

за [1, 4]. Таким образом, оптимальная температура постсинтетической обработки композита может лежать в диапазоне от 400°C до 500°C, что позволит удалить из композита всю связанную органику и предотвратить разложение ядер магнетита.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ilkaeva, M. Comparative study of structural features and thermal behavior of mixed silica-titania xerogels prepared via the peroxo method and the conventional co-precipitation technique / M. Ilkaeva, I. Krivtsov, V. Avdin, S. Khainakov et al. // *Colloid Surface A*. – 2014. – V. 456. – P. 120–128.

2. Darwish, M.S.A. Synthesis of magnetite nanoparticles coated with polyvinyl alcohol for hyperthermia application / M.S.A. Darwish, L.M. Al-Harbi, A. Bakry // *J Therm Anal Calorim*. – 2022. – V. 147. – P. 11921–11930.

3. Al-Taweel, S. The influence of titanium dioxide nanofiller ratio on morphology and surface properties of TiO<sub>2</sub>/Chitosan nanocomposite / S. Al-Taweel, H. Saud, A.A.H. Kadhum, M.S. Takriff et al. // *Results Phys*. – 2019. – V. 13. – 102296.

4. Ene, V.L. Single Step Synthesis of Glutamic/tartaric Acid-stabilised Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles for Targeted Delivery Systems / V.L. Ene, I.A. Neacsu, O. Oprea, V.-A. Surdu // *Rev. Chim*. – 2020. – V. 71. – 230-238.

УДК 621.382

В.А. Гулей, А.С. Леньшин, Ю.А. Полковникова  
ВГУ (г. Воронеж, Россия)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОСАЖДЕНИЯ ЦИННАРИЗИНА В ПОРИСТЫЙ КРЕМНИЙ**

Разработка контейнеров для адресной доставки лекарств в настоящее время одна из главных задач данной научной области. Наночастицы представляют собой универсальную систему для доставки лекарственных веществ, высвобождение которых может происходить как с поверхности наночастицы, так и из всей массы в результате ее распада. Ввиду своей биосовместимости и технологичности, перспективной основой для данной системы доставки являются наночастицы на основе оксида кремния и пористого кремния. Лекарственные препараты, созданные на основе кремниевых наноструктур, обладают основными свойствами, предъявляемыми к системам направленного транспорта лекарственных средств: легким высвобождением лекарственного средства при достижении заданной цели, возможность парентерального введения, в частности внутривенного введения [1].

В лечении последствий цереброваскулярных заболеваний, когнитивных и астенических расстройств, ассоциированных с COVID-19, наиболее перспективно использование нейрометаболических препаратов с нейропротективными и нейротрофическими свойствами. Представляет большой интерес опыт использования нейропротективного и нейротрофического препарата Циннаризин у пациентов с неврологическими расстройствами в постковидном периоде [2].

Целью данной работы является изучение особенностей осаждения циннаризина на поверхность пористого кремния. В экспериментальных исследованиях в качестве активной фармацевтической субстанции использовали 1-(дифенилметил)-4-(3-фенил-2-пропенил) пиперазин – циннаризин. С целью изучения процесса сорбции циннаризина на поверхности, пластины пористого кремния погружали в раствор этилового спирта с концентрацией циннаризина 2 грамма на 100 мл. Пластины выдерживали в течение 60 минут. Особенности сорбции исследовали методом ИК-спектро-скопии, которую проводили с использованием приставки для измерения поглощения/пропускания тонкопленочных образцов к ИК-фурье спектрометру VERTEX 70 (BRUKER). Сравнительный анализ ИК-спектров образцов исходного пористого кремния и образцов после осаждения циннаризина показывает присутствие циннаризина на поверхности пористого кремния, что проявляется в виде появления дополнительных выраженных особенностей спектра в области 1200-1750  $\text{см}^{-1}$ , в том числе соответствующих циннарину пиков поглощения в области при 1647 (C=C), 1453  $\text{см}^{-1}$ . Положение особенностей ИК-спектров для осаждаемых лекарственных препаратов определялось с использованием базы данных AIST:Spectral Database for Organic Compounds, SDBS [3].

С помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС), мы получили спектр  $\text{porSi}$ , который содержит один высокоинтенсивный симметричный максимум около 520  $\text{см}^{-1}$ , соотносимый с LO фононной модой кремния, а также максимумы на 301(LA) и 935(2TO)  $\text{см}^{-1}$ . При сравнении полученного образца с эталонным спектром циннаризина (Spectrabase) [4] установлено, что после осаждения циннаризина в пористый кремний на спектре появились новые пики, соответствующие пикам циннаризина на 2920  $\text{см}^{-1}$ , 2940  $\text{см}^{-1}$ , 1453  $\text{см}^{-1}$ , 1340  $\text{см}^{-1}$ , 1075  $\text{см}^{-1}$ , 851  $\text{см}^{-1}$ , 480  $\text{см}^{-1}$ . С помощью метода комбинационного рассеяния света мы также определили размер нанокристаллов кремния по формуле  $d = 2\pi \left( \frac{B}{\Delta\omega} \right)^{1/2}$ , где  $\Delta\omega$  – смещение максимума КРС спектра исследуемой кремниевой наноструктуры по отношению к максимуму кристаллического кремния,  $B = 2\text{см}^{-1} \cdot \text{нм}$ ,  $d$  – размер нанокристалла. Подставляя все значения в формулу, мы

посчитали размер кристаллитов для пористого кремния  $d=5$  нм и для пористого кремния с осажденным циннаризином  $d=10$  нм.

Оптические свойства образцов изучались в диапазоне 190–900 нм методом УФ спектроскопии с использованием методики съемки на отражение, позволяющей получать информацию от тонких слоев, сформированных на оптически более плотных подложках. Мы перестроили спектры пропускания-отражения в спектры поглощения с учетом формулы Ламберта-Бугера. По данным УФ-спектроскопии определили возможные прямые переходы. Для  $\text{porSi}$  с осажденным циннаризином- 1.4 эВ, 1.8 эВ, 2.4 эВ.

В качестве среды высвобождения был использован 0,1 М раствор кислоты хлористоводородной. Объем среды растворения 100 мл. Пробы диализата (5 мл) отбирали через каждый час. Объем среды восполняли тем же растворителем. Для определения содержания циннаризина использовали спектрофотометрический метод в УФ-области ( $226\pm 2$  нм). При изучении адсорбции циннаризина на поверхность наночастиц установлено, что при времени адсорбции 30 минут концентрация циннаризина на пластинах мезо- и нанопористого кремния составляет 1,11 и 1,04 мг/мл соответственно.

С увеличением времени концентрации циннаризина на пластинах уменьшается до 1 и 0,96 мг/мл соответственно. Таким образом, оптимальным временем для адсорбции циннаризина установлено 30 минут. При изучении десорбции циннаризина с поверхности наночастиц установлено, что при времени десорбции 30 минут концентрация циннаризина в среде 0,1 М кислоты хлористоводородной составляет 0,6 и 0,5 мг/мл соответственно. С увеличением времени до 120 минут концентрация циннаризина в диализной среде увеличивается до 0,61 и 0,53 мг/мл соответственно. Таким образом, оптимальным временем для адсорбции циннаризина установлено 30 минут.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Леньшин А.С. Формирование и функциональные свойства наноструктур на основе кремния, с. 305.
2. Пат. 22727964 Российская Федерация МПК А61К 9/52, А61К 31/495. Способ получения фармацевтической композиции, содержащей циннаризин / Сорокоумова М. В. Щербакова Л. И., Компанцев В.А.; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО ВолгГМУ Минздрава России. – № 2019142613; заявл.12.09.16; опубл. 28.07.2020. – Бюл. № 22. – 5 с.
3. [https://sdbb.db.aist.go.jp/sdbb/cgi-bin/direct\\_frame\\_top.cgi](https://sdbb.db.aist.go.jp/sdbb/cgi-bin/direct_frame_top.cgi)
4. <https://spectrabase.com>