

УДК 542.06

СИНТЕТИЧЕСКИЙ МАГНИТНЫЙ БИОКОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ СИЛИКАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ НАПРАВЛЕННОЙ ДОСТАВКИ 5-ФТОРУРАЦИЛА

Резниченко Т. В.

лаборант-исследователь, ДВФУ

Зернов Я. Г.

лаборант-исследователь, ДВФУ

Шичалин О. О.

научный сотрудник, к.х.н., ДВФУ

Введение. Рак остаётся одной из ведущих причин смертности, что стимулирует поиск новых терапевтических подходов, в том числе систем направленной доставки противоопухолевых препаратов[1]. 5 фторурацил (5 ФУ) — широко применяемый химиотерапевтический агент для лечения колоректального рака, рака молочной железы и других злокачественных новообразований, однако его использование ограничено высокой токсичностью, низкой селективностью и быстрым выведением из организма[2].

Ключевой задачей данной работы является разработка эффективной системы доставки 5 ФУ, которая снизит токсичность, повысит терапевтическую эффективность и обеспечит контролируемое высвобождение препарата в зоне опухоли. Среди стратегий доставки исследуются липосомы, полимерные наночастицы, дендримеры и неорганические носители; особый интерес представляют неорганические композиты и нанокompозиты.

Магнитные наночастицы оксида железа (Fe_3O_4) позволяют направлять носитель к целевому органу и могут усиливать противоопухолевую активность 5 ФУ за счёт ионов железа, высвобождаемых при биодеградациии [3]. Силикат кальция (волластонит) обладает высокой биосовместимостью, пористой структурой и способностью к деградации *in vivo*, что делает его перспективным носителем. Однако природный волластонит имеет гетерогенный состав, что может влиять на его адсорбционную способность и биосовместимость[4].

Цель данного исследования — изучить физико химические и сорбционные свойства синтетического волластонита, полученного методом гидротермального синтеза, как химически чистого носителя для доставки 5 ФУ. Дополнительно исследовалась функциона-

лизация волластонита магнитными наночастицами для управления носителем и повышения точности таргетинга. Научная новизна заключается в получении данных о формировании функционализированного биокерамического композита с заданной структурой и регулируемыми свойствами биорезорбции, а также в изучении сорбционно десорбционных характеристик системы носителя. Результаты могут стать основой для разработки новых систем доставки химиотерапевтических агентов с улучшенными фармакологическими свойствами.

Основная часть. Одной из важнейших характеристик сорбентов является их общая удельная площадь поверхности и распределение пор по размерам, что существенно влияет на сорбционную емкость материала. Низкотемпературная изотерма сорбции-десорбции азота для образцов, полученных после гидротермальной обработки при 90, 130, 150, 180 °С, в большей степени соответствует типу II по классификации IUPAC. Этот тип изотермы характерен для непористых или макропористых материалов корпускулярной структуры, в которой форма и размер пор неоднородны (рис. 4а–д). Изотерма имеет незначительный гистерезис сорбции, что также позволяет отнести ее к типу IV. Это указывает на наличие небольшого количества микро- и мезопор. Структурные параметры полученных образцов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Суммарный объем пор определенного размера магнитных композитных образцов, полученных при температурах 90, 130, 150, 180 °С

Образец	V_{micro} , см ³ /г (t-метод)	V_{total} , см ³ /г ($P/P_0 = 0,92 - 0,93$)	SBET, м ² /г
CaSiO ₃ ·Fe ₃ O ₄ (90 °С)	4.207	28.35	39.15
CaSiO ₃ ·Fe ₃ O ₄ (130 °С)	5.726	37.62	46.44
CaSiO ₃ ·Fe ₃ O ₄ (150 °С)	6.437	33.85	45.82
CaSiO ₃ ·Fe ₃ O ₄ (180 °С)	4.691	49.02	59.33

Заключение. Максимальное значение удельной поверхности 59,33 м²/г достигается для образца, полученного при температуре гидротермальной обработки 180 °С. У других образцов, приготовленных при температурах обработки 90, 130 и 150 °С, удельная поверхность значительно ниже и составляет 39,15; 46,44 и 45,82 м²/г соответственно. Таким образом, повышение температуры гидротермальной обработки приводит к увеличению как удельной поверхно-

сти, так и общего количества нанопор из-за повторной высокотемпературной рекристаллизации материала.

Хотя общий объем пор возрастает пропорционально увеличению температуры гидротермальной обработки, суммарный объем микропор увеличивается вплоть до температуры обработки 150 °С (4,207; 5,726; 6,437 см³/г для температур обработки 90, 130 и 150 °С соответственно), а затем значительно снижается, что связано с образованием кристаллической фазы. В то же время распределение по размерам и соотношение объемов остальных пор имеют одинаковый характер для всех представленных материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bray, F. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries / F. Bray, M. Laversanne, H. Sung, J. Ferlay, R. L. Siegel, I. Soerjomataram, A. Jemal // CA Cancer J Clin. – 2024. – Vol. 74. – P. 229–263.
2. Yoshihara, K. Inferring tumour purity and stromal and immune cell admixture from expression data / K. Yoshihara, M. Shahmoradgoli, E. Martínez, R. Vegesna, H. Kim, W. Torres-Garcia, V. Treviño, H. Shen, P. W. Laird, D. A. Levine, S. L. Carter, G. Getz, K. Stenke-Hale, G. B. Mills, R. G. W. Verhaak // Nat Commun – 2013. – Vol. 4. – P. 2612.
3. Amini-Fazl, M. S. 5 Fluorouracil loaded chitosan/polyacrylic acid / Fe₃O₄ magnetic nanocomposite hydrogel as a potential anticancer drug delivery system / M.S. Amini-Fazl, R. Mohammadi, K. Kheiri // Int J Biol Macromol – 2019. – Vol. 132. – P. 506–513.
4. Papynov, E. K. Reactive Spark Plasma Synthesis of Porous Bioceramic Wollastonite / E. K. Papynov, O. O. Shichalin, I. Yu. Buravlev, A. S. Portnyagin, A. A. Belov, V. Yu. Maiorov, Yu. E. Skurikhina, E. B. Merkulov, V. O. Glavinskaya, A. D. Nomerovskii, A. V. Golub, N. P. Shapkin // Russian Journal of Inorganic Chemistry – 2020. – Vol. 65. – P. 263–270.

УДК 665.5.06+674.87

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИОМАССЫ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ

Рогач А. А.

аспирант 2-го года обучения

Ламоткин С. А.

к.х.н., доцент, зав. каф. ФХМиОК

Введение. Беларусь располагает значительной сырьевой базой для развития лесоперерабатывающей промышленности. Комплексное использование лесных ресурсов предусматривает использование всей биомассы дерева, переработку древесных отходов, образующихся в процессе заготовки древесины и переработки ее на лесозаготовительных предприятиях. Биомасса дерева состоит из