

ВИВЧЕННЯ АНТИМІКРОБНОЇ ТА ПОГЛИНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ ВОЛОКНИСТИХ ВУГЛЕЦЕВИХ АДСОРБЕНТІВ З ІММОБІЛІЗОВАНИМ ПОЛІГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНІДИНОМ

Л.О. Сахно, кандидат біол. наук, Н.А. Пархоменко*, кандидат біол. наук,
В.В. Сарнацька, доктор біол. наук, Л.О. Юшко, кандидат біол. наук,
Є.О. Снежкова, кандидат біол. наук, О.С. Сидоренко, кандидат тех. наук,
Л.М. Корнєєва, В.Г. Ніколаєв, доктор мед. наук, проф., член-кор. НАН України

Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології

ім. Р.Є. Кавецького НАН України, м. Київ

*Державний науково-контрольний інститут біотехнології і штамів мікроорганізмів
Державної ветеринарної та фітосанітарної служби України

РЕЗЮМЕ. Мета: Вивчити антимікробні властивості та поглинальну активність активованих волокнистих вуглецевих сорбентів марки АУТ-М (АУТ) та АУВМ-"Днепр"-МН (АУВМ) до та після покриття полігексаметиленгуанідин хлоридом (ПГМГ) для визначення оптимального кількісного і якісного складу ПГМГ-вмісних композитів на сорбційній основі.

Матеріали та методи. Протимікробна дія зразків вуглецевих сорбентів вивчалась відносно культури *Pseudomonas aeruginosa* 27/99, *Staphylococcus epidermidis* 14990 та *Proteus vulgaris* HX 19 No 222. Сорбційна активність визначалась щодо маркерних барвників, вітаміну В₁₂ сироваткового альбуміну людини і некон'югованого білірубину у шутельному режимі.

Результати. Доведено, що власна протимікробна дія вуглецевих сорбентів збільшується після іммобілізації ПГМГ на 10-50%. Виразність антибактеріального ефекту залежить від кількості іммобілізованого ПГМГ, типу сорбційної матриці та чутливості мікроорганізмів. Показано, що сорбенти після покриття ПГМГ зберігають більшу частину адсорбційної ємності щодо речовин різної молекулярної маси, гідрофільної та гідрофобної природи.

Висновки. Іммобілізація ПГМГ на волокнисті вуглецеві сорбенти призводить до посилення їх власної протимікробної дії відносно збудників гнійного процесу, якими є *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* та *Proteus vulgaris*. ПГМГ-вмісні композити на основі АУВМ, що мають більший у порівнянні з композитами на основі АУТ антибактеріальний та сорбційний потенціал, можуть розглядатися як перспективні аплікаційні засоби профілактики та лікування ранової інфекції.

Ключові слова: аплікаційні вуглецеві сорбенти, полігексаметиленгуанідин, аплікаційні бактерицидні композити.

Проблема лікування та профілактики ранової інфекції до сьогоднішнього дня залишається однією з найбільш злободених у хірургії. Незважаючи на постійне удосконалення методик оперативних втручань кількість інфекційних ускладнень залишається високою і становить від 3 до 15% [1]. При цьому у структурі післяопераційної летальності ранова інфекція становить до 75% від усіх випадків [2]. Однією з вагомих причин такої ситуації є критичне збільшення кількості бактеріальних штамів, резистентних до широкого кола антибіотиків, які сьогодні широко використовуються для боротьби з рановою інфекцією [3,4]. У зв'язку з цим пошук альтернативних підходів щодо попередження та лікування локальної та генералізованої ранової інфекції є актуальним завданням. Перспективним напрямком у цій галузі може стати створення композиційних ранових покриттів, що поєднують потужні детоксикаційні властивості сорбційних матриць та високу протибактеріальну активність сучасних антисептичних засобів. Їхня локальна дія може бути більш ефективною, ніж антибіотиків через їх швидку нейтралізацію рановим ексудатом, що, у свою

чергу, перешкоджає досягненню у вогнищі інфекції необхідного антибактеріального потенціалу та є однією з причин формування антибіотикорезистентних мікроорганізмів.

На роль сорбційної матриці ідеально підходять сучасні волокнисті вуглецеві сорбенти з великою поглинальною ємністю та унікальними сорбційно-кінетичними характеристиками, що забезпечують швидке поглинання з ранового вмісту великої кількості різноманітних біологічно активних компонентів, у тому числі: продукти білкового катаболізму та протеолізу, бактеріальні ендотоксини та мікробні клітини, біогенні аміни та медіатори запалення, що викликає зменшення інтенсивності місцевої судинної і запальної реакції [5]. Особливості їхньої поверхні та значний сорбційний потенціал дозволяють проводити іммобілізацію багатьох біологічно активних лігандів без залучення зшиваючих агентів, зберігаючи при цьому значну частину поглинальної ємності [6].

Серед сучасних антисептичних засобів заслуженою увагою користуються препарати на основі гуанідину. Серед них одним з найбільш поширених і відомих є хлоргексидин

біглюконат, що виявляє виразну бактерицидну дію щодо грамозитивних та грамнегативних бактерій. Він ефективно використовується проти анаеробних, але є менш активним по відношенню до аеробних та більшості факультативно-аеробних бактерій [7]. Ще одним представником антисептиків гуанідинового ряду є полігексаметиленбігуанідин (ПГМБ), який у складі пов'язок на марльовій та біоцелюлозній основі забезпечує широкий спектр антимікробної активності та більш високу у порівнянні з хлоргексидином біосумісність, служить надійним бар'єром для зовнішнього проникнення мікроорганізмів у рану [8-9].

У представленій роботі у якості антисептичного агента був використаний високомолекулярний полігексаметиленгуанідин хлорид (ПГМГ), який завдяки полімерній природі має більш високу у порівнянні з хлоргексидином та ПГБГ антимікробну активність, є більш стабільним та менш токсичним для організму людини і тварин та [7,10]. Крім того, ПГМГ одержуються за нескладною технологією шляхом поліконденсації без використання одного з вихідних компонентів – хлорціану – високотоксичної сполуки, що вигідно відрізняє його від хлоргексидину та ПГМБ [11]. Завдяки фізико-хімічним властивостям ПГМГ може бути іммобілізований на сорбційній матриці шляхом бінарного синтезу. Прикладом такого виробу є біоцидний сорбент для очистки питної води на основі активованого вугілля [12], а також двошаровий перев'язувальний засіб на основі перфорованих віскозних та легкоплавких термопластичних волокон, просочених хлоргексидином або ПГМГ [13].

Мета проведених досліджень полягала у вивченні зміни антимікробного ефекту та сорбційної активності активованих волокнистих вуглецевих сорбентів після їх покриття ПГМГ для визначення оптимального кількісного та якісного складу ПГМГ-вмісних аплікаційних композитів на сорбційній основі.

Матеріали та методи

У роботі в якості сорбційної основи були використані активовані вуглецеві волокнисті сорбенти АУВМ-«Днепр»-МН (Броварський завод порошкової металургії, Україна) та АУТ-М (ОАО «Світлогорськ Хімволокно, Біларусь) у вигляді матеріалу, а антисептичної складової – полігексаметиленгуанідин хлорид (ВАО «Шосткинський завод хімічних реактивів, Україна).

Для визначення концентрації ПГМГ у водних розчинах застосовувався адаптований спектрофотометричний метод, заснований на утворенні кольорових комплексів ПГМГ з еозином Н [14].

Сорбційна ємність за бензолом (V_s) волокнистих вуглецевих сорбентів до та після іммобілізації ПГМГ визначалась за зміною ваги дослідних зразків після насичення парами бензолу протягом 24 годин. Сорбційна активність щодо маркерних барвників (метиловий оранжевий, конго червоний та феноловий червоний) (Sigma, США), вітаміну B_{12} , сироваткового альбуміну людини (САЛ) і гідрофобного метаболіту – некон'югованого білірубину (Merck, Германия) оцінювались у шутельному режимі [15]. Концентрацію метилового оранжевого, конго червоного, фенолового червоного та вітаміну B_{12} визначали за допомогою спектрофотометричного методу при довжині хвилі 431, 477, 430 та 360 нм відповідно. Концентрацію САЛ та білірубину визначали за допомогою тест-наборів Protein (Total) виробництва BioSystems reagents & instruments, Барселона, Іспанія та Bilirubin S виробництва PLIVA-Lachema Diagnostika sro, Brno, Чехія. Величина адсорбції визначалась за зниженням вмісту маркерної речовини у розчині після контакту із зразками вуглецевих сорбентів та ПГМГ-вмісних композитів на їх основі та розраховувалась на 1 г маси або 1 cm^2 площі.

Для оцінки протимікробної дії зразків використовували культури епідермального стафілококу (*Staphylococcus epidermidis* 14990), синьогнійної палички (*Pseudomonas aeruginosa* 27/99) та вільгарного протею (*Proteus vulgaris* НХ 19 No 222). 18-добова культура бактерій у концентрації 100 ± 20 тис. мікробних клітин у 1 мл в кількості 0,2 мл висівалась на чашки Петрі з твердим поживним середовищем (м'ясо-пептонний бульйон, Himedia). Через 20 ± 5 хвилин одну половину поверхні середовища покривали зразком стерильного сорбенту або ПГМГ-вмісного композиту, іншу – стерильною марлевою серветкою. Сорбенти та марлю попередньо змочували 1 мл фізіологічного розчину. Чашки інкубували у термостаті при $37^\circ C$ протягом 120 ± 15 хвилин, потім зразки сорбентів та марлі видаляли з поверхні середовища. Чашки інкубували за температурою $37^\circ C$ протягом 18- 24 годин, після чого підраховували кількість колоній у обох секторах.

Статистичну обробку результатів проводили з використанням програми Microsoft Excel, достовірність результатів визначали за t-критерієм Ст'юдента.

Результати досліджень та їх обговорення

З метою оцінки підвищення антимікробної активності сорбційних матриць за рахунок іммобілізації ПГМГ були отримані дослідні зразки вуглецевих композитів з різною кількістю ПГМГ, що коливалась у діапазоні від 0,8

до 10% та від 1,5 до 27% для активованих вуглецевих волокнистих сорбентів АУТ-М (АУТ) та АУВМ-МН (АУВМ) відповідно.

Залежність антимікробної активності отриманих композитів від кількості іммобілізованого ПГМГ була вивчена у відношенні до культури синьогнійної палички (табл. 1 та 2). Двогодинний контакт культури з матеріалом АУТ до іммобілізації (покриття) ПГМГ призводив до зниження мікробної кількості на $18,4 \pm 8,7$ % (табл. 1). Максимальна загибель мікробних клітин, що становила $68,5 \pm 19,2$ %, мала місце після контакту мікробної культури з АУТ, покритим ПГМГ у кількості 7,9 %. При цьому гальмування мікробного росту у порівнянні з непокритим АУТ становило $49,5 \pm 14,8$ %. При більшій (10,0 %) та меншій (4,5 %) кількості ПГМГ, іммобілізованого на матеріалі АУТ, гальмуючий ефект падав відповідно на 17,2 та 22,2 %.

Активованій вуглецевій волокнистій сорбент АУВМ (непокритий) продемонстрував більш виразний у порівнянні з непокритим АУТ антибактеріальний ефект (табл. 2).

Мікробна кількість після контакту з непокритим АУВМ знижувалась на $40,6 \pm 18,4$ %. Гальмування мікробного росту зростало по мірі збільшення кількості іммобілізованого ПГМГ. Максимальний інгібуєчий ефект ($77,4 \pm 10,3$ %) досягався після контакту культури синьогнійної палички з АУВМ, що містить 16,0 % ПГМГ, та був на $37,6 \pm 11,4$ % вищим, ніж після контакту з непокритим АУВМ. Підвищення кількості іммобілізованого ПГМГ до 27,0 % викликало зниження гальмуючого ефекту на 20 %.

Антибактеріальна активність волокнистих вуглецевих сорбентів до та після іммобілізації ПГМГ в кількості від 3,8 до 10,9 % для АУТ та від 10,9 до 27,0% для АУВМ була визначена також у відношенні до епідермального стафілокока та вульгарного протея.

Епідермальний стафілокок був ще більш чутливим до дії вуглецевих сорбентів всіх видів. Так, двогодинний контакт культури епідермального стафілокока з непокритими матеріалами АУТ і АУВМ призводив до зниження

Таблиця 1

Антимікробна активність ПГМГ-вмісних композитів на основі волокнистого вуглецевого сорбент АУТ щодо культури синьогнійної палички

Зразки	Кількість іммобілізованого ПГМГхл			Гальмування мікробного росту, %	
	мг/г	мг/см ²	%		у порівнянні з непокритим АУТ
АУТ	—			18,4±8,7	
АУТ+ ПГМГ	7,6±0,1	0,10	0,8	28,1±12,2	9,7±6,3
	15,2±7,8	0,21±0,2	1,5	38,9±18,3	20,5±13,2
	37,8±5,8	0,51	3,8	46,3±16,1	27,8±8,9
	78,6±6,0	1,10	7,9	68,5±19,2*	49,5±14,8
	101,1±2,6	1,31	10,0	51,3±6,5*	33,4±10,9

* — $p < 0,05$ у порівнянні з непокритим матеріалом АУТ

Таблиця 2

Антимікробна активність ПГМГ-вмісних композитів на основі волокнистого вуглецевого сорбенту АУВМ щодо культури синьогнійної палички

Зразки	Кількість іммобілізованого ПГМГхл			Гальмування мікробного росту, %	
	мг/г	мг/см ²	%		у порівнянні з непокритим АУТ
АУТ	—			40,6±18,4	
АУТ+ ПГМГ	15,5±0,2	0,17	1,5	56,5±25,3	17,5±8,3
	32,0±8,0	0,35	3,2	63,9±20,4	23,5±15,7
	108,6±10,6	0,93	10,9	70,1±14,1	30,8±3,4
	159,8±6,0	1,90	16,0	77,4±10,3*	37,6±11,4
	270±13,9	3,25	27,0	57,4±6,5	22,2±11,8

* — $p < 0,05$ у порівнянні з непокритим матеріалом АУВМ

мікробної кількості на 21,4 та 58,9 % відповідно. Після контакту зі зразками матеріалів АУТ, що містять 3,8 та 7,9 % ПГМГ, спостерігалось збільшення антибактеріального ефекту до 42,9 та 41,7% відповідно. Контакт зі зразками матеріалів АУВМ, що містять 10,9 та 16 % ПГМГ, призводив до зниження кількості живих мікробних клітин на $81,7 \pm 10,5$ та $84,8 \pm 10,6$ % відповідно. При збільшенні кількості ПГМГ, іммобілізованого на АУТ до 10,9% та на АУВМ до 27,0%, антимікробний ефект падав до 15,6 та 8,5 % відповідно. Двох годин контакту ПГМГ-вмісних дослідних зразків на основі АУТ та АУВМ з культурою вульгарного протей було цілком достатньо для повного знищення мікробних клітин на поверхні поживного середовища.

Таким чином, знешкодження мікробних клітин, що спостерігається після контакту бактеріальної культури з волокнистими вуглецевими сорбентами, зростає після іммобілізації на них ПГМГ. Антибактеріальний ефект ПГМГ-вмісних композитів залежить від кількості іммобілізованого ПГМГ, типу сорбційної матриці та чутливості мікроорганізмів. Найбільше зростання протимікробної активності має місце після іммобілізації 79 та 160 мг ПГМГ на 1 г АУТ та АУВМ відповідно. Подальше збільшення вмісту ПГМГ у складі апікаційних композитів призводить до зниження їх антимікробної дії, тобто не має сенсу.

Вплив вищезазначеної кількості ПГМГ на поглинальну активність активованих волокнистих вуглецевих сорбентів АУТ та АУВМ була вивчена щодо парів бензолу, низько-, середньо та високомолекулярних речовин, а також гідрофобного маркерного метаболіту - некон'югованого білірубину. Результати тесту-

вання представлені в табл. 3 та 4. Враховуючи те, що йдеться про апікаційні композиційні матеріали, втрата адсорбційної ємності розраховувалась на одиницю площі. Іммобілізації ПГМГ (79 мг на 1г або 1,1 мг на 1 см²) викликали зниження адсорбційної активності матеріалу АУТ у відношенні до низькомолекулярних маркерних барвників до 65%, середньомолекулярного маркеру вітаміну В₁₂ на 15%, альбуміну і некон'югованого білірубину на 44 і 33 % відповідно. Втрата сорбційної ємності за бензолом, що характеризує сумарний об'єм сорбційних пор, становила 20 %, знижуючись від 0,592 до 0,478 см³/г. Матеріал АУВМ після іммобілізації 160 мг/г або 1,9 мг/см² ПГМГ зберігав від 57 до 97% адсорбційної активності щодо маркерних барвників. Адсорбція вітаміну В₁₂ у порівнянні з непокритим АУВМ відрізнялась на 30 %, поглинання альбуміну зменшувалась на 49 %, а некон'югованого білірубину навпаки зростало на 33 %. Сорбційна ємність за бензолом знижувалась від 1,200 до 0,731 см³/г.

Проведені дослідження показали, що іммобілізація ПГМГ меншою мірою впливає на адсорбційну активність активованого волокнистого вуглецевого матеріалу АУВМ, ніж матеріалу АУТ, у відношенні до низькомолекулярних барвників. Після іммобілізації ПГМГ втрата сорбційної ємності АУТ у відношенні до середньо — та високомолекулярних маркерів була на 14,2 та 4,4 % меншою, ніж АУВМ. Поглинання некон'югованого білірубину матеріалом АУТ падало після покриття ПГМГ на 33%, тоді як іммобілізація ПГМГ на АУВМ викликала збільшення адсорбції пігменту на 33 %.

Висновки. Покриття полігексаметиленгуанідин хлоридом активованих волокнистих вуг-

Таблиця 3

Антимікробна активність ПГМГ-вмісних композитів на основі волокнистого вуглецевого сорбенту АУВМ щодо культури синьогнійної палички

Маркерна речовина		АУТ		АУТ, покритий ПГМГ у кількості 79 мг/г		Залишкова адсорбційна ємність %
		мг/г	мг/см ²	мг/г	мг/см ²	
бар- вник	метиловий оранжевий	68,0±1,1	1,78	28,0 ± 0,7	0,80	44,9
	конго червоний	20,3±0,7	0,51	10,3 ± 0,3	0,26	51,0
	феноловий червоний	46,1±0,9	1,16	16,4 ± 0,5	0,41	35,3
Вітамін В ₁₂		28,2±0,9	0,57	21,2 ± 0,8	0,48	84,2
Альбумін		332±21	4,92	185 ± 8,2	2,75	55,9
Некон'югований білірубін		1,8±0,3	0,03	1,52 ± 0,1	0,02	66,7

Адсорбційна ємність активованого волокнистого вуглецевого матеріалу АУВМ та ПГМГ-вмісного композита на його основі щодо маркерних речовин

Маркерна речовина		АУВМ		АУВМ, покритий ПГМГ у кількості 160 мг/г		Залишкова адсорбційна ємність
		мг/г	мг/см ²	мг/г	мг/см ²	%
бар- вник	метиловий оранжевий	138,0±9,8	1,85	115,0±8,4	1,78	96,2
	конго червоний	98,1±5,4	1,18	55,7±3,9	0,67	56,8
	феноловий червоний	158,6±10,0	1,92	154,1± 10,1	1,86	96,9
Вітамін В ₁₂		98,9±4,9	1,13	48,9±4,2	0,79	69,9
Альбумін		965±18	6,42	496±15	3,30	51,4
Некон'югований білірубін		4,1±0,5	0,03	5,5±0,5	0,04	133,0

лецевих матеріалів АУТ та АУВМ призводить до посилення їхньої власної протимікробної дії відносно збудників гнійного процесу, якими є *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* та *Proteus vulgaris*.

Після іммобілізації полігексаметиленгуанідин хлориду волокнисті вуглецеві матеріали зберігають більшу частину адсорбційної актив-

ності, що було показано у відношенні до речовин різної молекулярної маси, гідрофільної та гідрофобної природи.

Аплікаційні ПГМГ-вмісні композити на основі АУВМ мають більший антибактеріальний ефект та сорбційний потенціал у порівнянні з композитами на основі АУТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Инфекционный контроль в хирургии / А.А. Шалимов, В.В. Грубник, А.И. Ткаченко [и др.] – Киев, 2001. – 121с.
2. Деллинджер Э.П. Профилактическое применение антибиотиков в хирургии / Э.П. Деллинджер // Клини. микроб. антимикроб. химиотерапия. – 2001. – №3 – С. 260–265.
3. Solomkin S. Antibiotic resistance in postoperative infection / S. Solomkin // Crit. Care med. – 2001. – №4 (S1). – P. 97–99.
4. Magiorakos A.P. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance / A.P. Magiorakos, A. Srinivasan, R.B. Carey // Clin. Microbiol. Infect. – 2012. – 18. – P. 268–281.
5. Eretskaya E.V. Application sorption: experience in clinical use and prospects of development / E.V. Eretskaya, L.A. Sakhno, V.G. Nikolaev // Biomater. Artif. Cells Immobilization Biotechnol. – 1991. – 1, №1. – P. 129–145.
6. Physical and biological modification of carbon sorbents / V.G. Nikolaev, E.V. Eretskaya, E.A. Snezhkova E.A. [et al] // J. Clinic. Mater. - 1992. – 11, №1. – P.125–128.
7. Лопырев В.А. Применение солей полигексаметиленгуанидина в качестве препаратов, обладающих антимикробной активностью по отношению к анаэробной и смешанной инфекции / В.А. Лопырев, Л.М., М.Г. Воронков [и др.] // Пат. № 2143905 RU, 2000.
8. Clinical evaluation of a PHMB-impregnated biocellulose dressing on paediatric lacerations / G. Elzinga, J. van Doorn, A.M. Wiersema [et al] // J. Wound Care. – 2011. – 20, №6. – P. 280–284.
9. Preventing nosocomial infections. Dressings soaked in polyhexamethylene biguanide (PHMB) / C.L. Salas, F.O. Gymez, P.V. Estudillo [et al.] // Rev Enferm. – 2000. – 29, №6. – P. 43–48.
10. Ефимов К.М. Полигуанидины – класс малотоксичных дез-средств пролонгированного действия / К.М. Ефимов, П.А. Гембицкий, А.Г. Снежко // Дезинфекционное дело. – 2000. – №4. – С. 32–36.
11. Verdicchio R. Antimicrobial compositions / R. Verdicchio // Пат. 4587266 США, 1986.
12. Бицидный полимерный сорбент для обеззараживания водных сред / Ю.А. Лейкин, Т.А. Черкасова, А.В. Рошин [и др.] // Пат. № 2312705 RU, 2006.
13. Антимикробный нетканый материал для перевязочных средств / Б.В. Заметта, Н.В. Пузанова, Е.И. Кучкова [и др.] // Пат. № 54774 RU, 2006.
14. Способ количественного определения концентрации ПГМГхл в воде. / К.М. Ефимов, Н.И. Данилина, Е.О. Овчаренко [и др.] // Пат. 2252413 RU, 2005.
15. Сарнацкая В.В. Влияние полигексаметиленгуанидина на поглотительную активность углеродных апликационных сорбентов / В.В. Сарнацкая, Л.А. Юшко, Л.А. Сахно Л.А. // Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. – 2013. – №3. – С. 44–51.

**ИЗУЧЕНИЕ АНТИМИКРОБНОЙ И ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ
ВОЛОКНИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ СОРБЕНТОВ
С ИММОБИЛИЗИРОВАННЫМ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНОМ**

Л.А. Сахно, Н.А. Пархоменко, В.В. Сарнацкая, Л.А. Юшко, Е.А. Снежкова, А.С. Сидоренко, Л.Н. Корнеева, В.Г. Николаев

РЕЗЮМЕ. Цель: Изучить антимикробные свойства и поглотительную активность активированных волокнистых углеродных адсорбентов марки АУТ-М (АУТ) и АУВМ-"Днепр"-МН (АУВМ) до и после покрытия полигексаметиленгуанидин хлоридом (ПГМГ) для определения оптимального количественного и качественного состава аппликационных ПГМГ-содержащих композитов на сорбционной основе.

Материалы и методы: Противомикробная активность образцов углеродных сорбентов изучалась в отношении культур *Pseudomonas aeruginosa* 27/99, *Staphylococcus epidermidis* 14990 и *Proteus vulgaris* HX 19 No 222. Сорбционная активность определялась относительно маркерных красителей, витамина В₁₂, сывороточного альбумина человека и неконъюгированного билирубина в шутельном режиме.

Результаты: Доказано, что противомикробная активность углеродных сорбентов увеличивается после иммобилизации ПГМГ на 10-50%. Выраженность антибактериального эффекта зависит от количества иммобилизованного ПГМГ, типа сорбционной матрицы и чувствительности микроорганизмов. Показано, что сорбенты после покрытия ПГМГ сохраняют большую часть адсорбционной емкости в отношении веществ разной молекулярной массы, гидрофильной и гидрофобной природы.

Вывод: Иммобилизация ПГМГ на волокнистые углеродные сорбенты приводит к усилению их собственного противомикробного действия относительно возбудителей гнойного процесса, к которым относятся *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Proteus vulgaris*. ПГМГ-содержащие композиты на основе АУВМ, которые обладают большим по сравнению с композитами на основе АУТ сорбционным и антибактериальным потенциалом, могут рассматриваться в качестве перспективных аппликационных средств профилактики и лечения раневой инфекции.

Ключевые слова: аппликационные углеродные сорбенты, полигексаметиленгуанидины, аппликационные бактерицидные композиты

**STUDY OF THE ANTIMICROBIAL AND ADSORPTIVE ACTIVITY
OF FIBROUS CARBON ADSORBENTS
WITH IMMOBILIZED POLYHEXAMETHYLENE GUANIDINE**

L. Sakhno, N. Parkhomenko, V. Sarnatskaya, L. Yushko, E. Snezhkova, A. Sidorenko, L. Korneyeva, V. Nikolaev

SUMMARY. Aim: To study the antimicrobial effect and adsorption activity of ACM and ACFM activated carbon fibrous adsorbents for medical usage before and after their coating with polyhexamethylene guanidine chloride (PHMG) for determining the optimal quantitative and qualitative characteristics of PHMG-containing composites.

Materials and methods: Antimicrobial action was studied towards to bacterial culture of *Pseudomonas aeruginosa* 27/99, *Staphylococcus epidermidis* 14990 and *Proteus vulgaris* HX 19 No 222. Adsorption activity was appreciated in relation to marker dyes, vitamin B₁₂, human serum albumin and unconjugated bilirubin. Results: It has been proven that immobilization of PHMG on the adsorbents surface leads to increasing their own antimicrobial action by 10-50%. Antibacterial effect depends on amount of immobilized PHMG, type of adsorption matrix and sensitivity of microorganisms. Adsorbents after covering with PHMG retain much of adsorption activity for substances of different molecular weight, hydrophilic and hydrophobic nature.

Conclusion: PHMG immobilization on carbon fibrous sorbents leads to strengthening of their own antimicrobial action concerning causative agents of purulent process to which *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Proteus vulgaris* belong. ACFM-PHMG composites demonstrate much higher antibacterial and adsorption capacity in comparison with ACM-PHMG ones and could be consider as a promising application means for prophylaxis and treatment of wound infection.

Key words: application carbon adsorbents, polyhexamethylene guanidine, application bactericidal composites

Надійшла до редакції 15.07.2014 р.