

А. В. Іванченко¹
К. Є. Хавікова¹

КОМПЛЕКСНЕ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ ФЕНОЛЬНИХ СТИЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ АДСОРБЕНТІВ З ПРИРОДНОЇ СИРОВИНИ

¹Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське

Наведено відомості про мінеральний склад природних глин з метою підбору оптимального адсорбенту в технології вилучення з рідких відходів коксохімічного підприємства ПРАТ «ДКХЗ» м. Кам'янського фенолів, роданідів та амоніаку. Обґрунтовано переваги використання природного адсорбенту глауконіту в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279 в комплексному очищенні коксохімічних стоків від фенолів, роданідів та амоніаку, які потім подаються на біологічну переробку активним мулом з фенол- та роданруйнуючими мікроорганізмами. Використано процес активації природних мінералів — глауконіту та цеоліту соляною кислотою 7 % HCl у співвідношенні «мінеральний сорбент: розчин кислоти», як 1:6. Досліджено процес адсорбційного видалення фенолів, роданідів та амоніаку з промислових стічних вод на лабораторній установці з мішалкою за використання глауконіту, цеоліту, бентоніту, соняшникового лушпиння в нативній формі; кислотно-активованих цеоліту та глауконіту дозами 2 г/дм³; бентоніту та глауконіту в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279 об'ємом 5 мл/дм³ в інтервалі часу 60—120 хв. Експериментально встановлено, що найефективніше вилучення фенолів у промислових стоках з 410,74 мг/дм³ до 207,68 мг/дм³ відбувається у разі використання глауконіту з катіонним флокулянтном CW 3279. Досліджено, що із застосуванням кислотно-активованого цеоліту дозою 2 г/дм³ та часом контактування 120 хв, забезпечується зниження концентрації загального амоніаку з 1192,10 мг/дм³ до 340,60 мг/дм³, глауконіту з катіонним флокулянтном CW 3279 — до 510,90 мг/дм³. Ступінь очищення від роданід-іонів кислотно-активованим цеолітом досягнуто в 1,5 рази, тоді як із застосуванням глауконіту з катіонним флокулянтном CW 3279 в 1,2 рази. Встановлено закономірності адсорбційного вилучення фенолів з модельних розчинів, що дає можливість знизити їх вміст з 1151,57 мг/дм³ до 355,36 мг/дм³ глауконітом в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279 в інтервалі часу 40...120 хв. До промислового впровадження рекомендовано застосовувати глауконіт дозою 2 г/дм³ в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279 — 5 мл/дм³ за тривалості обробки стоків 120 хв. Осад, який накопичується в процесі очищення рідких відходів запропоновано переробляти та використовувати які в'язучий матеріал у виробництві дорожніх покриттів.

Ключові слова: природний адсорбент, феноли, амоніак, роданіди, кислотна активація, глауконіт, цеоліт, флокулянт.

Вступ

Використовувана в промисловості вода забруднюється речовинами мінерального та органічного походження. На сучасних темпах розвитку промислового виробництва стає актуальнішою науково-практична задача підвищення ступеня очищення стічних вод. Установка біохімічної очистки стічних вод (БХУ) ПРАТ «Дніпровський коксохімічний завод» (м. Кам'янське) є однією із складових ланок охорони навколишнього середовища і призначена для очищення рідких відходів від фенолів, роданідів, амоніаку та інших органічних речовин. Згідно з існуючою технологією (рис. 1) очищені стоки використовуються для мокрого гасіння коксу [1], [2].

Технологічний процес очищення промислових стоків на БХУ можна розділити на два етапи: механічний та біологічний. Навантаження на споруди біохімічного очищення коксохімічних підприємств зростає, необхідний ступінь очистки не завжди досягається. В результаті цього води, які подаються на мокре гасіння коксу, містять надмірну кількість токсичних сполук, що зумовлює забруднення повітряного басейну продуктами хімічних перетворень.

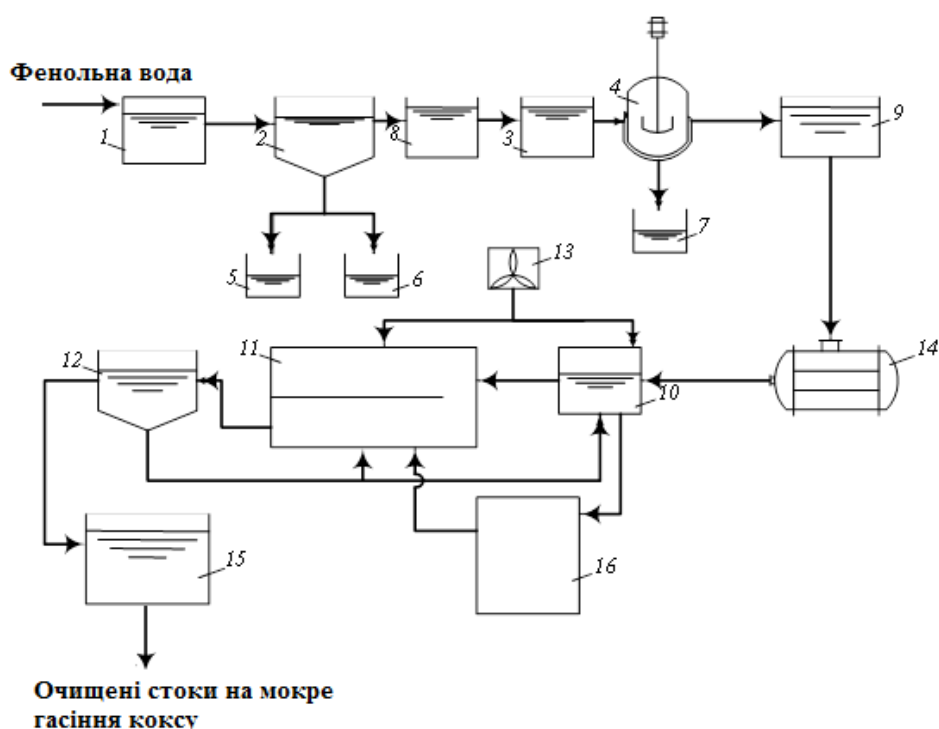


Рис. 1. Технологічна схема механічної та біохімічної очистки ПРАТ «ДКХЗ»:

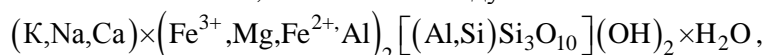
- 1 — преаератор; 2 — смоловідстійники; 3 — напірний бак; 4 — флотатор; 5,6 — збірники смоли; 7 — збірник масла; 8 — збірник після первинних відстійників; 9 — збірник після флотаторів; 10 — усереднювач-предаеротенк; 11 — аеротенки; 12 — вторинні відстійники; 13 — повітродувка; 14 — кожухотрубчасті холодильники; 15 — збірник очищеної води; 16 — розплідники

Незважаючи на всі заходи і методи, що застосовуються для очищення стічних вод, фенольні стоки чинять негативний вплив на живі організми не тільки своєю високою токсичністю, а й значною зміною режиму споживання біогенних елементів і розчинених газів (O_2 , CO_2) [3].

Якість води після біохімічного очищення не відповідає гранично допустимій величині забруднювальних речовин у скидах, тому регулювання такого процесу є складним завданням через велику чутливість мікроорганізмів до зміни складу стічних вод.

Актуальність наукових досліджень, описаних в роботі зумовлено тим, що середнє значення вмісту фенолів у вихідних стоках коксохімічного підприємства ПРАТ «ДКХЗ» (м. Кам'янське) становить $1208,98 \text{ мг/дм}^3$, тоді як вимоги регламентних норм перед біологічним очищенням складають не більше 415 мг/дм^3 . Ефективність біохімічної технології може істотно підвищитися у разі використання комплексної очистки, що поєднує сорбційний (на стадії механічного очищення) і біологічний процеси. В якості сорбенту доцільно використовувати індиферентні до мікроорганізмів і навколишнього середовища матеріали, до яких відносяться і мінеральні глини.

Одним з глинистих мінералів, які мають адсорбційні властивості є глауконіт. Глауконіт — це комплексний екологічний сорбент, який є природним композитом — мінерал класу силікатів групи гідрослюдо сингонія моноклінна, загального складу



містить (%): SiO_2 — 44–56; Al_2O_3 — 3–22; Fe_2O_3 — 0–27; FeO — 0–8; MgO — 0–10; K_2O — до 10; H_2O — 4–10.

Цеоліти — велика група мінералів, водні алюмосилікати кальцію і натрію, що мають пористу тривимірну структуру тетраїдрів (AlO_4) та (SiO_4). Хімічна формула найпоширенішого природного цеоліту — кліноптилоліту може бути представлена як $(K_2,Na_2,Ca)[Al_2Si_7O_{18}] \cdot nH_2O$. Сорбційні властивості мінералу визначаються ефективним діаметром вхідних вікон, за розміром яких визначають три класи: широкопористі — фожазит, офретит; середньопористі — шабазит, еріоніт, кліноптилоліт, морденіт; вузькопористі — анальцит, філіпсит, помонтит, натроліт, тонсоміт, стильбіт [4].

Бентоніт — різновид вибілюючих глин, який складається в основному з мінералів групи монтморилоніту ($Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2 \times nH_2O$) або бейделіту ($Al_2[AlSi_3O_9 \times (OH)](OH)_2 \times nH_2O$). До бен-

тоніту входять також гідроліти, каолінит, палигорськіт, цеоліт [5].

Відмінною особливістю глауконіту від цеолітів є те, що він має не каркасну, а шарувату будову. При цьому частина внутрішньо-молекулярних сил не врівноважена взаємодією з розташованими в порожнині одного такого шару іонами хімічних речовин, що містяться в розчинах і у повітрі. В результаті вони скупчуються на активних поверхнях пластиночок, складових загального кристалу, а площа активної поверхні значно збільшується [6].

Використання глауконіту у водопостачанні для обробки питної та відпрацьованої води довели його високі сорбційні властивості. Один з напрямків застосування глауконіту полягає у його використанні під час біоочищення (в аеротенках) як сорбційного носія для сапрофітних бактерій. Доведено можливість використання глауконітових пісків після очистки стічних вод для виробництва керамзиту. Наявність мінералу покращує текстуру шлаку, збільшує пористість і сприяє утворенню дзеркального шару на поверхні матеріалу [7].

Обробка природних сорбентів мінеральними кислотами є способом отримання високоякісних активованих адсорбентів, що застосовуються в різних галузях промисловості. Кислотна активація природних мінералів помітно покращує їх адсорбційні і каталітичні властивості, але, зазвичай, погіршує механічну міцність. Тому застосування активованих глин обмежується тільки технологіями контактного очищення [8].

В промислових умовах як флокулянти застосовуються синтетичні високомолекулярні сполуки, такі як поліакриламід. Для інтенсифікації процесу очищення від зважених речовин і зниження токсичності флокулянт застосовується з розрахунку 1 г чистого продукту на 1 м³ стічної води. Використання флокулянта дозволяє підвищити швидкість осадження пластівців. Розчин поліакриламід у готується 0,1 % концентрації і дозується: 40 % в преаeratorи та по 30 % у флотатори [9].

Під час флокуляції важливу роль відіграє оптимальна витрата флокулянту, тому що за малих і великих витратах може спостерігатися стабілізація дисперсної системи. За незначної витрати флокулянту в воді недостатньо макромолекул для зв'язування твердої фази під флокули, а за надмірної — утворюється просторова сітка асоційованих молекул полімеру, що перешкоджає зближенню і агрегації частинок. Переробка утворених осадів з витягом коштовних компонентів дозволяє здійснювати їх комплексну переробку та утилізацію [10].

Метою роботи є дослідження ефективності комплексного адсорбційного вилучення фенолів, роданідів та амоніаку зі стічних вод коксохімічного виробництва та фенольних сполук з модельних розчинів. Об'єктом дослідження вибрано промислові рідкі відходи коксохімічного підприємства ПРАТ «ДКХЗ» та модельні фенольні розчини.

Для проведення досліджень зібрано установку кислотної активації природних мінеральних сорбентів [4]. Як активатор використано 7 % HCl. Кислотна активація проводилася за такою методикою. У термостійку колбу зі зворотним скляним холодильником завантажували цеоліт та розчин 7 % HCl. При цьому співвідношення «мінеральний сорбент:розчин кислоти» використано, як 1:6. Час активації — 5 годин. Кипіння (за температури 95...100 °C) забезпечує добре перемішування всіх компонентів суміші. Відразу ж після активації розчином кислоти, сорбент промивали водою до нейтральної реакції промивних вод. Далі сорбент сушили спочатку на водяній бані до повітряно-сухого стану, а потім в сушильній шафі за температури 100...110 °C протягом 2 годин. Активацію природного мінералу глауконіту проводили аналогічним методом.

Для процесу вилучення фенолів, роданідів та амоніаку з промислових відходів складено лабораторну установку адсорбційної переробки промислових відходів [11], на якій проведено комплексне очищення фенольних стічних вод з метою виявлення найефективнішого адсорбенту та раціональних технологічних параметрів для його промислового впровадження.

Результати роботи

Експеримент полягав у дослідженні процесу вилучення фенолів з вихідним вмістом 410,74 мг/дм³, амоніаку загального — 1192,10 мг/дм³, роданідів — 224,87 мг/дм³ з рідких відходів коксохімічного підприємства. Для цього відібрали 7 проб в ємності об'ємом 0,50 дм³. Далі у кожен реактор додавали по 2 г/дм³ адсорбентів (глауконіту, цеоліту, бентоніту, соняшникового лушпиння, кислотного активованого цеоліту) та по 2 г/дм³ адсорбентів глауконіту і бентоніту з додаванням катіонного флокулянту CW 3279 дозою 5 мл/дм³. Потім, за допомогою мішалки, проводили перемішування стоків з адсорбентами магнітом протягом 120 хв. Після цього відбирали з верхніх шарів реакторів по 50 мл рідких відходів для визначення вмісту фенолів, загального амоніаку та роданідів. Під час

вибору сорбенту, який рекомендовано до промислового впровадження, орієнтувалися перш за все на його ефективність по відношенню до фенолів. Для проведення дослідження з вилученням фенолів застосовували фотометричний метод з 4-аміноантипірином. Метод заснований на утворенні забарвлених сполук фенолів, його похідних і гомологів з 4-аміноантипірином в присутності калій гексацианоферату при рН $10,3 \pm 0,2$. Кількісне визначення проводили методом стандартних серій за градуїованим графіком [12].

На рис. 2 показано експериментальні криві залежності концентрації фенолів в промисловій стічній воді з дозою адсорбентів 2 г/дм^3 за тривалості обробки стоків 120 хв. Для порівняння використовували глауконіт та бентоніт з додаванням катіонного флокулянту CW 3279 у кількості 5 мл/дм^3 .

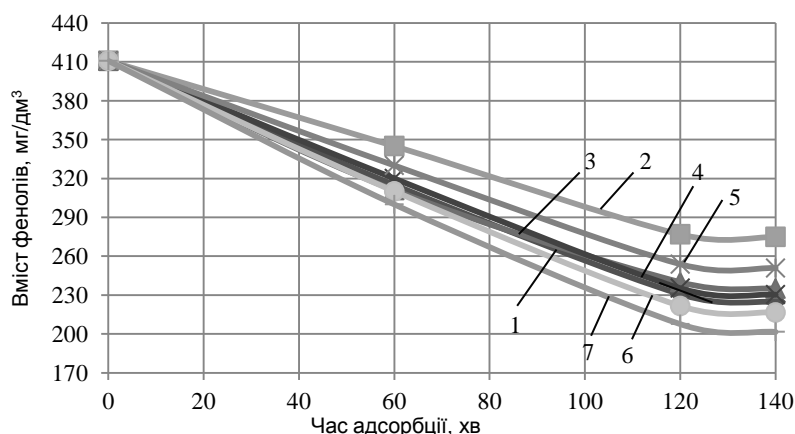


Рис. 2. Залежність залишкової концентрації фенолів від тривалості контактування природних адсорбентів з фенольною стічною водою: 1 — кислотно-активован. цеоліт; 2 — бентоніт з катіонним флокулянтом; 3 — бентоніт; 4 — глауконіт; 5 — цеоліт; 6 — соняшникове лушпиння; 7 — глауконіт з катіонним флокулянтом

З рис. 2 випливає, що за використання кислотно-активованого цеоліту вміст фенолів з вихідної концентрації $410,74 \text{ мг/дм}^3$ знижується до $230,75 \text{ мг/дм}^3$, природного цеоліту — до $253,83 \text{ мг/дм}^3$, тоді як глауконіту з катіонним флокулянтом CW 3279 значно менше — до $207,68 \text{ мг/дм}^3$. Тобто поєднання глауконіту з катіонним флокулянтом CW 3279 виявилось найефективнішим для вилучення фенолів.

Загальний амоніак у пробах води після очищення визначали за допомогою реакції амонійних солей з формальдегідом. У конічну колбу ємністю 250 см^3 наливали 10 мл стічної води, в яку вводили 15 мл 1Н розчину сульфатної кислоти та 25 мл дистильованої води. Пробу кип'ятили 5—10 хв для видалення сірководню, охолоджували та титрували надлишок кислоти 1Н розчином їдкого натру в присутності однієї краплі метилоранжу.

Потім до нейтралізованого розчину додавали 5—7 крапель фенолфталеїну та 5 мл 40 % формаліну (формалін попередньо нейтралізували 0,1Н розчином лугу в присутності фенолфталеїну до слабо-рожевого забарвлення). Через 3—5 хв виділену кислоту титрували 1Н розчином їдкого натру до появи першого рожевого забарвлення. Об'єм лугу, що використаний на вторинне титрування, помножене на 1,703, дає вміст загального амоніаку (г/дм^3) в досліджуваній воді [13]. На рис. 3 показано залежність концентрації загального амоніаку в промисловій стічній воді з дозою адсорбентів 2 г/дм^3 в інтервалі часу 60—120 хв.

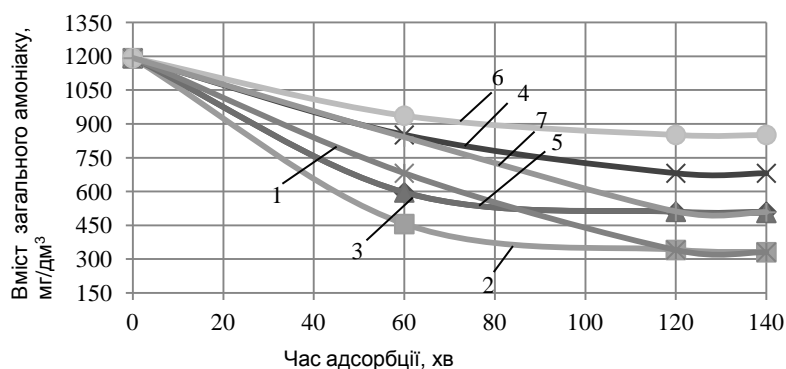


Рис. 3. Залежність залишкової концентрації загального амоніаку від тривалості контактування природних адсорбентів з фенольною стічною водою: 1 — кислотно-активован. цеоліт; 2 — бентоніт з катіонним флокулянтом; 3 — бентоніт; 4 — глауконіт; 5 — цеоліт; 6 — соняшникове лушпиння; 7 — глауконіт з катіонним флокулянтом

У процесі проведення експерименту встановлено, що через 120 хв вміст загального амоніаку знизився з 1192,10 мг/дм³ до 340,60 мг/дм³ за використання кислотно-активованого цеоліту та бентоніту з катіонним флокулянтом CW 3279. Вміст загального амоніаку у разі використання глауконіту з катіонним флокулянтом CW 3279 становив — 510,90 мг/дм³, що підтверджує його ефективність в комплексному очищенні рідких відходів порівняно з іншими зразками адсорбентів.

Наступний експеримент полягав у дослідженні процесу вилучення роданідів з промислових стоків за вихідного вмісту 224,87 мг/дм³. Для визначення концентрації роданідів у стічній воді використовували фотометричний метод, заснований на взаємодії роданід-іону в кислому середовищі з іонами ферум(III) хлориду. Кількісне визначення проводили методом калібрувального графіка [12]. На рис. 4 показані експериментальні криві залежності концентрації роданідів в промисловій стічній воді за дози адсорбентів 2 г/дм³ та тривалості обробки стоків 120 хв; із додаванням катіонного флокулянту CW 3279 у кількості 5 мл/дм³ до глауконіту та бентоніту в якості порівняння.

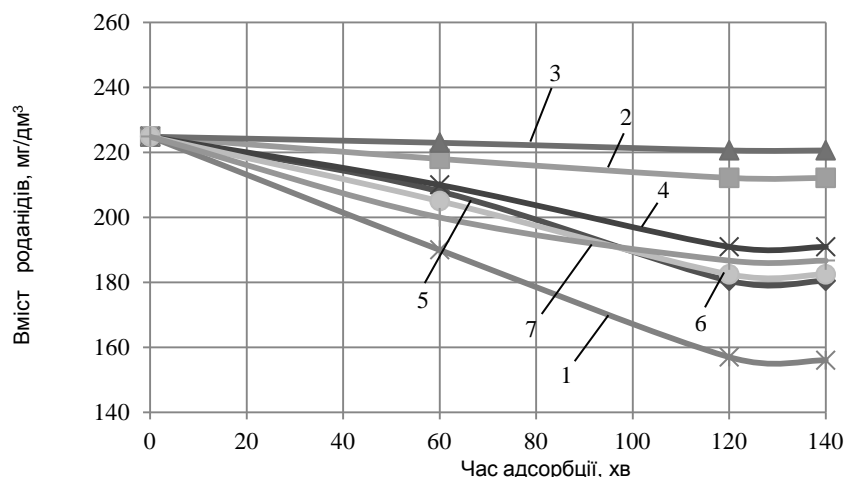


Рис. 4. Залежність залишкової концентрації роданідів від тривалості контактування природних адсорбентів з фенольною стічною водою: 1 — кислотно-активованій цеоліт; 2 — бентоніт з катіонним флокулянтом; 3 — бентоніт; 4 — глауконіт; 5 — цеоліт; 6 — соняшникове лушпиння; 7 — глауконіт з катіонним флокулянтом

Встановлено, що використовуючи кислотно-активованій цеоліт, вміст роданідів з вихідної концентрації 224,87 мг/дм³ знижується до 156,99 мг/дм³, глауконіту з катіонним флокулянтом CW 3279 — до 186,69 мг/дм³. Застосування цих адсорбентів для переробки рідких відходів приводить до доведення вмісту роданідів до регламентних норм перед біологічним очищенням стоків (гранично допустима концентрація не більше 400 мг/дм³) та може бути рекомендовано до промислової реалізації.

Проведено серію досліджень з вилученням фенолів з модельного розчину за вихідної концентрації 1151,57 мг/дм³. В модельні розчини фенольної води додавали природні мінерали глауконіту та цеоліту, кислотно-активованого глауконіту та цеоліту дозами 10 г/дм³, з додаванням аніонного А 3330 та катіонного CW 3279 флокулянтів в об'ємі 50 мл/дм³ в інтервалі часу 40—120 хв. Результати дослідження подані в таблиці.

Залежність залишкової концентрації фенолів від тривалості контактування з модельним розчином фенольної води природних та активованих адсорбентів

Адсорбенти	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³
Глауконіт	0,490	452,27	0,470	433,81	0,415	383,05
Глауконіт з катіонним флокулянтом CW3279	0,470	433,81	0,410	378,43	0,385	355,36
Глауконіт з аніонним флокулянтом А3330	0,492	454,12	0,470	433,81	0,455	419,97
Кислотно-активованій глауконіт	0,455	419,97	0,445	410,74	0,440	406,12
Кислотно-активованій цеоліт	0,460	424,58	0,450	415,35	0,390	359,97
Цеоліт	0,450	415,35	0,420	387,66	0,405	373,82

Продовження таблиці

Адсорбенти	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³	Щільність за калібрувальним графіком	Концентрація фенолів, мг/дм ³
Кислотно-активованій глауконіт з катіонним флокулянтном CW3279	0,445	410,74	0,440	406,12	0,420	387,66
Кислотно-активованій цеоліт з катіонним флокулянтном CW3279	0,440	406,12	0,420	387,66	0,400	369,20
Кислотно-активованій цеоліт з аніонним флокулянтном А3330	0,460	424,58	0,447	412,58	0,410	378,43
Тривалість процесу адсорбції, хв	40		90		120	

Експериментально встановлено, що ефективність вилучення фенолів з модельного розчину глауконітом з додаванням катіонного флокулянту CW 3279 становить — 69,1 %, тоді як кислотно-активованого цеоліту — 68,7 %. Поєднання глауконіту з катіонним флокулянтном і в цьому випадку проявило найкращі показники очищення стоків від фенолів, тому така комбінація адсорбенту та флокулянту може бути рекомендована для удосконалення біохімічної установки. Промислове впровадження кислотно-активованого цеоліту є недоцільним, тому що хімічна активація сорбенту є матеріально затратною. На закупівлю обладнання для активації природного мінералу потрібні додаткові витрати, тоді як застосування флокулянту (поліакриламід) закладено в регламентних нормах коксохімічних підприємств.

Висновки

У результаті проведення експериментальних досліджень встановлено залежності процесу вилучення фенолів, амоніаку та роданідів з рідких промислових відходів із застосуванням природного та кислотно-активованого цеоліту, природних мінералів бентоніту і глауконіту в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279, соняшникового лушпиння. Зокрема, для видалення фенолів зі стічної води коксохімічних підприємств рекомендовано застосовувати глауконіт дозою 2 г/дм³ в поєднанні катіонним флокулянтном CW 3279 витратою 5 мл/дм³ та часом контактування 120 хв. За цих технологічних параметрів вміст фенолів знижується з 410,74 мг/дм³ до 207,68 мг/дм³, що значно покращує показники фенольної води, яка подається на біологічне очищення. Ефективність вилучення роданідів досягнуто в 1,2 рази, загального амоніаку в — 2,3 рази. Ступінь вилучення фенолів з модельних розчинів адсорбційно-флокуляційним методом становить 69,1 %. Таким чином, вміст токсичних речовин в стічній воді перед біологічною обробкою доведено до гранично допустимих регламентних значень. Наявність токсичних речовин у промислових рідких відходах у підвищених концентраціях на стадії механічної обробки порушує процес біохімічного очищення в аеротенках, тому необхідно розробити заходи для швидкого відновлення мікробної маси. Осад після глибокого вилучення фенолів, амоніаку та роданідів глауконітом в поєднанні з катіонним флокулянтном CW 3279 можна застосувати як адсорбційний носій для сапрофітних бактерій. Застосування природного мінералу, на основі глауконіту, у коксохімічному виробництві дасть змогу швидше поновлювати біоценоз активного мулу на значний час, а отже, зменшити кількість та періодичність внесення мікроорганізмів з розплідників (апаратів для накопичення фенол- та роданіду мікроорганізмів). Такі технологічні прийоми знизять значні витрати на подачу повітря і розбавлення стоків технічною водою. Осад після адсорбційно-флокуляційної обробки фенольної води можна використати як в'язучий матеріал у виробництві дорожніх покриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. В. Іванченко, О. О. Дупенко, М. А. Криворот, та М. Д. Волошин, «Дослідження технології біохімічної очистки стічних вод ПАТ ЄВРАЗ «Дніпродзержинський КХЗ»,» *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки)*, № 1 (18), с. 195-197, 2014.
- [2] *Виробнича інструкція апаратчика очистки стічних вод дільниці біохімічного очищення ПРАТ «Дніпровський КХЗ»*. Кам'янське, Україна, с. 90, 2016.
- [3] А. В. Іванченко, О. В. Назаренко, Д. О. Слатонцев, К. Є. Хавікова, та К. О. Шутовська, «Дослідження процесів вилучення фенолів, фосфатів та нітратів зі стічних вод,» *Міжнародна науково-практична конференція, Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine*, Wloclawek, Republic of Poland, с. 121, 2018.

- [4] А. В. Иванченко, В. І. Карлаш, Д. О. Єлатонцев, та А. С. Данельська, «Застосування кислотно-активованого цеоліту в технології очищення стічних вод від нітратів», *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, № 5, с. 1-6, 2018.
- [5] В. С. Білецький, *Мала гірнича енциклопедія*. Донецьк: Східний видавничий дім, 2004. 640 с.
- [6] Сайт ООО «Глауконит» [Електронний ресурс] [Режим доступу] <http://www.glaukos.ru>.
- [7] Н. А. Хоп'як, «Глауконіт (Глауконітоліт). Характеристика гігієнічних та екосорбційних властивостей (огляд)», *Довкілля та здоров'я*, № 3, с. 68, 2012.
- [8] Т. З. Лыгина, О. А. Михайлова, А. И. Хацринов, и Т. П. Конюхова, «Технологии химической активации неорганических природных минеральных сорбентов», Казань, Россия: КГТУ, с. 120, 2009.
- [9] *Технологическая инструкция установки биохимической очистки сточных вод теплосилового цеха ПАО «ЕВРАЗ Днепродзержинский КХЗ»*. Днепродзержинск, Украина, с. 9, 2013.
- [10] Г. Г. Чуянов, *Хвостохранилища и очистка сточных вод*. Екатеринбург: УГГГА, с. 246, 1998.
- [11] Д. О. Єлатонцев, А. В. Иванченко, и О. А. Крюковська, «Дослідження та математичний опис впливу температури на кінетику вилучення фосфатів і зважених речовин зі стічних вод», *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, № 2(97), с. 70-75, 2016.
- [12] В. М. Кагасов, и Е. К. Дербышева, *Очистка сточных вод коксохимических предприятий*. Екатеринбург: Полиграфист, с. 189, 2003.
- [13] Л. Д. Глузман, и И. И. Эдельман, *Лабораторный контроль коксохимического производства*. Москва: Metallургия, с. 212, 1968.

Рекомендована кафедрою екології та екологічної безпеки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 9.04.2019

Иванченко Анна Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Хавікова Каріна Євгенівна — аспірант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, e-mail: karina.havikova@gmail.com ;

Дніпровський державний технічний університет, Кам'янське

A. V. Ivanchenko¹

K. Ye. Khavikova¹

Complex Purification of Industrial Phenolic Wastewater by Using Adsorbents from Natural Raw Materials

¹Dniprovsk State Technical University, Kamianske

There has been presented the data on the mineral composition of natural clays in order to select the optimum adsorbent in the technology of extracting from the liquid waste of the coke-chemical enterprise PRAT "DKHZ" in the city of Kamyanske phenols, rhodanides and ammonia. The advantages of the use of natural adsorbent glauconite in combination with cation flocculant CW 3279 in the complex purification of coke-chemical waste from phenols, rhodanides and ammonia are grounded, which are then fed to an active sludge with phenol- and rhodandestructive microorganisms. The process of activation of natural minerals — glauconite and zeolite with hydrochloric acid 7% HCl in the ratio of "mineral sorbent: acid solution" is used as 1: 6. The process of adsorption removal of phenols, rhodanides and ammonia from industrial wastewater in a laboratory installation with a stirrer with the use of glauconite, zeolite, bentonite, sunflower husk in the native form is explored; acid-activated zeolite and glauconite at doses of 2 g/dm³; bentonite and glauconite in combination with cation flocculant CW 3279 in volume of 5 ml/dm³ in the time interval 60—120 min. It has been experimentally determined that the most effective removal of phenols in industrial effluents from 410,74 mg/dm³ to 207,68 mg/dm³ occurs when using glauconite with cation flocculant CW 3279. It was investigated that when applying acid-activated zeolite with a dose of 2 g/dm³ and time contacting 120 min, reduction of the concentration of total ammonia from 1192,10 mg/dm³ to 340,60 mg/dm³, glauconite with cation flocculant CW 3279 — up to 510,90 mg/dm³ is provided. Degree of purification from rhodanide-ions by acid-activated zeolite has been reached in 1,5 times, whereas in the application of glauconite with cationic flocculant CW 3279 in 1,2 times. The regularities of adsorption extraction of phenols from model solutions have been established, which makes it possible to reduce their content from 1151,57 mg/dm³ to 355,36 mg/dm³ by glauconite in combination with cationic flocculant CW 3279 in the interval of 40—120 min. It is recommended to use glauconite at a dose of 2 g/dm³ in combination with cation flocculant CW 3279 — 5 ml/dm³ for 120 min drainage treatment. The sediment that is accumulated in the process of cleaning liquid waste is proposed to be processed and used as a binder in the paverment production.

Keywords: natural adsorbent, phenols, ammonia, rhodanides, acid-activation, glauconite, zeolite, flocculant.

Ivanchenko Anna V. — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of the Chair of Chemical Technology of Inorganic Substances, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Khavikova Karyna Ye. — Post-Graduate Student of the Chair of Chemical Technology of Inorganic Substances, e-mail: karina.havikova@gmail.com

Комплексная очистка промышленных фенольных сточных вод с использованием адсорбентов из природного сырья

¹Днепропетровский государственный технический университет, Каменское

Приведены сведения о минеральном составе природных глин с целью подбора оптимального адсорбента в технологии извлечения из жидких отходов коксохимического предприятия ЧАО «ДКХЗ» г. Каменского фенолов, роданидов и аммиака. Обоснованы преимущества использования природного адсорбента глауконита в сочетании с катионным флокулянтom CW 3279 в комплексном очищении коксохимических стоков от фенолов, роданидов и аммиака, которые затем подаются на биологическую переработку активным илом с фенол- и роданразрушающими микроорганизмами. Использован процесс активации природных минералов — глауконита и цеолита соляной кислотой 7 % HCl в соотношении «минеральный сорбент: раствор кислоты», как 1:6. Исследован процесс адсорбционного удаления фенолов, роданидов и аммиака из промышленных сточных вод на лабораторной установке с мешалкой при использовании глауконита, цеолита, бентонита, подсолнечной лузги в нативной форме; кислотно-активированных цеолита и глауконита дозами 2 г/дм³; бентонита и глауконита в сочетании с катионным флокулянтom CW 3279 объемом 5 мл/дм³ в интервале времени 60—120 мин. Экспериментально установлено, что наиболее эффективное извлечение фенолов в промышленных стоках с 410,74 мг/дм³ до 207,68 мг/дм³ происходит при использовании глауконита с катионным флокулянтom CW 3279. Доказано, что с применением кислотно-активированного цеолита дозой 2 г/дм³ и временем контактирования 120 мин, обеспечивается снижение концентрации общего аммиака с 1192,10 мг/дм³ до 340,60 мг/дм³, глауконита с катионным флокулянтom CW 3279 — до 510,90 мг/дм³. Степень очистки от роданид-ионов кислотно-активированным цеолитом достигнута в 1,5 раза, тогда как при применении глауконита с катионным флокулянтom CW 3279 в 1,2 раза. Установлены закономерности адсорбционного извлечения фенолов из модельных растворов, что позволяет снизить их содержание с 1151,57 мг/дм³ до 355,36 мг/дм³ глауконитом в сочетании с катионным флокулянтom CW 3279 в интервале времени 40—120 мин. Для промышленного внедрения рекомендуется применять глауконит дозой 2 г/дм³ в сочетании с катионным флокулянтom CW 3279 — 5 мл/дм³ с продолжительностью обработки стоков 120 мин. Осадок, который накапливается в процессе очистки жидких отходов предложено перерабатывать и использовать в качестве вяжущего материала в производстве дорожных покрытий.

Ключевые слова: природный адсорбент, фенолы, аммиак, роданиды, кислотная активация, глауконит, цеолит, флокулянт.

Иванченко Анна Владимировна — канд. техн. наук, доцент кафедры химической технологии неорганических веществ, e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com ;

Хавикова Карина Евгеньевна — аспирант кафедры химической технологии неорганических веществ, e-mail: karina.havikova@gmail.com