обобщение результатов работы;
5. Рекомендации к использованию полученных данных для профильных предприятий.

Статьи, материалы для подготовки:

1. Косян Д.Б., Макаева А.М., Русакова Е.А. **БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НАНОЧАСТИЦ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ** // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 6.
2. Aravind A., Veerananarayanan S., Poulose A.C., Nair R., Nagaoka Y., Yoshida Y., Maekawa T., Kumar D.S. Aptamer-functionalized silica nanoparticles for targeted cancer therapy // BioNanoScience. 2012. V. 2. № 1. P. 1–8
3. Stöber W., Fink A., Bohn E. Controlled growth of monodisperse silica spheres in the micron size range // J. Coll. Interface Sci. 1968. V. 26. № 1. P. 62–69.

Проектирование систем для доставки биологически-активных веществ на основе карбоната кальция

Развитие современной медицины, в первую очередь, направлено на повышение эффективности диагностики и качества лечения. Одним из перспективных направлений исследований является разработка функциональных систем, в состав которых входят искусственные носители различной природы – наночастицы благородных металлов, липосомы, мицеллы, полимерные микро- и наносферы. С помощью таких систем будет осуществляться не только доставка и высвобождение биологически активных веществ, но и проведение эффективного контроля окружающего пространства и визуализация систем в организме. Это направление медицины получило название тераностика.

В области разработки новых искусственных носителей для тераностики есть ряд проблем, которые необходимо решить:

- выбор материала для создания искусственных носителей и разработка технологии получения его стабильной наноформы;
- биосовместимость разработанных искусственных носителей с организмом человека;
- доставка и высвобождение биологически активных препаратов (в заданный момент, или пролонгированное действие);
- распознавание патологических областей и их зондирование разрабатываемыми носителями;
- экранирование биологически активных препаратов от действия иммунной системы;
- визуализация носителей в организме и мониторинг патологических областей после проведения терапии.

Карбонат кальция – один из перспективных материалов для создания искусственных носителей, во-первых, благодаря своей биосовместимости с органами и тканями человеческого организма, во-вторых, благодаря возможности биоразложения. Кроме того, пористая структура и большая площадь поверхности карбоната кальция делает возможным его использования для инкапсуляции различных веществ.

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Выбор объектов исследования (нано- или микрочастицы карбоната кальция);
3. Выбор методов исследования;
4. Выбор метода получения нано- или микрочастиц карбоната кальция;
5. Выбор способа модифицирования поверхности нано-/микрочастиц карбоната кальция биологически активными соединениями;

6. Планирование эксперимента;
7. Проведение эксперимента (провести химический синтез наночастиц карбоната кальция, провести модификацию поверхности нано-/микрочастиц карбоната кальция биологически активными соединениями, разработать модель взаимодействия биологически активного соединения с поверхностью нано-/микрочастиц и объяснить его влияние на стабильность получаемой системы; дать рекомендации к использованию полученных данных в исследованиях в области медицины).

Статьи, материалы для подготовки:

1. Наносенсоры в биологии и медицине: принцип работы и перспективы применения / В. Н. Постнов, Д. В. Королев и др. // Биотехносфера. 2013. № 2(26). - С. 17 - 26.
2. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологии / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березин. М.: Физмалит, 2008. – 292 с.
3. Пул, И. Нанотехнологии / Пер. с англ. 4-е изд., испр. И доп. М.: Техносфера, 2009. – 336 с.
4. Bahrom, Hani; Goncharenko, Alexander A; Fatkhutdinova, Landysh; Peltek, Oleksii; Muslimov, Albert; Koval, Olga; Eliseev, Igor E.; Manchev, Andrey; Gorin, Dmitry; Shishkin, Ivan; Noskov, Roman E.; Timin, Alexander S.; Ginzburg, Pavel; Zyuzin, Mikhail Valeryevich (2019). Controllable synthesis of calcium carbonate with different geometry: comprehensive analysis of particles formation, their cellular uptake and biocompatibility. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, acssuschemeng.9b05128–. doi:10.1021/acssuschemeng.9b05128
5. Еуров, Д. А. Электростатическая стабилизация гидрозолей наночастиц карбоната кальция, синтезированных матричным методом / Д. А. Еуров, А. В. Швидченко, Д. А. Курдюков // КОЛЛОИДНЫЙ ЖУРНАЛ, 2020. – Т. 82. – № 2. – с. 155–162.
6. Алексеев К.В. и др. Наноразмерные системы доставки лекарственных веществ // Вестник новых медицинских технологий. 2009. Т. 16, No 2. С. 17–20.
7. Malkaj P., Kanakis J., Dalas E. The effect of leucine on the crystal growth of calcium carbonate // J. Cryst. Growth. 2004. Vol. 266, No 4. P. 533–53

Разработка технологии искусственных способов получения полезных ископаемых и разнообразных минералов

В настоящее время, время технического прогресса и быстрого развития наук, достаточно актуальным становится всестороннее рассмотрение вопроса об искусственных способах получения полезных ископаемых и разнообразных минералов, поскольку природные запасы со временем могут истощиться. И, естественно, что получение такого твердого и износостойкого минерала как алмаз в лабораторных условиях, издавна тревожили умы людей. К сожалению, достаточно длительный срок это было невозможно из-за несовершенного оборудования и недостаточных знаний по строению алмаза и его химическим свойствам. На сегодняшний день данная проблема решена в основе современных технологий выращивания алмаза лежит разложение, тем или иным способом, углеводородов в смеси с водородом и другими газами с последующим осаждением углерода на нагретой подложке. Все методы получения требуют усовершенствования в соответствии с требованием современного мира.

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Планирование эксперимента;
3. Проведение эксперимента; подобрать параметры режима синтеза монокристаллов алмаза, обеспечивающие получение монокристаллических слоев на индивидуальных монокристаллах;
4. Разработать методику экспресс оценки качества выращенных слоев алмаза;
5. Рекомендации к использованию полученных данных в промышленности.

Статьи, материалы для подготовки:

1. E.E. Ashkihazi, V.S. Sedov, D.N. Sovyk, A.A. Khomich, A.P. Bolshakov, S.G. Ryzhkov, A. V. Khomich, D. V. Vinogradov, V.G. Ralchenko, V.I. Konov, PlaTeholder design for deposiTion of uniform diamond coaTings on WC-Co subsTraTes by microWave plasma CVD for efficienT Turning applicaTion, Diam. RelaT. MaTer. 75 (2017) 169–175. [hTTPs://doi.org/10.1016/j.diamond.2017.04.011](https://doi.org/10.1016/j.diamond.2017.04.011).
2. E. V. Bushuev, V.Y. Yurov, A.P. Bolshakov, V.G. Ralchenko, A.A. Khomich, I.A. AnTonova, E.E. Ashkinazi, V.A. Shershulin, V.P. Pashinin, V.I. Konov, Express in siTu Measurement of epiTaxial CVD diamond film groWTh kineTics, Diam. RelaT. MaTer. 72 (2017) 61–70. [hTTPs://doi.org/10.1016/j.diamond.2016.12.021](https://doi.org/10.1016/j.diamond.2016.12.021).
3. V.E. Rogalin, E.E. Ashkinazi, A.F. Popovich, V.G. Ral'chenko, V.I. Konov, S.M. Aranchii, M. V. Ruzin, M. V. Rogozhin, Behavior of The WaTer-Cooled Polycrystalline Diamond PlaTe aT ExTreme DensiTies of Laser

Radiation, Phys. Wave Phenom. 26 (2018) 75–84.
<https://doi.org/10.3103/S1541308X18020012>.

4. L. Constant, F. Le Normand, HF CVD diamond nucleation and growth on polycrystalline copper: A kinetic study, Thin Solid Films. 516 (2008) 691–695. <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2007.06.188>.

Разработка методологии получения гибридных нанопокровтий методом Ленгмюра-Блоджетт

В последние годы широкое внимание исследователей привлекают уникальные молекулярные системы как пленки Ленгмюра-Блоджетт (ПЛБ). Метод ПЛБ позволяет получать монослои и ультратонкие пленки на границе раздела воздух-вода путем точного контроля плотности упаковки и ориентации молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПЛБ имеют четко упорядоченную структуру и свойства, которые определяются составом ПАВ и водной подложки. Модифицирование ПЛБ наночастицами металлов и их соединениями позволяет придавать тонким пленкам уникальные электрохимические, оптические и магнитные свойства. Сформированные структуры уже нашли применение в виде элементов микро- и оптоэлектроники, при создании химических сенсоров, фото- и электронорезистов высокого разрешения.

Особый интерес представляют гибридные нанопокровтия на основе ПЛБ и неорганических наночастиц, которые влияют на оптические и магнитные свойства материалов. Существенным требованием к проявлению этих свойств является формирование организованной несимметричной структуры. Подбор метода получения модифицирующих частиц, выбор ПАВ и условий переноса пленок на твердую подложку позволяет достичь необходимых свойств покрытия, в связи с чем возникает необходимость в проведении экспериментальных исследований:

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Выбор объектов исследования (ПАВ, наночастицы для модифицирования тоПЛБ);
3. Выбор методов исследования;
4. Выбор метода получения нанообъектов и их введения в ПЛБ;
5. Планирование эксперимента;
6. Проведение эксперимента (провести химический синтез наночастиц, ввести их в ПЛБ, провести перенос модифицированных пленок ПЛБ на твердую подложку; исследовать влияния условий переноса на толщину и структуру ПЛБ; исследовать влияние концентрации наполнителя на свойства тонких пленок; разработать модель взаимодействия молекул ПАВ и неорганических наночастиц, сделать вывод о причине появления уникальных свойств у полученных ПЛБ; дать рекомендации к использованию полученных данных в промышленности).

Статьи, материалы для подготовки:

1. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологии / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березин. М.: Физмалит, 2008. – 292 с.
2. Пул, И. Нанотехнологии / Пер. с англ. 4-е изд., испр. И доп. М.: Техносфера, 2009. – 336 с.

3. Иванов Н. С., Суходолов Н. Г., Янклович А. И. Получение плёнок Ленгмюра—Блоджетт, содержащих берлинскую лазурь // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 4. Физика. Химия. 2010. Вып. 4. С. 91–96.
4. Блинов Блинов Л. М. Физические свойства и применение лэнгмюровских моно- и мультимолекулярных структур // Усп. химии. 1983. Т. 52. Вып. 8.
5. Суходолов Суходолов Н. Г., Подольская Е. П. и др. Исследование состава регулярных мультимолекулярных слоёв стеариновой кислоты, содержащих ионы железа методом ESI-TOF // Научн. приборостроение. 2008. Том. 18. № 4.
6. Блинов Л.М. Ленгмюровские пленки // Успехи физ. наук. 1988. Т. 155, № 6. С. 443–480.
7. Гиновкер Гиновкер А.С., Репинский С.М., Янклович А.И. Получение мульти-молекулярных слоев и исследование их с помощью МДП-систем // Поверхность. 1984. № 2. С. 116.
8. Янклович А.И. Регулярные мультимолекулярные структуры ПАВ – пленки Ленгмюра–Блоджетт // Успехи коллоидной химии. Л.: Химия, 1991. С. 262–291.
9. Арсланов Арсланов В.В., Зотова Т.В., Гагина И.А. Монослои и пленки Ленгмюра-Блоджетт стеарата иттрия // Коллоидный журнал. 1997. Т. 59, № 5. С. 603–607
10. Рожкова Е.А., Краснов И.А., Суходолов Н.Г. и др. Исследование поверхностных свойств наноструктур (пленок Ленгмюра-Блоджетт), содержащих ионы железа, и определение их состава с привлечением методов масс-спектрометрии // Научное приборостроение. 2008. Т. 18, № 4. С. 54–61.

Разработка технологических схем антимикробных препаратов нового поколения на основе нанодиапазонных материалов в барьерной технологии

Исследованиями антимикробного действия нано-размерных частиц занимаются целый ряд отечественных и зарубежных ученых: Егорова Е.М., Ревина А.А., Оленин А.Ю., Копейкин В.В., Сергеев Б.М., Танасюк Д.А., Jose Ruben Morones, Jose Luis Elechiguerra, Juan B Kouri, Jose Tapia Ramirez, Ping Li, Juan Li, Changzhu Wu, H.Y Song, K.K Ko, I.H Oh, B.T Lee, Ales Panarsek. Наночастицы благородных металлов и не только, благодаря своему малому размеру чрезвычайно активны и могут вызывать гибель бактерий, вирусов, грибков на больших поверхностях, что является очень актуальным на сегодняшний день. Наночастицы имеют большую удельную поверхность, что увеличивает область контакта с бактериями или вирусами, значительно повышая бактерицидные свойства. Таким образом, применение веществ в виде наночастиц позволяет в сотни раз снизить концентрацию используемого материала, а также сохранять все его бактерицидные свойства.

Задание:

1. Обзор актуальной отечественной и зарубежной литературы;
2. Выбор объектов и методов исследования;
3. Планирование эксперимента;
4. Проведение эксперимента; проведения процесса синтеза наночастиц исходного материала в зависимости от медико-биологические и технологические свойства препаратов; проведение исследования полученных образцов;
5. Разработать прототип препаратов нового поколения;
6. Рекомендации к использованию полученных данных в промышленности.

Статьи, материалы для подготовки:

1. Zinkovskaya I., Ivlieva A.L., Petritskaya E.N., Rogatkin D.A. Unexpected effect of prolonged oral administration of silver nanoparticles on the birth rate in mice. *Ekologia cheloveka = Human Ecology*. 2020; 10: 23–30. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2020- 10-23-30
2. Li, Qiang & Yin, Yongchao & Cao, Daxian & Wang, Ying & Luan, Pengcheng & Sun, Xiao & Liang, Wentao & Zhu, Hongli. (2021). Photocatalytic Rejuvenation Enabled Self-Sanitizing, Reusable, and Biodegradable Masks against COVID-19. *ACS Nano*. 15. 10.1021/acsnano.1c03249.
3. ООО НПЦ «Вектор-Вита». Наши разработки для профилактики COVID-19. Режим доступа: <http://vector-vita.narod.ru/links.html> LLC SPC «Vector-Vita». Our developments for the prevention of COVID-19. Available at: <http://vectorvita.narod.ru/links.html> [In Russian].
4. Morganti, Pierfrancesco & Id, Orcid. (2020). Post-COVID-19: An Opportunity to Produce Biodegradable Goods & Surgical Masks to Save the Environment. *Journal of Health Care and Research*. 1. 10.36502/2020/hcr.6174.