

пін А.І. – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. – 204с.

4. **Поркуян О.В.** Керування нелінійними динамічними об'єктами збагачувальних виробництв на основі гібридних моделей Гамерштейна: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт.техн.наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація процесів керування» / **О.В. Поркуян.** – Кривий Ріг, 2009. – 36 с.

5. **Назаренко М.В.** Прогнозуюче адаптивне керування стохастичною системою для забезпечення раціональних техніко-економічних показників на прикладі залізрудного гірничо-збагачувального комбінату / **М.В. Назаренко.** – Кривий Ріг: Діоніс (ФОП Чернявський Д.О.). – 2010. – 309 с.

6. **Моркун Н.В.** Розподілене оптимальне керування взаємопов'язаними процесами збагачувального виробництва на основі динамічної просторово-часової моделі: дис. ... доктора техн.наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація процесів керування» / **Моркун Наталія Володимирівна.** – Кривий Ріг, 2017. – 357 с.

7. **Линч А. Дж.** Циклы дробления и измельчения / **Линч А. Дж.:** [пер. с англ.]. – М.: Недра, 1981. – 342с.

8. **Herbst J.A.** Model-based control of mineral processing operations / **J.A. Herbst, W.T. Pate, A.E. Oblad** // Powder Technology. – 1992. – Vol.69. – P. 21-32.

9. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых / [**Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я. и др.**]. – М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2013. – 512 с.

10. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2014. – Вип.36. – С.276-280.

11. Измельчение. Энергетика и технология / [**Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И. и др.**]. – М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2007. – 296 с.

12. **Кондратець В.О.** Дослідження випадкового процесу навантаження опорного ролика конвеєра в умовах осередненого потоку руди / **В.О. Кондратець** // Зб. наук. праць Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2013. – №43. – С.79-88.

13. **Свешников А.А.** Прикладные методы теории случайных функций / **Свешников А.А.** – М.: – Наука, 1968. – 464 с.

14. **Кондратець В.О.** Сферична частинка твердого певного розміру як основа процесу моделювання розпушення гірських порід / **В.О. Кондратець, А.М. Мацуї** // Математичне моделювання: науковий журнал. – 2016. №2(33). – С.55-59.

15. **Мацуї А.М.** Теоретичне і експериментальне дослідження магнітоелектричної системи, що сприймає крупність пісків односпірального класифікатора / **А.М. Мацуї, В.О. Кондратець** // Електротехніка та електроенергетика. – 2017. – №2. – С. 38-49.

Рукопис подано до редакції 24.04.2018

УДК 628.356.39:628.345.6

В.Ю. ТИЦУК, д-р техн.наук, доц., І.Б. КОВАЛЬОВА, ст. викладач

Криворізький металургійний інститут Національної металургійної академії України

Т.А. КРИВЕНКО, викладач, Гірничий коледж, Криворізький національний університет

РОЗВИТОК ОСНОВ БІОХІМІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Мета. Метою даної роботи є розробка ефективних засобів біохімічної очистки стічних вод коксохімічних виробництв на основі використання природних органічних сполук. Очищення стічних вод коксохімічного виробництва відрізняється складністю процесу, яка полягає в наявності у воді великої кількості хімічних інгредієнтів, що важко підлягають видаленню з водного середовища.

Методи досліджень. Аналіз раніше виконаних досліджень в галузі очищення стічних вод, використано аналітичні дослідження очищення стічних вод на основі фундаментальних положень органічної та колоїдної хімії, проведено експериментальні дослідження сорбції шкідливих речовин в водяному середовищі на поверхні сорбату, в якості якого використано зелені глини. В якості шкідливої речовини прийнято оксид вуглецю, який в порівнянні з іншими забруднювачами найбільш складно піддається очищенню.

Наукова новизна. Теоретично доведено механізм взаємодії зелених глин з оксидом вуглецю, який протікає по типу фізичної сорбції і хемосорбції на поверхні дрібнодисперсних частинок зелених глин

Практична значимість. Отримано результати питомої сорбції шкідливих речовин на поверхні часток зелених глин. Встановлена пряма залежність ефективності очищення забрудненої води від концентрації зелених глин у водному середовищі.

Результати. Доведена перспектива використання природних органічних речовин – зелених глин для очищення стічних вод коксохімічних виробництв від низки шкідливих речовин. В подальшому необхідно провести широкі дослідження по видаленню з водного середовища фенолів, аміаку, смол і мастил, роданідів, ціанідів, солей неорганічних кислот, сполук сірки та інших шкідливих речовин.

Ключові слова. Коксохімічне виробництво, стічні води, очищення вод, сорбція, зелені глини.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Фізико-хімічні показники стічних вод коксохімічних підприємств свідчать про широкий діапазон шкідливих речовин в складі відпрацьованих вод. Якість стічних вод характеризується вмістом компонентів, специфічних для даного виду виробництва: кількістю і концентрацією органічних речовин, активною реакцією, наявністю біогенних елементів, властивостями присутніх інгредієнтів. На основі цих даних проводиться вибір раціональних методів очищення стічних вод підприємств.

Розглянемо склад стічних вод коксохімічних заводів. Це насамперед високий вміст органічних речовин 0,8–3 г/л (хімічні цехи – фенольні води). Стічні води також містять завислі речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більше), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот [1;2].

На коксохімічних підприємствах, що є одними із найбільших забруднювачів оточуючого середовища, утворюються мільйони кубічних метрів на рік виробничих (так званих «фенольних») стічних вод. Це є наслідком специфіки коксохімічного виробництва, пов'язаної з термічною деструкцією кам'яного вугілля при отриманні коксу.

В зв'язку з цим виділяється вода, що забруднена хімічними продуктами коксування: розчинними і нерозчинними ароматичними вуглеводнями (похідними бензолу, нафталіну, антрацену); одно- і багатоатомними фенолами, аміаком та солями амонію; ціанід-, роданід- і сульфід-іонами. Високий вміст органічних речовин 0,8–3 г/л (хімічні цехи – фенольні води). Стічні води також містять завислі речовини (0,3–0,5 г/л), смоли і мастила (0,3–0,5 г/л), феноли (0,4–1,8 г/л), аміак (0,2–3 г/л і більше), ціаніди і роданіди (0,1–0,4 г/л), солі неорганічних кислот.

При виробництві коксу кількість стічних вод, що становить 0,4 - 0,6 м³/т коксу, яка піддається фізико-хімічним, механічним та біологічним методам очищення [2].

Очищені стічні води коксохімічних заводів використовують в основному для гасіння коксу, тому значна кількість шкідливих речовин, що залишилися у воді, при взаємодії з розпеченим коксом випаровується і потрапляє в атмосферу.

Крім того, частина шкідливих речовин, що утворюються - сірководень, ціаністий водень та сірчистий ангідрид, також додатково утворюються при взаємодії розпеченого коксу з водою. Тому навіть при незначній концентрації шкідливих речовин в стічній воді, їх вміст у парах з веж гасіння коксу перевищує гранично допустимі концентрації. Проблема повного очищення стоків від розчинених у воді органічних речовин є вельми важливою яку складно вирішити.

Стічні води коксохімічного виробництва є шкідливими і небезпечними забруднювачами водойм, а також атмосфери за рахунок випаровування та дифузії вказаних речовин з забруднених рідин в повітря робочих зон та в атмосферне повітря прилеглих територій.

Тому проблема очищення стічних вод коксохімічного виробництва є важливою і актуальною.

Аналіз досліджень і публікацій. На теперішній час існують способи використання глинистих матеріалів у якості адсорбентів у процесах очистки промислових стічних вод з кожним роком стає все більш розповсюдженим [3]. Серед інших матеріалів, призначених для цієї мети, перевагу надають природному глиняному бентоніту. Існує два найпоширеніші різновиди бентоніту – високогіроскопічний натрієвий і низькогіроскопічний кальцієвий [4]. Суть очистки води бентонітом полягає в адсорбції забруднень розвинутою поверхнею останнього, котру можна додатково активувати обробкою спеціальними речовинами. Проте, це призводить до значного підвищення вартості очистки [4]. Відомі з зарубіжних джерел приклади застосування бентоніту для очистки води від різноманітних органічних речовин - масел, нафтопродуктів, мастил і т. п., що свідчать про його надвисоку очисну здатність в поєднанні з екологічною безпечністю [5]. При цьому в кожному випадку утворюється бентонітовий осад, насичений смолами, який в залежності від їх вмісту осідає чи спливає з рідини.

В зв'язку з цим визначення шляхів очищення окремо кожної забруднюючої речовини у скидах фенольних вод є актуальною науковою і технічною задачею, яка пов'язана з виконанням програм по покращенню стану атмосферного повітря, підвищенню якості життя населення, а також безпеки, гігієни праці і виробничого середовища у коксохімічному виробництві.

Постановка завдання.

1. Аналітично і експериментально визначити тип і склад забруднюючих речовин, що виділяються при технологічних процесах коксохімічного виробництва.

2. Встановити фізико-хімічний механізм нейтралізуючої дії зелених глин як засобів очищення стічних вод коксохімічних виробництв та експериментально і аналітично визначити їх ефективність.

3. Виконати дослідження з вибору біологічно-активної мікрофлори для видалення шкідливих речовин із стічних вод коксохімічного виробництва.

Викладення матеріалу та результати. Вирішення проблеми очищення стічних вод дозволить покращити санітарно-гігієнічні умови праці та захистити атмосферне повітря на прилеглих територіях.

За звичай вона вирішується комплексом фізико-хімічних, механічних і біохімічних способів, які використовуються для очищення локальних стоків і загального фенольного стоку на біохімічних установках. Вибір способів і ефективність очищення визначається тим, як використовуються очищені стічні води. На більшості діючих коксохімічних підприємств очищені стічні води використовуються для гасіння коксу. Обсяги утворення стічних вод становлять 0,4-0,5 м³ на 1 т коксу. Тому на підприємствах з мокрим гасінням коксу реалізується безсточність виробництва.

Наявність поверхнево-активних речовин робить коксохімічний стік стійкою емульсійною системою. Найбільш ефективним методом знешкодження такого стоку є біохімічна обробка.

Стічні води перед гасінням коксу повинні бути очищені від летючих шкідливих речовин і не містити ті сполуки, які при контакті з розпеченим коксом можуть розкладатися з виділенням шкідливих летючих компонентів. Високі вимоги по захисту повітряного басейну від забруднень, відповідно, підвищують і вимоги до якості очищення стічних вод, так як процес мокрого гасіння коксу вносить певний вклад у забруднення атмосфери при використанні для гасіння коксу навіть технічну воду. На ряді підприємств, де здійснюється сухе гасіння коксу, очищені фенольні води підлягають біологічному доочищенню в системах очисних споруд.

Велика різноманітність домішок стічних вод зумовлює необхідність застосування різних методів виділення або знешкодження домішок. Частина методів входить як складова частина в основну технологію уловлювання та переробки хімічних продуктів коксування і призначена для виділення у вигляді товарних продуктів ряду речовин з технологічних вод і поліпшення якості окремих складових загального стоку.

Проблема очищення технологічних і стічних вод від смолистих речовин, масел є спільною для багатьох галузей промисловості. Методи очищення при цьому - це відстоювання, флотажія, сорбція, фільтрація, екстракція, та ін. Вибір методу залежить не тільки від вимог, що пред'являються до якості води, але й від природи смол і масел.

Очищення від смолистих речовин, що мають щільність більше одиниці, здійснюється, в основному, методом відстою, рідше - методом адсорбції на кварцовому піску або коксі. Масла у стічних водах коксохімічного виробництва в основному представлені компонентами поглинювального масла (конденсованими двоядерними ароматичними вуглеводнями з температурою кипіння від 200 до 300° С) і антраценового масла (полициклічними, в основному трьохкольчатими, конденсованими вуглеводнями з температурою кипіння вище 300° С).

Біохімічні (біологічні) методи застосовують для очищення промислових стічних вод від багатьох розчинених органічних і деяких неорганічних (сірководень, сульфід, аміак, нітрити) речовин. Процес очищення заснований на здатності мікроорганізмів використовувати ці речовини для живлення в процесі життєдіяльності, оскільки органічні речовини для мікроорганізмів є джерелом вуглецю.

Контактуючи з органічними речовинами, мікроорганізми частково руйнують їх, перетво-

рюючи в воду діоксид вуглецю, нітрит і сульфат-іони та ін. Інша частина речовини йде на утворення біомаси. Руйнування органічних речовин називають біохімічним окисненням.

Біохімічне окиснення здійснюється співтовариством мікроорганізмів (біоценозом), що включають безліч різноманітних бактерій, найпростіших і ряд більш високоорганізованих організмів-водоростей, грибів і т. д., зв'язаних між собою в єдиний комплекс складними взаємовідносинами (метабіоз, симбіоз і антагонізм).

Чільна роль у цьому співтоваристві належить бактеріям, число яких варіює від 10^6 до 10^{14} клітин на 1 г сухої біологічної маси (біомаси). Число родів бактерій може досягати 5-10, число видів - декількох десятків і навіть сотень. Співтовариство мікроорганізмів представлено одними бактеріями в тому випадку, якщо очистку проводять в анаеробних умовах (відсутність розчиненого у воді кисню). У виробничих стічних водах зустрічається до 30 видів *Bacterium*. Ці бактерії засвоюють нафту, парафіни, нафтени, феноли та інші сполуки.

Серед бактерій в очисних спорудах співіснують гетеротрофи і автотрофи, причому переважне розвиток та чи інша група отримує в залежності від умов роботи системи. Ці дві групи бактерій розрізняються по своєму відношенню до джерела вуглецевого живлення. Гетеротрофи використовують в якості джерела вуглецю готові органічні речовини і переробляють їх для отримання енергії і біосинтезу клітини. Автотрофні організми споживають для синтезу клітини неорганічний вуглець, а отримують енергію за рахунок фотосинтезу, використовуючи енергію світла, або хемосинтезу шляхом окислення деяких неорганічних сполук (наприклад, аміаку, нітритів, солей двовалентного заліза, сірководню, елементарної сірки та ін).

Мікроорганізми здатні окиснювати багато органічних речовин, але для цього потрібен різний час адаптації. Легко окиснюються бензойна кислота, етиловий і аміловий спирти, гліколі, хлоргідриди, ацетон, гліцерин, анілін, складні ефіри.

Проте, процес біологічного очищення стічних вод дозволяє руйнувати тільки відносно прості органічні і амонійні сполук. Неорганічні сполуки, токсини, комплексні сполуки і складні органічні сполуки (які також можуть бути токсичними) зв'язуються з біомасою, частково руйнуються, але ступінь очищення від них набагато нижче. Наприклад, використання очищення за допомогою активного мулу не гарантує видалення іонів важких металів (кадмій, хром, нікель, свинець, ртуть).

Процес очищення стічних вод може здійснюватися за допомогою звичайних очисних споруджень (аеротенк, біофільтр), штучно іммобілізованої біомаси за допомогою іммобілізованих ферментів. Успіхи у створенні і використанні нових видів біомаси і ферментів допоможуть вирішити багато складних проблем.

Речовини, що знаходяться в стічних водах в колоїдному або дрібнодисперсному стані, окиснюються з меншою швидкістю, ніж речовини, розчинені у воді.

Для нормального процесу синтезу клітинної речовини, а отже, і для ефективного процесу очищення стічної води в середовищі повинна бути достатня концентрація всіх основних елементів живлення - органічного вуглецю, азоту, фосфору. Крім основних елементів складу клітки (C, N, O, H) для її побудови необхідні в незначній кількості і інші компоненти.

В якості сорбентів забруднюючих речовин, що присутні в стічних водах нами прийнято зелені глини. Склад зелених глин включає наступні інгредієнти, %: SiO_2 - 44,0-68,0; Al_2O_3 - 5,0-28,8; Fe_2O_3 - 1-15; FeO - 0,15-1,34; CaO - 0,8-9,19; MgO - 0,9-4,2; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ - 0,8-5,62; волога - 6-22,83. Крім того в складі зелених глин знаходяться гумінові комплекси, які можуть поглинати шкідливі гази.

В якості шкідливої речовини прийнято оксид вуглецю, який в порівнянні з іншими забруднювачами найбільш складно піддається очищенню.

Фізико-хімічні передумови нейтралізації монооксиду вуглецю зеленими глинами полягають в наступному. Молекула оксиду вуглецю, незважаючи на невеликий дипольний момент, має яскраво виражений полярний характер. За рахунок полярності зв'язку $\text{C} = \text{O}^+$ виникає взаємодія молекули оксиду вуглецю з іонами і полярними групами гуматів натрію (калію), що знаходяться в розчині, такими, як іони натрію (калію), гідроксильні, карбоксильні, фенольні, карбонільні групи, наявність яких в складі гумінових кислот доведено. Ця взаємодія має електрос-

татичний характер і по силі своїй наближається до величини ковалентного зв'язку.

Тому при проходженні СО через водну суспензію може відбуватися його поглинання. Таким чином здійснюється нейтралізація СО зеленими глинами. Непрямим підтвердженням можливості нейтралізації монооксиду вуглецю цими суспензіями є той факт, що гумусові речовини, що містяться в ґрунті, поглинають гази, в тому числі і СО, більш енергійно в порівнянні з іншими ґрунтовими частками. При цьому основним елементом гумусу є гумінові кислоти, які входять до складу зелених глин.

Технологічна доцільність використання водяних розчинів зелених глин обумовлена їх фізико-хімічними характеристиками. У мікроскопічному вимірі глини представлені об'єднанням часток з розмірами меншими 2 мм, що заряджені переважно негативно. Проте, за результатами досліджень інших авторів на поверхні цих часток можуть співіснувати як негативні так і позитивні заряди.

За даними зарубіжних авторів негативні заряди розташовані переважно на поверхні глинистих часток, а позитивні на їх ребрах. Таким чином глини можуть виконувати роль як катіонообмінників так і аніонообмінників і вони є каталізаторами

Одним із напрямків аналітичних досліджень це визначення процесу керування процесами газоуловлювання та пилоподавлення з використанням каталізаторів тобто зелених глин, та їх складових для зміщення рівноваги в парогазовій фазі, яка сприяє вилученню шкідливих речовин шляхом утворення з них менш шкідливих та їх сорбції на поверхні диспергованих сорбентів.

Теоретичною основою нейтралізації шкідливих газів водними суспензіями зелених глин є хімічна кінетика і каталіз.

У промисловості каталізатори це багатокомпонентні системи. У складі каталізаторів, в даному випадку глин, можуть входити промотори (активатори), що є добавками до каталізатора у вигляді невеликої кількості речовин, які самі можуть бути каталітично неактивними по відношенню до певної реакції, але дуже підвищують активність власне каталізатора.

Добавка до каталізаторів невеликої кількості промотора, підвищує їх активність за рахунок збільшення поверхні, вибіркості і терміну дії.

Промотором (активатором) називають добавку до каталізатора невеликої кількості речовини, яка сам по собі може бути каталітично неактивною по відношенню до певної реакції, але дуже підвищує активність власне каталізатора. Ефективність дії промоторів залежить від їх кількості. При певному співвідношенні активного компонента і промотора спостерігається максимум активності. В складі зелених глин промоторами можуть виступати оксиди заліза та алюмінію і платина.

Зміщення рівноваги під дією каталізатора це термодинамічний процес. Термодинамічний процес являє собою сукупність послідовних станів, через які проходить термодинамічна система при взаємодії її з навколишнім середовищем. При цьому усі ці частини параметрів зазнають змін. Ці зміни параметрів відбуваються таким чином, щоб система була спрямована до стану рівноваги. Розглядаючи склад зелених глин можна відмітити наявність промоторів. Це є суттєвим фізико-хімічним фактором, який свідчить, що зелені глини можуть бути нейтралізатором монооксиду вуглецю, за рахунок його поглинання, та поглинати інші забруднюючі речовини у стічних водах.

Дослідження здатності зелених глин сорбувати гази проводились на спеціальному стенді, який включав колбу з водним розчином глин, об'ємом 1 дм³; камеру, наповнену газом, що досліджується; пусту камеру для прийому газу після нейтралізації; електричний аспіратор з витратоміром і систему з'єднувальних трубок. За допомогою електричного аспірата відбувалося перекачування монооксиду вуглецю з камери через досліджуваний розчин в пусту камеру. Швидкість пропускання газу складала 0,2 дм³/хв., об'єм пропущеного газу – 2 дм³, час пропускання – 10 хвилин.

Після пропускання порції газу через розчин замірялась залишкова концентрація монооксиду вуглецю. За різницею концентрацій газу до і після перепускання через розчин визначалась кількість газу, яка була адсорбована водним розчином зеленої глини. Потім через розчин про-

пускалася нова порція газу, об'ємом 2 дм³, і знову визначалась кількість СО, що була сорбована зеленими глинами. В ході досліджень фіксувався момент досягнення межі адсорбції СО на глинах, який характеризувався тим, що поглинання газу суспензією більше не відбувалося, і його концентрація в суміші до і після перепускання через розчин глин не змінювалась. Концентрація монооксиду вуглецю визначалась за допомогою газоаналізатора. Концентрація зелених глин у водяній суспензії становила 5;6;7;8;9;10 мас.%. Розрахунки показали, що питома сорбція монооксиду вуглецю становить 10-12 мг на 1 г зеленої глини.

Газоуловлюючі властивості водяних розчинів зелених глин доведено результатами досліджень, які свідчать, що гранична сорбція оксиду вуглецю на глиняних комплексах досягає 10-12 мг на 1 г глин. Оптимальні концентрації зелених глин за критерієм технічної та економічної доцільності становлять 5–10 мас. %. Ізотерми адсорбції оксиду вуглецю на глиняних комплексах, мають максимум, що свідчить про можливість їх обробки з використанням рівняння ізотерми адсорбції Ленгмюра. Результати досліджень кінетичних процесів сорбції СО в часі (*t*) на складових зелених глин підтвердили їх здатність очищати вказаний газ, якщо він знаходиться у водяному середовищі. При цьому швидкість сорбції пропорційна відношенню площі поверхні сорбенту та його об'єму. Отже, процес сорбції має гомогенно-гетерофазний характер. Для поглиблення вивчення механізму нейтралізації оксиду вуглецю суспензіями зелених глин проведено оцінювання інтегрального теплового ефекту процесу сорбції газу на компонентах глин. У результаті визначено інтегральну теплоту сорбції монооксиду вуглецю на частинках зелених глин, яка складає $\Delta H = -210$ кДж/моль. Це свідчить, що реакція може відбуватися по типу хемосорбції, тобто має місце хімічна взаємодія між молекулами газу і складовими зелених глин, що забезпечить неможливість в подальшому проходження процесу десорбції газів з поверхні глиняних частинок.

Також було виконано дослідження газовловлювальної здатності водяних суспензій мікрободоростевих штамів на прикладі оксиду вуглецю. Це напрямок очищення шкідливих речовин в стічних водах за принципами біотехнології.

Результати досліджень показали, що питома поглинання СО, мікрободоростевим штамом *Spirulina* становить не менше 7 мг на 1 г біомаси, а для композиції суспензій *Spirulina* і бактерії *Pseudomonas* – 17 мг/г. Одержані результати є вихідними даними для визначення витрат суспензій мікрободоростей для нейтралізації газу при відомій його кількості.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На коксохімічних підприємствах утворюються мільйони кубічних метрів на рік виробничих (так званих «фенольних») стічних вод. Це є наслідком специфіки коксохімічного виробництва, пов'язаної з термічною деструкцією кам'яного вугілля при отриманні коксу.

В роботі доведена перспектива використання зелених глин та мікрободоростевих штамів для очищення стічних вод. Дослідження очищення вод проводилися на прикладі оксиду вуглецю, який найбільш складно піддається нейтралізації та очищенню. Встановлено питомі значення сорбції оксиду вуглецю на частинках зелених глин та на мікрободоростевих штаммах.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на очищення стічних вод від інших забруднюючих речовин, що присутні в стічних водах коксохімічних виробництв.

Список літератури

1. **Клименко І.В.** Розробка ефективної технології очистки фенольних стічних вод/ **І.В. Клименко, Д. О. Єлатонцев, А.В.Іванченко** та ін. - Восточно-Европейский журнал передовых технологий 3/10 (81) 2016. С.50-57.
2. **Іванченко, А. В.** Дослідження технології вилучення смолистих речовин зі стічних вод коксохімічних підприємств методом реагентної флоатації / **А. В. Іванченко, Д. О. Єлатонцев, М. Д. Волошин, О. О. Дупенко** / Праці Одеського політехнічного університету. – 2015. – № 1 (45). – С. 158–163.
3. Syafalni Wastewater treatment using bentonite, the combinations of bentonite–zeolite, bentonite–alum, and bentonite–limestone as adsorbent and coagulant [Text] / Syafalni, R. Abdullah, I. Abustan, A. N. M. Ibrahim // International journal of environmental sciences. – 2013. – Vol. 4, Issue 3. – P. 379–391.
4. **Sulaymon, A. H.** Removal of oil from wastewater by organoclay prepared from Iraqi bentonite [Text] / **А. Н. Sulaymon, J. M. Kshash** // Journal of Engineering. – 2010. – Vol. 16, Issue 4. – P. 5778–5798.
5. **Антипова В.В.** Очищення фенольних стічних вод від коксохімічного виробництва за кордоном/**В.В.Антипова**// Чорна металургія:Бюл. ін-ту Черметінформація.- М.: 1979, Вип.8, С.3-23.

Рукопис подано до редакції 18.04.2018