

I.A. Фарбун, В.А. Трихліб

Вплив поруватої структури кокосових вуглецевих сорбентів та кислотності середовища на сорбцію деяких біологічно активних органічних сполук

Інститут сорбції та проблем ендоекології НАН України, Київ, Україна, mandarin3169@gmail.com

У статті вивчено регулювання гідрофобності вуглецевого адсорбенту Карбон™ шляхом відновлення його поверхні під час термічної обробки в аргоні та водні, а також окисненні нітратною кислотою. Досліджено адсорбційну здатність вугілля Карбон™ до триптофану, аргініну, індолу, креатиніну та вітаміну В₁₂ як біологічно активних органічних сполук різної молекулярної маси. Встановлено, що сорбційна ємність зразків вугілля Карбон™ по відношенню до всіх вивчених сполук змінюється в ряду: Ind > Cr > Trp > Arg > В₁₂. Показано, що сорбційна ємність вугілля Карбон™, обробленого аргоном, при рН = 7,5 становить 2,6; 2,7 та 0,09 ммоль/г щодо триптофану, креатиніну та вітаміну В₁₂ відповідно. Адсорбційна здатність цих сполук майже не змінюється, коли рН середовища змінюється з 7,5 до 2,0. Одержані результати дозволяють використовувати адсорбент Карбон™ як лікувальний та/або профілактичний засіб для перорального прийому при хронічних захворюваннях нирок та печінки, а також як гемосорбент для очищення крові поза організмом.

Ключові слова: адсорбція уремічних токсинів, адсорбція амінокислот, вуглецеві сорбенти, триптофан, аргінін, індол, креатинін, вітамін В₁₂.

Подано до редакції 19.08.2020; прийнято до друку 15.12.2020.

Вступ

Уремічні токсини – це продукти амінокислотно-білкового обміну в організмі людини, які накопичуються в крові пацієнтів при прогресуванні хронічних хвороб нирок (ХХН) і призводять до розладів біохімічних, фізіологічних та клітинних функцій, найтяжчими з яких є енцефалопатії (уремія і сплутаність свідомості) [1]. При утворенні уремічних токсинів виражену небезпечну патогенну дію має надлишок ароматичних амінокислот, а саме, триптофану, який викликає ряд токсичних симптомів і ще більше знижує функцію нирок [2]. Уремічні токсини поділяються на три групи відповідно до їх молекулярної ваги та хімічних властивостей: водорозчинні сполуки з низькою молекулярною масою (М.в. < 500 Да), які не пов'язані з білком і можуть бути легко видалені діалізом; середні молекули (М.в. = 500 - 35000 Да), які можуть бути видалені з використанням діалітичних мембран з

великим розміром пор або гемодіафільтрації; білки, а також гідрофобні уремічні токсини, пов'язані з білком (М.в. ≈ 500 Да) [1].

Найбільшого поширення для контролю стану внутрішнього середовища організму людини при видаленні молекул токсичних речовин здобули вуглецеві сорбенти медичного призначення, тому що вони мають високі значення питомої поверхні, велику міцність, селективність, високу адсорбційну здатність до різних токсинів не тільки з водних розчинів, але й з фізіологічних умов в присутності солевих іонів, амінокислот, пептидів та білків [3]. Деякі уремічні токсини (зокрема, індоксилсульфат) існують не тільки в біологічних рідинах організму, але й у травному тракті людини [4]. Тому, активоване вугілля можна використовувати як ентеросорбенти для виведення з організму людини отруйних, баластних і потенційно небезпечних речовин екзогенної та ендогенної природи шляхом поглинання або нейтралізації їх у шлунково-

кишковому тракту, знижуючи тим самим навантаження токсинів на нирки [5]. Але, активоване вугілля є дуже гідрофобним і воно не придатне для адсорбції речовин, які викликають уремію (іонні органічні сполуки аргінін та креатинін) [6].

Відомо, що при синтезі адсорбційних матеріалів перевага віддається сорбентам, які містять у своїй структурі пори різного розміру, що дозволяє видаляти різноманітні токсини (низько- та середньомолекулярні речовини, сполуки білкової природи). Тому, в ІСПЕ НАНУ синтезовано активоване вугілля на основі шкаралупи кокосових горіхів Карбон™ [7], яке використовують як гемосорбент для очищення крові поза організмом людини [8] завдяки високим структурним і адсорбційно-кінетичним властивостям [9]. Враховуючи особливий біохімічний та токсикологічний вплив метаболітів триптофану та фенілаланіну на організм людини, запропоновано застосовувати вугілля Карбон™ як ентеросорбент для вилучення надлишків ароматичних та гетероциклічних амінокислот [10].

Метою нашої роботи було провести відновлення та/або окиснення поверхні адсорбенту Карбон™ (для регулювання його гідрофобності), і дослідити вплив поруваної структури вугілля Карбон™ на його сорбційні властивості стосовно біологічно активних речовин (триптофану, аргініну, індолу, креатиніну та вітаміну В₁₂). Ми вважаємо, що відповідність параметрів поруваної структури модифікованих вуглецевих матеріалів розмірам молекул видалюємих речовин буде вирішальним фактором ефективного проведення сорбційних процесів.

I. Матеріали та методи дослідження

Вуглецевий адсорбент Карбон™ з об'ємною щільністю 0,35 г/см³ фракції 0,25 - 0,63 мм (ентерофракція) одержували додатковою активацією комерційного активованого вугілля на основі шкаралупи кокосових горіхів AquaCarb 607 C («Chemviron Carbon», Бельгія) пароповітряною сумішшю [7]. Для вивчення сорбції біологічно активних речовин зразки адсорбенту Карбон™-0,35 відновлювали аргонем та воднем при температурах 500 °С (1 година) та 700 °С (1,5 години) відповідно, та окиснювали кип'ятінням у 35 % нітратній кислоті на протязі 1 - 6 годин (ОВ, сорбційна обмінна ємність (СОЄ) від 0,4 до 2,8 мг-екв/г). Адсорбатами були речовини кваліфікації «ч.д.а.» (Макрохім, Україна): L-триптофан, L-аргінін, індол, креатинін, а також ціанокобаламін (вітамін В₁₂) (98 % чистоти, Alfa Aesar, США).

Порувану структуру вуглецевих матеріалів вивчали методом низькотемпературної (77 К) адсорбції азоту, застосовуючи газовий аналізатор поверхні NOVA 2200 (Quantachrome, USA). Величини питомої поверхні, об'єм сорбційних пор, ефективний радіус пор, а також розподіл об'ємів пор за розмірами розраховували за допомогою програми ASIQwin версії 3.0, використовуючи методи BET, BJH та DFT.

Геометричні дескриптори (milogP; TPSA, нм²; p-ON, нм²; n-OHNH, нм²; V, нм³) амінокислот, їх метаболітів та вітаміну В₁₂ були розраховані методом Molinspiration Cheminformatics [11] веб-сайту Molinspiration (www.molinspiration.com). Радіуси молекул адсорбатів (R, нм), які відповідають об'ємам досліджених молекул, одержували з використанням даних табл. 2.

Поглиняльну здатність вуглецевих матеріалів вивчали методом адсорбції речовин з фізіологічних розчинів, вихідні концентрації до 20 (триптофан, індол), 24 (аргінін), 35,5 (креатинін) і 0,37 (вітамін В₁₂) ммоль/л. Сорбційні експерименти проводили в статичних умовах при перемішуванні протягом 4 годин 0,1 г зразка сорбенту, висушеного при температурі 378 – 383 К, з 25 мл розчинами адсорбатів при рН = 1,5 - 2,5 (верхня зона – дно та тіло шлунку людини) та 7,0 - 7,5 (нижня зона – антральний відділ шлунку). Величину рН встановлювали додаванням 0,1 М розчину НСІ; рівноважне значення кислотності середовища вимірювали на приладі И-160М. Запис УФ спектрів сполук проводили на спектрофотометрі UV-2450 (Shimadzu, Японія) від 190 до 1000 нм. Рівноважні концентрації триптофану, аргініну, індолу і креатиніну визначали в кварцевих кюветах (l = 10 мм) при λ = 279, 202, 269 та 233 нм відповідно. Вміст вітаміну В₁₂ встановлювали фотоколориметричним методом на приладі КФК-3-01 при 540 нм.

Сорбційну ємність (A, ммоль/г) розраховували за формулою:

$$A = \frac{(C_{\text{вих.}} - C_{\text{рівн.}})V}{1000m}, \quad (1)$$

де C_{вих.} та C_{рівн.} – концентрації сорбату в вихідному та рівноважному розчинах, ммоль/л; V – об'єм розчину, мл; m – маса сорбенту, г.

II. Результати та обговорення

Вивчення поруваної структури вуглецевих матеріалів показало, що ізотерми адсорбції/десорбції азоту вихідного вуглецевого адсорбенту Карбон™, а також обробленого аргонем (воднем) або нітратною кислотою вугілля Карбон™ належать до I типу класифікації IUPAC з петлею гістерезису типу H4 [12] (рис. 1). Різке збільшення кількості поглинутого

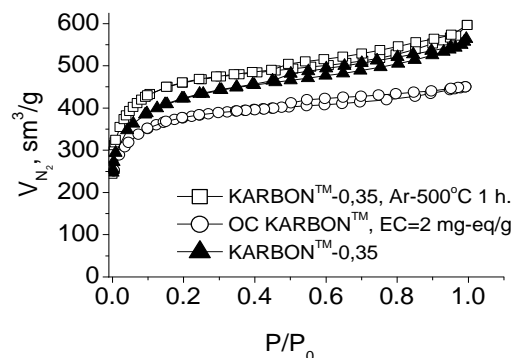


Рис. 1. Ізотерми адсорбції/десорбції азоту на зразках вуглецевих адсорбентів Карбон™.

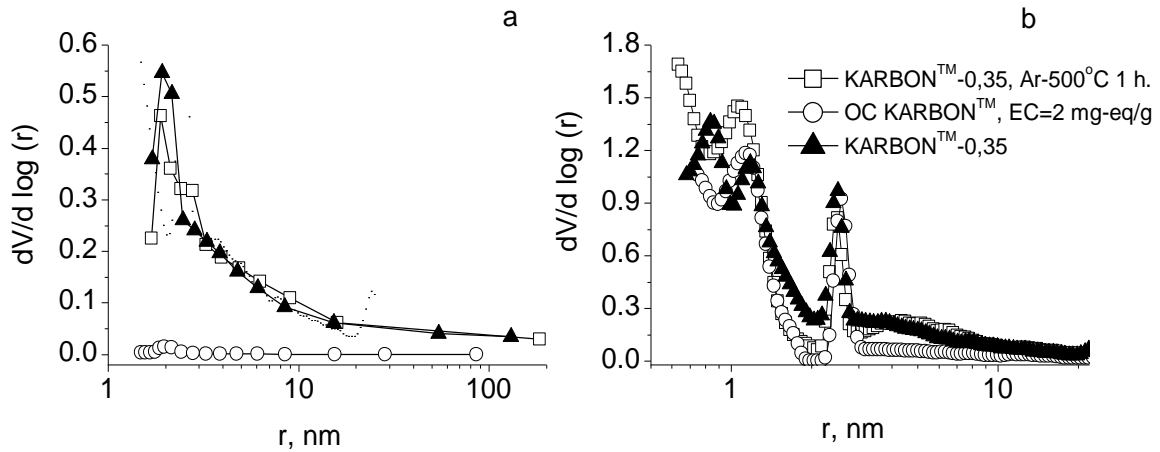


Рис. 2. Криві диференційного розподілу об'ємів пор за розмірами, одержані методами ВЈН (а) та DFT (б) на зразках вуглецевих адсорбентів Карбон™.

Таблиця 1

Структурно-сорбційні характеристики вуглецевих сорбентів

Зразок	S _{пит.} (БЕТ), м ² /Г	V _{заг.} (БЕТ), см ³ /Г	V _{мезо} (ВЈН), см ³ /Г	Мезо-пори, %	Г _{сер.} (БЕТ), нм
Карбон™-0,35, Ar-500°C 1 год.	1730	0,92	0,24	26,1	1,1
Карбон™-0,35, H ₂ -700°C 1,5 год.	1596	0,91	0,25	27,5	1,1
Карбон™-0,35	1545	0,87	0,24	27,6	1,1
ОВ Карбон™, СОЄ=0,4 мг-екв/Г	1516	0,76	0,16	21,1	1,0
ОВ Карбон™, СОЄ=1,1 мг-екв/Г	1449	0,71	0,14	19,7	1,0
ОВ Карбон™, СОЄ=2,0 мг-екв/Г	1413	0,70	0,14	20,0	1,0
ОВ Карбон™, СОЄ=2,8 мг-екв/Г	1273	0,68	0,16	23,5	1,1

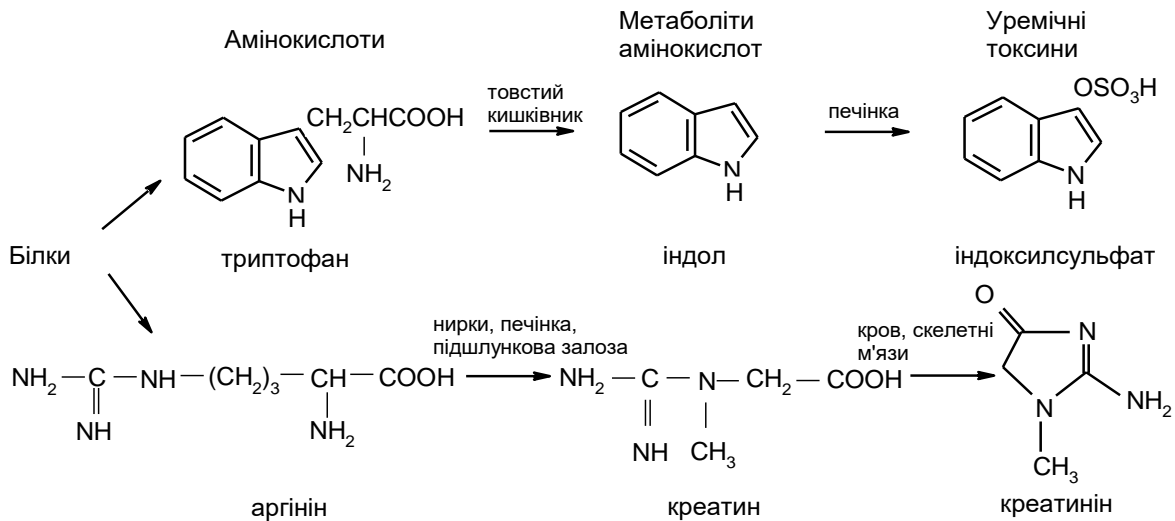


Схема 1. Метаболізм амінокислот.

азоту при низькому відносному тиску та присутність на ізотермі петлі гістерезису при середньому та високому тиску свідчить про те, що ці адсорбенти є мікро-мезопоруватими матеріалами.

Розподіл мезо- та мікропор вуглецевих адсорбентів Карбон™, розрахованих з використанням ВЈН і DFT методів, наведено на рис. 2. У таблиці 1 наведено параметри поруватої структури відповідних зразків. Видно, що

використання різних пороутворюючих агентів призводить до різного розподілу об'ємів пор (рис. 2 та табл. 1). Так, обробка вугілля Карбон™ нітратною кислотою сприяє зниженню кількості мезопор. У всіх вивчених адсорбентах присутні мікропори з радіусом 0,6 - 1,0 нм та мезопори з радіусом 1 - 1,5 і 2 - 3 нм. Але найвищу питому поверхню та найбільший об'єм мезопор має зразок адсорбенту Карбон™, оброблений аргонном.

Вибір об'єктів даного дослідження був обумовлений тим, що амінокислоти триптофан та аргінін, а також їх метаболіти індол і креатинін є представниками низькомолекулярних сполук. Індол є попередником небезпечного уремічного токсину індоксилсульфату, який пов'язаний з білками і не виводиться за час діалізу; креатинін – індикатор функції нирок і водорозчинний токсин, який видаляється діалізом (схема 1) [1]. Вітамін В₁₂ модулює токсини середньої молярної маси, які погано виводяться за час діалізу і є причиною ускладнень (зокрема, нейропатії) у пацієнтів, які зазнають постійне екстракорпоральне очищення крові.

Важливі характеристики використаних адсорбатів наведено у табл. 2. З даних таблиці видно, що ряд об'ємів має вигляд В₁₂ > Трп > Арг > Інд > Кр; ряд milogP: Інд > Трп > Кр > В₁₂ > Арг; ряди TPSA, акцепторів Н-зв'язку (nON) та донорів Н-зв'язку (nOHNH): В₁₂ > Арг > Трп > Кр > Інд.

У водних розчинах при рН < 2 амінокислоти існують у вигляді катіонів, при нейтральних значеннях рН – у формі біполярних іонів, в лужному середовищі – у вигляді аніонів [13]. Креатинін при низьких значеннях рН існує у протонованій формі, при рН = 7 – у молекулярній формі, в лужному середовищі – у депротонованій формі (рК₁ = 4,83 та рК₂ = 9,2) [14] (схема 2). Додання кислот до вітаміну

В₁₂ призводить до його переходу у протоновану форму; додавання 0,1М розчинів лугів при 100 °С на протязі 10 хвилин спричиняє втрату біологічної активності вітаміну В₁₂, хоча його фізичні властивості залишаються без змін [15] (на схемі 2 не наведено).

Відомо, що максимальна адсорбція амінокислот відбувається біля їх ізоелектричних точок [16] (рІ, 5,89 і 10,76 для триптофану та аргініну, відповідно) [17]. Встановлено, що при рН = 4,5 - 10,3 відбувається незначне зниження зв'язування вітаміну В₁₂ сироваткою крові людини, а при дуже кислому та лужному рН – помітне зниження зв'язування вітаміну В₁₂ [18].

Вивчення сорбційних властивостей вуглецевого адсорбенту Карбон™, відновленого аргеном та воднем по відношенню до триптофану та індолу показало, що поглинальна здатність обох адсорбентів майже однакова (рис. 3, а). Це пов'язано з високою термостабільністю функціональних груп на поверхні активованого вугілля [19]. Тому, недоцільно використовувати більш високі температури та час для відновлення зразків.

Дослідження впливу ступеня окиснення поверхні вуглецевих сорбентів на сорбцію триптофану, аргініну, індолу, креатиніну та вітаміну В₁₂ засвідчило, що з підвищенням ступеня окиснення поверхні матеріалів спостерігається закономірне

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості молекул адсорбатів

Адсорбат	М.в.	Метод Molinspiration Cheminformatics					R, нм
		milogP	TPSA, нм ²	nON (TPSA), нм ²	nOHNH (TPSA), нм ²	V, нм ³	
Індол (Ind)	117	2,16	0,158	1 (0,079)	1 (0,079)	0,113	0,30
Триптофан (Trp)	204	-1,08	0,791	4 (0,396)	4 (0,396)	0,185	0,35
Аргінін (Arg)	174	-3,76	1,277	6 (0,588)	7 (0,688)	0,164	0,34
Креатинін (Crp)	113	-1,15	0,587	4 (0,391)	2 (0,196)	0,101	0,30
В ₁₂	1355	-1,95	4,621	27 (2,902)	16 (1,720)	1,150	0,65

Примітка. Дані, одержані методом Molinspiration Cheminformatics: milogP – логарифм коефіцієнту розподілу між n-октаною та водою; TPSA – топологічна полярна площа поверхні, нм²; n-ON – кількість акцепторів водневого зв'язку у молекулі адсорбату; n-OHNH – кількість донорів водневого зв'язку у молекулі адсорбату; V – об'єм молекули адсорбату, нм³; R – радіус молекули адсорбату, нм (розрахунок з об'єму).

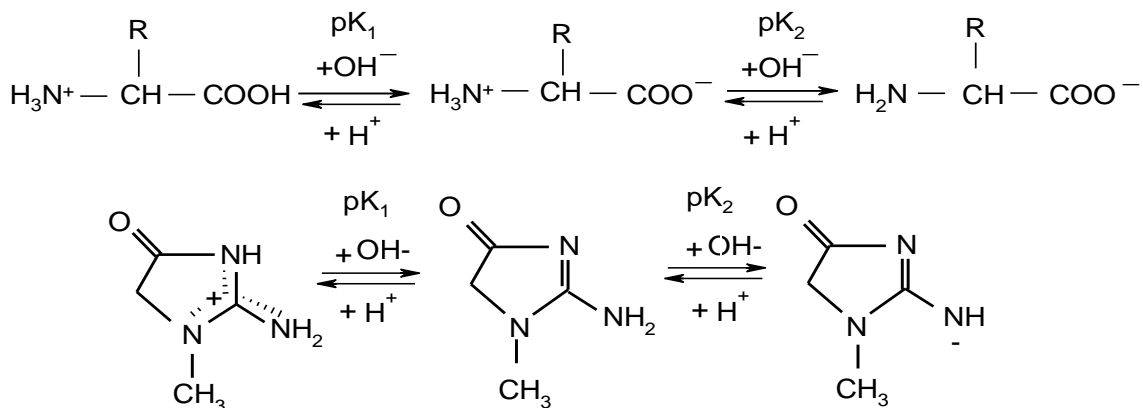


Схема 2. Дисоціація амінокислот та креатиніну у водних розчинах.

зменшення сорбційної ємності по відношенню до всіх вивчених сполук (рис. 3, б) завдяки меншій питомій поверхні та кількості мезопор окисненого вугілля (табл. 1). Тому, недоцільно застосовувати модифікування поверхні вугілля будь-яким окисником.

Одержані результати дозволили встановити вплив СОЕ на поглинальну здатність амінокислот, їх метаболітів та вітамінів: Ind>Kp>Trp>Arg>B₁₂. Порівнюючи ряди впливу СОЕ та донорів Н-зв'язків видно, що вони мають зворотну залежність (табл. 2). Це вказує на те, що вітамін В₁₂ має велику кількість донорних груп і поверхню ТPСА, яка утворює водневі зв'язки. Тому, адсорбція вітаміну В₁₂ найменше залежить від СОЕ. Адсорбція індолу, що містить найменшу кількість донорних груп і поверхню ТPСА, яка не утворює водневих зв'язків, найбільше залежить від СОЕ.

Дослідження сорбційних властивостей вугілля Карбон™, обробленого аргеном при рН = 7,0 - 7,5

показало, що його поглинальна здатність, складає 2,6; 2,7 і 0,09 ммоль/г по відношенню до триптофану, креатиніну і вітаміну В₁₂, відповідно (рис. 4, а). Високі значення адсорбційної ємності адсорбенту Карбон™ стосовно амінокислот та їх метаболітів обумовлені тим, що у вугіллі Карбон™ присутні мікропори радіусом 0,6 нм [8]. Молекули вітаміну В₁₂ мають більш розгалужену структуру, ніж молекули інших адсорбатів. Тому, для сорбції вітаміну В₁₂ значущим є не загальний обсяг пор сорбенту, а наявність в його структурі пор, доступних для молекул маркерної речовини. Відомо, що вітамін В₁₂ має розміри 1,14 x 1,835 x 1,412 = 2,954 нм³; виходячи з цього, радіус молекули вітаміну В₁₂ становить 0,89 нм. Тому, до доступних для адсорбції молекул В₁₂ відносяться пори радіусом більш, ніж 0,9 нм. При цьому, для ефективної сорбції сорбент повинен мати також пори радіусом 1,2 - 1,6 нм [20] та 4 - 25 нм [21].

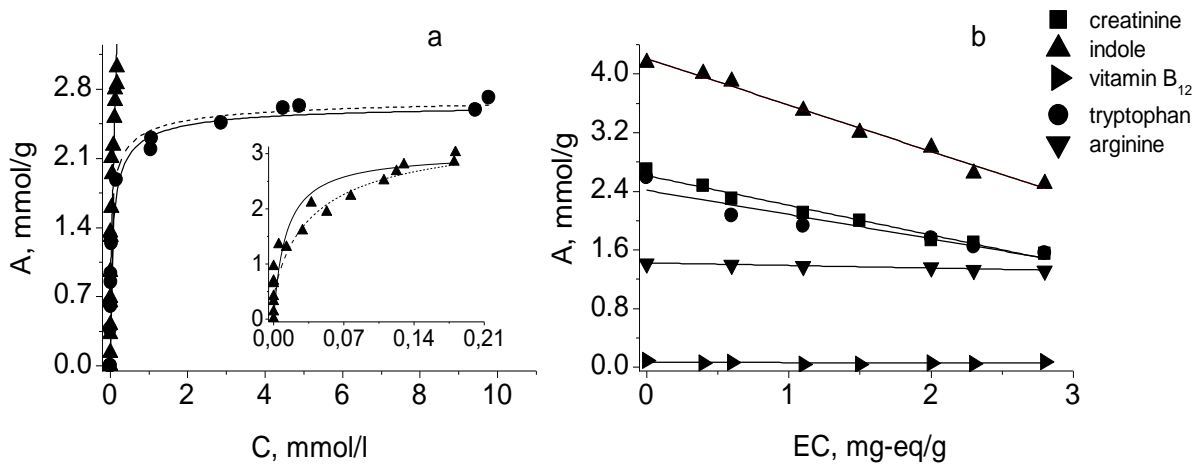


Рис. 3. Ізотерми адсорбції триптофану і індолу на вуглецевих адсорбентах Карбон™-0,35, H₂-700°C 1,5 год. (----), Карбон™-0,35, Ar - 500°C 1 год. (- - -) (а) та залежність адсорбційної ємності речовин від ступеня окиснення вугілля Карбон™-0,35, Ar - 500°C 1 ч (б); рН ≈ рІ.

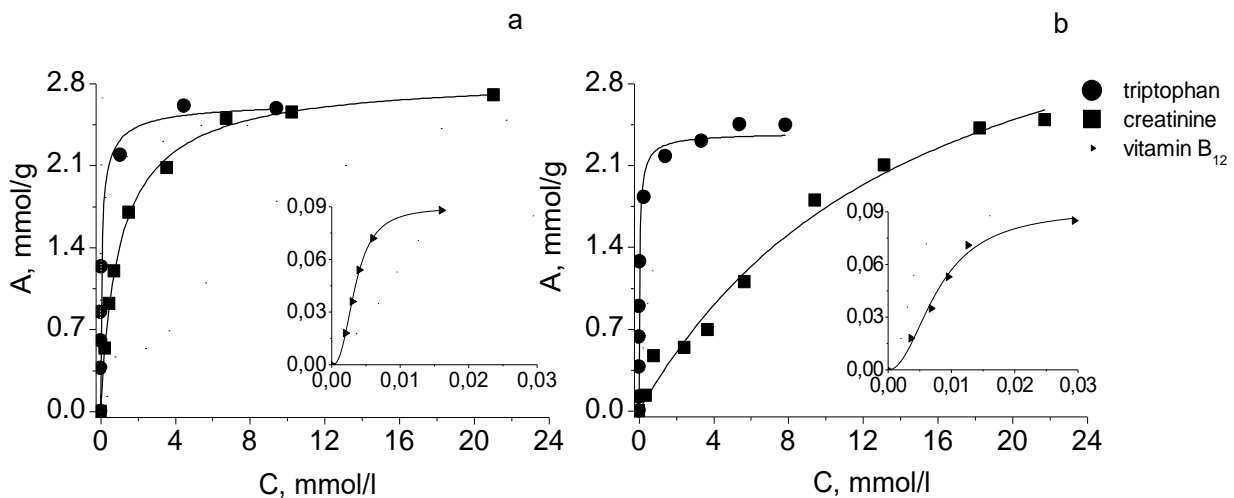


Рис. 4. Ізотерми адсорбції триптофану, креатиніну і вітаміну В₁₂ на активованому вугіллі Карбон™-0,35, Ar - 500°C 1 ч при рН=7,5 (а) та рН = 2,0 (б).

Адсорбційна здатність триптофану, креатиніну та вітаміну В₁₂ практично не змінюється при зміні кислотності середовища від 7,5 до 2,0 (рис. 4,б). Доведено, що молекули вітаміну В₁₂ не містять груп, які схильні до дисоціації в досліджуваному інтервалі рН (рН = 2 - 7) [22]. Вивчення адсорбційних властивостей вугілля Карбон™, обробленого аргонном, по відношенню до індолу ми не проводили, тому що в кислому середовищі шлунку людини ця речовина не утворюється [17].

пор за розмірами, гідрофобність і сорбційну активність вугілля Карбон™ можна контролювати зміною типу модифікатора та часу термічної обробки.

Вивчення сорбції триптофану, аргініну, креатиніну, індолу та вітаміну В₁₂ на вуглецевому адсорбенті Карбон™ з різною гідрофобністю показало, що він є терапевтичним та/або профілактичним засобом для перорального введення при хронічних захворюваннях нирок і печінки.

Висновки

Встановлено зв'язок між структурно-морфологічними, фізико-хімічними та сорбційними характеристиками одержаних вуглецевих адсорбентів Карбон™. Показано, що питому поверхню, розподіл

Фарбун І.А. – к.х.н., старший науковий співробітник відділу сорбції та тонкого неорганічного синтезу;
Трихліб В.А. - науковий співробітник відділу сорбції та тонкого неорганічного синтезу.

- [1] R. Vanholder, R. De Smet, G. Glorieux, A. Argiles, U. Baurmeister, P. Brunet, W. Clark, G. Cohen, P.P. De Deyn, R. Deppisch, B. Descamps-Latscha, T. Henle, A. Jörres, H.D. Lemke, Z.A. Massy, J. Passlick-Deetjen, M. Rodriguez, B. Stegmayr, P. Stenvinkel, C. Tetta, C. Wanner, W. Zidek, *Kidney International* 63(5), 1934 (2003) (<https://doi.org/10.1046/j.1523-1755.2003.00924.x>).
- [2] T. Niwa, *Nagoya Journal of Medical Science* 72(1-2), 1 (2010) (https://www.med.nagoya-u.ac.jp/medlib/nagoya_j_med_sci/7212/p001-012_Niwa.pdf).
- [3] D. Bergé-Lefranc, H. Pizzala, R. Denoyel, V. Hornebecq, J.-L. Bergé-Lefranc, R. Guieu, P. Brunet, H. Ghobarkar, O. Schäfer, *Microporous and Mesoporous Materials* 119(1-3) 186 (2009) (<https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2008.10.016>).
- [4] T. Mitome, Y. Uchida, Y. Egashira, K. Hayashi, A. Nishiura, N. Nishiyama, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 424(5), 89 (2013) (<https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.02.022>).
- [5] C. Brunori, B.F. Viola, P. Maiorca, C. Cancarini, *Blood Purification* 26(1), 36 (2008) (<https://doi.org/10.1159/000110561>).
- [6] Х. Курокава, К. Хиби, Ц. Коусака, К. Судзуки, Пат. 2627464С2 RU, МПК А 61 К 33/44, А 61 Р 1/16, А 61 Р 39/02, В 01 J 20/20, В 01 J 20/30, С 01 В 31/10. Оpubл. 20.11.2014, Бюл. № 32. (<https://edrid.ru/rid/217.015.e90a.html>).
- [7] В.А. Трихліб, В.В. Стрелко, Пат. 109548 UA, МПК А 61 К 33/44, С 01 В 31/08, В 01 J 20/20, В 01 J 20/30. Оpubл. 25.08.2016, Бюл. № 16/2016. (<http://uapatents.com/13-109548-sposib-oderzhannya-mikro-mezoporistogo-vuglecevo-go-adsorbentu.html?do=print>).
- [8] Ф.И. Казаков, В.В. Кирковский, *Медицинский журнал* 1, 65 (2014).
- [9] Е.В. Исаева, И.А. Фарбун, В.А. Трихліб, *Теоретическая и экспериментальная химия* 54(6), 383 (2018) (<https://doi.org/10.1007/s11237-019-09589-3>).
- [10] І.А. Фарбун, В.А. Трихліб, М.М. Ціба, *Питання хімії та хімічної технології* 129(2), 125 (2020) (<https://dx.doi.org/10.32434/0321-4095-2020-129-2-125-133>).
- [11] P. Ertl, B. Rohde, P. Selzer, *Journal of Medical Chemistry* 43, 3714 (2000) (<https://doi.org/10.1021/jm000942e>).
- [12] K.S.W. Sing, D.H. Everett, R.A.W. Haul, L. Moscou, R.A. Pierotti, J. Rouquerol, T. Siemieniewska, *Pure and Applied Chemistry* 57(4), 603 (1985) (<https://doi.org/10.1515/iupac.57.0007>).
- [13] Q. Gao, W. Xu, Y. Xu, D. Wu, Y. Sun, F. Deng, W. Shen, *Journal of Physical Chemistry B* 112(7), 2261 (2008); (<https://doi.org/10.1021/jp0763580>).
- [14] B. Koubaissy, J. Toufaily, Z. Yaseen, T.J. Daou, S. Jradi, T. Hamieh, *Adsorption Science and Technology* 35(1-2), 3 (2017) (<https://doi.org/10.1177/2F0263617416666084>).
- [15] J. Kirschbaum, *Analytical Profiles of Drug Substances* 10, 183 (1981).
- [16] J. Goscińska, A. Olejnik, R. Pietrzak, *Adsorption* 19(2-4), 581 (2013) (<https://doi.org/10.1007/s10450-013-9481-z>).
- [17] А. Ленинджер, *Основы биохимии* (Москва, Мир, 1985).
- [18] P. Newmark, S. Mester, *Biochimica et Biophysica Acta* 343(3), 627 (1974) ([https://doi.org/10.1016/0304-4165\(74\)90281-5](https://doi.org/10.1016/0304-4165(74)90281-5)).
- [19] L. Li, X. Yao, H. Li, Z. Liu, W. Ma, X. Liang, *Journal of Chemical Engineering of Japan* 47(1), 21 (2014) (<https://doi.org/10.1252/jcej.13we193>).
- [20] Е.В. Веприкова, И.П. Иванов, Н.В. Чесноков, Б.Н. Кузнецов, *Журнал Сибирского Федерального Университета. Химия* 11(4), 488 (2018) (<https://doi.org/10.17516/1998-2836-0093>).

- [21] J-B. Yang, L-C. Ling, L. Liu, F-Y. Kang, Z-H. Huang, H. Wu, Carbon 40(6), 911 (2002) ([https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(01\)00222-6](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(01)00222-6)).
- [22] С.Н. Ланин, С.А. Рычкова, А.Е. Виноградов, М.Б. Вирясов, И.А. Востров, И.А. Шаталов, Сорбционные и хроматографические процессы 15(2), 179 (2015) (<http://www.sorpchrom.vsu.ru/articles/20150204.pdf>).

I.A. Farbun, V.A. Trykhlіb

Porous Structure Influence of Coconut Carbon Sorbents and Acidity on the Sorption of Some Biologically Active Organic Compounds

Institute for Sorption and Problems of Endoecology, Kyiv, Ukraine, mandarin3169@gmail.com

The paper investigates the regulation of the hydrophobicity of KARBON™ carbon adsorbents by restoring its surface during heat treatment in argon and hydrogen, as well as oxidizing it with nitric acid. The sorption capacity of KARBON™ with respect to the tryptophan, arginine, indole, creatinine and vitamin B₁₂ as biologically active organic compounds of different molecular weight was studied. It was determined that the adsorption capacity of KARBON™ samples with respect to all the studied substances changes as follows: Ind > Cr > Trp > Arg > B₁₂. It has been shown that the sorption capacity of argon-treated KARBON™ adsorbent at pH = 7.5 is 2.6; 2.7 and 0.09 mmol/g in relation to tryptophan, creatinine and vitamin B₁₂, respectively. The adsorption capacity of these compounds is almost unchanged when the acidity changes from 7.5 to 2.0. The results obtained allows the use of KARBON™ adsorbent as a therapeutic and/or prophylactic agent for oral administration in chronic kidney and liver diseases, as well as a hemosorbent for the purification of blood outside the body.

Keywords: uremic toxins adsorption, amino acids adsorption, carbon adsorbents, tryptophan, arginine, indole, creatinine, vitamin B₁₂.