

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАНОКОМПОЗИТУ ВИСОКОДИСПЕРСНОГО КРЕМНЕЗЕМУ З НАНОЧАСТИНКАМИ СРІБЛА ТА СУЧАСНИХ ЕНТЕРОСОРБЕНТІВ

© Д. С. Савченко

Національний медичний університет ім. О. О. Богомольця, Київ

РЕЗЮМЕ: вивчені сорбційні властивості наноконкомпозиту високодисперсного кремнезему з наночастинками срібла (ВКНС) по відношенню до маркерних речовин різної молекулярної маси та іоногенності, що імітують фактори інтоксикації. Встановлено, що силікс та ентеросгель значно поступаються наноконкомпозиту ВКНС за сорбцією низько- і середньомолекулярних сполук, а наноконкомпозит ВКНС є значно кращим за вугільні мікро- і мікрomezопористі сорбенти практично за всіма показниками.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: наночастинки срібла, високодисперсний кремнезем, наноконкомпозит, сорбційні властивості.

Вступ. Одним з важливих методів етіопатогенетичної терапії ендотоксикозу та профілактики його прогресування, особливо при гострій і хронічній гастроентерологічній патології, є ентеросорбція – метод, заснований на зв'язуванні та виведенні з шлунково-кишкового тракту (ШКТ) з лікувальною або профілактичною метою ендогенних і екзогенних речовин, надмолекулярних структур і клітин. Цей метод належить до найстародавніших методів еферентної терапії [1, 2]. Сьогодні ентеросорбенти, що входять до комплексної терапії різних патологічних станів, які супроводжуються ендотоксикозом, це препарати різної структури, при прийомі яких все-редину розвиваються прямі (сорбція та елімінація токсинів) та опосередковані (нормалізація мікробіоценозу кишечника, функцій внутрішніх органів, зокрема органів травлення і виділення, імунної системи та обміну речовин) ефекти [3, 4].

Механізми лікувальної дії ентеросорбції досі продовжують обговорюватися. Так, в основі методу сорбційної детоксикації організму лежать науково обгрунтовані чотири механізми зниження системної концентрації токсичних речовин і метаболітів. Перший механізм припускає можливість зворотного пасажу токсичних речовин з крові в кишечник з подальшим їх зв'язуванням на сорбентах (подібний з механізмом кишкового діалізу). Другий – зводиться до очищення травних соків ШКТ, що містять значну кількість токсичних речовин. Третій – полягає в модифікації ліпідного і амінокислотного спектрів кишкового вмісту (за рахунок вибіркового поглинання сорбентом вільних жирних кислот). Четвертий механізм зводиться до видалення токсичних речовин, що утворюються в самому кишечнику, і зниження тим самим функціонального навантаження на печінку, що дозволяє більш повно використовувати її детоксикаційний потенціал для пом'якшення проявів системного токсикозу [3, 5].

В основу класифікації сучасних ентеросорбентів покладено кілька принципів: лікарська форма (порошок, таблетки, капсули, пасти тощо),

структура, природа матеріалу (крім синтетичних матеріалів для ентеросорбції можуть використовуватися природні полімери на основі лігніну, хітину, целюлози, глини (алюмосилікати, цеоліти тощо)), а також вид взаємодії між сорбційним матеріалом (сорбентом) і зв'язаною речовиною (сорбатом). Процеси сорбції здійснюються чотирма основними шляхами: адсорбція, абсорбція, іонообмін і комплексоутворення. Адсорбція – процес взаємодії між сорбентом та сорбатом, що перебігає на межі розділу середовищ (рідини і поверхні сорбенту) за рахунок фізичних або хімічних процесів. Адсорбенти мають пористу структуру [6].

Відбувається накопичення і фіксація в порах адсорбенту сорбуємих речовин, розчинених у рідинах, що веде до зниження їх концентрації в оточуючому середовищі. Зв'язування адсорбата, обмежене питомою сорбційною ємністю використovanого сорбенту, і є динамічно рівноважним процесом. Абсорбція – процес поглинання сорбату всім об'ємом сорбенту (абсорбенту). В якості сорбенту виступає рідина, і процес взаємодії є по суті розчиненням речовини. Інтенсивність абсорбції лімітується розчинністю речовини. Клінічний ефект процесу абсорбції при гастроінтестинальній детоксикації та метаболічній корекції простежується, якщо розчинник не всмоктується або, якщо після введення через короткий період часу рідина виводиться через зонд. Іонообмін – процес заміщення іонів на поверхні сорбенту іонами сорбату [3,6].

Проявом іонообміну при ентеросорбції можна назвати регулювання рівня в крові жовчних кислот, фосфатів, калію, кальцію та інших іонів. Комплексоутворення поширене в живій природі. За рахунок утворення комплексів здійснюються нейтралізація, транспорт і виведення з організму багатьох речовин (антигенів, білірубину, багатьох ксенобіотиків та ін.) Комплексоутворюючий реагент – це молекула або іон, що утворюють стійкі зв'язки з лігандом. Утворений комплекс може бути як розчинним, так і нерозчинним в рідині. Серед існую-

чих медикаментозних засобів важливе місце займають комплексоутворюючі реагенти, які взаємодіють з отрутами [5, 8].

За хімічною структурою ентеросорбенти можна поділити на кілька груп: вуглецеві ентеросорбенти (активоване вугілля: карболонг, карбовіт, карбосфера тощо); ентеросорбенти на основі природних і синтетичних смол, синтетичних полімерів і неперетравлюваних ліпідів (холестирамін, холестід, холезівілам тощо); кремнійвмісні ентеросорбенти (ентеросгель, смекта, неосмектін, полісорб, біла глина тощо); природні органічні на основі харчових волокон, гідролізного лігніну, хітину, пектинів і альгінатів (мікрористалічна целюлоза (МКЦ), поліфепан, альгісорб, Фільтрум-СТІ тощо); комбіновані ентеросорбенти, які мають у складі два і більше типів вищевказаних сорбентів або додаткових компонентів (вітаміну С, ферментів, пробіотиків, фруктоолігосахаридів, лактулози тощо), що розширюють спектр лікувальної або профілактичної дії ентеросорбенту (ентеросорбент СУМС-1, ультрасорб, ентегнін-Н, лактофільтрум, рекіцен-РД, біле вугілля, еубікор, фільтрум-Сафарі та ін.) [3, 7].

Ентеросорбція при інфекційних захворюваннях є патогенетично обґрунтованим способом терапії. Ентеросорбенти успішно використовуються не тільки в якості патогенетичної, а й етіотропної

моно- та комбінованої терапії при кишкових інфекціях. Це особливо важливо у зв'язку з ростом полірезистентності мікроорганізмів до антибіотиків і хіміопрепаратів. Сорбенти здатні поглинати ендотоксини, фіксувати і елімінувати збудників бактеріальної та вірусної природи [9].

Таким чином, актуальною стала розробка нових високоефективних сорбентів з вираженими протимікробними властивостями. Для вирішення даного завдання співробітниками кафедри фармакології та клінічної фармакології НМУ ім. О.О. Богомольця та Інституту хімії поверхні ім. О.О. Чуйко НАН України розроблено новий високоефективний наноконкомпозит високодисперсного кремнезему з наночастинками срібла (ВКНС). Створення композиту полягає в тому, що наночастинки срібла (НЧС) та нанодисперсного кремнезему поєднували шляхом механосорбційного покриття поверхні нанорозмірного кремнезему моношаром $AgNO_3$ у газовому дисперсійному середовищі і наступним термолізом солі, в результаті чого на поверхні нанодисперсного кремнезему утворюються НЧС розміром від 12 нм до 18 нм [10, 11].

У таблиці 1 наведені відомості про фармацевтичні підприємства, що випускають силікс, ентеросгель та активоване вугілля, які використовувались в аналізі.

Таблиця 1. Досліджувані речовини

Субстанція	Препарат	Виробник	Зовнішній вигляд
Активоване вугілля	Активоване вугілля	ТОВ "Фарм-Холдінг", м. Київ, Україна	Порошок чорного кольору без запаху та смаку
Гідрогель метилкремніевої кислоти	Ентеросгель	ЗАТ "Екологоохоронна фірма "КРЕОМА-ФАРМ", м. Київ, Україна	Волога гелеподібна маса білого кольору, що містить ~ 93 % води
Високодисперсний кремнезем (аеросил А-300)	Силікс	ВАТ "Біофарма", м. Київ, Україна	Пухкий порошок білого або білого з блакитним відтінком кольору, без запаху.
Наноконкомпозит високодисперсного кремнезему з наночастинками срібла, синтезований співробітниками Національного медичного університету ім. О. О. Богомольця та Інституту хімії поверхні ім. О. О. Чуйка НАН України			

Метою роботи було визначення сорбційної ємності нового наноконкомпозиту ВКНС в залежності від кислотно-основних властивостей оточуючого середовища, що моделюють різні відділи шлунково-кишкового тракту.

Методи дослідження. Дослідження є фрагментом науково-дослідної роботи «Дослідження фармакологічних, фізико-хімічних, протимікробних властивостей наночастинок срібла, міді, заліза та вуглецю» (№ держреєстрації 0111U006268). Методично дослідження проводили в двох варіантах [8]:

- "точково" вимірювали величину адсорбції у стандартних умовах;
- будували графік залежності величини адсорбції (Г) білків від рН середовища.

В якості сорбатів (маркерів адсорбції) використовувались речовини різної молекулярної маси та іоногенності, що імітують фактори інтоксикації (табл. 2).

Для проведення адсорбції у пробірки з наважками сорбентів по 50 мг додавали по 4–5 мл розчину маркерної речовини і помірно перемішували на апараті для збовтування протягом 1 год. Потім пробірки центрифугували при 3000 об/хв протягом 30 хв, у залишковій рідині визначали Ср. Для визначення концентрації використовували різні спектрофотометричні методики. Величину адсорбції (Г, мг/г) розраховували як відношення різниці між вихідною і рівноважною кількостями речовини у пробі до маси наважки сорбенту.

Таблиця 2. Фізико-хімічна характеристика маркерних речовин – сорбатів

Сорбат	Молекулярна маса	Іоногенні властивості
Сечовина	60	Неелектроліт, полярна молекула, дипольний момент $\mu=4,56$ Д
Фенол	94	Слабка кислота, $pK = 9,9$, дипольний момент $\mu=1,45$ Д
Креатинін	113	Неелектроліт, полярна молекула
Натрію диклофенак	318	Електроліт, аніон
Метиленовий синій	320	Основний барвник, в нейтральному розчині знаходиться у вигляді катіона
Конго червоний	697	Кислотний барвник, в нейтральному розчині знаходиться у вигляді аніона
Ціанокобаламін	1355	Слабкий електроліт, аніон
Сироватковий альбумін людини	69000	Поліелектроліт, $pI=4,64$
Желатин	350000	Поліелектроліт, $pI=4,8-5,0$

Результати й обговорення. У таблиці 3 представлені результати паралельного тестування, в якому середовище шлунка і дванадцятипалої кишки моделювали у першому наближенні 0,9 % розчином NaCl, який доводили хлороводневою кислотою до pH 2,0 або гідрокарбонатом натрію до pH 7,5. Як препарати порівняння використовували активоване вугілля, ентеросгель та силікс.

Таблиця 3. Адсорбційна властивість препаратів в умовах, наближених до фізіологічних (мг/г)

Сорбат, вихідна концентрація	Величина адсорбції, мг/г							
	активоване вугілля		силікс		ентеросгель		ВКНС	
	pH 2,0	pH 7,5	pH 2,0	pH 7,5	pH 2,0	pH 7,5	pH 2,0	pH 7,5
Сечовина, $C_0=0,01$ %	0,3	0,1	0	1,5	0,9	2,1	4,13	4,67
Фенол, $C_0=0,1$ %	121,4	131,3	45,6	1	54,2	9	25,4	15,7
Креатинін, $C_0=0,001$ %	0,4	0,42	0,29	0,07	0,36	0,28	0,16	0,17
Метиленовий синій, $C_0=0,1$ %	*)	123	*)	38,9	*)	27,2	*)	283
Конго червоний, $C_0=0,1$ %	**)	2,8	**)	0	**)	12,1	**)	4,7
Ціанокобаламін, $C_0=0,05$ %	13,8	2	4,2	0,7	4,5	3,8	20,8	3,92
Сироватковий альбумін людський, $C_0=1$ %	14,3	22,1	220	255	265	302	56,1	26,1
Желатин, $C_0=0,3$ %	2,71	11,2	225	248	180	195	116	30,5

*) у кислому середовищі метиленовий синій випадає в осад;
 **) у кислому середовищі коного черовний змінює колір – виконання досліду є неможливим.
 C_0 – вихідна концентрація маркерної речовини

Як видно з наведених даних, сечовина мало сорбується силіксом, ентеросгелем і АВ (при pH 7,5 краще, ніж при pH 2,0). Це можна пояснити відсутністю в будові молекули сечовини об'ємних органічних замісників, які сприяли б адсорбції на гідрофобних центрах поверхні вуглів та ентеросгелю. Силікс не адсорбує сечовину при pH 2,0, а при pH 7,5 за показником сорбції поступається ентеросгелю. ВКНС адсорбує сечовину, як у кислому так і в лужному середовищах, у 25–50 разів краще за препарати порівняння, однак навіть ці показники є незначними по відношенню до сечовини.

Отримані результати підтверджують, що вилучення сечовини з біологічних рідин за допомогою сорбентів залишається проблемою, далекою від вирішення. В першу чергу це пов'язано зі знач-

ною величиною вільної енергії сольватації молекули сечовини $AG_s = -51$ кДж/моль (розрахунок методом IEFPCM/B3LYP/6-31G(d,p)).

Бензолне ядро і ОН-група у фенолу надають йому змоги взаємодіяти за гідрофобним і гідрофільним механізмами, що спричиняє високу спорідненість цієї речовини з вугільними сорбентами, які мають гідрофобні базальні поверхні і гідрофільні групи по краях цих поверхонь (внаслідок окиснення при карбонізації і активації вугілля). Порівняння сорбційної здатності відносно фенолу ВКНС, силіксу та ентеросгелю показує, що активнішим є більш гідрофобний ентеросгель. При pH 7,5 активність кремнеземових сорбентів є значно меншою, ніж при pH 2,0, що можна пояснити електростатичним відштовхуванням між від'ємно зарядженими

Si - O- групами на поверхні сорбентів і фенолят-аніонами, які в невеликій кількості присутні в розчині при рН 7,5. Однак, сорбція фенолу при рН 7,5 наноккомпозитом ВКНС є у 2 рази вищою, порівняно з ентеросгелем, а порівняно з силіксом – у 15 разів вищою.

Креатинін у структурі молекули має елементи подібності до сечовини. Як виявилось, сорбція цієї речовини суттєво залежить від рН. У кислому середовищі креатинін краще сорбується АВ (ступінь адсорбції 40 %). При рН 7,5 активність силіксу знижується практично до 0, активність ентеросгелю, навпаки, зростає до 28 %, АВ цей показник залишається майже без змін – 42 %. Синтезований наноккомпозит ВКНС демонструє помірні показники сорбції як в кислому (16 %) так і в лужному середовищах (17 %). Пояснити ці закономірності, виходячи із структури креатиніну, складно; можна лише зауважити, що абсолютна адсорбція (у мг/г) цього метаболіту, як і у випадку з сечовиною, є незначною.

Особливості молекулярної будови метиленового синього (іонізація з утворенням катіона, наявність гідрофобного феноліазинового гетероциклу) цілком відповідають виявленим адсорбційним закономірностям. Значною сорбцією барвника різко виділяється наноккомпозит ВКНС, який поглинає увесь сорбат у 2,5 рази краще за активоване вугілля.

У стендових дослідах ціанокобаламін можна використовувати як модель “середніх молекул”: препарат має не дуже велику молекулярну масу, в його структурі присутні фрагменти, що представлені у складі фізіологічно активних сполук – поліпептидів, нуклеотидів, цукрів. За сорбцією ціанокобаламін найбільшу активність виявив наноккомпозит ВКНС. У кислому середовищі ціанокобаламін сорбується силіксом набагато краще, ніж у слабколужному, де проявляється електростатичне відштовхування між аніонами. Ентеросгель за величиною сорбції при обох значеннях рН перевершує силікс, однак демонструє у 5 разів меншу активність в порівнянні з наноккомпозитом ВКНС.

Білки належать до високомолекулярних амфотерних поліелектролітів. Головними адсорбційними центрами кремнеземної поверхні для білка є гідроксильні групи, як неіонізовані, так і в іонізованій формі (меншою мірою). У кислому середовищі певний внесок в адсорбцію надає водневий зв'язок. Найвищий показник сорбції білка серед усіх сорбентів має ентеросгель. Враховуючи, що основними патогенними чинниками при багатьох захворюваннях є саме токсини білкової природи, силікс є незамінним засобом для проведення вугльнеро- і ентеросорбції. Препарат виводить з організму токсини екзогенного та ендогенного походження, харчові і бактеріальні алергени, мікробні ендотоксини, продукти гниття білків у кишечнику. Ентеросгель, який має у своїй структурі певну кількість вільних гідроксильних груп, також виявляє високу білоксорбційну активність, яку можна оцінити як 50–100 % від показника силіксу, а синтезований наноккомпозит ВКНС демонструє помірні сорбційні властивості по відношенню до білків, що складає 50–20 % від показника силіксу (залежно від умов адсорбції, типу білка тощо). Зниження величини сорбції білків наноккомпозитом ВКНС пояснюється тим, що частина гідроксильних груп є зайнятою наночастинками срібла, через що унеможливується їх повна участь у зв'язуванні білків. Майже повну відсутність адсорбції білка вугіллям можна пояснити тим, що білкові молекули надто великі для проникнення у мікропори вугільних сорбентів, тому їхня величезна поверхня залишається недоступною для білка, тобто адсорбція має місце тільки на зовнішній поверхні вуглецевих гранул. Проте у випадку мікро-мезо-макропористих вуглецевих адсорбентів певна кількість білків може адсорбуватися в макропорах.

Суттєву інформацію про взаємодію адсорбентів з білками можна одержати при аналізі відповідних графіків адсорбції в залежності від рН середовища. На них чітко продемонстроване зміщення максимуму поглинання білків наноккомпозитом ВКНС в кисле середовище (рис. 1).

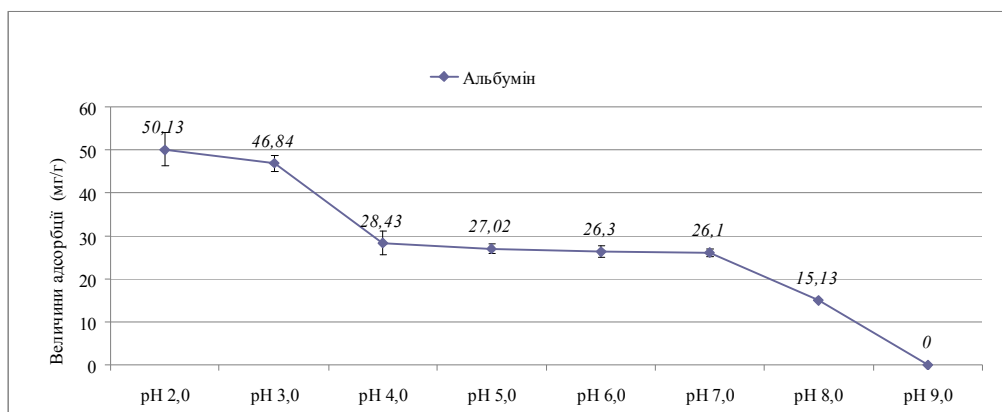


Рис. 1. Кінетика сорбції альбуміну наноккомпозитом ВКНС (мг/г) в залежності від рН середовища.

Важливим показником, що має клінічне значення, є швидкість сорбції токсинів білкової природи. Кінетику адсорбції модельних білків ентеросгелем, силіксом та наноккомпозитом ВКНС вивчали, вимірюючи величину адсорбції через фіксовані проміжки часу. Результати наведені у таблиці 4.

Таблиця 4. Швидкість сорбції білків силіксом, ентеросгелем та наноккомпозитом ВКНС

Час, хв.	Желатин			Сироватковий альбумін людини		
	силікс*	ентеросгель*	ВКНС*	силікс*	ентеросгель*	ВКНС*
1	233 / 94	158 / 81	28,7 / 94	196 / 77	229 / 76	24,2 / 93
5	240 / 97	170 / 87	29 / 95	235 / 92	266 / 88	25,4 / 97
10	248 / 100	175 / 90	30,5 / 100	255 / 100	268 / 89	26,1 / 100
20	248 / 100	183 / 94	30,5 / 100	255 / 100	302 / 100	26,1 / 100
30	248 / 100	195 / 100	30,5 / 100	255 / 100	302 / 100	26,1 / 100

Примітка. * – наведені показники «величина сорбції, мг/г / ступінь сорбції, %», через певні проміжки часу.

Встановлено, що силіксу достатньо 10 хвилин для повного зв'язування білків. Ентеросгель протягом перших 10 хвилин сорбує приблизно 90 % білка, а потім поступово зв'язує решту. Не зважаючи на незначні показники сорбції, наноккомпозит ВКНС демонструє значну швидкість зв'язування сорбату, аналогічно силіксу, 96 % сорбату зв'язується протягом 5 хвилин, а протягом 10 хвилин – 100 %. Ці розбіжності пояснюються непористою структурою первинних частинок силіксу і пористою – ентеросгелю, для якого в механізмі адсорбції певну роль відіграє дифузійна складова. Отримані дані також пояснюються природою отриманого наноккомпозиту, в основі якого використано вискодисперсний кремнезем.

Дані таблиці 5 мають значення з точки зору урахування взаємодії сорбентів з препаратами інших фармакологічних груп під час сумісного застосування. Як видно, у слабколужному середовищі, яке, наприклад, може спостерігатися у просвіті дванадцятипалої кишки, відбувається активне поглинання ентеросгелем натрію диклофенаку, що, напевне, знижує біодоступність цього препарату. Із наноккомпозитом ВКНС та силіксом диклофенак за цих умов не взаємодіє. Різке зменшення адсорбції диклофенаку на поверхні вискодисперсного кремнезему при переході рН від 5 до 8 пояснюється зростанням електростатичного відштовхування між від'ємно зарядженим сорбентом і аніонами диклофенаку.

Таблиця 5. Порівняння адсорбційних властивостей силіксу, ентеросгелю та наноккомпозиту ВКНС щодо натрію диклофенаку при різних рН середовища

Сорбент	Величина адсорбції натрію диклофенаку ($C_0=0,05\%$), мг/г		
	рН 2,0	рН 5,0	рН 8,0
Ентеросгель	Натрію диклофенак випадає в осад	17,8	17,1
Силікс		16,6	Не адсорбує
ВКНС		6,4	Не адсорбує

Висновки. 1. За величиною сорбції низько- і середньомолекулярних сполук силікс та ентеросгель у 2 – 10 разів поступаються наноккомпозиту ВКНС.

2. Наноккомпозит ВКНС значно перевищує вугільні мікро- і мікрomezопористі сорбенти практично за всіма показниками (у 2 – 40 разів).

ЛІТЕРАТУРА

1. Энтеросорбция: состояние вопроса и перспективы на будущее / В. Г. Николаев, С. В. Михаловский, В. В. Николаева [и др.] // Вестник проблем биологии и медицины. – 2007. – № 4. – С. 7–17.
 2. Opportunities of the enterosorption and evolution of the enterosorbent for surgical treatment of endotoxemia / S. I. Emel'ianov, V. S. Briskin, D. A. Demidov [et al.] // Eksp. Klin. Gastroenterol. – 2010. – № 11. – P. 84–9.
 3. Новокшонов А. А. Энтеросорбция — эффективный метод эфферентной этиопатогенетической тера-

3. Наноккомпозит ВКНС та силікс порівняно з ентеросгелем характеризуються вищою швидкістю зв'язування білків, однак ВКНС характеризується зниженою сорбційною ємністю по відношенню до даних сорбатів (25–50 % від ємності силіксу).

пии острых кишечных инфекций у детей / А. А. Новокшонов, Н. В. Соколова // Лечащий врач. – 2011. – № 3. – С. 65–70.
 4. Кузнецов С. В. Эффективность энтеросорбента белый уголь в комплексной терапии гельминтозов у детей // Здоровье ребенка. – 2010. – Т. 4, № 25. – С. 30–33.
 5. Бондарев Е. В. Применение энтеросорбентов в медицинской практике / Е. В. Бондарев, С. Ю. Штрыголь, С. Б. Дырявый // Провизор Электрон. ресурс. –

2008. – №13. – Режим доступа: <http://www.provisor.com.ua/archive/2008/N13>

6. Shcherbakov P. L. Use of enterosorbent in the treatment of intestinal dysbiosis / P. L. Shcherbakov // *Eksp. Klin. Gastroenterol.* – 2009. – № 3. – P. 88–92.

7. The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay / A. Gürses, C. Dopar, M. Yalzin [et al.] // *J. Hazard. Mater.* – 2006. – Vol. 131, № 1–3. – P. 217–228.

8. Савченко Д. С. Порівняльні адсорбційні властивості вуглецевих сорбентів / Д. С. Савченко, І. С. Чекман // *Український науковий-медичний молодіжний ж-л.* – 2010. – № 1. – С. 10–13.

9. Postinfection irritable bowel syndrome / A. I. Parfenov,

I. N. Ruchkina, R. I. Ataulakhanov [et al.] // *Ter Arkh.* – 2009. – Vol. 81, № 2. – P. 39–45.

10. Носач Л. В. Одержання і характеристика кластерів срібла на поверхні нанодисперсного кремнезему / Л. В. Носач, Д. С. Савченко, О. М. Власенко // *Український науково-медичний молодіжний ж-л.* – 2011. – № 4. – С. 178. [10]

11. Пат. 69526 Україна, МПК (2012.01) А61К 6/00. Спосіб одержання нанокompозиту високодисперсного кремнезему-кластерів срібла з протимікробними та сорбційно-детоксикаційними властивостями / Савченко Д. С., Чекман І. С., Воронін Є. П., Носач Л. В.; заявник і власник патенту НМУ ім. О. О. Богомольця. – № у 2011 15221 ; заяв. 22.12.2011 ; опубл. 25.04.2012, Бюл. № 8. [11]

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF SORPTION PROPERTIES OF NANOCOMPOSITE OF HIGHLY DISPERSED SILICA WITH SILVER NANOPARTICLES AND UP-TO-DATE ENTEROSORBENTS

©D. S. Savchenko

National Medical University by O. O. Bohomolets

SUMMARY. Absorption properties of nanocomposite of highly dispersed silica with silver nanoparticles (HDSSN) were studied related to the marker substances with different molecular weight and ionogenic properties, which simulate intoxication factors. Silicii dioxidum and enterosgel show much more lower sorption properties of low and middle molecular compounds comparing to HDSSN nanocomposite. Also, HDSSN nanocomposite is much more better than carbon micro- and micromezopores sorbents almost by all indicators.

KEY WORDS: silver nanoparticles, silica, nanocomposite, nanocomposite, sorption properties.