

ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЦІЙНОЇ ЗДАТНОСТІ Fe-Mn СОРБЕНТУ

А. Г. Вазієва, О. В. Павленко

Шосткинський інститут Сумського державного університету
вул. Гагаріна, 1, м. Шостка, 41100, Україна. E-mail: twins1991@yandex.ua

Зважаючи на велику кількість накопичених на території України відходів виробництва достатню актуальність здобуває питання їх переробки. Зроблена спроба визначення оптимальних методів отримання сорбційного матеріалу з відходів, а також перевірка його властивостей. Досліджувались сорбційні властивості матеріалу, отриманого на основі залізного купоросу $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (відхід виробництва пігментного діоксиду титану) та манганового купоросу $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ отриманого з відходів виробництва гідроксину. Для вивчення сорбційної активності досліджуваного сорбенту була проведена сорбція іонів купруму (II) та цинку (II). Рівноважну концентрацію металу визначали спектрофотометричним методом. На основі проведених експериментів дослідили кінетичну закономірність сорбції, розрахували швидкість процесу, побудували ізотерми сорбції.

Ключові слова: промислові відходи, сорбенти, оксигідрати заліза, гідроксид мангану, залізний купорос, ступінь вилучення.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ Fe-Mn СОРБЕНТА

А. Г. Вазієва, О. В. Павленко

Шосткинський інститут Сумського державного університету
ул. Гагаріна, 1, г. Шостка, 41100, Україна. E-mail: twins1991@yandex.ua

Учитывая большое количество накопленных на территории Украины отходов производства, достаточную актуальность приобретает вопрос их переработки. Сделана попытка определения оптимальных методов получения сорбционного материала из отходов, а также проверка его свойств. Исследовались сорбционные свойства материала, полученного на основе железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (отход производства пигментного диоксида титана) и марганцевого купороса $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ полученного из отходов производства гидрохинона. Для изучения сорбционной активности исследуемого сорбента была проведена сорбция ионов меди (II) и цинка (II). Равновесную концентрацию металла определяли спектрофотометрическим методом. На основе проведенных опытов исследовали кинетическую закономерность сорбции, рассчитали скорость процесса, построили изотермы сорбции.

Ключевые слова: промышленные отходы, сорбенты, оксигидраты железа, гидроксид марганца, железный купорос, степень извлечения.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Запобігання забруднення гідросфери важкими металами стоїть на одному з перших місць серед проблем, які потребують якнайшвидшого вирішення.

Джерелами надходження важких металів у водойми є стічні води промислових підприємств, поверхневі стоки з територій міст і промислових підприємств, шахтні води. За даними досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених, постійно зростає кількість водойм, великих і малих річок в промислових регіонах, де якість води оцінюється як все менш задовільна для всіх видів користування. Щорічно в навколишнє природне середовище викидається до 1 км^3 токсичних стічних вод, що містять 50 тис. т іонів важких металів, 25-30% цих стоків потрапляє у водні басейни [1].

Важкі метали, надходячи у водні об'єкти, концентруються в поверхневій плівці, донних відкладеннях і біоті. Наприклад, коефіцієнт розподілу міді між планктоном і водної фазою становить 90000. Ряд важких металів у водному середовищі має досить високу реакційну здатність, та бере участь в утворенні стійких розчинних комплексних сполук.

З величезного числа забруднюючих речовин в останні роки важкі метали залишаються токсикантами, які найбільш важко видаляються, так як вони не розкладаються, як органічні забруднювачі, а, зазнаючи зміни, тільки перерозподіляються по компонентах екосистеми, постійно перебуваючи в ній. Залишаючись необхідними елементами в обмінних процесах організму людини, в концентраціях, які

значно перевищують ГДК, важкі метали здатні надавати сильну токсичну дію.

Споживання забрудненої важкими металами води є головним шляхом проникнення цих токсичних елементів в організм людини. Тому накопичення важких металів в водному середовищі викликає серйозне занепокоєння у всьому світі [2].

В даний час існує досить велика кількість способів очищення стічних вод від іонів важких металів - реагентні, сорбційні, іонообмінні та ін. [3]. Ці способи мають свої переваги, недоліки і сфери використання.

Реагентний метод, відносно простий у використанні, потребує великих витрат реагенту та обов'язкового дотримання значення реакції середовища для більш повного осадження гідроксидів важких металів, що утворилися в процесі очищення. У випадку недотримання значень рН середовища не досягається необхідна ступінь очищення.

Ефективність сорбційного методу очищення полягає в тому, що він, незалежно від значень рН середовища, дозволяє вилучати важкі метали з великих об'ємів стічних вод, при одночасному їх знешкодженні. Для сорбційних процесів очистки в статичному режимі актуальним є пошук нових ефективних сорбентів-осаджувачів. Для здійснення сорбційного, іонообмінного очищення в динамічних умовах велике значення має оптимізація роботи фільтрувальних споруд. Останнім часом для підвищення ефективності роботи фільтрів стали застосовувати завантаження з різних штучних і природних

сорбентів: активоване вугілля, алюмосилікати, природні цеоліти, глинисті мінерали, оксиди та інші [4]. Причому природні мінерали більш перспективні через меншу вартість вихідної сировини, доступність видобутку в місцях споживання і можливість отримання нових сорбентів.

На сьогодні на ринку присутня велика різноманітність сорбційних матеріалів. Сорбенти створюються на основі активного вугілля, природних матеріалів, вуглецевих сорбентів, наноматеріалів. Але найбільш перспективні та економічно вигідні сорбенти, виготовлені з вторинної сировини. Дані матеріали дозволяють вирішити відразу дві проблеми: очищення природного середовища та утилізація відходів промисловості [5].

Зважаючи на це важливим напрямком є вивчення можливостей використання відходів того чи іншого виробництва для очищення стічних вод. Відходи виробництв - це відносно недорогий матеріал, що робить його використання в системі очищення економічно вигідним. Разом з тим безперервне надходження відходів у природне середовище призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря. Негативним фактором є виведення з користування значних територій, зайнятих санкціонованими і несанкціонованими звалищами. Розміщення відходів несе негативний вплив на навколишнє середовище, тому їх скорочення є однією з головних цілей природоохоронної діяльності [6, 7].

У виробництві сорбентів в останні роки різко збільшився інтерес до океанічних залізо-манганових утворень (ЗМУ), які, як відомо, виявляють сорбційні властивості до цілого ряду металів, і, насамперед, до кольорових [8]. Можливе використання цих утворень в якості природних сорбційних матеріалів для очищення стічних і оборотних вод промислових підприємств різних виробництв (кольорової металургії, хімічної промисловості, металообробки та інших), що містять метали різних категорій небезпеки [9].

Залізо-манганові конкреції (ЗМК) являють собою агрегат рудних і нерудних мінералів, серед яких установлені тодорокит, бернессит, вернадит, гідрооксиди тривалентного заліза, кварц, польовий шпат, філліпсит. До нерудної частини ЗМК також належать включення базальтів і їхніх стекол, органічних залишків і т.п. Нерудна складова конкрецій зосереджена, як правило, у ядрах. Менша частина нерудного матеріалу бере участь у будові властиво рудних оболонок.

Рудні оболонки утворюються гідрооксидами Mn^{4+} і Fe^{3+} , представленими двома мінеральними фазами: кристалічною й аморфною. Кристалічна фаза утворена майже винятково мінералами мангану: тодорокитом і бернесситом. У складі аморфної фази присутні як мінерали феруму (початкова стадія гетиту - $FeOOH$), так і мангану - вернадит.

Хімічний склад конкрецій непостійний, вміст навіть основних елементів змінюється у широких межах. У конкреціях усюго Світового океану рівень вмісту елементів характеризується наступними цифрами (в %): манган 0,07-50,3; ферум 0,3-50,0; нікол 0,08-2,48; купрум 0,003-1,90; кобальт 0,001-2,53; цинк 0,01-9,0; п्लумбум 0,01-0,75. Зовнішній вигляд ЗМК представлено на рис. 1

Встановлено [8], що з присутніх в конкреціях мінералів - алюмосилікатних, манганових, залізних, домінуючий внесок у сорбційні властивості океанічних залізо-манганових конкрецій вносять мінерали феруму та мангану.

Манганові мінерали конкрецій є природними сорбентами і характеризуються високою сорбційною ємністю (1,50-2,35 мг-екв/г) і селективністю до кольорових і рідкісних металів.

Встановлено окремі параметри, що впливають на сорбційні показники ЗМУ. З мінералогічних параметрів найбільше значення мають мінеральний склад і співвідношення рудних мінералів, з хімічних - вміст MnO_2 , $FeOOH$ (Fe_2O_3), фізико-хімічних параметрів розчинів - концентрація і природа іонів металів, які сорбуються [10].

Переваги сорбентів на основі ЗМК: низька насипна маса, високі пористість і питома поверхня, екологічно чистий матеріал, що має високу міцність, яку можна регулювати шляхом зв'язування з бентонітовими глинами [11].



Рисунок 1 – Залізо-манганова конкреція з Південної котловини Тихого океану

За літературними даними [12, 13] відомо, що оксигідрати феруму володіють вираженими сорбційними властивостями по відношенню до іонів важких металів і ряду аніонів при очищенні стічних вод.

Що ж стосується гідроксидів мангану, то вони завдяки високій сорбційній здатності є найактивнішими природними сорбентами.

Зважаючи на вищевказане є доцільним отримання штучних неорганічних сорбентів на основі сполук феруму та мангану, які, за аналогією природних ЗМК, будуть мати високі сорбційні властивості. Перспективними та економічно вигідними будуть такі сорбенти, виготовлені з вторинної сировини.

Мета роботи полягає в тому, щоб на основі комплексу теоретичних та експериментальних даних дослідити умови сумісного осадження ферум та манган гідроксидів, розробити технологію отримання матеріалу з промислових відходів, який буде володіти сорбційними властивостями по відношенню до іонів важких металів, і дослідити ці властивості.

МАТЕРІАЛИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Об'єктами дослідження були обрані залізний купорос $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (утворюється в якості побічного продукту виробництва пігментного двооксиду титану, більше 1т на 1т готової продукції) та мангановий купорос $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ (отриманий з відходів виробництва гідрокінону).

Досліджуваний зразок залізного купоросу містив основні компоненти, приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вміст основних компонентів у зразках залізного купоросу ТОВ Суміхімпром

Компонент	Fe _{заг.}	Fe ²⁺	H ₂ SO _{4заг.}	H ₂ SO _{4вільн.}
%	19,5	19,2	55,8	21,3

Загальні відомості про склад відвального залізного купоросу, які дають уявлення про цей відхід як про сировину [14], наведено в табл. 2:

Таблиця 2 – Дані про склад відвального залізного купоросу ТОВ Суміхімпром, %

Елемент	Масова частка, %	Компонент	Масова частка, %
Fe _{заг.}	23,46	Cu	0,0005
S	14,8	V	0,013
Ti	0,84	Zn	0,0425
Mg	0,17	Ni	0,0083
Ca	0,6	Se	0,001
Al	0,056	Sr	0,0005
Si	0,16	Hg	0,000012
F	0,004	Cd	≤0,0001
Mn	0,13	Pb	≥0,001

У досліджах використовували сульфат мангану, отриманий з твердих манганвмісних шламів виробництва гідрохінону за технологією описаною в роботі [15].

Усереднений склад зразків шламу наведений у табл. 3.

Таблиця 3 – Хімічний склад відходів виробництва гідрохінону, %

Компонент	Масова частка, %	Компонент	Масова частка, %
Mn ²⁺	0,6	MgO	3,2
Mn ⁴⁺	17,1	S	2,3
Fe	0,16	PbO	0,08
Fe ²⁺	0,03	ZnO	0,15
Fe ³⁺	10,6	SiO ₂	23,2
BaO	0,5	в.п.п.	24,5
CaO	3,1		

Аналіз показав, що до складу шламу, крім мангану та феруму, входять солі барію, кальцію, магнію та ін., а також органічні домішки, такі, як хінон, гідрохінон і продукти їхньої полімеризації, що становлять до 3 %.

Сульфат мангану отримували сульфатно-кислотним способом. У ході досліджень розроблені технологічні умови комплексної переробки манганвмісних шламів виробництва гідрохінону, що враховують дисперсний стан і особливості складу шламу. Хімічний склад сульфату мангану, який використаний для отримання сорбенту, представлений в табл. 4.

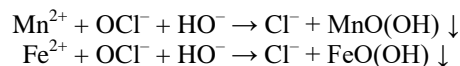
Таблиця 4 – Хімічний склад продукту сульфату мангану, %

Mn	S	Fe	Ca	Ba	SiO ₂
21,7	13,8	0,0093	0,83	0,0005	0,13

Розроблена технологія отримання сорбенту полягала у сумісному окислювальному осадженні іонів феруму та мангану.

У якості окиснюючого агенту було обрано гіпохлорит натрію NaOCl.

Реакції окиснення іонів Mn²⁺ і Fe²⁺ гіпохлоритом натрію протікають за наступною схемою:



Для отримання сорбенту готували водний розчин суміші залізного та манганового купоросу 1:1 з концентрацією 10 мг/мл за ферумом. Додавали до нього 15-30 %-вий розчин гіпохлориту натрію до значення рН середовища 7,5-8. Залишали розчин на декілька діб для осадження, після чого його декантували і фільтрували. Осад промивали теплою водою до нейтральної реакції промивних вод та висушували за 110°C до постійної маси в сушильній шафі.

В результаті отримано дрібнодисперсний порошок чорного кольору. Зовнішній вигляд отриманого сорбенту представлено на рис. 2.



Рисунок 2 – Залізо-мангановий сорбент з відходів виробництва

На рис. 3 представлені фотографії зразку, подрібненого до розміру часток 0,071-0,1 мм, зроблені за допомогою мікроскопу МБС-10 з веб-камерою A4tech 800x600 з різними значеннями збільшення.

На рисунку видно, що будова отриманого зразку є неоднорідною, схожою за будовою на природні залізо-манганові утворення.

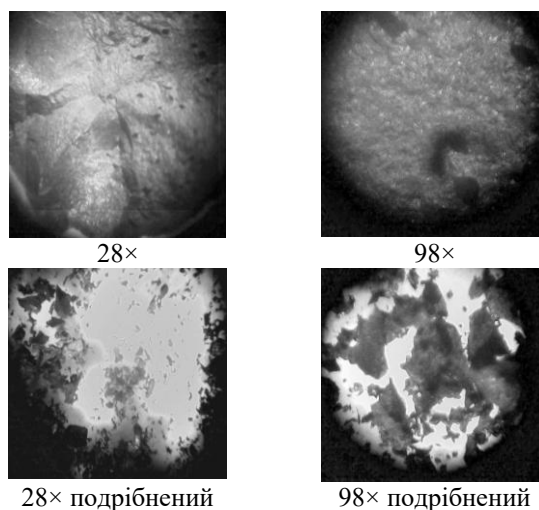


Рисунок 3 – Мікроскопія зразків сорбентів

Для вивчення сорбційної активності отриманого сорбенту була проведена сорбція іонів купруму (II) та цинку (II) в статичному режимі за кімнатної температури. Для цього були отримані серії модельних розчинів солей цинку та купруму різної концентрації та допоміжні розчини з реактивів марки «х.ч.» і «ч.д.а.». Після обробки модельних розчинів адсорбентом і досягнення сорбційної рівноваги розчини фільтрували через фільтр «синя стрічка» ТУ 6-09-1678-95. Рівноважну концентрацію металу визначали спектрофотометричним методом [16].

З метою дослідження кінетичних закономірностей адсорбції зразок сорбенту в кількості 0,2 г поміщали в колби з 40 мл водних розчинів сульфатів купруму та цинку (концентрація сорбованого іона 0,2 г/л) і струшували з малою швидкістю протягом 7,5 - 90 хвилин. Дані представлені на рисунку 4 і в таблиці 5.

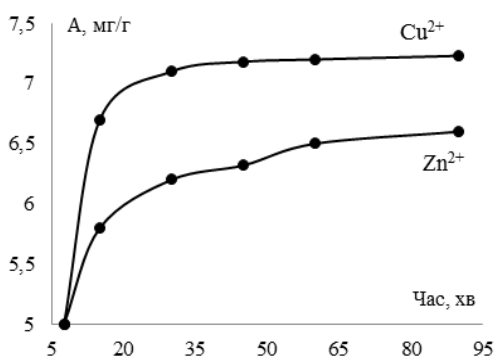


Рисунок 4 – Кінетичні залежності сорбції іонів міді (II) та цинку (II) зразком сорбенту

Як бачимо з рис. 4 і табл. 5 максимальна швидкість сорбції іонів міді (II) та цинку (II) спостерігається в перші 15 хвилин. При цьому гранична сорбційна ємність досягається за 30 хвилин взаємодії розчину сульфату купруму зі зразком сорбенту. Для іонів цинку (II) швидкість адсорбції нижче, і гранична сорбційна ємність досягається після взаємодії з сорбентом близько 45 хвилин. Ймовірно, це можна пояснити різним співвідношенням фізичної та хімічної адсорбції в процесі вилучення цих металів.

Таблиця 5 – Швидкість сорбції іонів міді (II) цинку (II) зразком сорбенту

Час сорбції, хвилини	Швидкість сорбції, мг/г·хв	
	Cu ²⁺	Zn ²⁺
15	0,47	0,38
30	0,24	0,2
45	0,16	0,14
60	0,12	0,1
90	0,08	0,07

Для опису взаємодії сорбат-сорбент і встановлення механізму сорбції була вивчена залежність кількості сорбованих іонів купруму (II) та цинку (II) на грам сухого сорбенту від рівноважної концентрації металу у водній фазі (ізотерми сорбції).

Кількість іонів купруму та цинку у фазі сорбенту розраховували за рівнянням:

$$a = \frac{(C_0 - C)V}{m} \quad (1)$$

де a – вміст речовини, що визначається у фазі сорбенту, мг/г;

C_0 – вихідна концентрація сполуки, що визначається у водному розчині, мг/л;

C – концентрація у розчині після сорбції, мг/л;

m – маса сорбенту, г;

V – об'єм розчину, л.

Значення ступеню вилучення (R , %) розраховували за рівнянням:

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} 100\% \quad (2)$$

Для побудови ізотерм сорбції зразок сорбенту масою 0,2 - 1 г струшували з 50 мл водних розчинів сульфатів купруму та цинку концентрацією 0,2 г/л протягом 60 хв.

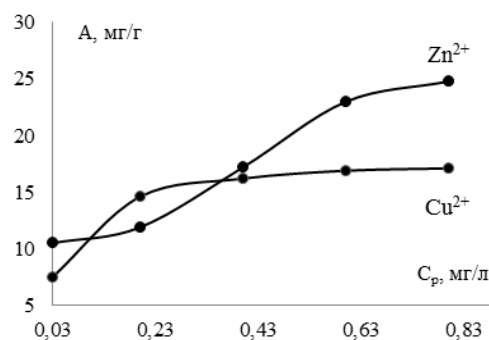


Рисунок 5 – Ізотерми сорбції іонів купруму (II) та цинку (II) зразком сорбенту

Представлені на рис. 5 ізотерми сорбції іонів цинку (II) та купруму (II) на зразку отриманого сорбенту мають різні форми і це говорить про різні механізми протікання сорбційного процесу. Так при адсорбції іонів цинку (II) спостерігається S - подібна форма, що характерно для ізотерм сорбції II типу. Ймовірно сорбція протікає з утворенням на поверхні сорбенту полімолекулярного шару, що і призводить до збільшення кількості сорбованих іонів цинку. Максимальний ступінь вилучення іонів цинку (II) становить 98 %.

В процесі сорбції іонів купруму (II) відбувається швидке насичення поверхні (рис. 5) і подальше збільшення кількості сорбенту не призводить до значного збільшення адсорбції. Це вказує, що сорбційний процес протікає за механізмом Ленгмюра, тобто на поверхні утворюється мономолекулярний шар. Максимальний ступінь вилучення іонів міді (II) зразком сорбенту становить 93 %.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що поверхня отриманого зразку сорбенту є хімічно неоднорідною, тобто існують сорбційні центри різної хімічної та фізичної природи, що відрізняються за своєю активністю.

Зважаючи на результати дослідження існує вірогідність високої адсорбційної активності отримано-

го матеріалу відносно інших важких металів, які мають здатність поглинатися сполуками феруму та мангану, а саме хрому, плюмбуму, ніколу, арсену та інших, що потребує додаткових досліджень отриманого сорбенту з метою комплексного очищення стічних вод від важких металів.

ВИСНОВКИ. Використання сорбентів у вирішенні питання забруднення навколишнього середовища представляє теоретичний і практичний інтерес. Найбільш перспективні та економічно вигідні сорбенти, виготовлені з вторинної сировини. Дані матеріали дозволяють вирішити відразу дві проблеми: очищення природного середовища та утилізація відходів.

Аналіз отриманих результатів дає змогу використовувати залізний купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (відхід виробництва пігментного діоксиду титану) та мангановий купорос $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, отриманий з відходів виробництва гідрокінону, у якості сировини для виготовлення сорбенту.

Максимальна ступінь вилучення з використанням отриманого сорбенту іонів цинку (II) склала 98%, а іонів купруму (II) – 93 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Исследование химического состава сточных вод гальванических цехов и участков машиностроительных производств / С.В. Нецадин, Д.А. Кривошеин, В.П. Зволинский // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – 2004. – № 5. – С. 142–147.
2. Continuous-flow metal biosorption in a regenerable Sargassum column / B. Volesky, J. Weber, J.M. Park // Water Res. – 2003. – Vol. 37, № 2. – P. 297–306.
3. Технология извлечения ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод / А.И. Маслий, А.Г. Белобаба, Г.И. Пушкарева, С.А. Бобылева // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2004. – № 6. – С. 98–103.
4. Removal of heavy metals in rinsing wastewater from plating factory by adsorption with economical viable materials / H. Katsumata, S. Kaneco, K. Inomata // Environ. Manag. – 2003. – Vol. 69, № 2. – 187 p.
5. Производство сорбентов из отходов и их использование для очистки стоков / А.Н. Скородумов, Г.П. Кучин, А.Е. Гушин // Экология производства. 2008. № 6. – С. 58–63.
6. Собгайда Н.А. Применение отхода ткацкого производства для очистки сточных вод от нефтеп-

родуктов // Охрана окружающей среды. Энергосбережение. Сбалансированное природопользование : Междунар. конгресс. Львов 28–29 июня 2009 г. – Львов: Львовский политехнич. ин-т., 2009. – С. 49–51.

7. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью сорбентов – отходов деревообрабатывающей и сельскохозяйственной промышленности / Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, Ю.А. Макарова // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2009. – № 9. – С. 36–39.

8. Новиков Г.В. Методы оценки сорбционных свойств железоманганевых отложений Мирового океана. – Москва: Граница, 2005. – 48 с.

9. Оценка сорбционных свойств кобальтоносных железоманганевых корковых образований. / В.Н. Соколова, С.И. Ануфриева, И.Г. Луговская. // ВИНТИ. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. Обзорная информация. – 2005. – №3. – С. 94–108.

10. Изотерма обмена катионов натрия и меди на железомарганцевых конкрециях / Д.Э. Чиркст, О.В. Черемисина, М.В. Иванов, А.А. Чистяков, И.Т. Жадовский // ЖПХ. 2009. Т. 82. № 2. С. 238–242.

11. Чиркст Д.Э. Новый материал для очистки воды на основе железоманганевых конкреций [Электронный ресурс] / D. E. Chirkst, O. V. Cheremisina, I. T. Zhadovsky // «UTime News»

12. Очистка техногенных сточных вод оксигидратами железа / С.И. Фролова, Г.А. Козлова, Н.Б. Ходяшев // Вестник Пермского университета. – 2011. – № 2. – С. 60–88.

13. The oxides and hydroxides of iron and their structural interrelationships / J. D. Bernal, D. R. Dasgupta, A. L. Mackay. // Clay miner. bull. – 1952. – V. 4. – № 21. – P. 15–30.

14. Барсукова А.В., Вакал С.В. Определение оптимальных условий технологии переработки основного отхода титанового производства // Экология и промышленность. – 2014. – № 1. – С. 70–73.

15. Павленко О.В. Розроблення комплексної технології утилізації твердих відходів виробництва гідрокінону // Вісник СумДУ – 2008. – № 2. – С. 102 – 105.

16. Аналитическая химия / К.М. Ольшанова, С.К. Пискарева, К.М. Барашков – М.: «Химия», 1980. – 397 с.

STUDY OF SORPTION CAPACITY Fe-Mn SORBENT

A. Vazieva, O. Pavlenko

Shostka Institute of Sumy State University

vul. Gagarina, 1, Shostka, 41100, Ukraine. E-mail: twins1991@yandex.ua

Purpose. To study the conditions of the joint sedimentation of ferum and manganese hydroxides, based on a set of theoretical and experimental data, to develop a technology for the production material of industrial waste, which will have sorption properties in relation to heavy metal ions, and explore these properties. **Methodology.** Sorption properties of materials derived from ferrous sulfate $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (waste product of titanium dioxide pigment) and manganese sulfate $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ obtained from the wastes of hydroquinone were investigated. Sorption ion of copper (II) and zinc (II) was carried to study the activity of the resulting sorbent. The equilibrium concentration of metal was determined by spectrophotometric method. **Results.** By conducting joint oxidative precipitation of Fe and Mn ions it was obtained sorbent as a fine powder with a chemically inhomogeneous particle surface. Analysis of the results allows to

use iron sulfate and manganese sulfate, as a raw material for the sorbent production. The maximum degree of extraction zinc ion (II) by sorbent model was 98% and a copper ion (II) - 93%. **Originality.** For the first time it was considered the technology of producing a sorbent from waste by oxidizing precipitation of iron and manganese ions. **Practical value.** We obtained promising inorganic sorbents made of recycled materials that have high sorption properties, and allow wastewater treatment from heavy metal ions. These materials allow to solve two problems at once: cleaning the environment and utilization of industrial waste. **Conclusions.** Based on the experiments it was researched kinetic regularities of sorption, calculated the speed of the process, built the sorption isotherm. References 16, tables 5, figures 5.

Key words: industrial waste, sorbents, iron oxide hydroxide, manganese hydroxide, iron sulfate, the recovery rate.

REFERENCES

1. Neshchadin, S.V., Krivoshein, D.A., and Zvolinsky, V.P. (2004), "The study of the chemical composition of the wastewater from electroplating facilities and sites engineering production", *Actual problems of ecology and nature*, no. 5, pp. 142–147.
2. Volesky, B., Weber, J., and Park, J.M. (2003), "Continuous-flow metal biosorption in a regenerable *Sargassum* column", *Water Res*, vol. 37, no 2, pp. 297–306.
3. Masliy, A.I., Belobaba, A.G., Pushkarev, G.I., and Bobylev, S.A. (2004), "The technology of extraction of heavy metals from industrial waste waters", *Physical and technical problems of development reached governmental resources*, no. 6, pp. 98–103.
4. Katsumata, N., Kaneco, S., and Inomata, K. (2003), "Removal of heavy metals in rinsing wastewater from plating factory by adsorption with economical viable materials", *Environ. Manag.*, Vol. 69, no. 2, pp. 187.
5. Skorodumov, A.N. Kuchin, G.P., and Gushchin, A.E. (2008), "Production of sorbents from waste products and their use for waste water treatment", *Ecology of production*, no. 6, pp. 64–65.
6. Sobgayda, N.A. (2009), "The use of waste for weaving wastewater from oil", *Ohrana okruzauchey sredy. Energoberejenie. Sbalansirovannoe prirodopolzovanie* [Environment. Energy saving. The balanced nature], Intern. Congress. Lions, Lviv, Lviv politechnich. Inst., June 28-29, 2009, pp. 49–51.
7. Sobgayda, N.A., Olshansky, L.N., and Makarova, Y.A. (2009), "Wastewater treatment from heavy metal ions using sorbents - waste wood and agricultural industries", *Chemical and Petroleum wave-neering*, no. 9, pp. 36–39.
8. Novikov, G.V. (2005), *Metody otsenki sorbtionnykh svoystv zhelezomanganevykh otlozheniy Mirovogo okeana* [Methods for evaluating the sorption properties of iron-manganese deposits of the oceans], Granitsa, Moscow, Russia.
9. Sokolova, V.N., Anufrieva, S.I., and Lugovskaya, I.G. (2005), "Evaluation of the sorption properties of cobalt-cortical structures", *VINITI. Scientific and technical aspects of environmental protection. Sightseeing information*, no.3, pp. 94–108.
10. Chirkst, D.E., Cheremisina, O.V., Ivanov, M.V., Chistjakov, A.A., and Zhadovsky I.T. (2009), "Isotherm of an exchange of cations of sodium and copper on IMC", *JPC*, vol. 82, no 2, pp. 238–242.
11. Chirkst, D.E., Cheremisina, O.V., and Zhadovsky I.T. (2008), "New material for water purification on the basis of ferromanganese nodules", *UTime News*, available at: <http://utimenews.org/ru/nauka/71/1662> (accessed June 9, 2008).
12. Frolova, S.I., Kozlova, G.A., and Hodyashev, N.B. (2011), "Cleaning technological waters trea-iron oxide hydroxide", *West nickname Perm University*, no. 2, pp. 60–88.
13. Bernal, J.D., Dasqypta, D.R., and Mackay, A.L. (1952), "The oxides and hydroxides of iron and their structural interrelationships", *Clay miner. bull*, Vol. 4, no. 21, pp. 15–30.
14. Barsukova, A.V., and Vakal, S.V. (2014), "Termination of the optimal conditions of the main waste processing technology titanium production", *Ecology and Industry*, no.1, pp. 70–73.
15. Pavlenko, O.V. (2008), "Development of integrated technology of solid wastes hydroquinone", *Transactions of Sumskoy Derjavnuy University*, no. 2, pp. 102–105.
16. Olshanova, K.M., Piskareva, S.K., and Barashkov K.M. (1980), *Analiticheskaya himiya* [Analytical chemistry], Himiya, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 25.12.2015.