

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ СОРБЦІЙНИМИ МЕТОДАМИ

С. Б. Большанина, Г. М. Гурець, Д. С. Балабуха, Д. В. Міляєва

Сумський державний університет

вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна. E-mail: darynka_92@mail.ru

Стичні води гальванічних виробництв забруднені іонами важких металів. Нікель названий одним з найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища. Саме тому іони Ni^{2+} стали об'єктом дослідження. В даний час більше уваги приділяється технологіям, що дозволяють ефективно витягати іони металів з гальванічних шламів і стічних вод і створювати замкнуті циркуляційні системи водопостачання. Таким чином, можна запобігти негативному впливу стічних вод і твердих відходів на довкілля і перетворити їх у вторинну сировину, знижуючи тим самим їх клас небезпеки і принести значний прибуток. Для вивчення ефективності процесів поглинання іонів Ni^{2+} , а також встановлення ступеня входження іонів в структуру глинистих мінералів були проведені дослідження по десорбції відпрацьованих сорбентів. Результати дозволяють стверджувати, що іони нікелю надійно затримуються в структурі мінералів. Здатність глини поглинати і утримувати іони важких металів дозволить використовувати їх в якості природних геохімічних бар'єрів.

Ключові слова: очищення стічних вод гальванічних виробництв, сорбційні методи, іони важких металів, іони Ni^{2+} , глинисті матеріали, природні геохімічні бар'єри.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ СОРБЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ

С. Б. Большанина, А. Н. Гурец, Д. С. Балабуха, Д. В. Милыева

Сумский государственный университет

ул. Римского-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина. E-mail: darynka_92@mail.ru

Сточные воды гальванических производств загрязнены ионами тяжелых металлов. Никель назван одним из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Именно поэтому ионы Ni^{2+} стали объектом исследования. В настоящее время больше внимания уделяется технологиям, позволяющим эффективно извлекать ионы металлов из гальванических шламов и сточных вод и создавать замкнутые циркуляционные системы водоснабжения. Таким образом, можно предотвратить негативное влияние сточных вод и твердых отходов на окружающую среду и превратить их во вторичное сырье, снижая тем самым их класс опасности и принести значительную прибыль. Для изучения эффективности процессов поглощения ионов Ni^{2+} , а также установление степени вхождения ионов в структуру глинистых минералов были проведены исследования по десорбции отработанных сорбентов. Результаты позволяют утверждать, что ионы никеля надежно задерживаются в структуре минералов. Способность глины поглощать и удерживать ионы тяжелых металлов позволит использовать их в качестве природных геохимических барьеров.

Ключевые слова: очистка сточных вод гальванических производств, сорбционные методы, ионы тяжелых металлов, ионы Ni^{2+} , глинистые материалы, природные геохимические барьеры.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.

Гальванічне виробництво є одним із найбільш небезпечних джерел антропогенного забруднення навколишнього середовища. Стичні води гальванічних виробництв, забруднені солями важких металів, кислотами й лугами, що утворюються при хімічній і електрохімічній обробці металів та їхніх сплавів, а також при нанесенні гальванічних покриттів, належать до одного з найпоширеніших видів промислових стічних вод як в Україні, так і за кордоном.

Стичні води гальванічних виробництв містять іони важких металів, серед яких значна кількість припадає на іони нікелю Ni^{2+} , які скидаються не до кінця очищеними до міської каналізаційної мережі або у найближчі річки та водні об'єкти. Сполуки нікелю є канцерогенами. Вплив нікелю на організм у підвищених кількостях може проявлятися у вигляді алергічних реакцій (дерматит, риніт та ін), анемії. Хронічна інтоксикація нікелем підвищує ризик розвитку новоутворень. Нікель впливає на ДНК і РНК. Всесвітньою організацією охорони

здоров'я (ВООЗ) Нікель названий одним з найбільш небезпечних забруднювачів навколишнього середовища. Тому саме іони Ni^{2+} стали об'єктом дослідження.

Найбільш поширеним методом очищення стічних вод гальванічних виробництв від іонів важких металів, є реагентний, де в якості основного компонента використовують вапняну суспензію. В результаті утворюються нерозчинні сполуки з іонами важких металів і накопичуються значні кількості гальвано-шламів [1]. При виборі методу очищення нами були розглянуті основні сучасні методи, і найбільш оптимальним як по техніко-економічним показникам так і по екологічним критеріям був виділений сорбційний метод. Даний метод дозволяє значно зменшити вміст іонів нікелю навіть з розчинів, де концентрації іонів не високі і при яких інші методи майже не є ефективними. Відомими сорбційними властивостями володіють природні алюмосилікати – цеоліти, бентонітові глини, монтморилонітові мінерали.[2-4] Тому досить перспективним виглядає застосування у

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

якості сорбентів дешевих і доступних природних матеріалів, якими є силікатні мінерали. Використання таких сорбентів обумовлено їхньою достатньо високою сорбційною ємністю, вибірковістю до тих чи інших іонів, катіонообмінними властивостями деяких з них, порівняно низькою вартістю і доступністю.

Метою роботи було вивчення можливості та ефективності використання доступних адсорбентів – місцевих глин м. Сум і Сумської області для очищення стоків від іонів нікелю та вивчення процесів сорбції іонів нікелю шляхом інкорпорації їх в структуру місцевих глинистих мінералів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Для вивчення застосування широкого спектру різних місцевих природних мінералів в процесах очищення забруднених іонами Ni^{2+} стоків досліджували глинисті утворення з різних регіонів Сумської області, серед яких ми виділили два сорти, що найбільш відрізнялися як по хімічному так і по мінералогічному складу.

(Адсорбент 1) Глина (Сумський район) з показниками хім. складу (%):

SiO_2 – 63,22; Al_2O_3 – 18,24; Fe_2O_3 – 7,0; CaO, MgO– 2,67; з.п.п.- 7,65

(Адсорбент 2) Глина (Путівський район) з показниками хім. складу (%):

SiO_2 – 52,65; Al_2O_3 – 38,24; Fe_2O_3 – 3,27; CaO – 2,02; MgO– 2,08; з.п.п.- 2,7

Адсорбційні властивості глинистих порід багато в чому визначаються кристалохімічними особливостями глинистих мінералів. З метою визначення фазового складу досліджуваних зразків проводили рентгенофазовий аналіз на рентгенівському дифрактометрі ДРОН – 1- УМ в кобальтово Ка – випромінюванні із швидкістю 1 град / хв. Дифрактограми свідчать, що адсорбент №1 містить смектитові мінерали (серія рефлексів (d/n 14,983; 14,662; 14,456; 4,982; 4,48; 4,471). Зразок №2 характеризується вмістом мінералу каолініту (d/n 7,319; 7,267; 7,093; 4,471; 3,599; 2,562; 2,339; 1,981,658; 1,54; 1,488). Крім зазначених мінералів, в глинах у великій кількості зустрічаються α -кварц (до 50-70 %) (серія рефлексів d/n 4,261; 3,349; 2,456; 2,281; 2,286; 2,128; 1,978; 1,816; 1,671; 1,657; 1,599; 1,54;), гідрослюди, польові шпати (до 10 %), доломіт, кальцит, змішано-шарові силікати (до 5 %), що практично не беруть участі в процесах адсорбції.

Таким чином встановлена наявність в зразку №1 глинистого сорбенту смектитових мінералів (вміст складає ≈ 12 %) а в зразку №2 – каолініту (вміст складає ≈ 40 %).

Присутність в глинистих утвореннях смектитових мінералів - монтморилоніту, бентоніту та ін. забезпечують високу здатність до процесів сорбції. Це пов'язано із складом мінералів. Основу смектитів складає мінерал монтморилоніт, який має будову шаруватих силікатів з розсувною структурною коміркою в кристалічній решітці. Саме така будова забезпечує адсорбційні якості таких мінералів (адсорбент 1). У той же час, до складу іншої місцевої глини (адсорбент 2), в

значній мірі входять шаруваті силікати з жорсткою кристалічною структурою, до якої належить каолініт. Для таких структур характерна тільки зовнішня адсорбуюча поверхня.

Для встановлення діапазону режимних параметрів, за якими необхідно проводити детальне дослідження процесів адсорбції, була виконана серія попередніх експериментів, що дало можливість зробити такі висновки:

1) коливання температури від +10 до +30°C не виявляє помітного впливу на ступінь адсорбції іонів Ni^{2+} глинами;

2) оптимальним є масове співвідношення твердої та рідкої фази 1 : 20; при більшому розведенні знижується кількість адсорбованого Ni^{2+} , а менше співвідношення Т : Р, незважаючи на покращення результатів адсорбції, є нераціональним, оскільки вже при Т : Р = 1 : 7 спостерігається сильне загустіння пульпи, внаслідок чого ускладнюються процеси перемішування і подальшої фільтрації;

3) час контакту адсорбенту з розчином не перевищував 20-30хв.;

4) інтервал досліджених концентрацій адсорбтива було обрано, виходячи із практичних міркувань відповідно до можливого вмісту катіону Ni^{2+} в реальних стоках.

Для дослідження процесів адсорбції готували модельний розчин $NiSO_4 \times 7 H_2O$, який містив іонів Ni^{2+} від 0,025 моль-екв./л до 0,35 моль-екв. /л. Наважку адсорбенту масою 3,00г брали на технохімічних терезах з точністю 0,01 і відмірювали 60 мл модельного розчину із розрахунку Т : Р~1 : 20; в окремих дослідах маса адсорбенту складала 5,00г. Готували 5 % суспензію адсорбенту з модельним розчином та перемішували її протягом 30 хв. Температурний режим підтримувався $20 \pm 1^\circ C$, за винятком тих випадків, коли проводилося спеціальне вивчення впливу температури на адсорбцію. Всі досліди проводилися за однакових гідродинамічних умов (штучне перемішування).[8,9]

По закінченню процесів сорбції розчин відділяли від твердої фази фільтруванням крізь паперовий фільтр. У фільтраті концентрацію Ni^{2+} визначали, використовуючи його комплексоутворення з ЕДТА. Індикатором служить мурексід, який утворює комплекс з іоном Ni^{2+} , але цей комплекс менш стійкий, ніж Ni - (ЕДТА). Титрування проводять в лужному середовищі із використанням аміачного буферу при рН =10. Додають трохи індикатора мурексиду та чекають повного розчинення. Далі проводять титрування розчином ЕДТА до зміни кольору досліджуваного розчину від жовтого до пурпурного. Якщо зміна кольору при завершенні титрування буде відбуватися повільно, додають трохи концентрованого розчину аміаку.

Показник адсорбції розраховували як різницю концентрацій вихідного та рівноважного розчинів адсорбату:

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

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

де C_0 – вихідна концентрація адсорбату в моль-екв/л, C – рівноважна концентрація адсорбату в моль-екв/л, V – об’єм розчину адсорбату в л, m – маса адсорбенту в г, Γ – показник адсорбції, моль-екв/г.

Для вивчення кінетики та механізму адсорбції експеримент поділили на два етапи. На першому етапі встановлювали залежність між адсорбційними здатностями глин і концентраціями модельних розчинів $NiSO_4$ та вивчали ізотерми адсорбції. На другому – визначали ступінь інкорпорації іонів нікелю в структуру глинистих мінералів.

Для більш наочного уявлення відносно здібності глинистих адсорбентів до поглинання іонів Ni^{2+} одержані результати досліджень представили у вигляді діаграми.

Аналіз одержаних результатів дослідів доводить, що процес адсорбції глинистими матеріалами іонів Ni^{2+} залежить як від складу глинистих мінералів так і від особливостей адсорбату. До складу адсорбенту 1 входять смектитові мінерали (монтморилоніт), який має будову шаруватих силікатів з розсувною структурною коміркою в кристалічній решітці.[5,6]

Присутність в адсорбенті саме таких складових забезпечує високі адсорбційні якості глини. Як видно з Рис.1, показники адсорбції на даному адсорбенті перевищують аналогічні показники на адсорбенті 2 при всіх значення рівноважної концентрації іонів металу в розчині.

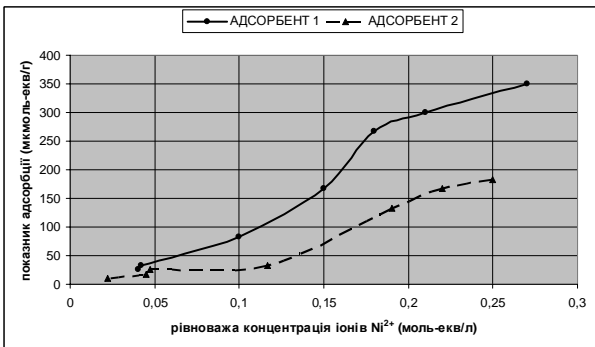


Рисунок 1 – Ізотерми адсорбції іонів Ni^{2+} різними адсорбентами залежно від концентрації адсорбату

У той же час, до складу адсорбенту 2 в значній мірі входять шаруваті силікати з жорсткою кристалічною структурою, до якої належить каолініт. Для таких структур характерна тільки зовнішня адсорбуюча поверхня. Крім зазначених мінералів, в глинах зустрічаються пісок, гідрослюди та карбонатні складові, що практично не беруть участі в процесах адсорбції. Згідно з прийнятою класифікацією [2] існує значна кількість основних типів ізоTERM. Крутизна ізоTERM характеризує розмір мікропор сорбентів. Чим більшою кількістю розвиненої системи мікропор та ультрамікропор володіє сорбент, тим крутіша лінія ізоTERM. На прикладі адсорбенту 1 (рис.1) можна

зробити висновок про наявність досить розвинутої системи мікропор, про що свідчить достатньо крута лінія ізоTERM адсорбції. Пологість кривої адсорбції на інших адсорбентах свідчить про те, що ізоTERM належить перехідно-пористому чи макропористому сорбенту. Саме такі пологі лінії ізоTERM адсорбції ми спостерігали при сорбції інших катіонів на місцевих глинистих мінералах. [10]

Для опису експериментальних даних застосовували рівняння ізоTERM Фрейндліха:

$$a = \beta c^{1/n}, \quad (2)$$

де β і $1/n$ – відповідні емпіричні коефіцієнти. Для їх знаходження будували ізоTERM адсорбції Ni^{2+} на різних зразках глин в логарифмічній залежності $\lg \Gamma$ ($\lg C$) (Рис.2).

При логарифмуванні рівняння Фрейндліха маємо:

$$\lg \Gamma = \lg \beta + 1/n \lg C. \quad (3)$$

Для кожної ізоTERM додавали лінію тренда, та рівняння, що відповідає графіку.

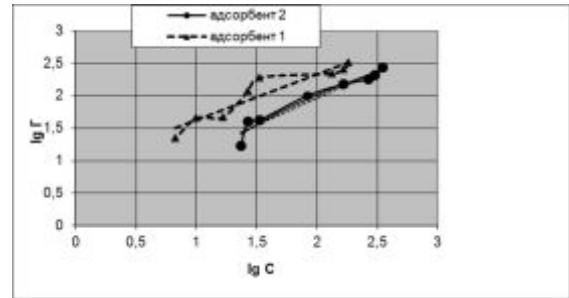


Рисунок 2 – ІзоTERM адсорбції іонів Ni^{2+} на глинистих сорбентах (№ 1,2), в координатах рівняння Фрейндліха. $\lg(\Gamma)$ - $\lg(C)$ – залежність логарифму показника адсорбції Γ (ммоль-екв/г) від логарифму рівноважної концентрації іонів Ni^{2+} (ммоль/л) в розчині

В таблиці 1 представлені розраховані за допомогою методу найменших квадратів коефіцієнти рівняння Фрейндліха, а також коефіцієнт кореляції R.

Таблиця 1 – Коефіцієнти в рівнянні ізоTERM Фрейндліха, кореляційний коефіцієнт R^2

Зразок адсорбенту	Коефіцієнти в рівнянні Фрейндліха		
	$\lg \beta$	$1/n$	R^2
Адсорбент 1	0,3022	0,83	0,94
Адсорбент 2	0,9223	0,7	0,88

З даних рис.2 та таблиці 1 видно, що одержанні експериментальні данні задовільно описуються рівнянням Фрейндліха. Незважаючи на те, що рівняння Фрейндліха носить емпіричний характер і не містить чіткого фізичного змісту, але саме рівняння Фрейндліха доцільно застосовувати для характеристики сорбційних процесів на глинистих мінералах [3, 5]. Це пов'язано з суттєвою енергетичною неоднорідністю поверхневих сорбційних центрів. Мірою енергетичної

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

неоднорідності поверхні є коефіцієнт $1/n$: чим ближче значення даного коефіцієнта до одиниці, тим більш однорідною є поверхня. Як відомо шарові силікати, що входять до складу різних видів глинистих мінералів та суглинків, мають два основні типи іонообмінних центрів [5]. Це – обмінні катіони, що зв'язані з нестехіометричними ізоморфними заміщеннями, що розташовуються на базальних поверхнях мінералів, а також розірвані кремне – або алюмоокисневі зв'язки, що локалізовані на бокових гранях. Аналіз коефіцієнтів $1/n$ в рівняння Фрейндліха (табл. 1) дає можливість говорити про неоднорідність поверхонь при переході від зразка адсорбенту № 1 до адсорбенту № 2. Це приводить в значній мірі до погіршення адсорбційних властивостей у адсорбенту № 2. Даний факт підтверджується і на простих ізотермах (Рис.1.) де крива ізотерми для адсорбенту 2 займає значно нижче положення порівняно із адсорбентом 1. Відомо, що для запобігання забруднення підземних і поверхневих вод в ряді випадків можливе використання методів, заснованих на створенні техногенних геохімічних бар'єрів. Сутність методів захисту гідросфери від забруднення за допомогою геохімічних бар'єрів полягає в переводі забруднюючих компонентів у малорухомі форми. При цьому можливе використання природних матеріалів або інших речовин, наприклад, виробничих відходів.[6,7] Одним із прикладів використання техногенних геохімічних бар'єрів для захисту підземних і поверхневих вод від забруднення є створення екрану в основі шламосховища. Для захисту підземних і поверхневих вод від забруднення на ділянці складування відходів запропоновано створення штучного екрану, до складу якого входили б дешеві місцеві глини.

З цієї метою необхідно було встановити не тільки адсорбційну здатність глин, та ефективність процесів поглинання іонів Ni^{2+} , але і визначити ступінь входження іонів в структуру глинистих мінералів. Для проведення досліджень з цього питання використовували адсорбенти після контакту їх з модельними розчинами. Використаний адсорбент висушували в сушильній шафі при температурі $+100^{\circ}C$ на протязі 1 год. Наважку висушеного адсорбенту масою 3,00г брали на техно-хімічних терезах з точністю 0,01 і відмірювали 60 мл дистильованої води із розрахунку $T : P \sim 1 : 20$. Готували суспензію адсорбенту з водою та перемішували її протягом 30 хв Температурний режим підтримувався $20 \pm 1^{\circ}C$. Всі досліди проводилися за однакових гідродинамічних умов (штучне перемішування). По закінченню процесів десорбції розчин відділяли від твердої фази фільтруванням крізь паперовий фільтр. У фільтраті концентрацію Ni^{2+} визначали, використовуючи його комплексоутворення з ЕДТА за описаною вище методикою. Результати показали повну відсутність іонів нікелю в одержаній суспензії, що свідчить про входження іонів нікелю в структуру глинистих мінералів[8,9]. При контакті модельних розчинів солі нікелю з адсорбентами вся

кількість іонів Ni^{2+} що адсорбувалася, нерухомо зв'язалася з структурою глини. Це дозволить впевнено стверджувати, що іони нікелю надійно затримуються в структурі мінералів. Таким чином здатність місцевих глин поглинати і утримувати іони важких металів дозволить використовувати їх в якості природних геохімічних бар'єрів.

ВИСНОВКИ.

1. Аналіз, проведений у літературному обзорі, проблеми, щодо надходження іонів важких металів в природні об'єкти є актуальною і потребує проведення додаткових досліджень з цього питання. Це пов'язано з тим, що саме в іонній формі важкі метали є найбільш небезпечними. Вільні іони важких металів є найбільш біологічно активними і навіть токсичними для живих організмів. Це пояснюється їх значною біодоступністю порівняно з іншими формами знаходження даних металів такими як органічні і неорганічні комплекси, де метали входять до внутрішньої сфери комплексу. Сумська область входить в десятку найбільш небезпечних і забруднених територій в тому числі і за вмістом важких металів. Такий стан є наслідком порушення природної рівноваги і вимагає негайного проведення комплексу робіт, направлених на покращення екологічної ситуації в регіоні.

2. У результаті проведених досліджень теоретично обґрунтована та практично підтверджена можливість використання у якості сорбентів місцевих глинистих матеріалів. Експериментально підібрані оптимальні параметри процесу сорбції іонів нікелю з модельних розчинів, глинистими матеріалами (тривалість процесу перемішування – 30 хвилин, співвідношення в системі $P : T = 20 : 1$).

3. Аналіз ізотерм сорбції іонів Ni^{2+} на глинистих мінералах, з використанням модельних розчинів $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, який містив іонів Ni^{2+} від 0,025 моль-екв./л до 0,4 моль-екв./л, показав, що максимальні показники адсорбції не перевищують 10-11 мг іонів нікелю на 1 г адсорбенту. Для опису експериментальних даних застосовували рівняння ізотерми Фрейндліха. Аналіз коефіцієнтів в рівняння Фрейндліха дав можливість пояснити погіршення адсорбційних властивостей у адсорбенту №2 неоднорідністю поверхні адсорбенту та відсутністю в його складі мінералів смектитової групи - монтморилоніту.

4. З метою вивчення ефективності процесів поглинання іонів Ni^{2+} , а також встановлення ступеня входження іонів в структуру глинистих мінералів були проведені дослідження по десорбції відпрацьованих сорбентів. Результати дозволяють стверджувати, що іони нікелю надійно затримуються в структурі мінералів. Здатність глин поглинати і утримувати іони важких металів дозволить використовувати їх в якості природних геохімічних бар'єрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пляцук Л.Д., Мельник О.С. Аналіз технологій очистки гальванічних стоків в Україні.// Вісник

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

СумДу. Серія Технічні науки, №2, 2008, с. 116–120.

2. Мальований М.С. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами: монографія / М.С. Мальований, І.М. Петрушка. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 180 с.

3. Дриц В.А., Косовская А.Г. Глинистые минералы. – М.: Мир, 1980. – 204 с.

4. Mumpton F.A. Development of uses for natural zeolites: a critical commentary // Occurrence, properties and utilization of natural zeolites / Edited by Kalló, H.S. Sherry. - Budapest, 1988. – pp. 333–336.

5. Тарасевич Ю.И. Строение и химия поверхности слоистых силикатов. – К.: Наукова думка, 1988. – 248 с.

6. Нечипоренко Г.В., Магунов І.Р., Васютинська К.А. Сорбція іонів нікелю і міді на гідроксо – та фтороапатиті. Труды Одесского политех. ун-та, 2007, вып. 2(22). С. 1–5.

7. Кочетов Г.М. Комплексная очистка сточных вод промышленных предприятий с регенерацией

тяжелых металлов // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2000. – №4. – С.41–45.

8. Балабуха Д.С., Большанина С.Б. Эффективность процессов адсорбции на местных глинистых материалах // Матеріали Всеукраїнської міжвузівської науково-практичної конференції "Сучасні технології в промисловому виробництві", 19-23 квітня 2010, Суми, №1, 2010, с.31

9. Балабуха Д.С., Большанина С.Б. Визначення теоретичних констант у рівняннях ізотерм сорбції іонів нікелю // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції "Сучасні технології в промисловому виробництві", 18-22 квітня 2011, Суми, №1, 2011, с. –27

10. М. С. Мальований, С. Б. Большанина, В. Д. Дудченко. Дослідження ізотерми адсорбції іонів Fe²⁺ на природних глинистих мінералах Сумської області // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, № 6, 2006. – С. 17–21.

SEWAGE TREATMENT BY SORPTION METHODS IN GALVANIC PRODUCTIONS

S. Bolshanina, H. Gurets, D. Balabuha, D. Milyayeva

Sumy State University

vul. Rimsky-Korsakov, 2, Sumy, 40007, Ukraine. E-mail: darynka_92@mail.ru

Waste water from electroplating industries, contaminated heavy metal ions. Nickel named as one of the most dangerous environmental pollutants. That's why ions Ni²⁺ have been the object of study. Currently, more attention is paid to themselves technologies, which allows efficiently to extract metal ions from galvanic sludge and waste water and create the closed circulating water systems. Thus, it is possible to prevent the harmful effects of waste water and solid waste on the environment and transform them into secondary raw materials, thereby reducing their class of hazard and bring considerable profit. To study the effectiveness of the process of absorption of ions Ni²⁺, as well as establishing the degree of occurrence of ions in the structure of clay minerals research on desorption of used sorbents have been conducted. The results suggest that nickel ions retained securely in the minerals structure. The ability of clay to absorb and retain heavy metals ions allows to use them as natural geochemical barriers.

Key words: wastewater electroplating, sorption methods, heavy metal ions, ions Ni²⁺, clay materials, natural geochemical barriers.

REFERENCES

1. Plyatsuk, L. and Melnik, A. (2008), "Analysis of electroplating wastewater treatment in Ukraine", *Transactions of Sumy State University*, no.2, pp. 116–120.

2. Malovanyy, M.S. (2012), *Ochyschennya stichnyh vod pryrodnyimi dyspersnyimi sorbentamy: monografiya*

3. Dryts, V. and Kosovskaya, A. (1980), *Hlynysti mineraly* [Clay minerals], *Mir*, Moscow, Russia.

4. Mumpton F.A. Development of uses for natural zeolites: a critical commentary // Occurrence, properties and utilization of natural zeolites / Edited by Kalló, H.S. Sherry. - Budapest, 1988. – pp. 333–336.

5. Tarasevych, U. (1988), *Stroenie i himiya poverhnosti sloistykh materialov* [Structure and surface chemistry phyllosilicates], *Naukova Dumka*, Kyiv, Ukraine

6. Nechiporenko, G. and Mahunov, I. (2007), *Sorbtsiya ioniv nikelu ta midi na gidrokso- ta vtoropatytii. Trudy Odesskogo politehnicheskogo universiteta* [Sorptions of nickel and copper on hydroxylapatite and fluorapatite. Proceedings of the Odessa Polytechnic. Univ], Issue 2, pp. 1-5.

7. Kochetov, G. (2000), *Kompleksnaya ochistka stochnyh vod promyshlennykh predpriyatiy s regeneratsiyey tyagolykh metallov* [Integrated wastewater treatment industry with the regeneration of heavy metals], *Ecotechnologii i resursoberezhnyye*, no.4, pp. 41-45.

8. Balabuha, D.S. and Bolshanina, S.B. (19-23 April 2010), "The efficiency of adsorption processes at the local clay materials", // *Proceedings of the All-Ukrainian inter-university scientific-practical conference "Modern technologies in industrial production"*, Sumy, no.1, P. 31.

9. Balabuha, D.S. and Bolshanina, S.B. (18-22 April 2011), "Determination of the theoretical constants in equations isotherms of sorption of nickel ions", // *Proceedings of the All-Ukrainian scientific-practical conference "Modern technologies in industrial production"*, Sumy, no.1, P. 27

10. Malovanyy, M.S., Bolshanina, S.B. and Dudchenko, V.D. (2006) "Investigation of Fe²⁺ ions adsorption isotherm in natural clay minerals of Sumy region", // *Ecology Environment and Safety*. no.6, pp.17–21.