

Вербич С. В., Брик М. Т., Чернокур Г. С.

## ВИДАЛЕННЯ МІДІ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ХІТОЗАНУ

*Потреба в економічних, ефективних та безпечних методах водоочищення привертає увагу до недорогих природних сорбентів, таких як біологічні речовини та похідні від речовин, отриманих із водних організмів. Полісахаридний біополімер хітозан, отриманий із морських організмів, повністю відповідає перерахованим вимогам. Аміно- ( $-NH_2$ ) та гідроксильні ( $-OH$ ) групи в хітозанових ланцюгах обумовлюють утворення хелатних комплексів із йонами металів, які знаходяться у водному розчині.*

*Видалення йонів міді з водних розчинів проводили з використанням хітозанових пластівців у відповідних умовах. Було досліджено кінетику процесу адсорбції та побудовано ізотерми адсорбції, а також: досліджено вплив початкової концентрації міді, концентрації фонового електроліту та рН на адсорбційну ємність хітозану щодо йонів міді. Встановлено, що головними параметрами, які мають найбільший вплив на процес поглинання, є початкова концентрація міді та рН розчину. Кількісну оцінку адсорбційної ємності хітозану щодо міді проводили на підставі ізотерм адсорбції. Результати свідчать, що найбільша адсорбційна ємність хітозану щодо йонів міді становить 1,8-2,2 ммоль/г сухого хітозану. Відмічено, що в процесі вилучення йонів міді відбувається конкуруюче перенесення між йонами металу та йонами гідрогену.*

### 1. Вступ

У результаті промислової діяльності у водні екосистеми з відходами потрапляє велика кількість йонів важких металів, що призводить до збільшення негативного впливу токсичних речовин на біотичні та абіотичні компоненти екосистем. З метою знезараження відходів розроблено багато методів, включаючи осадження, коагуляцію, іонообмін, електрохімічні та мембранні процеси [1]. Найбільш економічним, ефективним та нешкідливим методом видалення йонів важких металів зі стічних вод є їх адсорбція на дешевих природних сорбентах, до яких належать відходи сільськогосподарської промисловості, глини, полімери, отримані з наземних та водних організмів. Полісахаридні біополімери, отримані з морських організмів - це потенційно недорогі та екологічно дружні речовини, які є твердими адсорбентами, що виявляють високу спорідненість до йонів металів. До класу зазначених речовин належить глюкозаміновий біополімер хітозан, який отримують методом деацетилювання хітину [2].

Найбільш ефективними адсорбентами вважаються полісахариди зі ступенем деацетилювання близько 50%. Виробництво хітозану є порівняно дешевим, бо хітин є другим з біополімерів, найбільш розповсюджених у природі (після

целюлози). Хітозан має багато корисних якостей, включаючи гідрофільність, біосумісність, здатність до біодеградації, а також антибактеріальні властивості. Здатність до адсорбції дає змогу використовувати хітозан як коагулянт у грязьових відстійниках під час промислового очищення стічних вод, для відновлення білків із відходів харчової промисловості, а також у біомедичних технологіях.

Крім того, хітозан є адсорбентом перехідних металів завдяки наявності аміно- ( $-NH_2$ ) та гідроксо- ( $-OH$ ) груп у його ланцюгах, які представляють координаційні центри комплексоутворення. Реакційні аміногрупи вибірково зв'язуються з йонами усіх перехідних металів III групи, але не зв'язуються з йонами лужних та лужноземельних металів I і II груп [3].

Грунтовні дослідження щодо здатності хітозану зв'язувати йони металів були проведені багатьма дослідниками [4-10]. Хітозан зв'язує йони металів у міцні хелатні комплекси з вивільненням йона гідрогену, тобто виявляє всі якості, притаманні типовому природному хелатоутворюючому полімеру. Принципову схему реакції наведено на рис. 1. Це свідчить про залежність адсорбції йонів металів на хітозані від рН водного розчину за рахунок конкуруючого переносу між протонами та йонами металів. Незважаючи

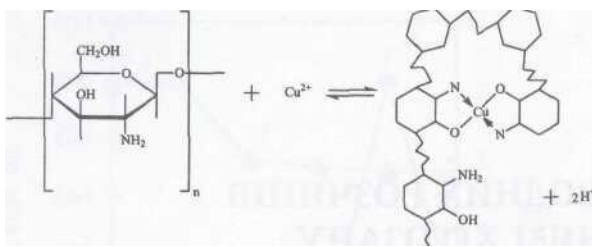


Рис. 1. Утворення хелатного комплексу йонів міді з хітозаном

на це, наразі відсутня вичерпна інформація щодо впливу рН на адсорбцію йонів металів на хітозані. Більшість досліджень у цій галузі або обмежені побудовою ізотерм адсорбції, або базуються на результатах адсорбції у модельних водних розчинах, які містять йони одного металу.

У цій роботі представлено результати дослідження видалення йонів міді з водних розчинів за допомогою хітозану. Було досліджено вплив рН розчину на кінетику процесу адсорбції йонів металу на пластівцях хітозану, а також адсорбцію йонів міді в присутності фонового електроліту - хлориду натрію. Отримані результати порівнювали з аналогічними, отриманими в розчинах з одним металом.

## 2. Матеріали та методи

### 2.1. Хітозан та реагенти

Хітозанові пластівці, отримані з панцирів крабів, були надані для роботи Московською Текстильною Академією (Москва, Росія) і використовувалися в такій самій формі. Молекулярну масу хітозану ( $1,7 \times 10^5$ ) було визначено згідно з рівнянням Марк-Нouwінк методом вимірювання в'язкості. Всі реагенти були аналітичної чистоти, для приготування розчинів використовували дистильовану воду. Початкові розчини  $\text{CuSO}_4$  та  $\text{NaCl}$  готували концентрацією  $5 \times 10^{-2}$  М та  $1 \times 10^{-1}$  М відповідно. Розбавлення цих розчинів дистильованою водою проводили до досягнення концентрації  $1 \times 10^{-5}$  та  $5 \times 10^{-4}$  М для сульфату міді й  $9 \times 10^{-4}$  та  $9 \times 10^{-2}$  М для хлориду натрію. Вплив рН на ефективність адсорбції міді досліджували в проміжку рН розчину 3-6.

### 2.2. Визначення $\text{pH}_{\text{ет}}$

На підставі досліджень, які представлені в [11], було встановлено рН ізоелектричної точки ( $\text{pH}_{\text{ет}}$ ) хітозану. До кожної з дев'яти однакових проб, що містили 100 мл розчинів із потрібними значеннями рН, які створювали додаванням розчину кислоти або лугу, додавали по 100 мг хітозану. Зразки перемішували протягом 30 год на низькій швидкості. Після того як у зразках

встановився стан рівноваги, їх каламутність аналізували за допомогою фотоелектроколориметра типу КФК-2-УХЛ4.2 (Росія).

### 2.3. Експерименти з адсорбції металу

Виміри ізотерм адсорбції міді проводили за умови постійного перемішування, за допомогою якого досягався стан стійкої рівноваги. Зокрема, до 100 мг хітозанових пластівців додавали 100 мл розчину сульфату міді, а потім суміш перемішували протягом 2 год на орбітальній мішалці OS 20 за умови частоти обертання 180 об/хв та температури 25 °С. Для підтримання потрібного значення рН використовували 0,1 М розчини  $\text{HCl}$  та  $\text{NaOH}$ .

Попередні експерименти показали, що процес адсорбції проходив рівномірно і закінчувався через 50 годин. Після закінчення адсорбції розчин міді відфільтровували від пластівців хітозану та зберігали фільтрат у закритих пробірках до подальшого аналізу. рН розчину вимірювали за допомогою рН-метра (модель рН-150МА). Аналіз кожного зразка за вищенаведеною схемою повторювали двічі в однакових умовах. Концентрацію  $\text{Cu}^{2+}$  в розчині визначали на початку та в кінці серії експериментів з адсорбції методом колориметричного аналізу з використанням діетилдітіокарбонату свинцю [12]. Кількість міді, яка адсорбувалася на пластівцях хітозану, обраховували, базуючись на різниці концентрацій  $\text{Cu}^{2+}$  у розчині до та після адсорбції, згідно з наведеним рівнянням:

$$Q = \frac{(C_0 - C_f) \cdot V}{m}, \quad (1)$$

де  $Q$  - кількість адсорбованої міді (ммоль/г сухого хітозану),  $C_0$  - початкова концентрація  $\text{Cu}^{2+}$  (ммоль/дм<sup>3</sup>),  $C_f$  - кінцева концентрація  $\text{Cu}^{2+}$  у стані рівноваги (ммоль/дм<sup>3</sup>),  $V$  - об'єм розчину (дм<sup>3</sup>),  $m$  - початкова маса сухого хітозану в кожній пробі (г).

## 3. Результати та обговорення

### 3.1. Визначення $\text{pH}_{\text{ет}}$

Як видно з рис. 2, ізоелектрична точка хітозану дорівнює  $\text{pH}_{\text{ет}} 7$ . Саме за цього значення рН спостерігали максимальну каламутність розчину хітозану. Основною властивістю біополімеру є наявність у його ланцюгах аміно- ( $-\text{NH}_2$ ) та гідроксильних ( $-\text{OH}$ ) груп. У розчині ці групи стають відповідно  $-\text{NH}_3^+$  та  $-\text{O}^-$ , що і робить хітозан розчинним. Ступінь дисоціації залежить від рН розчину і приводить до зміни як заряду

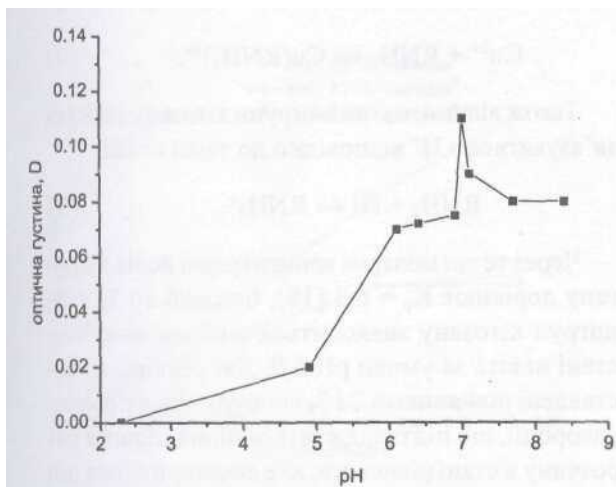


Рис. 2. Залежність оптичної густини хітозану від рН

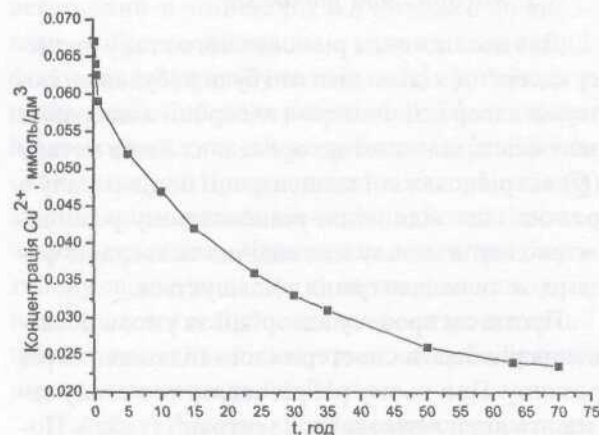


Рис. 3. Кінетика адсорбції іонів міді на хітозані

молекул хітозану, так і його просторової конфорації. В кислому середовищі нітроген аміногруп знаходиться у протонованому стані. Це приводить до набуття молекулами хітозану позитивного заряду і до появи електростатичного відштовхування між активними групами, що є причиною розгортання полімерних ланцюгів хітозану. Негативний заряд біополімеру, який виникає під час підвищення значення рН, має такий самий вплив на просторове розташування ланцюгів полімеру, що було підтверджено даними про електрокінетичний потенціал хітозану  $\zeta$  за різних значень рН [13]. Позитивне значення  $\zeta = 10-20$  мВ спостерігалось за умови рН вихідного розчину між 4,7 та 3 відповідно. У лужних розчинах  $\zeta$ -потенціал набуває негативних значень і дорівнює приблизно  $-20$  мВ. В умовах, коли рН розчину дорівнює рН<sub>іет</sub>, кількість позитивно заряджених груп дорівнює кількості негативно заряджених, що призводить до нейтралізації загального поверхневого заряду і, як наслідок, згортання ланцюгів у клубки. Тому ступінь адсорбції іонів металу на біополімері в умовах нульового заряду є дуже низьким. В [14] було встановлено рН ізоелектричного стану хітозану, який дорівнював 8,6, у той час як іншими авторами повідомляється, що значення рН в ізоелектричній точці природного та амінованого хітозану становить 4,24 та 5,53 відповідно. Очевидно, що як ступінь деацетилювання, так і природа біополімеру мають значний вплив на визначення рН<sub>іет</sub> у кожному окремому випадку.

### 3.2. Кінетика адсорбції

Процес адсорбції характеризується двома важливими фізико-хімічними аспектами, такими як кінетика адсорбції та рівновага адсорбції. Залежність адсорбції іонів міді від часу за умови

рН 5,4 та початкової концентрації міді  $6,7 \times 10^{-2}$  ммоль/дм<sup>3</sup> наведено на рис. 3. Концентрація  $\text{Cu}^{2+}$ , що лишилася в розчині після адсорбції, представлена як функція часу з моменту контакту іонів міді з полімером. Швидкість адсорбції була значною в перші хвилини адсорбції і поступово знижувалася після п'яти годин від початку процесу. Спочатку аміногрупи хітозану зв'язуються координаційно із йонами міді. Далі процес поглинання міді сповільнюється за рахунок утворення більш складних комплексів металу з активними функціональними групами. При цьому відмічається поступове зниження швидкості адсорбції (рис. 3). Тобто адсорбція іонів міді на хітозані проходить дві чіткі відокремлені фази: фаза швидкої адсорбції супроводжується фазою повільної адсорбції. Досягнення динамічного рівноважного стану відбувається за 50 год, а збільшення часу адсорбції до 70 год не має суттєвого впливу на кількість адсорбованої міді. Отримані дані добре співвідносяться з даними, наведеними в роботах [7], [14] та [16], у яких представлено результати дослідження з адсорбції іонів інших важких металів на хітозані.

У процесі адсорбції міді на хітозані було зафіксовано збільшення значення рН розчину з початкового 5,4 до 5,8 у стані рівноваги. Цей феномен можна пояснити конкуруючим переносом іонів міді з йонами  $\text{H}_3\text{O}^+$  у процесі зв'язування їх із активними центрами [16]. У результаті конкурування не всі, а лише деякі хітозанові атоми нітрогену залишаються вільними для зв'язування з йонами міді.

Основою на результатах, наведених на рис. 3, у подальших експериментах встановлення динамічної рівноваги досягалося через 50 год.

### 3.3. Адсорбційна рівновага

Для дослідження рівноважного стану процесу адсорбції міді на хітозані були побудовані ізотерми адсорбції. Ізотерма адсорбції відображає залежність кількості адсорбованих іонів металу (0 від рівноважної концентрації іонів металу в розчині, що відповідає рівноважному розподіленню іонів металу між водною та твердою фазами, коли концентрація збільшується.

Протягом процесу адсорбції за умови досягнення рівноваги спостерігалось підвищення рН розчину. При цьому рН рівноважного стану залежить від початкової концентрації (табл.). Подібні результати спостерігалися під час адсорбції кадмію на хітині [16], а також хрому [9] та кадмію на хітозані [17].

Таблиця. Значення рН вихідного розчину та розчину у стані рівноваги

Початкова концентрація $C_0$ (ммоль/дм <sup>3</sup> )	0,0078	0,047	0,094	0,156	0,31	0,47	0,78
Початкове значення рН	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	4,05
Кінцеве значення рН	6,8	6,65	6,5	6,3	6,0	5,8	4,5

Ізотерми адсорбції іонів міді на хітозані показані на рис. 4. Було встановлено, що макси-

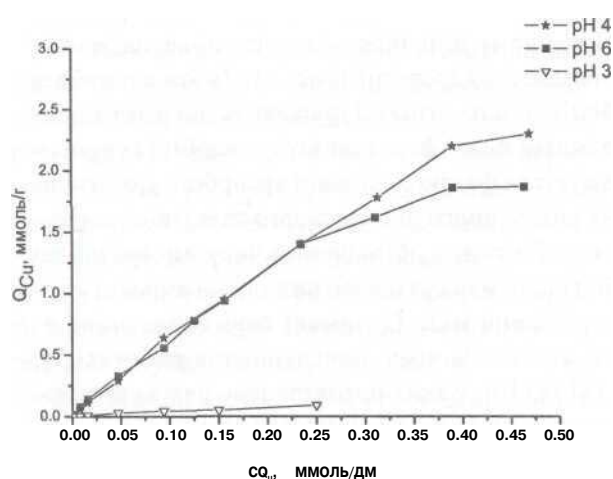
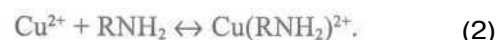


Рис. 4. Ізотерма адсорбції іонів міді на хітозані у різних початкових співвідношеннях  $Cu^{2+}$  до хітозану та різних рН

мальна адсорбційна ємність хітозану для іонів міді становить близько 2,2 ммоль/г. Як було зазначено, адсорбція перехідних металів відбувається головним чином за рахунок зв'язування з аміногрупами ( $-NH_2$ ) хітозану. Дві  $-OH$  групи та одна  $-NH_2$  група зв'язуються з  $Cu^{2+}$ , а четвертий активний центр, імовірно, займає молекула води або  $-OH$  група біля третього атома карбону. Реакція відбувається за такою схемою:



Також відомо, що аміногрупи хітозану можуть зв'язуватися з  $H^+$  відповідно до такої схеми:



Через те що молярна концентрація іонів гідрогену дорівнює  $K_p = 6,3$  [18], близько 20 % аміногруп хітозану знаходиться в протонірованому стані навіть за умови рН 6,9. Дві реакції, представлені рівняннями 2 і 3, конкурують у процесі адсорбції, що підтверджується підвищенням рН розчину в стані рівноваги, яке спостерігалось під час експериментів (табл.). Наприклад, коли  $C_0 = 4,7 \times 10^{-1}$  ммоль/дм<sup>3</sup>, рН розчину змінюється з 5,6 до 5,8 після адсорбції. Досліджено, що зі збільшенням  $C_0$  градієнт рН зменшується. Попередні роботи показали, що за допомогою підбору

певного значення рН вихідного розчину можна досягти збільшення адсорбційної ємності хітозану щодо іонів металу [14, 19]. Наприклад,

за умови рН вихідного розчину 4–5 було зафіксоване значне збільшення швидкості адсорбції іонів міді на хітозані [4]. Muzzarelli et al. [20] досліджували утворення хелатних комплексів  $Si^{2+}$  з хітозановими мембранами методами УФ- та ІЧ-опромінювання, електронного спінового резонансу. Вони встановили, що середня кількість аміногруп, зв'язаних з одним іоном важкого металу, змінюється залежно від рН розчину. У разі рН < 5 з  $Si^{2+}$  зв'язані приблизно 1-2 аміногрупи, тому що велика кількість аміногруп перебуває в протонірованому стані. Кількість аміногруп, зв'язаних з одним іоном міді, може збільшуватися до 2-3 за умови рН 5-6, і за умови рН 6-8 з одним атомом  $Si^{2+}$  зв'язані три аміногрупи та одна гідроксильна група.

Аналізувати отримані ізотерми можна на основі кількості іонів  $Si^{2+}$ , адсорбованих на певну кількість атомів нітрогену (N) у складі полімерних ланцюгів. Якщо нітроген становить близько 7,4 % від загальної маси хітозану [3], то кількість атомів нітрогену дорівнює  $3,2 \times 10^{21}$  атомів/г хітозану. Кількість  $1,01 \times 10^{21}$   $Si^{2+}$  іонів/г хітозану було обчислено, спираючись на адсорбційну ємність хітозану за умови рН 6 (рис. 4). Очевидно, що відношення кількості атомів нітрогену в полімері до кількості адсорбованих іонів міді дорівнює 3. Це означає, що майже всі атоми нітрогену в хітозані зайняті атомами міді.

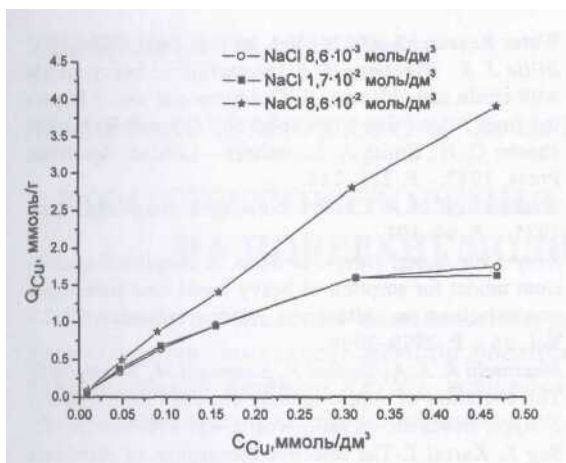


Рис. 5. Ізотерми адсорбції йонів міді на хітозані у різних початкових співвідношеннях  $Si^{2+}$  до хітозану та різних концентраціях NaCl

Вплив концентрації фонового електроліту хлориду натрію на адсорбцію йонів міді представлено на рис. 5. Адсорбція міді на гранулах хітозану не залежить від йонів натрію за умови концентрації останніх 8,6 та 17 мМ та концентрації міді в межах від  $1 \times 10^{-2}$  до  $5 \times 10^{-1}$  мМ. Вплив йонів лужних металів на адсорбцію йонів перехідних металів наразі є майже не дослідженим, особливо у випадку зв'язування  $Si^{2+}$  хітозаном. Процес адсорбції є чутливим до зміни концентрації фонового електроліту в тому випадку, якщо в процесі адсорбції металу важливу роль відіграють сили електростатичного притягування. Отримані нами результати свідчать, що електростатичне притягування не має суттєвого впливу на адсорбцію, якщо концентрація фонового електроліту не перевищує  $1 \times 10^{-2}$ . Проте подальше збільшення концентрації хлориду натрію в розчині до 86 мМ призвело до істотного збільшення адсорбційної ємності хітозану до йонів міді. Як уже було зазначено, електрокінетичний потенціал ( $\zeta$ ) біополімеру змінюється з позитивного на

негативний зі зміною рН від низького до високого. Добре дослідженим є вплив концентрації фонового електроліту та наявності протийонів у розчині на зміну електростатичного потенціалу. Можна припустити, що високі концентрації йонів  $Si^{2+}$  в електроліті спричиняють адсорбцію цих аніонів полімером та зменшують позитивне значення  $\zeta$ -потенціалу. Підвищення концентрації протийону сприяє зміні заряду на поверхні полімеру, внаслідок чого посилюється електростатичне притягування та збільшується адсорбційна ємність хітозану щодо йонів міді.

Наявність великої кількості металів у розчині приводить до ефекту взаємодії, який, за даними інших дослідників [21], може бути достатньо складним і може теоретично перебігати за одним з трьох механізмів: 1. Вплив суміші сильніший, ніж індивідуальні впливи йонів різних металів суміші (синергізм); 2. Вплив суміші менший, ніж вплив йонів кожного металу окремо (антагонізм); 3. Вплив суміші відсутній (взаємодії не виникає). Реально ж механізми адсорбції важких металів у багатокомпонентних сумішах є не до кінця зрозумілими і потребують подальших досліджень.

#### 4. Висновки

Досліджено можливість використання хітозанових пластівців для видалення йонів міді з водних розчинів. Хітозан виявляє відмінну здатність до адсорбції  $Si^{2+}$  в межах адсорбційної ємності 1,8-2,2 ммоль/г сухого полімеру. Проте адсорбційна ємність значно збільшується, коли до розчину додають велику концентрацію йонів хлориду. Різниця в значеннях рН розчинів приводить до конкурування між іонами гідрогену та  $Si^{2+}$  за активні центри молекули хітозану. Оптимальне значення рН для адсорбції міді перебуває в межах 5,4-6,0.

1. Veglio R., Beolchini F. Removal of metals by biosorption: a review // Hydrometallurgy.- 1997.- Vol. 44.- P. 301-316.
2. Coughlin R. W., Deshaies M. R., Davis E. M. Chitosan in crab shell wastes purities electroplating wastewaters // Environ. Prog.- 1990.- Vol. 9.- P. 35-39.
3. Muzzarelli R. A. A. Natural chelating polymers.- Oxford: Pergamon Press, 1973.
4. Ruey-Shinju Ang, Feng-Chin Wu, Ru-Ling Tseng. Adsorption removal of copper (II) using chitosan from simulated rinse solutions containing chelating agents // Water Research.- 1999.- Vol. 33.- N 10.- P. 2403-2409.
5. Oyrton A.C., Monteiro Jr., Airoidi C. Some Thermodynamic Data on Copper-Chitin and Copper-Chitosan Biopolymer Interactions // Journal of Coll. and Int. Sci.- 1999- Vol. 212.- P. 212-219.
6. Inoue K., Baba Y., Yoshizuka K., Noguchi H., Yoshizaki M. Selectivity series in the adsorption of metal ions on a resin prepared by crosslinking copper (II)-complexed chitosan // Chemistry Letters.- 1988- Vol. 8.- P. 1281-1284.
7. Salehizadeh H., Shojaosadati S. A. Removal of metal ions from aqueous solutions by polysaccharide produced from *Bacillus firmus* II Water Research.- 2003.- Vol. 37.- P. 4231-4235.
8. Kawamura Y., Mitsuhashi M., Tanibe H. Adsorption of metal ions on polyaminated highly porous chitosan chelatin resin // Ind. Eng. Chem. Res.- 1993.- Vol. 32.- P. 386-391.
9. Eiden C. A., Jewell C. A., Wightman J. P. Interaction of lead and chromium with chitin and chitosan // J. Appl. Pol. Sci.- 1980.- Vol. 25.- N 8.- P. 1587-1599.
10. Guibal E., Saucedo I., Jansson-ChARRIER M., Delanghe B., Le Chloirec P. Uranium and vanadium sorption by chito-

- san and derivatives // *Wat. Sci. Tech.*- 1994.- Vol. 30.- N9.- P. 183-190.
11. Брык М. Т., Цанюк Е. А. Ультрафильтрация.- К.: Наук, думка, 1989.- 288 с.
  12. Лурье Ю. Ю. Унифицированные методы анализа вод.- М.: Химия, 1971.-376 с.
  13. Zhi-Ping Zhao, Zhi Wang, Shi-Chang Wang. Formation, charged characteristic and BSA adsorption behavior of carboxymethyl chitosan / PES composite MF membrane // *J. Membr. Sci.*- 2003.- Vol. 217.- P. 151-158.
  14. Jha I. N., Lyengard L., Prabhakara Rao A. V. S. Removal of cadmium using chitosan // *J. Env. Eng.*- 1988.- Vol. 114.-N4.-P. 962-975.
  15. Choong Jeon, Wolfgang H. Holi. Chemical modification of chitosan and equilibrium study for mercury ion removal // *Water Research.*- 2003.- Vol. 37.- P. 4770-780.
  16. Benguella B., Benaisa H. Cadmium removal from aqueous solutions by chitin: kinetic and equilibrium studies // *Water Research.*- 2002.- Vol. 36.- P. 2463-2474.
  17. Billie J. S., Wightman J. P. Interaction of heavy metals with chitin and chitosan. II. Cadmium and zinc // Reported from Adsorption from Solution / Ottewill R. H., Rochester C. H., Smith A. L., editors.- London: Academic Press, 1983.-P. 235-244.
  18. Muzzarelli R. A. A. Chitin.- New York: Pergamon Press, 1977.- P. 94-101.
  19. Ruey-Shin Juang, Huey-Jen Shao. A simplified equilibrium model for sorption of heavy metal ions from aqueous solutions on chitosan // *Water Research.*- 2002.- Vol. 36.- P. 2999-3008.
  20. Muzzarelli R. A. A., Tanfani R, Emanuelli M., Simonetta G. The chelation of cupric ions by chitosan membranes // *J. Appl. Biochem.*- 1980- Vol. 2.- P. 380-389.
  21. Sag Y., Kutsal T. The selective biosorption of chromium (VI) and copper (II) ions from binary metal mixtures by *R. arrhizus* II Proc. Biochem- 1996.- Vol. 31- P. 561-572.

S. Verbych, M. Bryk, G. Chornokur

## REMOVAL OF COPPER (II) FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY CHITOSAN ADSORPTION

*The need for economical, effective, and safe methods for water treatment has directed attention to low-cost natural sorbents such as biomass and seafood derivatives. Polysaccharide biopolymer chitosan, which isolated from marine organisms, is completely corresponding to all noted requests. Amine ( $-NH_2$ ) and hydroxyl ( $-OH$ ) groups on the chitosan chains undergo chelation with metal ions that content in aqueous phase.*

*An investigation on the removal of copper ions from water solutions by chitosan was conducted in batch conditions. Kinetic data and equilibrium isotherms were measured. The different experimental parameters such as time contact, initial concentration of copper, background electrolyte concentration, pH solutions on the uptake capacity of copper ions were studied. The main parameters that play an important role in extraction phenomenon were initial copper concentration, and pH solution. The copper uptake of chitosan was quantitatively evaluated using sorption isotherms. Results indicated that the excellent ability for  $Cu^{2+}$  adsorption with a capacity of 1.8-2.2 mmol/g of dry mass. The chitosan showed characteristic of competitive sorption between copper and hydrogen ions.*