

Л. О. Юшко, В. В. Сарнацька, Л. О. Сахно, В. М. Масленний,  
В. Г. Ніколаєв

## Оцінка кінетичних параметрів і ізотерм адсорбції барвників ентеросорбентами різного походження

(Представлено академіком НАН України В. Ф. Чехуном)

*Порівняльна оцінка кінетичних параметрів і ізотерм адсорбції барвників ентеросорбентами різного походження довела значну перевагу вуглецевих ентеросорбентів вітчизняного виробництва. Сорбційна ємність гранульованого вугілля ГСГД і ентеросорбентів на основі вуглецевих волокон більше ніж на 1–2 порядки перевищує сорбційну ємність добре відомого російського препарату поліфепану.*

Вперше наукове визначення ентеросорбції, як методу еферентної терапії, та ентеросорбентів, як фармакологічної групи препаратів, а також опис механізмів їх дії були дані проф. В. Г. Ніколаєвим у [1, 2]. Але термін “ентеросорбція” мав відношення лише до одного типу сорбентів — синтетичного гранульованого активованого вугілля СКН. Згодом до групи ентеросорбентів увійшли інші хімічні сполуки природного або синтетичного походження, що мали сорбційні властивості і застосовувались не лише як антидоти при гострих отруєннях, а й для лікування багатьох захворювань. Широкий спектр сучасних медичних препаратів та харчових добавок, які сьогодні складають групу “Ентеросорбенти”, збагатив класичну уяву про механізми дії ентеросорбції.

Для більш раціонального застосування в медичній практиці окремих видів ентеросорбентів існує нагальна потреба порівняльної оцінки їх фізико-хімічних і біологічних властивостей у відповідності до основних механізмів дії ентеросорбції в організмі. Відомо, що структура адсорбентів різного походження дуже тісно пов’язана з їх поглинальною ємністю. Класичним методом оцінки сорбційних можливостей сорбентів щодо конкретних речовин є метод ізотерм. Досить часто при знятті ізотерми адсорбції використовують різні синтетичні барвники — метиленовий блакитний, конго червоний та ін., або біологічно активні сполуки, які у ряді випадків є маркерами екзогенних та ендогенних інтоксикацій [2]. Форма ізотерм залежить від багатьох фізико-хімічних факторів і визначається характером положення молекул, що сорбуються, на межі розділу фаз [3]. Аналіз ізотерм сорбції з фази рідини дає можливість отримати корисну інформацію відносно сорбційних властивостей ентеросорбенту та доцільності його застосування для детоксикації організму.

**Матеріали і методи.** Як тест-об’єкти були використані: ентеросорбенти ентеросгель (“Креома-Фарм”, Україна), силікс (Київське державне підприємство по виробництву бактерійних препаратів “Біофарма”, Україна), поліфепан (ЗАО “Екосфера”, Росія), мікротришлічна целюлоза (МКЦ) (фармацевтична фірма “Дарниця”, Україна), вуглецевий ентеросорбент карболайн на основі АУТ-М у вигляді вологих болюсів та новий варіант ентеросорбентів на основі АУВМ-МН також у вигляді вологих болюсів і ГСГД у вигляді дрібних гранул (останні три препарати виробництва Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р. Є. Ковецького НАН України). Усі розрахунки сорбційної активності проведені на одиницю маси готової лікарської форми ентеросорбентів.

*Побудова ізотерм адсорбції.* Ізотерма адсорбції в рідкій фазі описує розподіл речовини, що необхідно видалити, між адсорбентом і розчином в умовах досягнення повного насичення сорбенту (рівноважної концентрації).

1. Аналітично точні наважки досліджуваного зразка сорбенту ( $m$ ), вибрані у дослідному діапазоні, приводили у контакт з 12 мл розчину маркерної речовини з вихідною концентрацією ( $c$ ) і шутелювали при амплітуді 5 см впродовж 240 хв при кімнатній температурі.

2. Після закінчення часу контакту розчини маркерної речовини центрифугували. Контрольний зразок (без адсорбенту) обробляли аналогічно.

3. Визначали остаточні (рівноважні) концентрації маркерної речовини після контакту з адсорбентом ( $c$ ) і розраховували кількість адсорбованої маркерної речовини ( $x = c_0 - c$ ) та адсорбцію маркерної речовини на одиницю маси поглинача ( $x/m$ ).

Ізотерма адсорбції в рідкій фазі в цілому являє собою пряму лінію та описується рівнянням

$$\frac{x}{m} = kc^{1/n},$$

де  $k$  і  $n$  — константи.

У логарифмічній формі рівняння має вигляд

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log k + \left(\frac{1}{n}\right) \log c.$$

Ізотерми адсорбції дозволяють проводити коректне порівняння сорбційної ємності сорбентів.

Для побудови ізотерм адсорбції барвників конго червоного, метилового оранжевого, фенолового червоного, метилового червоного використовували наважки ентеросорбентів поліфепан, силікс, ентеросгель і МКЦ у діапазоні від 0,1 до 1,0 г, АУТ-М, АУВМ-МН — від 0,01 до 0,1 г та ГСГД — від 0,001 до 0,01 г. Концентрацію конго червоного, метилового оранжевого, фенолового червоного, метилового червоного визначали методом спектрофотометричного аналізу за калібрувальним графіком, побудованим при довжині хвиль 477, 464, 430 і 431 нм відповідно.

Для побудови ізотерм адсорбції метиленового блакитного наважки ентеросорбентів поліфепан, силікс, ентеросгель і МКЦ становили від 0,1 до 1,0 г, АУТ-М — від 0,01 до 0,2 г, АУВМ-МН — від 0,005 до 0,08 г, ГСГД — від 0,002 до 0,02 г. Концентрацію метиленового блакитного визначали методом спектрофотометричного аналізу за калібрувальним графіком, побудованим при довжині хвилі 630 нм.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Вивчення кінетики параметрів процесу сорбції барвників конго червоного, метилового оранжевого, метиленового блакитного, фенолового червоного і метилового червоного ентеросорбентами різного походження проведено з метою визначення часу контакту, що необхідний для досягнення повного насичення сорбенту. Для кожного представника відповідного класу ентеросорбентів була підібрана аналітична наважка, яку використовували при побудові кінетичних кривих процесу сорбції барвників різної молекулярної маси і хімічного складу. Так, наприклад, у випадку з конго червоним були відібрані такі наважки поглиначів: поліфепан — 0,2 г; силікс — 0,2302 г; ентеросгель — 0,5 г; МКЦ — 0,3099 г; АУТ-М — 0,0239 г; АУВМ-МН — 0,0291 г; ГСГД — 0,0223 г.

Аналіз кінетичних кривих процесу сорбції конго червоного свідчить про те, що повне насичення поліфепану барвником досягається за 3 год, МКЦ — за 4 год, ентеросгелю — за

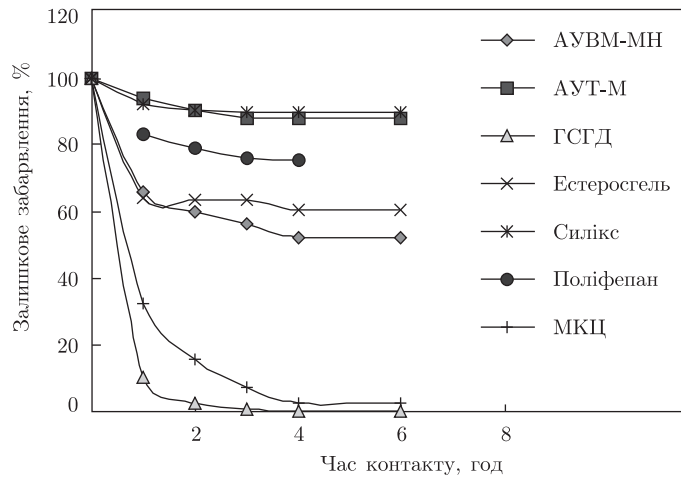


Рис. 1. Кінетика адсорбції барвника конго червоного ентеросорбентами різного походження

1,5–2 год, силіксу — за 2–2,5 год, АУВМ-МН, АУТ-М, ГСГД — за 4 год (рис. 1). Дослідження кінетики адсорбції інших барвників показали, що для повного насичення всіх протестованих ентеросорбентів достатнім часом є 4 год.

Порівняльна оцінка ізотерм адсорбції конго червоного ентеросорбентами різного походження показала, що поглинальна ємність для вуглецевих ентеросорбентів АУВМ-МН ( $V_s = 1,01 \text{ см}^3/\text{г}$ ) становить 100 мг/г, АУТ-М ( $V_s = 0,52 \text{ см}^3/\text{г}$ ) — 31 мг/г, ГСГД ( $V_s = 1,57 \text{ см}^3/\text{г}$ ) — 350 мг/г (рис. 2, а). Сорбційна ємність поліфепану ( $V_s = 0,12 \text{ см}^3/\text{г}$ ), МКЦ ( $V_s = 0,023 \text{ см}^3/\text{г}$ ), силіксу ( $V_s = 0,37 \text{ см}^3/\text{г}$ ) і ентеросгелю становить 9, 39, 1,9 та 3,6 мг/г відповідно (див. рис. 2, б).

Сорбційна ємність щодо метилового оранжевого ентеросорбентами на основі АУВМ-МН становить 300 мг/г, АУТ-М — 170 мг/г, ГСГД — 750 мг/г; поліфепану, МКЦ, силіксу і ентеросгелю — 7, 2,6, 2,35 та 2,5 мг/г відповідно.

Поглиноальна ємність щодо барвника метиленового блакитного ентеросорбентами на основі АУВМ-МН становить 300 мг/г, АУТ-М — 350 мг/г, ГСГД — 1000 мг/г, а поліфепану, МКЦ і ентеросгелю — 32, 5 та 1,2 мг/г відповідно.

За даними порівняльної оцінки ізотерм сорбції щодо фенолового червоного, поглинальна ємність для вуглецевих ентеросорбентів АУВМ-МН дорівнює 300 мг/г, АУТ-М — 150 мг/г, ГСГД — 1000 мг/г; поліфепану, МКЦ і ентеросгелю — 1,5, 1,35 та 3,2 мг/г відповідно.

Поглиноальна ємність щодо метилового червоного ентеросорбентами на основі АУВМ-МН становить 500 мг/г, АУТ-М — 250 мг/г, ГСГД — 2000 мг/г, а поліфепану, МКЦ і ентеросгелю — 10,0, 1,0 та 1,9 мг/г відповідно.

Згідно з одержаними даними, істотно більшу сорбційну активність відносно барвників різної хімічної природи і молекулярної маси виявляють ентеросорбенти на основі активованого вугілля, серед яких безумовним лідером є гранульований вуглецевий сорбент ГСГД, сорбційна ємність якого в 3–5 разів вища за таку для волокнистих вуглецевих ентеросорбентів АУВМ-МН і АУТ-М. Порівнюючи сорбційний потенціал ентеросорбентів на основі органічних та неорганічних сполук кремнію і харчових волокон, приходимо до висновку, що найбільш перспективним є представник останніх — поліфепан, поглинальна ємність якого від 5 (метиловий червоний) до 30 (метиленовий блакитний, феноловий червоний) разів вища в порівнянні з ентеросгелем. Силікс, який був проаналізований щодо поглинання барвників

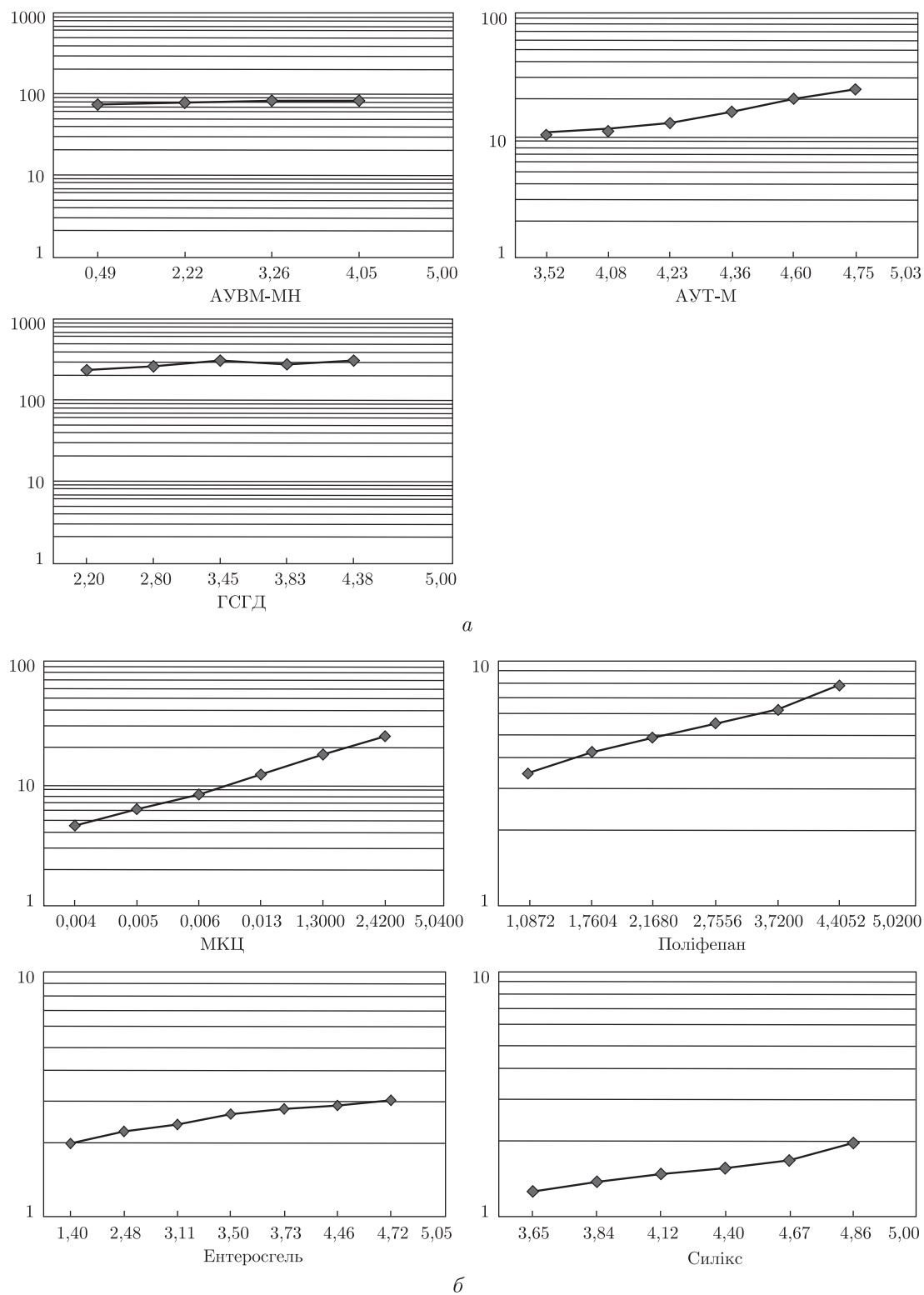


Рис. 2. Ізотерми адсорбції барвника конго червоного на основі активованого вугілля (а), органічних і неорганічних сполук кремнію та харчових волокон (б)

конго червоного і метилового оранжевого, показав низьку сорбційну ємність: 1,9 і 2,35 мг/г сорбенту відповідно.

Аналіз кінетичних параметрів та ізотерм адсорбції водорозчинних барвників ентеросорбентами на основі активованого вугілля, органічних та неорганічних сполук кремнію і харчових волокон свідчить про те, що вуглецеві ентеросорбенти вітчизняного виробництва, у першу чергу гранульовані вуглецеві сорбенти ГСГД, мають істотно більший сорбційний потенціал.

1. *Nikolaev V. G.* Enterosorption // Proc. of the Fifth Int. Symp. on Hemoperfusion and Artificial Organs / Eds. by T. M. S. Chang, H. B. Lin. – China: Academic Publ., 1984. – P. 87–99.
2. *Николаев В. Г.* Гемокарбонперфузия в эксперименте и клинике. – Киев: Наук. думка, 1984. – P. 359.
3. *Николаев В. Г., Стрелко В. В.* Гемосорбция на активированных углях. – Киев: Наук. думка, 1979. – P. 285.

*Інститут експериментальної патології, онкології  
і радіобіології ім. Р. Є. Кавецького НАН України, Київ*

*Надійшло до редакції 22.01.2009*

**L. O. Yushko, V. V. Sarnatskaya, L. O. Sakhno, V. M. Maslenny,  
V. G. Nikolaev**

### **The study of kinetic parameters and adsorptive isotherms of dyes with enterosorbents of different nature**

*The considerable advantage of domestically produced carbonic enterosorbents has been proved as a result of the comparative study of kinetic parameters and adsorptive isotherm of dyes with enterosorbents. Adsorptive capacities of granulated carbon HSGD and enterosorbents on the base of carbonic fibrous material are more than 1–2 orders higher than that of the well-known Russian preparation “Polipefan”.*