

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ» КЕАҚ

**Студенттер мен жас ғалымдардың
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»
XIX Халықаралық ғылыми конференциясының
БАЯНДАМАЛАР ЖИНАҒЫ**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
XIX Международной научной конференции
студентов и молодых ученых
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**PROCEEDINGS
of the XIX International Scientific Conference
for students and young scholars
«GYLYM JÁNE BILIM - 2024»**

**2024
Астана**

УДК 001

ББК 72

G99

«ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» студенттер мен жас ғалымдардың XIX Халықаралық ғылыми конференциясы = XIX Международная научная конференция студентов и молодых ученых «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024» = The XIX International Scientific Conference for students and young scholars «ǴYLYM JÁNE BILIM – 2024». – Астана: – 7478 б. - қазақша, орысша, ағылшынша.

ISBN 978-601-7697-07-5

Жинаққа студенттердің, магистранттардың, докторанттардың және жас ғалымдардың жаратылыстану-техникалық және гуманитарлық ғылымдардың өзекті мәселелері бойынша баяндамалары енгізілген.

The proceedings are the papers of students, undergraduates, doctoral students and young researchers on topical issues of natural and technical sciences and humanities.

В сборник вошли доклады студентов, магистрантов, докторантов и молодых ученых по актуальным вопросам естественно-технических и гуманитарных наук.

УДК 001

ББК 72

G99

ISBN 978-601-7697-07-5

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия
ұлттық университеті, 2024**

3. P. Goufo, R.K. Singh, I. Cortez. A Reference List of Phenolic Compounds (Including Stilbenes) in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) // *Antioxidants*. 2020. No. 9. P. 398.
4. B. Morin, J.-F. Narbonne, D. Ribera, C. Badouard, J.-L. Ravanat. Effect of dietary fat-soluble vitamins A and E and proanthocyanidin-rich extract from grape seeds on oxidative DNA damage in rats // *Food and Chemical Toxicology*. 2008. No. 46. P. 787–796.
5. M.E. Martin, E. Grao-Cruces, M.C. Millan-Linares, S. Montserrat de la Paz. Grape (*Vitis vinifera* L.) Seed Oil: A Functional Food from the Winemaking Industry // *Foods*. 2020. No. 9. P. 1360.
6. J. Garavaglia, M.M. Markoski, A. Oliveira, A. Marcadenti. Grape Seed Oil Compounds: Biological and Chemical Actions for Health // *Nutrition and Metabolic Insights*. 2016. No. 9. P. 59–64.
7. Z.F. Ma, H. Zhang. Phytochemical constituents, health benefits, and industrial applications of grape seeds: A mini-review // *Antioxidants*. 2017. No. 6. P. 71.

УДК 542.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАГРУЗКИ ПРОТИВООПУХОЛЕВЫХ ПРЕПАРАТОВ В НАНОЧАСТИЦЫ МЕЗОПОРИСТОГО КРЕМНЕЗЁМА С РАЗЛИЧНЫМ РАЗМЕРОМ ПОР

Ковтарева Светлана Юрьевна

kovtareva_syu@enu.kz

Докторант образовательной программы 8D05306 «Химия» факультета естественных наук

ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Научный руководитель – Э.Е. Копишев

к.х.н., и.о. доцента ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

С. К. Филиппов

Институт интерактивных материалов, Ахен, Германия

Аннотация: Целью данного исследования является изучение наночастиц мезопористого диоксида кремния (MSNs) с переменным размером пор и их физико-химического взаимодействия с противоопухолевыми препаратами в контексте разработки и оптимизации систем доставки лекарственных средств.

Ключевые слова: мезопористый диоксид кремния (MSNs), наночастицы, противоопухолевые препараты, размер частиц, эффективность загрузки

Введение. Структурные и морфологические характеристики наночастиц, такие как размер, пористость, функционализация поверхности имеют важное значение для их применения в качестве наноносителей доставки лекарств [1], [2]. В нашей работе были использованы MSNs с различным размером пор, покрытые катионным полиэлектролитом полиэтиленимином (PEI). Функционализация поверхности MSNs полиэтиленимином может изменять заряд поверхности наночастиц, что влияет на их взаимодействие с биологическими молекулами и клетками, позволяет улучшить их растворимость в водных растворах, а также способствует устойчивости дисперсии наночастиц, предотвращая их агрегацию в различных средах [3], [4], [5].

Анализ воздействия структурных параметров MSNs на эффективность загрузки препаратов расширит наше понимание взаимодействия наночастиц с лекарственными агентами, что способствует разработке оптимизированных носителей для противоопухолевых препаратов с целью повышения их клинической эффективности.

Материалы и методы. Для исследования эффективности загрузки были использованы 6 видов наночастиц мезопористого диоксида кремния: частицы, маркированные

флуоресцентным красителем, таким как изотиоцианат флуоресцеина, уже на стадии синтеза (MSN-FITC-3) с размером пор 3,0 нм, частицы с размером пор 5,5 нм (MSN-5,5) и 10,0 нм (MSN-10), частицы, функционализированные поверхностной гиперразветвленной полимеризацией полиэтиленимином (PEI) с размером пор 2,8 нм (MSN-PEI-2,8), 5,5 нм (MSN-PEI-5,5) и 7,0 нм (MSN-PEI-7).

Определение размера частиц и ζ -потенциала проводили на анализаторе Zetasizer Nano (Malvern Instrument Ltd., Великобритания) методом динамического рассеяния света (ДРС). Так же ДРС даёт информацию о полидисперсности (Pdi) образца частиц, т.е. распределении присутствующих частиц по размерам. Измерения ζ -потенциала, основанные на измерении электрофоретической подвижности частиц, были проведены для определения суммарного поверхностного заряда наночастиц.

Для изучения морфологии поверхности и подтверждения размера частиц использовалась просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) (электронный микроскоп JEM-1400 Plus, JEOL, Токио, Япония). Обработка полученных снимков проводилась с помощью приложения для анализа изображений *ImageJ*.

Загрузка препаратов, обладающих противоопухолевой активностью, доксорубицина (DOX), паклитаксела (PTX), гемцитабина (Gem) и куркумина (Cur) проводилась в различных растворителях. Все растворы лекарств готовились из исходных растворов с концентрацией $C=1$ мг/мл. Загрузка препаратов проводилась двумя способами:

А) Смешением одинаковых объёмов раствора лекарства $C=0,1$ мг/мл с раствором силики $C=1,0$ мг/мл. После смешения осуществлялось перемешивание в течение 24 часов на магнитной мешалке.

В) Методом сухой плёнки (пропитки). Навеска силики помещалась в эппендорф и заливалась 1 мл раствора лекарственного препарата $C=0,1$ мг/мл. После смешения, проба подвергалась ультразвуковой обработке в течение 10 минут для диспергирования наночастиц. Затем осуществлялось перемешивание в течение 24 часов на магнитной мешалке.

Через сутки после центрифугирования в течение 30 минут, при $t=20$ °C и $v=15000$ об/мин исследовался супернатант на содержание остаточного лекарства с помощью УФ/вид спектроскопии на спектрофотометре NanoDrop 2000C методом капли. Эффективность загрузки (LE , %) и рассчитывалась по формуле:

$$LE, \% = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где C_i – начальная концентрация лекарственного вещества, мг/мл;

C_f – конечная концентрация лекарственного вещества в супернатанте, мг/мл.

Результаты и обсуждения.

1. Исследование морфологии и размеров наночастиц с использованием просвечивающей электронной микроскопии.

На полученных изображениях просвечивающей электронной микроскопии (Рисунок 1) видно, что исследуемые частицы имеют неправильную сферическую форму с возможной гексагональной структурой пор. Используя соответствующие фотографии и приложение для анализа изображений *ImageJ*, определяли средний диаметр частиц (Таблица 1).

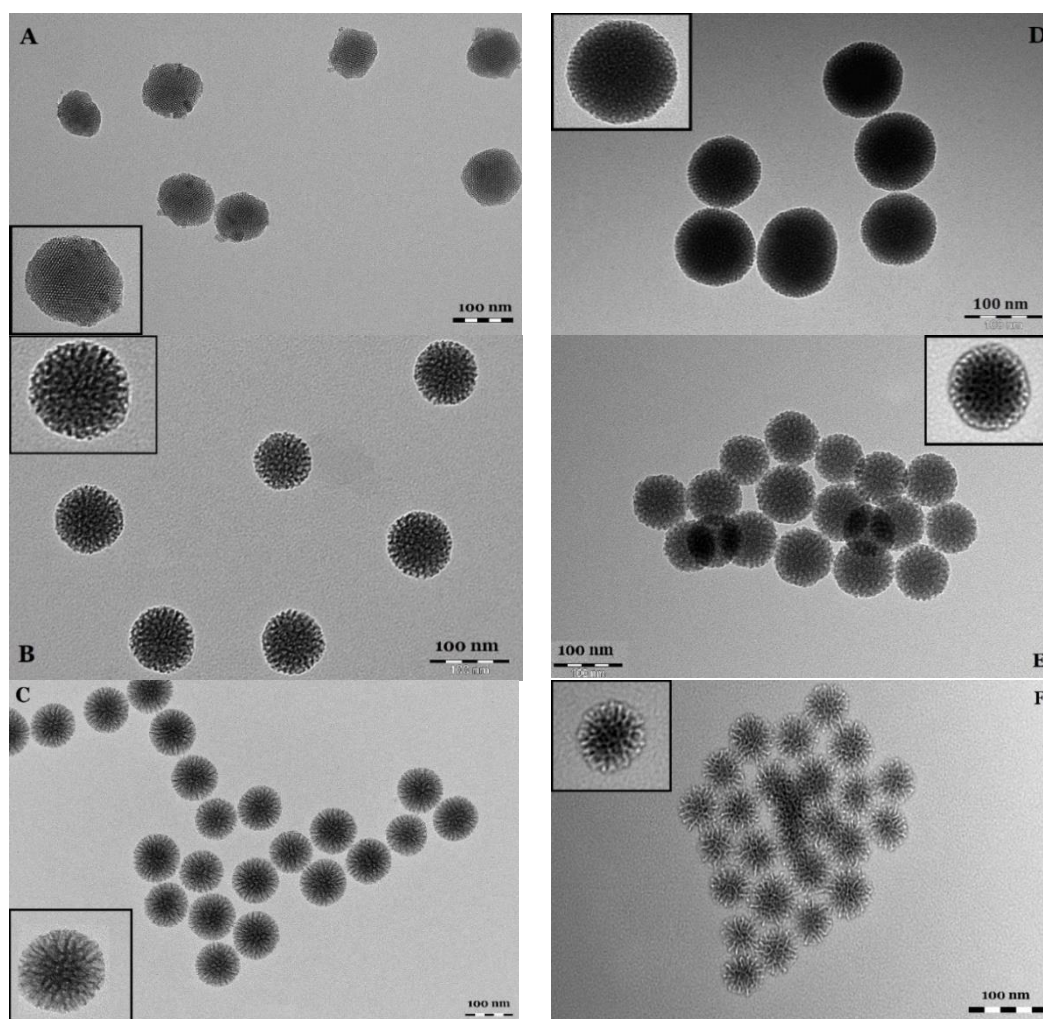


Рисунок 1 ПЭМ-изображения исследуемых MSNs, масштаб-100 нм: (А) MSN-FITC-3, (В) MSN-5,5, (С) MSN-10, (D) MSN-PEI-2,8, (Е) MSN-PEI-5,5 и (F) MSN-PEI-7.

Таблица 1 Диаметр частиц, рассчитанный на основе изображений, полученных с ПЭМ

Вид MSN	MSN-FITC, $d_{\text{пор}}=3,0$ нм	MSN, $d_{\text{пор}}=5,5$ нм	MSN, $d_{\text{пор}}=10$ нм	MSN-PEI, $d_{\text{пор}}=2,8$ нм	MSN-PEI, $d_{\text{пор}}=5,5$ нм	MSN-PEI, $d_{\text{пор}}=7,0$ нм
D_{mean} , нм	87 ± 9	79 ± 5	94 ± 5	115 ± 6	79 ± 5	66 ± 4

2 Определение размера частиц и ζ -потенциала.

В таблице 2 приведены данные измерений гидродинамического диаметра и ζ -потенциала исследуемых наночастиц.

Таблица 2 Дисперсионные характеристики, исследуемых частиц. Гидродинамический диаметр и ζ -потенциал

Вид MSN	Средний размер частиц (растворитель-H ₂ O)		Средний размер частиц (растворитель-HEPES, pH=7,2)		ζ -потенциал (растворитель- HEPES, pH=7,2)
	D, нм	Pdi	D, нм	Pdi	
MSN-FITC-3	193 ± 39	$0,4 \pm 0,05$	*	*	$9,8 \pm 1,9$ мВ
MSN-5,5	104 ± 7	$0,1 \pm 0,07$	87 ± 5	$0,08 \pm 0,05$	$- 25,4 \pm 4,2$ мВ
MSN-10	132 ± 3	$0,02 \pm 0,02$	113 ± 1	$0,04 \pm 0,02$	$- 17,2 \pm 6,8$ мВ
MSN-PEI-2,8	143 ± 4	$0,03 \pm 0,02$	$123 \pm 0,2$	$0,06 \pm 0,02$	$34,6 \pm 2,2$ мВ

MSN-PEI-5,5	112±2	0,05±0,02	109±1	0,1±0,02	33,5±1,8 мВ
MSN-PEI-7,0	120±5	0,2±0,03	93±3	0,2±0,04	24,3±8,0 мВ

* Частицы агрегируют

Данные, полученного ζ -потенциала, свидетельствуют о том, что частицы MSN-5,5 и MSN-10 имеют характерный отрицательный электростатический заряд, вероятно из-за присутствия на их поверхности кислых силанольных (-ОН) групп. Частицы, маркированные флуоресцентным красителем MSN-FITC-3, склонны к агрегации при физиологическом pH=7,2, что подтверждается низким положительным значением ζ -потенциала. Функционализация частиц PEI, придаёт им высоко положительный поверхностный заряд. Причём, размер частиц зависит от применяемого растворителя. Низкие значения Pdi<0,2 свидетельствуют о моодисперсном распределении частиц по размерам. Pdi для MSN-FITC-3 увеличился до 0,4, что указывает на возможное образование популяций агрегатов.

Отличие в размерах частиц между измерениями методами ДРС и ПЭМ было вызвано тем, что ДРС проводились в условиях сольватации, в то время как ПЭМ осуществлялись в сухом состоянии.

3. Загрузка противоопухолевых препаратов в MSNs

Для исследования загрузки были выбраны такие противоопухолевые препараты, как доксорубин, паклитаксел, гемцитабин и куркумин. В зависимости от растворимости лекарств были протестированы разные методы загрузки в различных растворителях (метанол, вода, водно-метанольная смесь в соотношении метанол: вода=60:40, органический буферный агент HEPES, pH=7.2). Поглощение доксорубина, паклитаксела, гемцитабина и куркумина УФ-излучением измерялось при длинах волн 480 нм, 230 нм, 270 нм и 423 нм соответственно.

3.1 Исследование загрузки доксорубина

Загрузка доксорубина проводилась в следующих растворителях: вода, метанол, раствор HEPES, (25 мМ, pH=7.2). Доксорубин представляет собой препарат, который обладает умеренной растворимостью в воде. Применение метода смешения растворов не привело к успешным результатам в отношении загрузки водного раствора доксорубина в различные типы MSNs. Метод сухой плёнки для водного раствора DOX продемонстрировал низкую эффективность загрузки. Аналогично, загрузка доксорубина в метанольном растворе также осуществлялась с относительно низкой эффективностью. Достаточно высокая эффективность загрузки доксорубина была выявлена при проведении экспериментов в растворе HEPES (25 мМ, pH=7.2), в особенности для образцов MSNs, не модифицированных полиэтиленгликолем. В таблице 3 приведены расчётные данные по эффективности загрузки доксорубина в разных растворителях.

Таблица 3 Данные по загрузке доксорубина

Вид MSN	Эффективность загрузки, %		
	Метод смешения растворов		Метод сухой плёнки
	Метанол, 99,9%	HEPES, 25 мМ, pH=7,2	
MSN-FITC-3	14±1	52±14	0
MSN-5,5	12±1	80±11	7±2
MSN-10	9±1	87±5	7±2
MSN-PEI-2,8	10±2	23±18	16±2
MSN-PEI-5,5	12±3	30±12	3±1
MSN-PEI-7,0	12±6	35±7	13±6

Результаты визуального анализа ПЭМ-изображений после загрузки лекарств с использованием программного обеспечения ImageJ указывают на небольшую разницу в

средних диаметрах между не загруженными частицами и частицами, содержащими DOX. Пустые MSN-FITC-3, MSN-5,5 и MSN-PEI-5,5 показали средний диаметр частиц 87 ± 9 , 79 ± 5 и 79 ± 5 соответственно, а загруженные – 90 ± 11 , 84 ± 4 и 85 ± 4 . Эти наблюдения говорят о том, что загружаемый препарат преимущественно находится в порах MSNs.

3.2 Исследование загрузки паклитаксела.

Паклитаксел активно применяется как противоопухолевый препарат, эффективен в отношении различных форм рака. РТХ хорошо растворим в метаноле, практически нерастворим в воде ($\approx 0,3\text{--}0,5$ мкг/мл) [6]. Ввиду его гидрофобной природы, первоначальные эксперименты по его загрузке РТХ в различные типы силики, проводились в метаноле (99,9%) по методу смешения растворов. Результаты показали очень низкую эффективность загрузки, поэтому экспериментально было подобрано соотношение растворителей метанол/вода, в котором РТХ ($C=1$ мг/мл) растворялся без образования осадка. Таким образом, загрузка лекарственного препарата паклитаксела проводилась в растворе метанол/вода, смешанных в соотношении 60/40. Применяя метод сухой плёнки, были получены успешные результаты загрузки (таблица 4).

Таблица 4 Данные по загрузке паклитаксела в растворе метанол/вода в соотношении 60/40 методом сухой пленки

Вид MSN	Эффективность загрузки, %
MSN-FITC-3	0
MSN-5,5	25 ± 3
MSN-10	27 ± 3
MSN-PEI-2,8	20 ± 4
MSN-PEI-5,5	57 ± 12
MSN-PEI-7,0	25 ± 2

Максимальная эффективность загрузки была получена для MSN-PEI, $d_{\text{пор}}=5,5$ nm. Эти частицы были исследованы с помощью просвечивающей электронной микроскопии до и после загрузки паклитаксела. По результатам анализа изображений средний диаметр пустых MSN-PEI-5,5 составил 82 ± 4 нм, а для частиц, загруженных РТХ – 85 ± 6 нм. Близкие значения размеров MSNs до и после загрузки препарата позволяют сделать вывод, что лекарство находится внутри пор, а не концентрируется на поверхности носителя.

3.3 Исследование загрузки гемцитабина

Гемцитабин используется в качестве дополнительной терапии при лечении некоторых видов рака, а также в качестве монопрепарата при раке поджелудочной железы [7]. Gem растворим в воде и мало растворим в метаноле. Процесс загрузки в водном растворе продемонстрировал низкие показатели эффективности. Нами было установлено оптимальное соотношение растворителей метанол/вода, обеспечивающее полное растворение Gem ($C=1$ мг/мл). Используя метод сухой плёнки для загрузки Gem, в растворе метанол/вода, смешанных в соотношении 60/40 были достигнуты удовлетворительные результаты (таблица 5).

Таблица 5 Данные по загрузке гемцитабина в растворе метанол/вода в соотношении 60/40 методом сухой пленки

Вид MSN	Эффективность загрузки, %
MSN-FITC-3	3 ± 3
MSN-5,5	11 ± 2
MSN-10	19 ± 8
MSN-PEI-2,8	7 ± 1
MSN-PEI-5,5	23 ± 10
MSN-PEI-7,0	10 ± 3

Анализируя ТЕМ-изображения, определили средний диаметр загруженных гемцитабином MSN-PEI-5,5, которые продемонстрировали максимальную эффективность загрузки в размере $23 \pm 10\%$. Сравнивая средний диаметр пустых (82 ± 4 нм) и загруженных частиц (85 ± 6 нм), можно сделать вывод, что препарат в основном распределен внутри пор.

3.4 Исследование загрузки куркумина

Куркумин оказывает воздействие на рост опухоли путем нарушения активности нескольких ферментов, ответственных за процессы роста, пролиферации и метастазирования [8]. Сиг не растворяется в воде (20 мкг/мл при нейтральном pH), но растворим в органических растворителях, таких как диметилсульфоксид и спирт [9]. Загрузку Сиг во все виды силики проводили в метаноле, применяя метод смешения растворов и в смеси метанол/вода в соотношении 60/40, используя метод сухой плёнки (таблица 6). Метод смешения растворов оказался не эффективным при загрузке в водно-метанольной смеси.

Таблица 6 Данные по загрузке куркумина

Вид MSN	Эффективность загрузки, %	
	Метод смешения растворов	Метод сухой плёнки
	Метанол, 99,9%	Метанол/Вода, 60/40
MSN-FITC-3	16 ± 5	27 ± 5
MSN-5,5	20 ± 1	$8 \pm 0,5$
MSN-10	16 ± 3	9 ± 1
MSN-PEI-2,8	18 ± 1	35 ± 5
MSN-PEI-5,5	27 ± 1	26 ± 9
MSN-PEI-7,0	17 ± 2	28 ± 5

Были проанализированы ТЭМ-фоторафии MSN-PEI-5,5 после загрузки Сиг в водно-метанольном растворе методом сухой плёнки. Выявлено, что средний диаметр загруженных куркумином MSN-PEI-5,5 составил 85 ± 6 нм, что не значительно превышает размер пустых частиц (82 ± 4 нм). Полученные данные подтверждают, что Сиг в основном локализуется внутри пор.

Выводы. Наночастицы мезопористого кремнезёма являются перспективными кандидатами для инкапсуляции лекарственных веществ, имея пористую структуру, регулируемый размер пор, высокую площадь поверхности и возможность её функционализации. Размеры исследуемых MSNs не превышают 200 нм, что является оптимальным условием для проявления EPR-эффекта [10]. Структура и морфология поверхности MSNs была подтверждена с помощью ПЭМ, ДРС и анализа ζ -потенциала. Функционализация частиц PEI, придаёт им высоко положительный поверхностный заряд, что позволяет улучшить их растворимость и предотвратить агрегацию в различных растворителях. Результаты загрузки противораковых препаратов, демонстрируют возможность применения исследуемых частиц в качестве наноносителей доксорубина, паклитаксела, гемцитабина и куркумина. Близкие значения размеров MSNs до и после загрузки препаратов позволяют сделать вывод, что лекарство преимущественно находится внутри пор, а не концентрируется на поверхности носителя. Дальнейшие исследования по высвобождению препаратов дадут возможность сделать выводы о перспективе их использования в системах доставки противоопухолевых препаратов.

Список использованных источников

1. Peruzynska M. et al. Study on size effect of the silica nanospheres with solid core and mesoporous shell on cellular uptake // Biomedical Materials. 2015. Vol. 10, № 6. P. 065012.
2. Bandi S.P., Kumbhar Y.S., Venuganti V.V.K. Effect of particle size and surface charge of nanoparticles in penetration through intestinal mucus barrier // Journal of Nanoparticle Research. 2020. Vol. 22, № 3. P. 62.

3. Kong L. et al. Polyethyleneimine-stabilized hydroxyapatite nanoparticles modified with hyaluronic acid for targeted drug delivery // RSC Adv. 2016. Vol. 6, № 104. P. 101790–101799.
4. Rosenholm J.M. et al. Prolonged Dye Release from Mesoporous Silica-Based Imaging Probes Facilitates Long-Term Optical Tracking of Cell Populations In Vivo // Small. 2016. Vol. 12, № 12. P. 1578–1592.
5. Wu B. et al. pH sensitive mesoporous nanohybrids with charge-reversal properties for anticancer drug delivery // RSC Adv. 2017. Vol. 7, № 73. P. 46045–46050.
6. Bernabeu E. et al. Paclitaxel: What has been done and the challenges remain ahead // Int J Pharm. 2017. Vol. 526, № 1–2. P. 474–495.
7. Amrutkar M., Gladhaug I. Pancreatic Cancer Chemoresistance to Gemcitabine // Cancers (Basel). 2017 Vol. 9, № 12. P. 157.
8. Fadus M.C. et al. Curcumin: An age-old anti-inflammatory and anti-neoplastic agent // J Tradit Complement Med. 2017. Vol. 7, № 3. P. 339–346.
9. Aboudiab B., Tehrani-Bagha A.R., Patra D. Curcumin degradation kinetics in micellar solutions: Enhanced stability in the presence of cationic surfactants // Colloids Surf A Physicochem Eng Asp. 2020. Vol. 592. P. 124602.
10. Allen T.M., Cullis P.R. Drug Delivery Systems: Entering the Mainstream // Science (1979). 2004. Vol. 303, № 5665. P. 1818–1822.

ӘОЖ 662.7

ОРГАНИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАР НЕГІЗІНДЕ АЛЫНҒАН КӨМІРТЕКТІ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТТІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Қожамұратова Ұлтуған Мирамбекқызы

kozhamuratova.u@mail.ru

Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ Жаратылыстану ғылымдары факультетінің Химия кафедрасының 1 курс магистранты, «Көмір химия және технология институты» ЖШС-нің кіші ғылыми қызметкері, Астана, Қазақстан
Ғылыми жетекшілері – М. Қ. Қазанқапова, Б.Т. Ермағамбет, Ж. Е. Джакупова

Қазіргі уақытта әлемдегі ең үлкен ластаушы факторлардың бірі-пайдаланылған шиналар санының өсуі [1]. Жыл сайын дүние жүзінде үш миллионнан астам шиналар шығарылуда. Қатты тұрмыстық қалдықтар санатына жататын бұл қалдықтарды экологиялық тұрғыдан қолайлы басқару бүкіл әлемдік проблема болып табылады [2].

Қазіргі уақытта "Көмір химия және технология институтында" ЖШС (Астана қ.) бірегей зертханалық және жартылай өнеркәсіптік карбонизация және активтендіру қондырғылары әзірленді. Яғни, газдарды бөлу және сарқынды суларды тазарту үшін көміртекті кеуекті сорбенттерді алу әдістемесі зерттелуде. Осы уақытқа дейін, көптеген көміртекті сорбенттердің зертханалық үлгілері әзірленген. Сонымен қатар, алынған көміртекті кеуекті адсорбенттердің үлгілері газдар мен ағынды суларды тазартуда зертханалық сынақтардан өткізілуде.

Шиналарды өндіруге арналған негізгі материалдар-табиғи және синтетикалық резеңкеден жасалған корд. Корд матасын металл жіптерден (металлокорд), полимерлі және тоқыма жіптерінен жасауға болады. Құрамында көміртегі бар материалдарды алу көзі тоқыма сымы бола алады. Құрамында көміртегі бар шикізаттың күрделі химиялық құрамын ескере отырып, өнімдер алу теориялық және практикалық маңызы бар өзекті мәселеге айналды [3].

Біз алғаш рет көміртегі бар қалдықтардан – яғни, тоқыма сымынан, карбонизация және бу-газды активтендіру әдісімен наносорбенттер алдық. Жұмыс жоғары тиімді технологияны әзірлеуге және қалдық шикізаттан көміртекті нанокеуекті материалдардың тәжірибелік өндірісін құруға бағытталған. Көміртекті материалдарды синтез газынан сутекті оқшаулау