

РОЗДІЛ «БІОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ. ЕКОЛОГІЯ»

УДК 658:352 (477.52/.6)

КАРПЕНКО О.О., ст. викладач

Дніпродзержинський державний технічний університет

ЕТАПИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ТА ЗАГАЛЬНИХ ПРОБЛЕМ ГОСПОДАРЮВАННЯ В МІСТІ

Вступ. Для сталого розвитку міста в теперішній час ринкових відносин найважливіше значення має своєчасна наявність суттєвої інформації у всіх осіб, що мають свої інтереси в місті. Зазначена інформація здатна спрямувати дії людей таким чином, що це забезпечить розвиток міста в оптимальному напрямі, наприклад – еколого-економічному. Можливості такого впливу дають сучасні інформаційні технології в поєднанні з Інтернетом. Саме їх використання у різних напрямках діяльності міста здатне забезпечити як всебічний моніторинг поточного стану міської інфраструктури, так і своєчасно надати людям статистичні та моніторингові дані у вигляді інформації необхідної якості та повноти через звичайні Інтернет-сайти. Але повнота інформації має сторони, що гальмують швидке осмислення людиною всього їй наданого. Такими факторами є:

- складнощі для людини у аналізі та засвоєнні великих обсягів різнопланової інформації у її різних видах;
- неможливість швидкого та правильного всебічного аналізу, що потребує спеціальних вмінь, наприклад статистичного, тривимірного та ще й з використанням інформації з різних джерел і з різними характеристиками.

Вивчення світового досвіду та власні напрацювання в галузі передових інформаційних технологій надають можливість визначитись з необхідними програмними продуктами та рішеннями з їх використання для вирішення різнопланових проблем міського господарства. Поруч з цим, на перший план виходять потреби як в відпрацюванні технологій збирання, зберігання та аналізу інформації для наступного їх впровадження в виробництво, так і необхідність навчання фахівців використанню даних технологій.

Постановка задачі. Створити інформаційно-аналітичну систему забезпечення та підтримки сталого розвитку міста і управління його інфраструктурою. Забезпечити користувачам системи таке інформаційно-аналітичне оточення, в якому б вони швидко та правильно змогли б приймати рішення щодо підвищення власного та суспільного добробуту.

Система повинна бути загального користування з розподілом доступу та можливостей щодо управління інформацією в базах даних.

Система повинна забезпечувати:

- збирання, зберігання інформації та її автоматичний аналіз за типовими схемами;
- доставку інформації по запитах користувачів у видах, що сприятимуть її швидкому осмисленню.

Питання, які будуть вирішені завдяки впровадженню системи:

- моніторинг поточного стану інфраструктури міста;
- сприяння вирішенню проблем різного рівня і вартості: персональних, колективних, рівня міста та держави;
- якісне інформаційне забезпечення організацій та пересічних громадян.

Названі заходи забезпечать:

- якісне самоуправління;
- сталий розвиток міста.

Перелік деяких міських процесів, які потребують інформаційного наповнення за допомогою геоінформаційних інтернет-технологій:

- земельні відносини;
- фінансова сфера, податки;
- житлове та комунальне господарство;
- громадський транспорт та перевезення вантажів;
- архітектурне планування та зонування, будівництво – регулювання;
- громадська безпека – міліція, служби порятунку, швидка медична допомога;
- загальні сервіси охорони здоров'я;
- економічний розвиток, торгівля, маркетинг;
- відпочинок громадян, рекреаційні зони та ін.

Потрібно також забезпечити життєздатність та подальший самостійний розвиток системи.

Результати роботи. Спосіб вирішення даної задачі запропоновано на підставі двадцятирічного досвіду автора в програмуванні та застосуванні технологій мережевих баз даних у різних організаціях та галузях управління, аналізу поточного стану світових і місцевих інформаційних технологій протягом цих же років та аналізу економічних і управлінських проблем у різних галузях міського господарства за останнє десятиріччя.

Для побудови системи пропонується використовувати геоінформаційні технології із зв'язком по мережі Інтернет. Фактично запропонована система буде являти собою геоінформаційну інтернет-систему (ГІС) рівня міста.

В Україні, в містах Київ, Харків, Одеса та ін., вже є досвід створення відомчих інформаційно-аналітичних систем рівня міста та більше, але поки що немає подібної комплексної, яка б обслуговувала кілька або усі галузі господарства.

Географічні інформаційні технології є аналітичною надбудовою над технологіями звичайних баз даних, яка обумовлена використанням єдиного зв'язуючого різнопланові дані ключа координат та наявністю потужного аналітичного апарату, який проводить миттєве дво- або тривимірне моделювання даних за запитом користувачів, а також дозволяє додавати до моделі суттєві коментарі у вигляді таблиць, графіків, фото, відео та ін. ГІС, в разі наявності в ній первісної інформації та правильно заданих методик розрахунків, може швидко збудувати наприклад санітарно-захисні зони підприємств, показати розрахунки підтоплення за якихось граничних умов, зіставити екологічний стан території з господарським та фінансовим, а також проводити моделювання, аналіз та розрахунки для негеографічних об'єктів суцільного середовища, таких як кристали, злитки.

Найважливішою умовою точного інформування в системі є своєчасне постачання інформації в бази даних. Рішенням є разове наповнення баз результатами інвентаризації з наступним періодичним їх доповненням даними моніторингу згідно з потребами життя.

Враховуючи неосяжний обсяг задач різної ваги та вартості, що можливо вирішувати за допомогою зазначеної системи, пріоритети її розвитку слід планувати для вирішення першочергових задач міської політики. Це, в першу чергу, земельна та комунальна сфери. Я навмисно не назвав сферу екології, тому що екологія торкається будь-якої сфери діяльності людини, а власне геоінформатика, геодезія та картографія відносяться згідно з державним розподілом до сфери діяльності Міністерства охорони навколишнього природного середовища України – головного екологічного відомства.

На поточний час в місті Дніпродзержинськ використовуються в переважній більшості геоінформаційні технології ArcGIS корпорації ESRI (Інститут дослідження систем навколишнього середовища), які є найбільш поширеними в світі серед професійних геоінформаційних програм. Вони надають можливість найбільш якісної обробки інформації та інформування. В даній системі вже розроблено генеральний план міста, зроблена грошова оцінка землі. Слід зазначити, що освоєння ГІС почалося з середини 90х років. З 2003 року Дніпродзержинська міська рада стала використовувати геоінформаційні технології в напрямі екології, а в 2006 році повний учбовий пакет персональних, мобільних та серверних програм геоінформаційної системи ArcGIS придбав Дніпродзержинський державний технічний університет.

Впровадження нових інформаційних технологій в різні сфери життя потребує корінної перебудови в умах людей, це є зміна звичних способів виконувати інформаційно-документальні роботи. Така перебудова веде до значних організаційно-функціональних змін та перепрофілювання в відповідних галузях управління. Але зупинятися на звичних технологіях теж не можна – в ринкових умовах це веде до програвів в конкурентній боротьбі, втрат ресурсів та взагалі – до втрат якості життя. Але зазначена інформатизація неможлива без набуття відповідних вмінь, в першу чергу, молодими фахівцями.

На сьогодні придбані університетом геоінформаційні програми майже повністю встановлені і налаштовані в навчальних класах. Повністю розгорнута мобільна та настільна частини навчальної ГІС. Налаштовується серверна частина. Відпрацьовується широкий спектр наявного навчального матеріалу для даної системи. Протягом останніх років проводилось викладання студентам основ роботи з ArcPAD (мобільною частиною ArcGIS) з метою навчання їх методам інвентаризації територіальних об'єктів за різними напрямками. Зібрані з території дані використовувались для підготовки та захисту дипломних робіт. При підготовці використовувався лабораторний набір (ArcMAP рівня ArcINFO та кілька спеціалізованих програмних додатків-аналізаторів). Найбільшим попитом користувався Геостатистичний аналізатор (аналітичний додаток до настільної ГІС ArcMAP), за допомогою якого на підставі первісних даних в дипломних роботах будувалися графічні поверхні розподілу різних територіальних екологічних факторів: забруднення повітря та ґрунтів, радіоактивного фону, підтоплення та ін. Створювалися тематичні карти за темами дипломних робіт. Та все ж з наявних даних в геобазі виявити економічні втрати майже неможливо, тому неможливо створити економічний проект з їх подолання та впровадити його поки що є нереальним – інформації недостатньо.

Висновки. На поточний час багато керівників використовують звичні, але застарілі та в сукупності більш коштовні технології інформування і менеджменту. Ці застарілі інформаційні технології все більше і більше не дозволяють вигравати в ринкових відносинах. Потрібна нова, швидка і якісна територіальна система інформування. Передумови для системи частково створені і створюються в місті надалі. Слід зазначити, що впровадження системи неможливе без забезпечення навчання та перепідготовки кадрів, в першу чергу керівників і тих, хто буде наповнювати систему даними або аналізувати їх відповідно до своїх посадових обов'язків. Тому пропоную відкрити в ДДТУ навчальний курс „Геоінформаційні технології в інвентаризації території та кадастровій справі”, а також проводити семінари по освоєнню геоінформаційних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. – М.: Дата +, 1999 г. – 489с.
2. Матеріали 10 конференції користувачів ESRI, Ялта-Київ, 2007р.

3. Kevin Daugherty, (ESRI, USA), Digital Cities - GIS in Municipal Government, 9 конференція користувачів ESRI, Ялта-Київ, 2006р.
4. Журнали „ArcReview”, Москва, 2004 – 2009 р.
5. Журнал „ArcReview, Тема номера – ГИС для управления городами и территориями”, Москва, 2006, № 3(38).
6. Гейтс Билл. Бизнес со скоростью мысли. (Business @ the Speed of Thought), 2000.
7. Ищук А.А., (ООО «Центр ГИС Аналитик» г. Киев), Павельчак Т.В., (ДРФ ГП «ЦГЗК», г. Донецк). ГИС для эффективного управления городскими территориями: http://giscenter.net.ua/articles/article_of_3.htm.
8. Дядюн В. (ЗАО ECOMM Co, г.Киев), ArcGIS Online платформа для Web ГИС: http://ecommm.kiev.ua/out/v_d.pdf.
9. Серединин Е.С., Козлитин В.Е. (ЗАО "ECOMM Co.). Корпоративные ГИС объединяют территории: <http://ecommm.kiev.ua/out/corpgis.pdf>.

УДК 502.175+528.921(477.52/.6)

ГАЛАТА А.В., к.х.н., доцент
КАРПЕНКО О.О., ст. викладач
ШВЕЦЬ О.М., студентка

Дніпродзержинський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ
М. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ
ПОВІДОМЛЕННЯ 1. ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ СЕЛИЩА ДНІПРОБУД
ІЗ СТВОРЕННЯМ КАРТ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ.
СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ДАНИХ**

Вступ. Радіоекологічний контроль території урбоекосистем полягає у кількісній та якісній оцінці параметрів радіаційної ситуації, яка зумовлена наявністю природних і техногенних джерел радіації з метою оптимізації умов проживання і господарювання в міському середовищі. Вивчення складної радіаційної обстановки в межах урбоекосистем потребує проведення спеціальних досліджень і створення дієвої системи радіаційного моніторингу на території районів міста.

Постановка задачі. Місто Дніпродзержинськ характеризується вкрай небезпечною екологічною ситуацією, що значно погіршує умови проживання населення. У місті організовано моніторинг атмосферного повітря та контролюється стан водних ресурсів.

Колективом кафедри „Біотехнологія та екологія” за період з 1990р. проведено ряд досліджень екологічного стану міста: вплив автотранспорту на стан атмосферного повітря (к.т.н., доц. Авраменко С.Х.), контроль стану ґрунтів селитебної території за вмістом важких металів (к.б.н., доц. Клименко Т.К.), дослідження процесу підтоплення території міста та стану зелених насаджень житлових районів (к.т.н., доц. Непошивайленко Н.О., к.т.н., проф. Гуляев В.М.) із створенням відповідних карт у ГІС м. Дніпродзержинська. Результатом цих робіт є створення електронних баз даних і наповнення тематичних шарів у геоінформаційній системі міста, які є цінним джерелом інформації про стан міста, базою для проведення аналізу і прийняття рішень та є доступними для багатьох користувачів різного рівня [1]. Особливо хочеться підкреслити, що у даний час в Україні поширюється процес інформатизації та систематизації даних, і наше місто створює свою ГІС поряд з такими містами, як Київ, Харків, Одеса, Дніпропетровськ та Львів.

Стосовно даних радіаційного стану міста існували лише дані 12-тилітньої давнини вибіркового радіаційного контролю території центральної частини та лівобережжя міста, проведеного методом лінійної пішохідної γ -зйомки. Системних даних радіоактивного фону для селитебних, промислових, рекреаційних зон міста немає [2, 3]. Тому було прийнято рішення (2006р.) провести базовий моніторинг сучасного радіаційного стану території міста, а саме житлових районів та зон відпочинку мешканців міста. Метою даної роботи є радіаційний контроль стану території селища Дніпробуд, де розташовані корпуси та гуртожитки нашого ВНЗу із створенням бази даних і карт для шару „Радіація” у геоінформаційній системі міста. У наступних частинах публікації даних радіоекологічних досліджень міста буде розглянуто радіаційний стан центральної частини міста, мкрн. Черемушки, Соцмісто, селища Романкове, житлових масивів лівого берега та зон рекреації (Голубе озеро та прибережна смуга водосховища).

Результати роботи. Система радіоекологічного контролю міст передбачає вимірювання гамма-фону, ступеню радіаційної чистоти та рівня індивідуальної дози іонізуючого випромінювання за допомогою дозиметра-радіометра. Контроль радіаційного фону території селища Дніпробуд проведено з використанням методичних рекомендацій, розроблених колективом авторів Національної академії наук і Міністерства охорони здоров'я України [4]. Дослідження радіаційного фону селища Дніпробуд м. Дніпродзержинська проводили із застосуванням радіометра РКС-01 „СТОРА-ТУ”, який призначений для контролю радіаційної ситуації, пошуку плям радіоактивного забруднення, детальних польових і лабораторних досліджень та індивідуальної дозиметрії. За його допомогою можна вимірювати потужність еквівалентної дози рентгенівського і гамма-випромінювання (мкЗв/год) та силу потоку бета-частинок. Виміри радіаційного γ -фону проводили у місяці лютому 2009р. при середній температурі 0°C.

Залежно від розміру досліджуваних територій, а також характеру об'єктів моніторингові роботи в Україні виконуються на різних масштабних рівнях. Використовують такі рівні вивчення радіоекологічного стану природних і техногенних систем; національний (масштаб 1:1000000 – 1:500000), коли оцінюється радіаційна ситуація в цілому по країні; регіональний (масштаб 1: 200000 – 1: 100000), що охоплює великі природні територіальні одиниці (регіони) чи їхні частини в певних природних або адміністративних межах; локальний (масштаб 1: 50000 – 1: 25000), який застосовується під час дослідження урбоєкосистем та надто забруднених промислових районів; детальний (масштаб 1: 10000 – 1: 2000 і крупніше), що спрямований на вивчення елементів урбоєкосистеми та інших природно-техногенних систем нижчих порядків [4]. З урахуванням цього було створено вихідну карту району досліджень. Об'єкти, в яких проводили вимірювання радіаційного фону, відмічали на паперовій вихідній карті району (М 1:5000), яку підготували з використанням програмного забезпечення ArcGIS-9. Для кожного об'єкта вимірювання потужності еквівалентної дози проводили у трьохкратній повторності; для подальшої роботи з даними брали середнє значення дат. Проміри проводили протягом 1 хв. на висоті 1м від площадки. Результати заносили у польовий щоденник із відміткою ситуації навколо точки контролю (грунт або покриття, погодні умови тощо). Всього проведено 637 вимірювань. Загальну площу досліджень, яка складає 309 га, встановили з використанням програми ArcMap, представивши досліджувану частину як полігон. Настільний продукт ArcMap – основний додаток ArcGIS Desktop для виконання всіх картографічних завдань, таких як створення й публікація карт, аналіз карт і редагування даних [4]. Вихідну карту досліджень селища Дніпробуд представлено на рис.1.

Кarti в ГІС багато в чому схожі зі статичними паперовими картами, але до того ж вони інтерактивні, тобто можливо взаємодіяти з ними. Інтерактивну карту можна

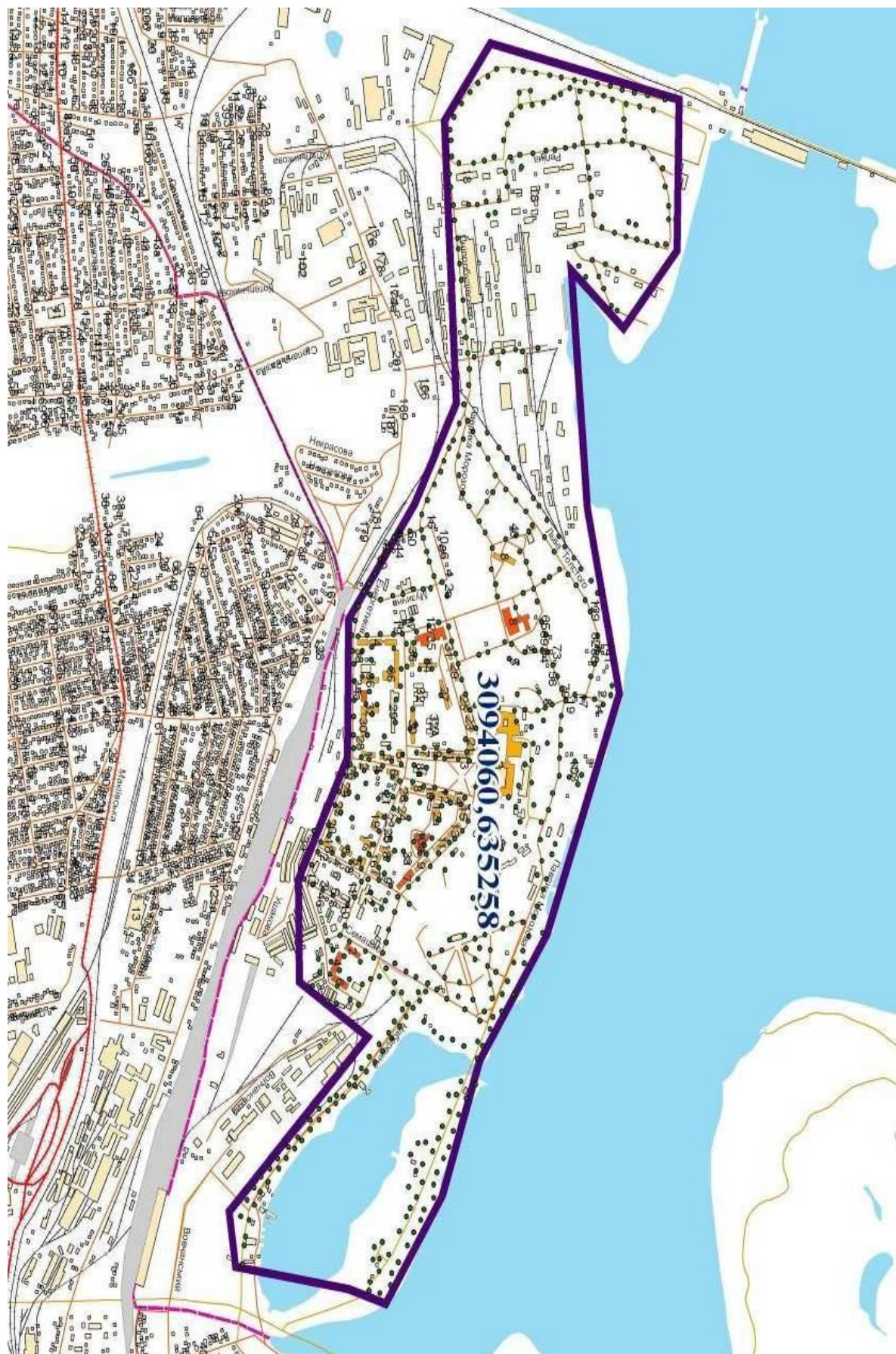


Рисунок 1 – Точки вимірів радіаційного контролю на території селища Дніпробуд

зменшувати й збільшувати, причому при певних масштабах деякі шари на карті можуть з'являтися або зникати. На карті можна застосовувати умовні знаки для відображення її шарів на основі будь-якого обраного набору інструментів.

Дані ГІС, як і іншу інформацію, необхідно постійно оновлювати й редагувати. Тому бази геоданих були розроблені як транзакційні. Їх можуть редагувати багато користувачів, вони можуть бути великого розміру й підтримувати різні сценарії роботи з ГІС. У ГІС одна повна транзакція включає багато операцій редагування.

Ми працювали у сеансах багаторазового редагування. Одне відновлення бази даних ГІС може мати безліч змін. Були нанесені досліджувані об'єкти, їм були присвоєні особисті номери, які є атрибутами даного об'єкта, які зберігаються в таблиці атрибутів.

Кожен об'єкт потребує прив'язки до місцевості за допомогою географічних координат. Для цього необхідно провести прив'язку отриманих даних з наборами даних, які існують для міста Дніпродзержинська у програмному забезпеченні ArcGIS. ArcMap пропонує два способи прив'язки табличних даних з географічними просторовими об'єктами: з'єднання і зв'язка; ми використовували зв'язку. На рис.1 представлено карту з точками вимірів радіаційного фону території селища Дніпробуд.

Для візуалізації інформації дані радіаційного дослідження стану території селища Дніпробуд були градуировані за категоріями масштабування, які підрозділяються таким чином:

- 1 категорія – 0,08 - 0,12 мкЗв/год; 2 категорія – 0,13 - 0,16 мкЗв/год;
- 3 категорія – 0,17 – 0,19 мкЗв/год; 4 категорія – 0,20 – 0,23 мкЗв/год;
- 5 категорія – 0,24 – 0,27 мкЗв/год.

Відповідна градація збільшення значень γ - випромінювання візуалізується змінною діаметру точок (рис.2).

Функціональні можливості роботи з геоданими можна розширити за рахунок серії додаткових модулів, таких, наприклад, як ArcGIS Spatial Analyst і ArcPress™ для ArcGIS.

Програма ArcGIS 9 має сервіси ArcWeb: кригінг і моделювання поверхонь; інструменти дослідницького аналізу просторових даних; оцінка вірогідності й погрішностей; відображення тимчасових рядів; відтворення; робота з будь-якими тимчасовими рядами даних (про зміну об'єктів із часом); розширені можливості друку карт.

ArcGIS Spatial Analyst надає великий набір інструментів, які розширюють середовище геообробки ArcGIS Desktop.

Для статистичної обробки даних використовували допоміжний модуль ArcInfo – метод побудови гістограми. Інструмент гістограма дає одномірний (за однією змінною) опис даних, який показує щільність розподілу для набору даних та підраховує сумарну статистику. Щільність розподілу – це стовпчаста діаграма, що показує наскільки часто досліджувані дані попадають у той або інший інтервал. Кількість значень, що попадають у кожний інтервал, пропорційні висоті стовпця. Нами побудовано варіаційний ряд розподілу дат радіаційного фону з інтервалом 5мкЗв/год. На рис.3 наведено результат статистичної обробки одержаного масиву дат вимірювань радіаційного фону території селища Дніпробуд.

На гістограмі розподілу дат модульний клас варіант (клас із найбільшим значенням частот) припадає на інтервал значень від 0,14 до 0,16мкЗв/год. Із проведеного статистичного аналізу витікає, що середнє значення потужності еквівалентної дози радіаційного фону території у районі досліджень становить $0,14 \pm 0,02$ мкЗв/год. Всі дані належать одній сукупності, немає локальних джерел підвищення природного радіаційного фону на досліджуваній території. Значення фону на території селища Дніпробуд від-

повідать значенням природного радіаційного фону і не перевищують значень, встановлених нормами НРБУ-97 для населення.

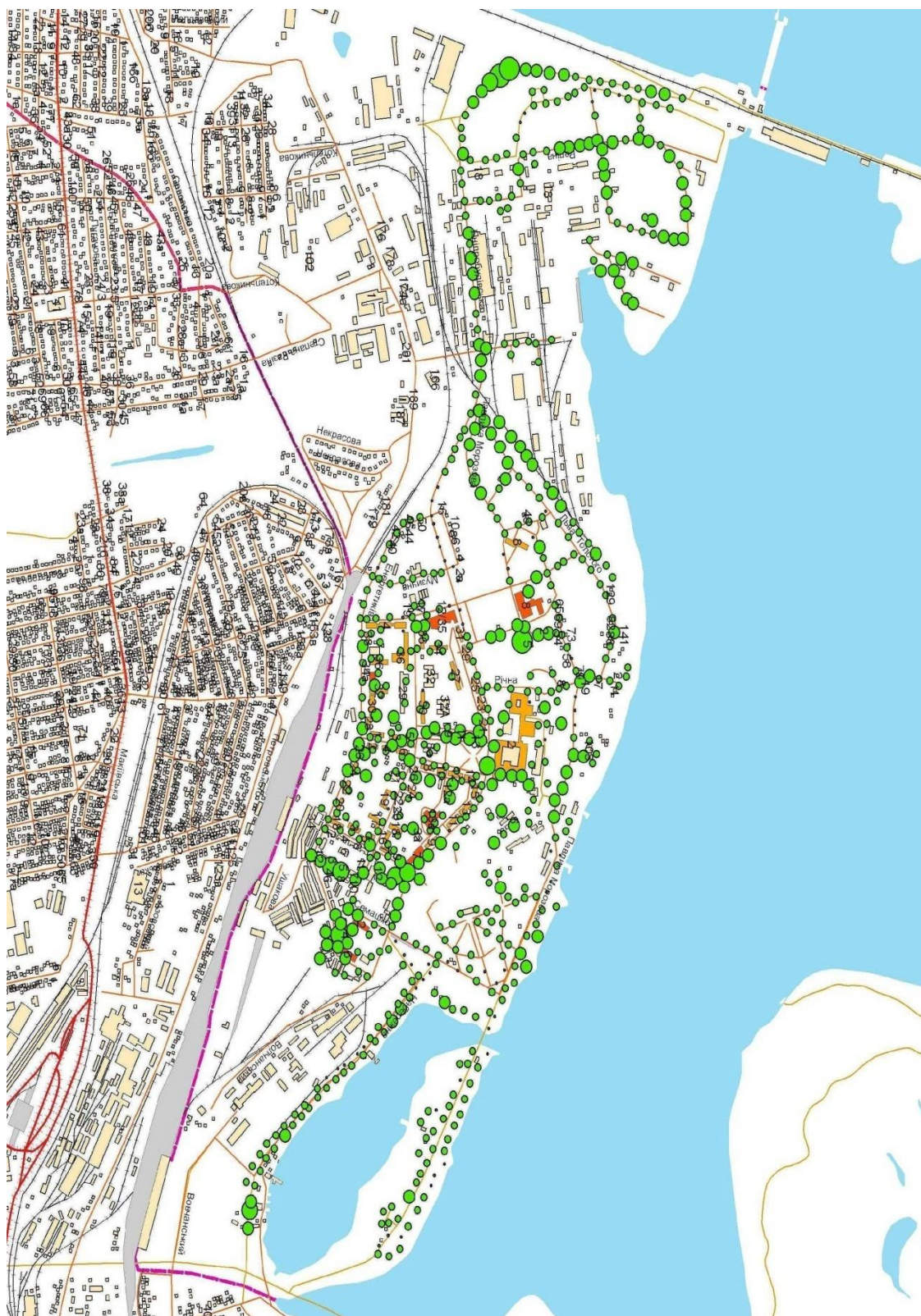


Рисунок 2 – Карта радіаційного стану селища Дніпробуд (із градацією ознаки за діаметром точок)

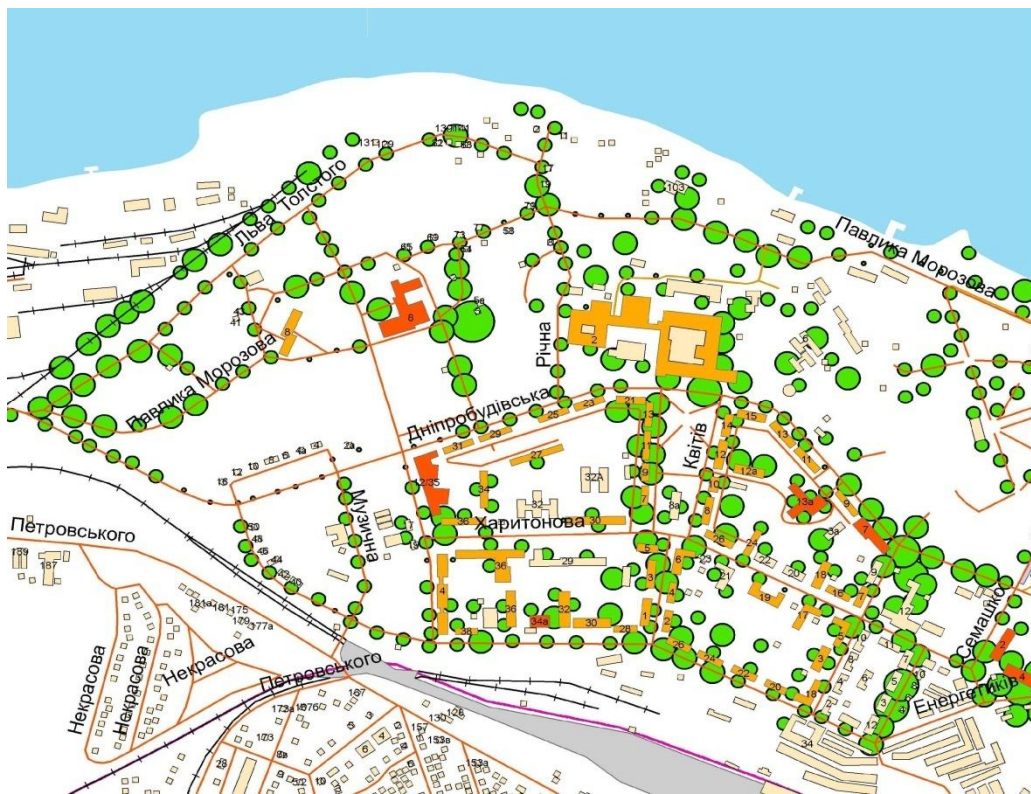


Рисунок 2а – Детальна карта радіаційного стану селища Дніпробуд (по вулицях Дніпробудівська, Квітів, Харитонова, Річна, Павлика Морозова, Музична, Семашка, Льва Толстого)



Рисунок 2б – Детальна карта радіаційного стану селища Дніпробуд (по вулицях Набережна, Павлика Морозова, Семашка)

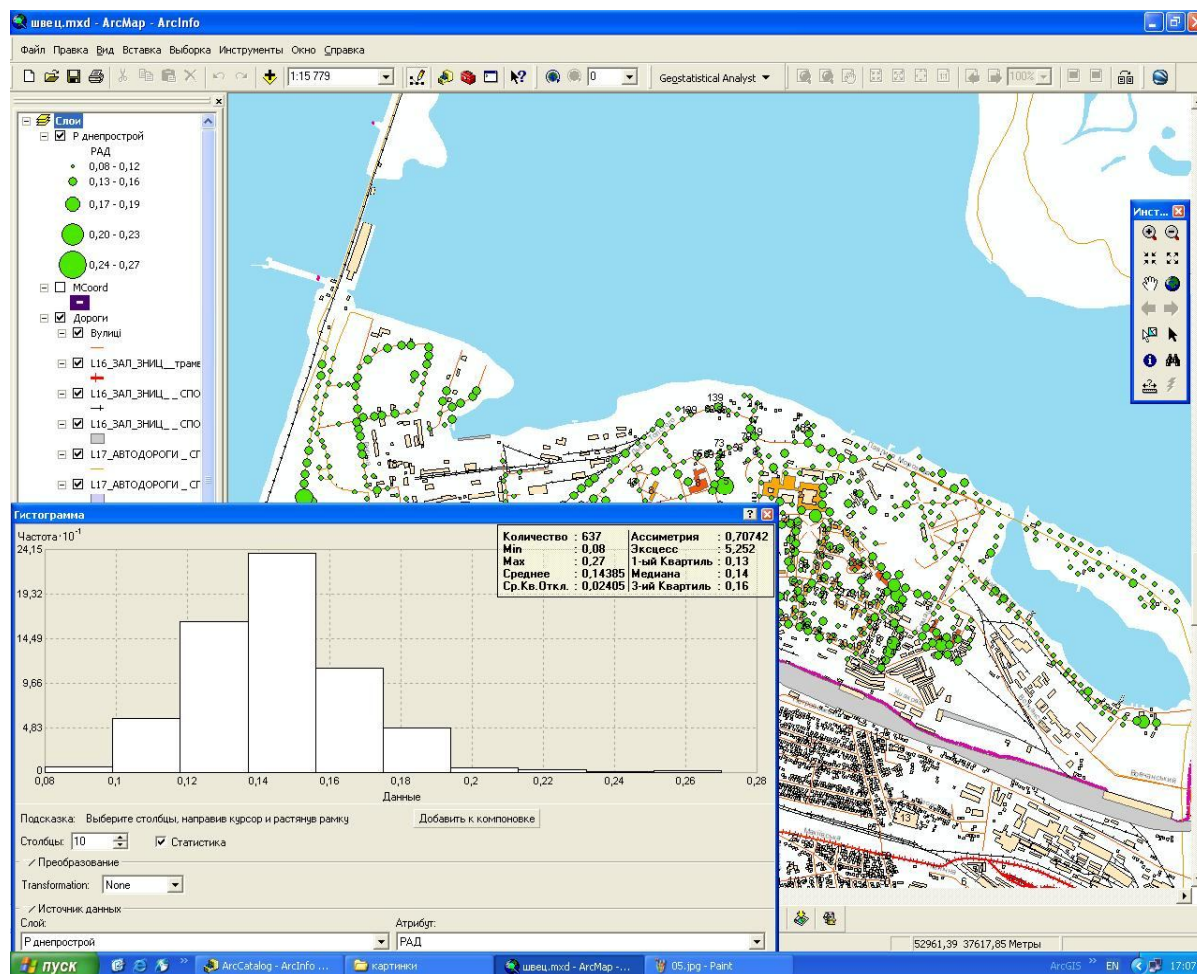


Рисунок 3 – Гістограма розподілу дат γ - випромінювання селища Дніпробуд

Висновки. Дана робота є частиною комплексного дослідження радіаційного стану території міста Дніпродзержинськ, яке проводиться співробітниками кафедри БТЕ протягом чотирьох років. Проведено радіаційний контроль території селища Дніпробуд загальною площею 309 га. Всього проведено 637 вимірювань. Встановлено рівень природного радіаційного фону ($0,14 \pm 0,02$ мкЗв/год.) та відсутність будь-яких радіаційних аномалій, джерел забруднення або підвищення фону на території досліджень. Вперше створено електронну базу даних та карт радіаційного контролю району у тематичному шарі „Радіація” для геоінформаційної системи міста Дніпродзержинськ.

ЛІТЕРАТУРА

1. ArcGis 9, ArcMap. Руководство пользователя. Пер.с англ.– М.: Дата +, 2001 г., 546с.
2. Комплексное детальное обследование радиационной обстановки микрорайона «Черемушки» Днепропетровского района / Широков Л.В. и др. – НТЦ КОРО. – Желтые воды, 1998. – 30с.
3. Екологічний паспорт міста Дніпродзержинська / Є.В.Сорокін, Г.Г.Шматков. – Дніпродзержинськ: Дніпродзержинська міська рада, НВП „Центр екологічного аудиту та чистих технологій”, 2003. – 37с.
4. Иванов Є.А. Радиоэкологические исследования: Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 149с.
5. ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. – М.: Дата, 1999. – 489с.

Дніпродзержинський державний технічний університет

**ДОСЛІДЖЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ
М. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЇ
ПОВІДОМЛЕННЯ 2. КОНТРОЛЬ РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ РЕКРЕАЦІЙНИХ ЗОН
ЛІВОБЕРЕЖЖЯ (ГОЛУБЕ ОЗЕРО І ПРИБЕРЕЖНА ЗОНА ВОДОСХОВИЩА)**

Вступ. Дана робота є частиною систематичного дослідження радіаційного фону міста, яка виконується на території лівого берега. Планується проведення вимірів рівня потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання зі створенням відповідної частини електронної бази даних і карти радіаційного фону району для геоінформаційної системи міста.

Постановка задачі. Головними типами урбоєкосистем лівобережжя міста Дніпродзержинська є житлові масиви і зони відпочинку мешканців міста. Ґрунти на лівобережжі міста за складом піщані, відповідно майже не накопичують забруднення внаслідок низької поглинальної здатності ґрунту. Радіаційна ситуація місцевості зумовлена наявністю природних джерел радіації. Проведення дослідження рівня радіаційного фону на території має на меті вирішення двох завдань: 1 – контроль відсутності джерел підвищеного рівня радіації у „спальних районах” міста і місцях масового відпочинку населення міста і області; 2 – встановлення рівня фону природної радіації і можливості використовувати цей район як контрольну зону при проведенні досліджень радіаційного стану інших районів міста. Одержані дані складуть частину бази даних для створення тематичного шару „Радіація” у ГІС міста Дніпродзержинська.

Результати роботи. Радіоекологічний контроль місцевості проводився за методикою, наведеною в Повідомленні 1, із застосуванням радіометра РКС-01 „СТОРАТУ”.

Об’єктами дослідження є рекреаційні зони лівого берега м. Дніпродзержинська, а саме Голубе озеро та прибережна зона водосховища. Єлизаветівський котлован є водоймищем штучного походження, яке створено на землях Петриківського району Дніпропетровської області на початку 70-х років під час видобування ґрунтів для намівання території під будівництво лівобережного житлового масиву м. Дніпродзержинська. Щорічно влітку на котловані (місцева назва — Голубе озеро), відпочивають понад 5 тисяч мешканців області.

Лівобережний парк Дніпродзержинська поблизу набережної на проспекті 50 років СРСР закладався більше 30 років тому на початку будівництва лівобережного житлового масиву, де наразі мешкають понад 80 тис. городян.

На рис.1 представлена карта Google (англ. Google Maps) території лівого берега м. Дніпродзержинська. Карти Google – збірна назва для додатків, побудованих на основі безкоштовного картографічного сервісу та технології, які надаються компанією Google за адресою <http://maps.google.ru/>. Сервіс являє собою карту і супутникові знімки всього світу, а також Місяця і Марса.

Програма додатка Google Earth дозволяє переглядати знімки земної поверхні, збільшувати і зменшувати масштаб і будувати маршрути пересування. Її перевагою є тривимірне відображення земної поверхні (з урахуванням рельєфу), можливість спостереження під довільним кутом (а не тільки прямовисній зверху), поступове уточнення зображення по мірі завантаження більш детальних фотознімків (немає необхідності

чекати перед «білими плямами», як в Google Maps), можливість плавної зміни масштабу (а не просто вибору з декількох наперед заданих значень). Детальна інформація службою "Google Карти" знаходиться на адресі maps.google.com.

Дослідження радіаційного фону Єлизаветівського котловану та прибережної зони водосховища м. Дніпродзержинська проводилось із застосуванням радіометра РКС-01 „СТОРА-ТУ”. Заміри радіаційного γ -фону проводили у місяці лютому 2009р. при середній температурі близько 0°C. Сніговий покрив на поверхні ґрунту був відсутній.



Рисунок 1 – Карта Google лівого берега міста Дніпродзержинськ

Були підготовлені інтерактивні і паперові вихідні карти району досліджень у масштабі, відповідному до вимог екологічних досліджень міст (М 1:50000) [1], у вигляді полігону, з використанням модулю ArcMap програмного забезпечення ArcGIS-9. Ця карта містить назви вулиць і номери будинків, залізничну колію і т. ін. Всього проведено 722 вимірювання у трикратній повторності для кожної точки виміру потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання. Загальна площа досліджень складає 678 га. Точки контролю відмічали на паперовій карті району із відповідними записами у польовому щоденнику.

Результати досліджень покладено за основу створення відповідної частини електронної бази даних для тематичного шару „Радіація” у геоінформаційній системі міста. Внесено досліджені об’єкти та присвоєно їм особисті номери, які є точними адресами даного об’єкту, інформація зберігається в таблиці атрибутів. Як інструмент створення баз даних можна використовувати MS Excel і навіть MS Word. На рис.2, 3 представлено карту точок вимірів радіаційного фону зон відпочинку на лівому березі міста. Ця карта створена з використанням способу зв’язки даних і системи географічних координат.

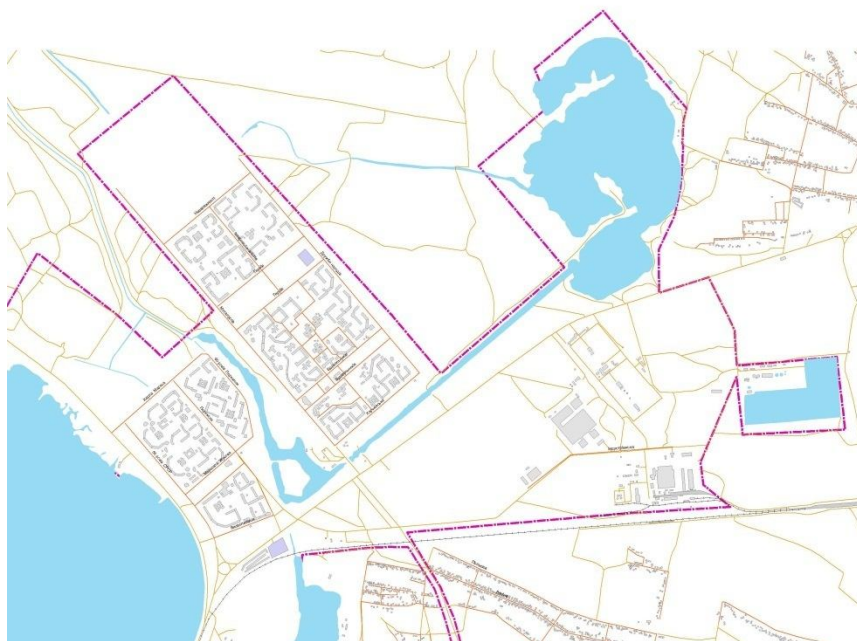


Рисунок 2 – Вихідна карта району досліджень

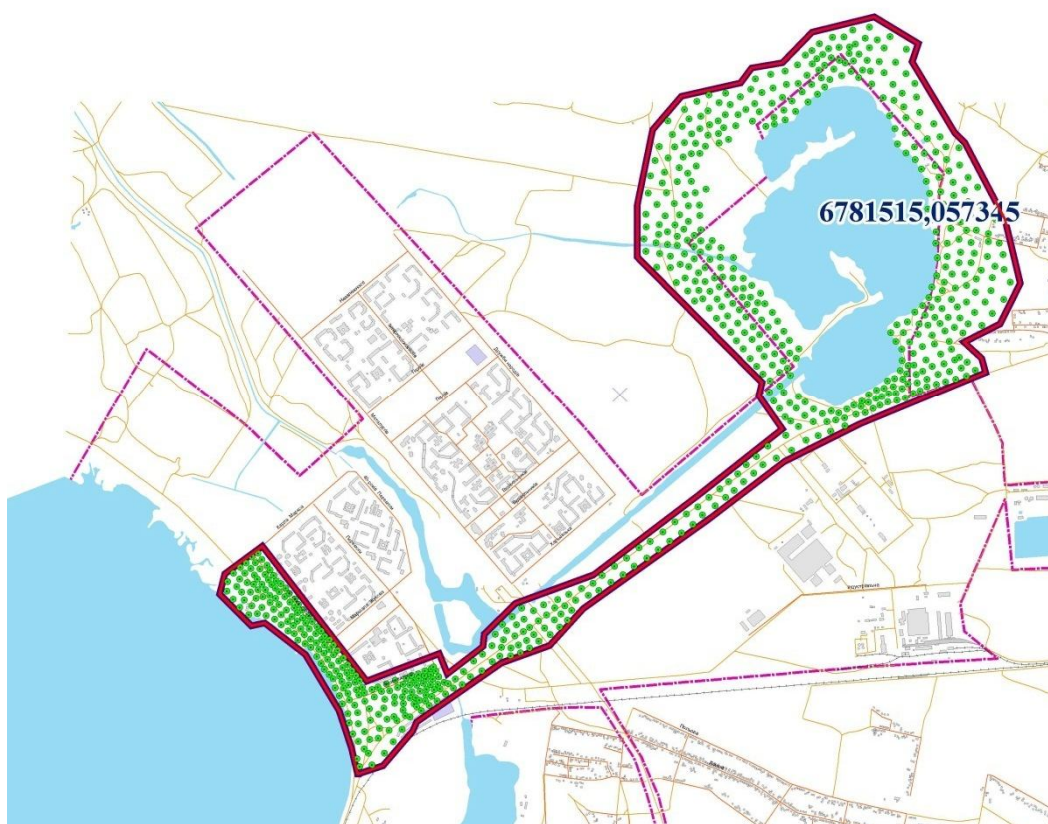


Рисунок 3 – Карта радіаційного контролю району досліджень

Характеристики території, які описують її по одній основі класифікації і подані у вигляді карт площинних об'єктів або карт ізоліній, позначаються в ГІС терміном "ознака" [2]. Ознаки – різноманітні характеристики території, отримані в результаті безпосередніх спостережень, вимірювань або обчислень. Ознака має найменування і номер, який привласнюється користувачем (інтервал номерів від 0 до 722 у роботі).

У таблиці атрибутів обираємо „Радіація” і створюємо базу даних за результатами даного дослідження.

Система керування базами даних (СКБД) – основа організованого збереження даних для наступного автоматичного аналізу комп'ютером. Карти використовуються для відображення й передачі географічної інформації, а також для виконання різного рівня завдань, таких як розвинена компіляція даних, картографування, аналіз і моделювання. За результатами дослідження одержано великий масив даних вимірів радіації. Наступним етапом було проведення статистичного аналізу цих даних. Середовище геообробки дозволяє великий набір можливостей статистичного аналізу даних.

Основна функція ГІС – геообробка – це аналіз географічних даних. У нашій роботі були застосовані модулі статистичної обробки даних дослідження. Так, програма ArcInfo містить багато додаткових модулів ArcGIS. Модуль ArcGIS Spatial Analyst містить близько 200 інструментів для роботи з растрами, ArcGIS 3D Analyst™ – 44 інструменти для аналізу поверхонь, ArcGIS Geostatistical Analyst пропонує інструменти кригінга й інтерполяції поверхонь [3]. Крім цього, модуль ArcGIS Geostatistical Analyst надає інструменти геостатистики для аналізу й картування безупинно розподілених даних і побудови поверхонь на їхній основі. Інструменти дослідницького аналізу просторових даних дозволяють одержати більш повне подання про структуру даних і особливості їхнього розподілу, виявити глобальні й локальні викиди.

Встановлено, що значення радіаційного фону району змінюється в межах 0,08 – 0,18 мкЗв/год. Дані радіаційного стану рекреаційних зон лівобережжя були градуйовані по 2-х категоріях: 1 категорія – 0,07-0,14 мкЗв/год; 2 категорія – 0,14-0,20 мкЗв/год. Нами було обрано спосіб масштабування символу зображення даних за діаметром. За допомогою модуля ArcGIS Geostatistical Analyst створено карту радіаційного стану зон відпочинку у м. Дніпродзержинську з візуалізацією значень фону (рис.4).

Важливим є визначення середнього значення радіаційного фону для зон відпочинку на базі одержаного масиву даних. Модульний клас варіаційного ряду розподілу значень радіації відповідає [4] фоновому значенню радіаційного випромінювання на даній території. Допоміжний модуль ArcInfo містить метод побудови гістограми. На рис.5 наведено гістограму масиву даних вимірювань радіаційного фону території Єлизаветівського котловану та набережної лівого берега.

На гістограмі розподілу даних модульний клас варіант (клас із найбільшим значенням частот) припадає на інтервал значень від 0,11 до 0,13 мкЗв/год. Встановлено, що фонове значення радіації на території Єлизаветівського котловану та набережної водосховища становить $0,11 \pm 0,02$ мкЗв/год. Значення природного радіаційного фону цих районів майже вдвічі менше за допустимий рівень, що визначений нормами НРБУ-97 для населення. Також відзначимо, що на території досліджень не було виявлено випадкових місць значного перевищення природного фону або локальних джерел радіаційного забруднення. Таким чином, дані радіаційного стану рекреаційних зон лівобережжя можуть бути використані як фонові показники радіації для визначення радіаційного стану селітебних і промислових зон міста Дніпродзержинська.



Рисунок 4 – Карта радіаційного стану Єлизаветівського котловану та набережної лівого берега (з градацією ознаки)

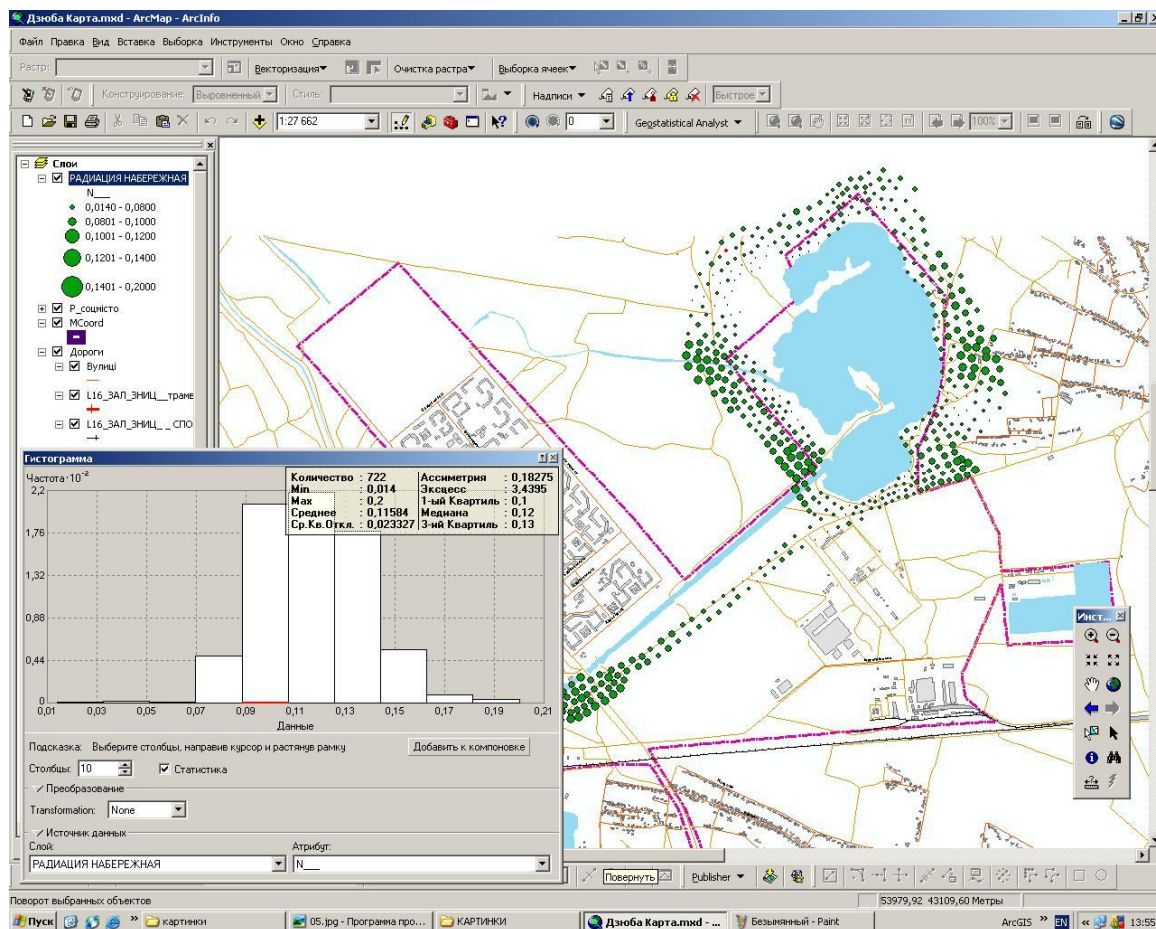


Рисунок 5 – Гістограма розподілу даних вимірювання гамма-фону у зонах відпочинку

Висновки. Дана робота є частиною комплексного дослідження радіаційного стану території міста Дніпродзержинськ, яке проводиться співробітниками кафедри БТЕ протягом чотирьох років. Проведено радіаційний контроль території зон рекреації на лівому березі загальною площею 678 га. Проведено 722 вимірювання, значення яких створили базу даних "Радіація". Рівень фону лежить у межах 0,08-0,18мкЗв/год. Встановлено відсутність будь-яких радіаційних аномалій, джерел забруднення або підвищення фону на території досліджень. На основі статистичного аналізу результатів встановлено рівень природного радіаційного фону $0,14 \pm 0,02$ мкЗв/год. У роботі вперше створено електронну базу даних та карт радіаційного контролю району лівобережжя міста у тематичному шарі „Радіація” для геоінформаційної системи міста Дніпродзержинськ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Іванов Є.А. Радіоекологічні дослідження; Навч. посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2004. – 149с.
2. ArcGis 9, ArcMap. Руководство пользователя. Пер.с англ. – М.: Дата. – 2001. – 546с.
3. ДеМерс, Майкл Н. Географические информационные системы. Основы.: Пер. с англ. – М.: Дата +, 1999 г., 489с.
4. Лакин В.М. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – 4-е изд, перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352с.

УДК 628.5 (0.75.8)

ТРОФІМЕНКО М.О., к.х.н., доцент
ГАРЯГА О.В.*

Дніпродзержинський державний технічний університет
*Дніпродзержинський індустріальний технікум

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ КОКСОХІМІЧНИХ ЗАВОДІВ ВІД СІРЧИСТИХ СПЛУК

Вступ. Екологічна ситуація міста Дніпродзержинська досить тяжка: тут викиди містоутворюючого металургійного заводу, двох коксохімічних заводів, хімічного підприємства ВАТ „ДніпроАзот”, цементного заводу, лакофарбового та інших менш потужних підприємств. До того ж центральна частина міста розташована в низині, що затрудняє умови розсіювання газових викидів, особливо при низькому атмосферному тиску.

Два коксохімічні заводи з потужністю за викидами коксового газу близько трьохсот тисяч кубічних метрів за годину забезпечують постійно високий рівень сірководню, окису та діоксиду вуглецю в повітрі центрального житлового масиву міста.

Очистивши коксовий газ, його можна буде використовувати на самих коксових виробництвах як енергоресурс, а виділивши з газу метан, його можна буде передати як сировину у виробництві аміаку, де шляхом конверсії метану отримують водень, що йде на виробництво аміаку (NH_3). До того ж, виробництво аміаку розташоване на невеликій відстані і така співдружність двох сусідніх підприємств – „Баглій Кокс” та ВАТ „ДніпроАзот” – була б вигідна як одному, так і другому підприємству.

А враховуючи зростання цін на енергоносії, така співдружність забезпечила б економічні вигоди обом підприємствам.

Постановка задачі. Метою даної роботи є:

- 1) дослідити методи очищення газових викидів від сірководню (H_2S) та діоксиду вуглецю (CO_2);
- 2) дослідити прийнятність цих методів до складу газу, що відповідає коксовому газу;
- 3) вибрати та обґрунтувати найбільш прийнятний за економічністю та екологічністю метод очищення коксового газу.

Результати роботи. Необхідно відмітити, що сірководень – сильний нервово-токсичний газ. Поріг чутливості запаху H_2S у людини відповідає його концентрації в повітрі $(1-3) \cdot 10^{-5}$ мг/л. Очистка газів від сірководню може відбуватися у двох напрямках:

- 1) санітарне очищення виробничих і вентиляційних газів, що відходять;
- 2) очищення природних, коксових і інших промислових газів, які використовуються як сировина для синтезу, а також газів, що утворюються на різних ступенях технологічних ліній хімічних та нафтохімічних виробництв. В цьому випадку вирішуються паралельно два завдання. З одного боку, отрута для каталітичних процесів – сірководень виводиться зі схеми і, як правило, переробляється в товарні продукти: сірку, сірчистий ангідрид, сірчану кислоту і т.д. З іншого, видалення сірководню і сіркоорганічних сполук знижує або навіть ліквідує викид в атмосферу діоксида сірки, що утворюється на окислювальних стадіях хімічного процесу.

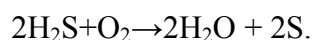
Всі горючі гази, що містять сірководень, повинні піддаватися очищенню від нього. До таких газів, окрім природного і коксівного, відносяться всі гази нафтопереробки (крекінгу, риформінгу, гідроочищення і т.д.), генераторний, переробки сланцю.

Гази розрізняються за вмістом сірководню. Природні гази, що мають найбільше значення для народного господарства країни, можуть бути абсолютно вільні від сірки, але можуть містити до 5 і навіть до 20% H_2S . До родовищ сірчистих газів відносяться, зокрема, Оренбурзьке і Муборекське (Середня Азія). У Канаді експлуатується родовище газу, що містить 50% H_2S . Коксовий газ, залежно від якості початкового вугілля, містить від 0,2 до 3% H_2S , гази нафтопереробки від 0,5 до 15% H_2S .

З іншого боку, є гази з низьким змістом H_2S , але загальний викид його з такими газами може бути великий. Так, у вентиляційних викидах віскозного виробництва міститься всього 0,01-0,1% H_2S , але очищення такого газу обов'язкове, оскільки викид вентиляційного повітря в атмосферу тільки на одному заводі досягає багатьох мільйонів кубометрів на годину.

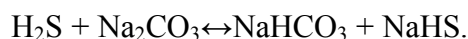
При виборі методу очищення від сірководня потрібно завжди мати на увазі присутність в газі іншого «кислого» компоненту – діоксиду вуглецю. З техніко-економічної точки зору видалити діоксид вуглецю частково або повністю не завжди доцільно. Але тоді поглинач сірководню повинен володіти високою вибірковістю сорбції основного цільового компоненту (H_2S) у присутності діоксиду вуглецю. Слід зазначити, що в деяких випадках вміст CO_2 на порядок і навіть на два порядки перевищує вміст сірчистих сполук. У коксовому газі міститься 0,5-2,0% CO_2 , в природних газах – від 0 до 5% CO_2 (іноді до 20%), в генераторному газі – 4-5% CO_2 , в газах сланцевої переробки – від 10 до 15% CO_2 .

Окислювальні методи очищення газів від сірководню. Велику групу методів очищення газів від домішок сірководню складають окислювальні методи, в яких його уловлюють тим або іншим абсорбентом (водні розчини Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NH_3 з деяким вмістом арсенатів, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ і інших речовин), а потім поглинений H_2S окиснюють киснем повітря з отриманням елементарної сірки:

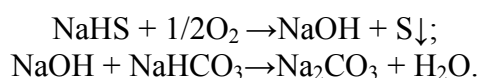


Проте, окиснення H_2S за звичайних умов у «чистому» вигляді практично не протікає. В завдання хіміків входить підбір переносників кисню, які каталізують, прискорюють окислення H_2S . При цьому каталізатор або реагент, який застосовується у вигляді розчиненої речовини або суспензії, повинен практично повно регенеруватися.

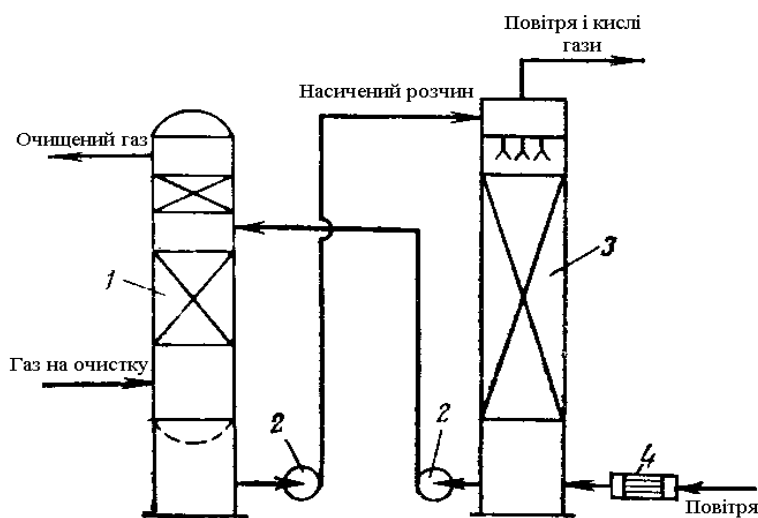
Сібورد-процес розроблений фірмою «Копперс» ще в 1920 р. і заснований на абсорбції сірководню 3%-вим розчином соди з подальшою регенерацією розчину повітрям (рис.1). Його ми розглядаємо швидше з історичної точки зору. Це перший регенеративний процес, що знайшов застосування в практиці. Основні його переваги – простота і економічність. Ступінь вилучення досягає 95%. Поглинання сірководню відбувається внаслідок розчинення і швидкої реакції з содою, що протікає в рідкій фазі:



Якщо концентрація $NaHCO_3$ невелика, рівновага зрушена в праву сторону. При регенерації протікають наступні реакції:



Кількість циркулюючого розчину звичайно складає від 10 до 20 л/м³ газу. В повітрі, що виходить з відпарної колони, концентрація сірководню тільки удвічі менша, ніж в неочищеному газі. Такі концентрації сірководню в повітрі, що відходить, недопустимі, тому повітря прагнуть використовувати для спалювання на якій-небудь місцевій виробничій установці. При спалюванні палива в такому повітрі сірка викидається в атмосферу у вигляді менш шкідливого діоксиду сірки, а останній внаслідок високої температури і швидкості димових газів досить ефективно розсіюється через високі димарі.



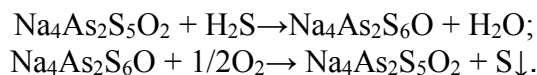
1 – абсорбер; 2 – насоси; 3 – регенератор; 4 – нагрівач

Рисунок 1 – Схема «Сібورد-процесу»

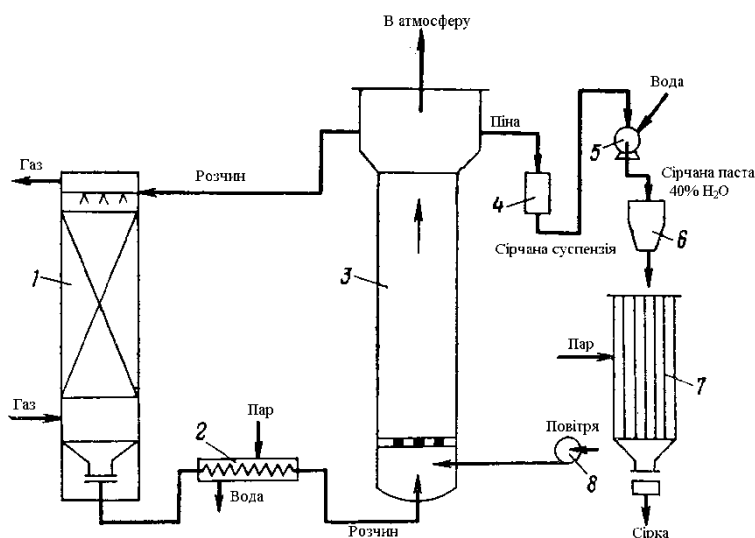
До окислювальних методів очищення газів від сірководню відноситься *миш'яково-содовий*. Цей метод також один із самих старих, але таких, що не втратили свого значення до останнього часу (рис.2).

У цьому процесі як поглинач застосовують нейтральні або слаболужні розчини тіоарсенату натрію або амонію, тобто солі п'ятивалентного миш'яку. Механізми реакцій, що протікають на різних стадіях процесу, вельми складні, оскільки в розчині можливе існування самих різних сполук. Результуючі реакції зводяться до заміщення одно-

го атома кисню в молекулі тіоарсенату атомом сірки при абсорбції і зворотному заміщенні при регенерації:



Абсорбцію і регенерацію H_2S проводять при температурі 40-45°C: абсорбцію – в скруберах з хордовою насадкою, регенерацію – в порожнистих скруберах, заповнених розчином, через який продувається повітря. Сірка, що виділяється при регенерації, флотується повітрям і стікає у збірники у вигляді піни, що містить 100 кг дисперсної сірки в одному кубометрі. Піна фільтрується на барабаних вакуум-фільтрах і у вигляді сірчаної пасти поступає у плавильники для виробництва комової сірки або використовується для отримання колоїдної сірки.



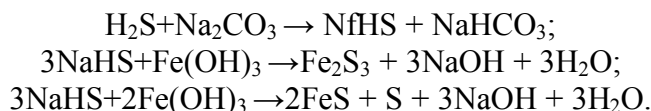
- 1 – скрубер; 2 – нагрівач насиченого розчину; 3 – регенератор; 4 – пінозбірник;
5 – вакуум-фільтр; 6 – бункер; 7 – апарат для плавлення сірки; 8 – повітродувка

Рисунок 2 – Схема установки миш'яково-содової очистки газів

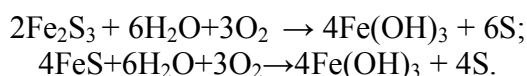
Перевагами миш'яково-содового методу є селективність поглинання H_2S у присутності великих концентрацій CO_2 і забезпечення тонкого очищення газів, потрібного при їх використанні для побутових потреб (20 мг/м^3).

Залізо-содовий процес здійснюють на підприємствах хімічних волокон в аналогічних апаратах; він передбачає застосування суспензії гідрату окису заліза в розчині соди, що має рН 8,5-9,0.

Абсорбція сірководню характеризується наступними реакціями:



Регенерація поглинальної суспензії описується реакціями:



При великому початковому вмісті сірководню (вище $0,2 \text{ г/м}^3$) «авторегенерацію» доводиться доповнювати регенерацією свіжим повітрям, яку проводять у вертикальних порожнистих апаратах діаметром до 3,2 м і заввишки до 30 м. Одночасно в них відбу-

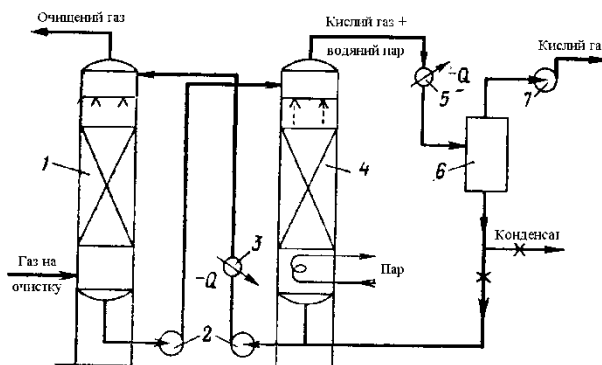
вається флотація сірки. Свіже повітря подають при тиску 0,4МПа (4 кгс/м²). Сірка, що виділилася, забруднена гідроокисом заліза, відділяється від поглинальної суспензії на центрифугах. Використання забрудненої сірчаної пасту скрутне і на діючих заводах вона скидається у відвали.

Питомі капітальні витрати на очищення 1000 м³ вентиляційного повітря залізо-содовим і лужно-гідроксіновим методами складають від 1 до 2,5 грн., собівартість очищення 1000 м³ повітря – від 0,4 до 2 грн.

Вакуум-карбонатний метод. Цей метод розроблений фірмою «Копперс» в 1938 р. і є вдосконаленим варіантом «сібордин-процесу». В результаті використання вакууму на стадії регенерації сірководень одержують в концентрованому вигляді, зручному для переробки і використання. У Радянському Союзі вакуум-содовий і вакуум-поташний методи застосовували для очищення коксового газу. Схема процесу представлена на рис.3.

Очищення проводять в насадному скрубєрі 1, зрошуваному робочим розчином соди або поташу. Хімізм цього процесу аналогічний хімізму «Сібордин-процесу». Регенерацію насиченого розчину проводять також в насадній колоні 4 при температурі 65°С і тиску 15кПа (0,15кгс/см²). Цей режим забезпечується за допомогою вакуум-насосу 7 і теплообмінника, змонтованого в нижній частині регенератора, що обігривається паром. При обробці коксового газу, в 1 м³ якого міститься 18 г H₂S, 47 г CO₂ і 1 г HCN, ступінь очищення за цими компонентами складає: 85% –по H₂S; 10% – по CO₂; 85% –по HCN.

Поглинання діоксиду вуглецю протікає за реакцією:



1 – скрубєр; 2 – насоси; 3, 5 – холодильники; 4 – регенератор;
6 – сепаратор; 7 – вакуум-насос

Рисунок 3 – Схема установки вакуум-карбонатного очищення коксового газу

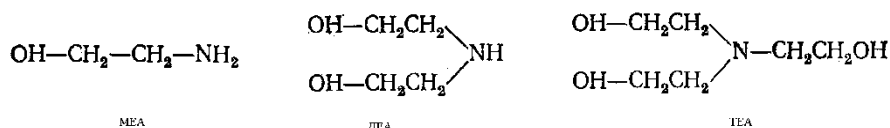
При регенерації розчину зворотна реакція не протікає повністю, тому значна частина соди залишається у вигляді бікарбонату натрію. Склад регенованого розчину на одній з діючих установок наступний (у г/л): Na₂CO₃ – 20,25; NaHCO₃ – 25,38; NaHS – 0,67; Na₂S₂O₃ – 9,48; NaSCN – 66,62; загальний зміст твердих речовин – 163,8. Склад газу регенерації приблизно наступний: 55-70% H₂S; 10-15 HCN; 15-25% CO₂; 5% N₂ та інших газів. Ціаністий водень може бути виділений як побічний продукт. Щільність робочого розчину дорівнює 1,1г/мл.

З верхньої частини регенератора виходить і відсмоктується суміш кислих газів і водяної пари. Її пропускають через холодильник 5 і розділяють на рідку і газову фази в сепараторі 6, після чого конденсат повертають в процес.

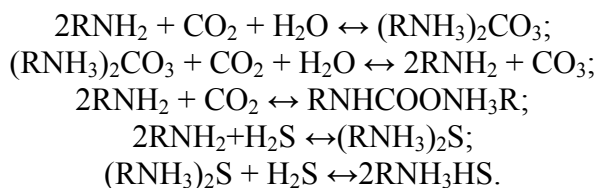
Енергетичні витрати на очищення за цим методом значні: витрата пари на 1 т уловленого сірководню сягає 20 т. Поглинальна здатність 1 л 5%-вого розчину соди по сірководню складає 5г, а 15%-вого розчину поташу – 8 г. Ці показники, а також ступінь

очищення невисокі. Тому метод для очищення інших газів, окрім коксівного, не застосовується.

Очищення газів етаноламіновими розчинами. Ефективнішим методом видалення CO₂ з газів є поглинання розчинами етаноламінів. Етаноламінове очищення – найбільш поширений метод очищення промислових газів. Як поглинач можуть бути застосовані моно-, ди- і три-етаноламіни (Меа, Деа, Теа):



Розчини етаноламінів в рівній мірі поглинають як CO₂, так і H₂S. При цьому протікають наступні реакції:

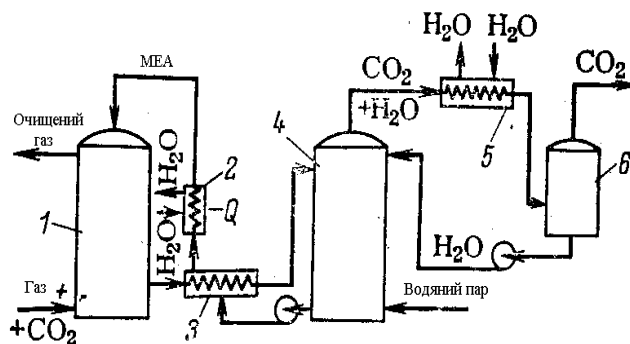


Таким чином, поглинання сірководню і діоксиду вуглецю є не тільки процесом розчинення, але і веде до утворення хімічної сполук; деякі з них вдалося виділити і перекристалізувати. Проте ці з'єднання за нормальних умов мають помітний тиск насиченої пари. З підвищенням температури тиск пари цих з'єднань швидко зростає, тому нагрівом розчину можна десорбувати кислі гази.

Звичайно в газовій промисловості застосовують розчин МЕА. Він дешевий, володіє високою реакційною здатністю, стабільністю, легко регенерується.

При очищенні газів під атмосферним тиском розчином МЕА вміст H₂S можна знизити до 20мг/м³, при надмірному тиску можна одержати ще тонше очищення. Розчинами ДЕА тонке очищення досягається тільки при підвищеному тиску. Це відбувається унаслідок того, що над регенованими розчинами ДЕА парціальний тиск сірководню вищий, ніж над розчинами МЕА тієї ж концентрації.

Концентрація розчину аміну може мінятися в широких межах. Щоб зменшити корозію сталеві апаратури, для очищення звичайно застосовують 15%-вий розчин МЕА. Концентрації більш високомолекулярних амінів можуть досягати 30%. Іноді, щоб з газу одночасно витягнути CO₂(H₂S) і H₂O, застосовують суміші ДЕГ (або ТЕГ) і МЕА, що містять близько 5% води. Регенерація насичених розчинів проводиться звичайно при 115-125⁰С. Схема процесу – звичайна для абсорбційних установок (рис.4).



1 – абсорбер; 2 – холодильник; 3,5 – теплообмінники; 4 – десорбер; 6 – сепаратор

Рисунок 4 – Схема установки очищення газу моноетаноламіном

На рис.5 наведена залежність розчинення CO_2 та H_2S в 15%-ному розчині МЕА від парціального тиску CO_2 в газі при різних температурах.

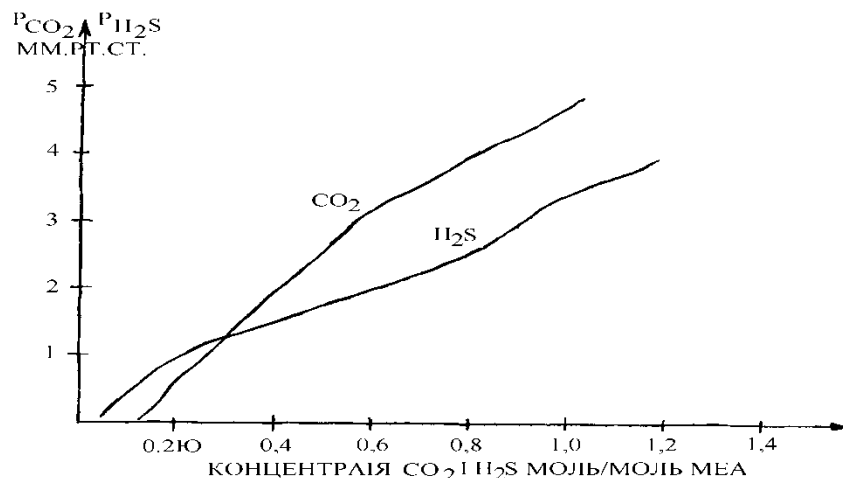


Рисунок 5 – Залежність розчинності CO_2 і H_2S від тиску в 15%-му розчині МЕА

На рис.6 показана залежність константи швидкості реакції взаємодії етаноламіну з CO_2 та H_2S від температури.

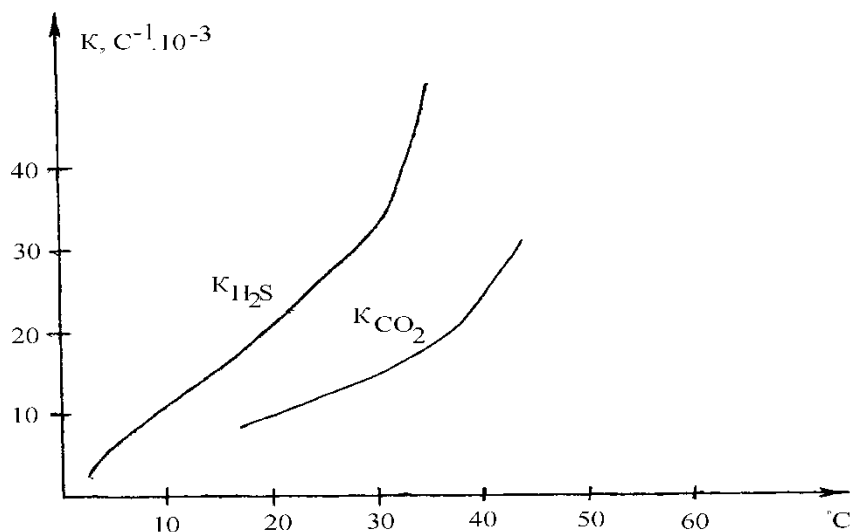


Рисунок 6 – Залежність констант швидкості хімічних реакцій від температури

За ступенем очищення газу кращим із порівнюваних способів є моноетаноламіновий, при якому досягається очищення газу до слідів сірководню.

При порівнянні даних кругових способів між собою перевагу треба віддати моноетаноламіновому і за ступенем очищення, і за сірковмістністю розчину, і за простотою схеми. Таким чином, з розглянутих способів очищення коксового газу приймаємо до проектування моноетаноламінове очищення.

Основне устаткування відділення моноетаноламінового очищення коксового газу. До основного устаткування відділення відносяться абсорбери I і II ступеня, теплообмінники, відпарні колонки, і холодильник-конденсатор.

Абсорбер першого ступеня: призначений для первинної абсорбції сірководню з коксового газу розчином моноетаноламіну; є апаратом циліндричної форми, виготов-

лений із конструкційної сталі (ст 03*134719). Діаметр абсорбера 3000мм, висота 31530мм. Тиск в абсорбері 0,03 Мпа, температура – 40-50⁰С.

Усередині абсорбера встановлено 32 тарілки решітчасто-провального типу (рис.7, 8).

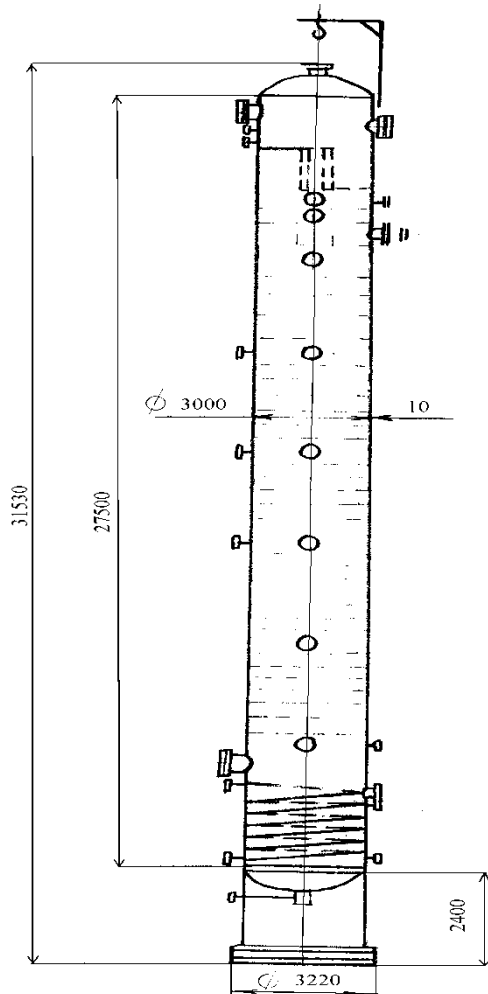


Рисунок 7 – Абсорбер тарілчастий першого ступеня очищення

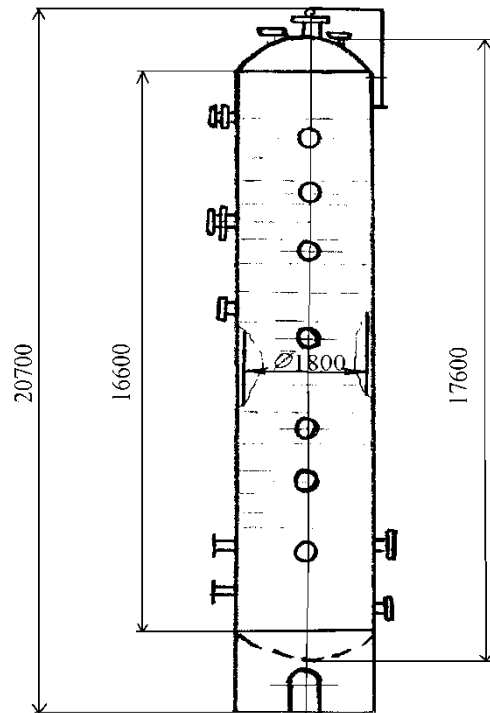


Рисунок 8 – Відгонна колонка тарілчастого типу першого ступеня

Абсорбер другого ступеня: призначений для остаточної абсорбції коксового газу від сірководню; є вертикальним зварним апаратом тарілчастого типу. Висота абсорбера 15900мм, діаметр 7000мм. Усередині апарату є 14 сітчастих тарілок. Для недопущення попадання коксового газу на насоси і в збірник абсорбери мають гідравлічні затвори на вході і на виході газу.

Нижче наведено (табл.1) результат розрахунку матеріального балансу першого ступеня очищення коксового газу від сірководню і вуглекислоти розчином моноетиламіну (15%).

Кількість коксового газу, що надходить на очищення, складає 167831 м³/час.

Склад газу (% об'ємні): Н₂ – 59,8; СН₄ – 26,6; N₂ – 2,5; СО – 5,7; СО₂ – 1,7; О₂ – 0,5; СmHn – 1,9; Н₂S – 1,3.

Сума органічних домішок знаходиться в межах 270-400мг/м³, а вміст ціаністого водню – 0,7-1,3г/м³.

Таблиця 1 – Матеріальний баланс відділення першого ступеня очищення (на 1 годину роботи)

Компоненти	Прихід			Витрати		
	м ³ /г	кг/г	% об'ємн.	м ³ /г	кг/г	% об'ємн.
H ₂	100362,9	2235,25	59,8	100362,9	2235,25	61,46
CH ₄	44643,0	7954,21	26,6	44643,0	7954,21	27,34
N ₂	4195,8	1308,27	2,5	4195,8	1308,27	2,57
CO	9566,4	2982,84	5,7	9566,4	2982,84	5,86
O ₂	839,2	299,05	0,5	839,2	299,05	0,51
CmHn	3188,78	994,27	1,9	3188,78	994,27	1,95
CO ₂	2853,13	1397,97	1,7	291,02	139,79	0,171
H ₂ S	2181,8	826,07	1,3	222,55	82,49	0,13
Разом	167831	17947,93	100	163309,6	15946,17	100
CO ₂	-	-	-	2562,11	1258,18	-
H ₂ S	-	-	-	1959,25	743,58	-
Разом	167831	17947,93	100	167831	17947,93	100

Після другого ступеня очищення вміст сірководню в очищеному коксовому газі зменшується до 0,0033% (об.), а вуглекислоти – до 0,07%(об.) згідно з результатами дослідно-промислових випробувань, а вміст горючих газів – водню та метану – збільшується до 61,46 та 27,34%(об.) відповідно.

Висновки:

- досліджено методи очищення газових викидів від кислотних домішок;
- обґрунтовано вибір найбільш прийнятної для газів коксохімічного виробництва моноетаноламінового методу, який забезпечує високу селективність вилучення сірководню – майже 98%(об.);
- поглинач моноетаноламін при цьому переходить у форму, яка повністю регенерується і знову подається у голову процесу – на сорбцію. Витрати моноетаноламіну на очищення 1000м³ газу складають усього 0,476кг за рахунок виносу з газом парової суміші;
- вміст кислот (H₂S та CO₂) у газах, що викидаються, знижується відповідно до 0,0033% та 0,07%(об.). Після розсіювання в санітарній зоні підприємства (500м) досягаються концентрації, що не перевищують санітарно-допустимих;
- на основі викладеного вище можна зробити висновок про економічну та екологічну ефективність моноетаноламінового методу очищення коксового газу. При цьому робиться внесок у поповнення енергоресурсів країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов И.Е., Троицкая Т.М. Защита воздушного бассейна от загрязнений вредными веществами химических предприятий. – М.: Химия, 1979 – 344с.
2. Очистка технологических газов/ под ред. Лейтеса И.Л. 2-е изд. – М.: Химия, 1977. – 488с.
3. Лейбович Р.Б., Обуховский Е.М. Технология коксохимического производства. – М.: Металлургия, 1984. – 422с.
4. Страус В. Промышленная очистка газов: пер. с англ. – М.: Химия, 1991. – 616с.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ МЕТОДУ ОЧИСТКИ КОКСОВОГО ГАЗУ ВІД СІРКОВОДНЮ

Вступ. Коксохімічні заводи, як і інші підприємства металургійної галузі, будувалися в епоху індустріалізації, коли першочерговою задачею було створення великих обсягів продукції, а питання зменшення забруднення навколишнього природного середовища не ставилося. Тому сьогодні існує ряд проблем, пов'язаних із забрудненням атмосферного повітря внаслідок використання застарілого обладнання, недосконалих технологій, неякісної сировини, порушення технологічних процесів.

Загальна маса забруднюючих речовин, що потрапляють в атмосферу під час роботи коксохімічного підприємства протягом року, складає близько 1790 т, у тому числі діоксиду сірки - 400 т, діоксиду азоту – 584 т, оксиду вуглецю – 470 т, бензолу – 38 т, аміаку – 45 т, коксового пилу – 66 т, вугільного пилу – 29 т.

Суттєвими при цьому є викиди діоксиду сірки, які потрапляють до атмосфери із димових труб коксових батарей та котлоагрегатів теплоелектроцентралей при спалюванні коксового газу.

Постановка задачі. Коксохімічні підприємства, виробляючи основну свою продукцію, а саме доменний кокс, мають і побічну продукцію – коксовий газ та хімічні продукти коксування.

Коксовий газ, що складається з пари пірогенетичної води, кам'яновугільної смоли, метану, водню, оксиду та діоксиду вуглецю, азоту, аміаку, сірководню, синильної кислоти, великої кількості ненасичених ароматичних вуглеводнів, нафталіну та інших речовин, з коксових печей подають до хімічних цехів коксохімічних підприємств.

Коксовий газ використовують для обігріву коксових батарей та котлоагрегатів на теплоелектроцентралях коксохімічних підприємств. Надлишок коксового газу спалюють на газоскидувальних пристроях коксохімічних заводів. Продукти згорання коксового газу, зокрема діоксид сірки, що утворюється при спалюванні сірководню, забруднюють атмосферне повітря міст і селищ, що знаходяться біля коксохімічних підприємств. Саме тому постає необхідність в очищенні коксового газу від сірководню.

Щоб зменшити кількість сірководню у коксовому газі на вітчизняних підприємствах застосовують мокрі реагентні методи очистки, такі як арсеново-лужний, вакуум-карбонатний та моноетаноламіновий.

Для еколого-економічного обґрунтування та вибору найбільш ефективного методу очистки можна скористатись розрахунком платежів, які сплачують коксохімічні підприємства при викиді в атмосферу продуктів згорання коксового газу, а саме діоксиду сірки, а також збитків, які наносяться навколишньому природному середовищу за рахунок таких викидів.

Результати роботи. Нами визначено масовий викид діоксиду сірки, розраховані платежі, які сплачує підприємство при спалюванні коксового газу в печах теплоелектроцентралей, та збитки, які наносять викиди діоксиду сірки навколишньому природному середовищу після застосування арсеново-лужного, вакуум-карбонатного (за умови двоступеневої очистки) та моноетаноламінового методів очистки коксового газу.

Розрахунок масового викиду діоксиду сірки. Щоб визначити економічні збитки, що несе підприємство, викидаючи в атмосферу продукти згорання коксового газу, необхідно визначити масовий викид цієї речовини.

Діоксид сірки утворюється при спалюванні коксового газу, забрудненого сірководнем, у печах теплоелектроцентралей:



Валовий викид діоксиду сірки складає [1]:

$$m_{\text{SO}_2} = V_{\text{r}} \cdot C_{\text{H}_2\text{S}} \cdot K \cdot 10^{-6}, \text{ т/рік}, \quad (2)$$

де m_{SO_2} – масовий викид діоксиду сірки, т/рік;

V_{r} – об'єм коксового газу, що спалюється протягом року в котлах ТЕЦ, м³/рік;

$C_{\text{H}_2\text{S}}$ – масовий вміст сірководню в 1 м³ коксового газу, г/м³;

K – коефіцієнт перерахунку сірководню на діоксид сірки;

10^{-6} – коефіцієнт перерахунку грамів у тонни.

Одержані розрахункові дані наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Масовий викид діоксиду сірки

Метод очистки коксового газу від сірководню	Об'єм коксового газу, що спалюється в печах, V_{r} , м ³ /рік	Масовий вміст сірководню в 1 м ³ коксового газу, $C_{\text{H}_2\text{S}}$, г/м ³	Коефіцієнт перерахунку сірководню на діоксид сірки, K	Масовий викид діоксиду сірки, m_{SO_2} , т/рік
Арсеново-лужний	$312,6 \cdot 10^6$	2,0	1,882	1176,6
Вакуум-карбонатний (двоступенева очистка)	$312,6 \cdot 10^6$	0,5	1,882	294,2
Моноетаноламіновий	$312,6 \cdot 10^6$	0,5	1,882	294,2

З табл.1 видно, що найбільшим є викид діоксиду сірки при спалюванні коксового газу, очищеного арсеново-лужним методом.

Розрахунок викиду діоксиду сірки можна вести також, враховуючи коефіцієнти емісії.

Показник емісії k_{SO_2} діоксиду сірки розраховується за формулою [2]:

$$k_{\text{SO}_2} = (10^6 / Q_i) \cdot (2 \cdot M_s / 100) \cdot (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_n \cdot \beta), \text{ г/ГДж}, \quad (3)$$

де Q_i – масова нижча теплота згорання палива, МДж/кг;

M_s – вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

η_1 – ефективність зв'язування сірки золою або сорбентом в енергетичній установці;

η_n – ефективність очистки димових газів від оксидів сірки;

β – коефіцієнт ефективності роботи сіркоочисної установки.

Масова нижча теплота згорання палива [2]:

$$Q_i = Q_v / \rho, \text{ МДж/кг}, \quad (4)$$

де Q_v – об'ємна нижча теплота згорання газоподібного палива, МДж/м³.

ρ – щільність сухого газоподібного палива, кг/м³.

Вміст сірки в паливі на робочу масу визначається за формулою [2]:

$$M_s = 100/\rho \cdot (0,941 \cdot C'_{\text{H}_2\text{S}}), \text{ \%}, \quad (5)$$

де $C'_{\text{H}_2\text{S}}$ – питома маса сірководню в 1 м³ газу, кг/м³.

Для розрахунку коефіцієнту емісії для діоксиду сірки врахуємо наступні умови: ефективність зв'язування сірки золюю або сорбентом в енергетичній установці при спалюванні газоподібного палива $\eta_1 = 0$. Сірководна установка відсутня, тому ефективність очистки димових газів від діоксиду сірки $\eta_H = 0$ і коефіцієнт роботи сірководної установки $\beta = 0$.

Одержані розрахункові дані зведено в табл.2.

Таблиця 2 – Показник емісії діоксиду сірки, k_{SO_2}

Метод очистки коксового газу від сірководню	Об'ємна нижча теплота згорання газоподібного палива, Q_v , МДж/м ³	Щільність сухого газоподібного палива, ρ , кг/м ³	Масова нижча теплота згорання палива, Q_i , МДж/кг	Питома маса сірководню в 1 м ³ газу, C_{H_2S} , кг/м ³	Вміст сірки в паливі на робочу масу, M_s , %	Ефективність зв'язування сірки золюю або сорбентом в енергетичній установці, η_1	Ефективність очистки димових газів від оксидів сірки, η_H	Коефіцієнт роботи сірководної установки β	Показник емісії діоксиду сірки, k_{SO_2} , г/ГДж
Арсеново-лужний	16,7472	0,47072	35,58	0,002	0,40	0	0	0	224,85
Вакуум-карбонатний (двоступенева очистка)	16,7472	0,47072	35,58	0,0005	0,10	0	0	0	56,21
Моноетаноламіновий	16,7472	0,47072	35,58	0,0005	0,10	0	0	0	56,21

Валовий викид діоксиду сірки визначається за формулою [2]:

$$m_{SO_2} = 10^{-6} \cdot k_{SO_2} \cdot Q_i \cdot B, \text{ т/рік.} \quad (6)$$

Маса використаного газоподібного палива за проміжок часу τ :

$$B = 10^{-3} \cdot V_v \cdot \rho \cdot \tau, \text{ т/рік,} \quad (7)$$

де V_v – об'єм використаного газоподібного палива, м³/год.;

τ – термін роботи котлоагрегату, год./рік.

Одержані розрахункові дані для визначення масового викиду діоксиду сірки через коефіцієнт емісії наведені в табл.3.

З табл.3 видно, що величини валових викидів діоксиду сірки, які розраховані з використанням коефіцієнтів емісії, аналогічні величинам валових викидів, що розраховані з врахуванням масового вмісту діоксиду сірки в 1м³ коксового газу та об'єму спаленого коксового газу.

Платежі за викид діоксиду сірки. Платежі за викид діоксиду сірки розраховуються за формулою [3-4]:

$$P = m_{SO_2} \cdot H_{SO_2} \cdot K_{нас} \cdot K_{ф}, \text{ грн/рік,} \quad (8)$$

де H_{SO_2} – норматив збору за викид 1 тонни діоксиду сірки, враховуючи коефіцієнти індексації, грн/т [3];

$K_{нас.}$ – коригуючий коефіцієнт, що враховує чисельність населення даного населеного пункту;

$K_{ф.}$ – коригуючий коефіцієнт, що враховує народно-господарське значення населеного пункту.

Одержані розрахункові дані наведені в табл.4.

Таблиця 3 – Валовий викид діоксиду сірки з врахуванням коефіцієнту емісії

Метод очистки коксового газу від сірководню	Об'єм використаного газоподібного палива, $V_v, м^3/год.$	Маса використаного газоподібного палива за проміжок часу τ , $B, т/рік$	Термін роботи котлоагрегату, $\tau, год./рік$	Валовий викид діоксиду сірки, $m_{SO_2}, т/рік$
Арсеново-лужний	35667,925	147078,82	8760	1176,6
Вакуум-карбонатний (двоступенева очистка)	35667,925	147078,82	8760	294,2
Моноетаноламіновий	35667,925	147078,82	8760	294,2

Таблиця 4 – Результати розрахунків для визначення платежів за викиди діоксиду сірки

Метод очистки коксового газу від сірководню	Норматив збору за викид 1 тонни діоксиду сірки, $H_{SO_2}, грн/т$	$K_{нас.}$	$K_{ф.}$	Платежі за викид діоксиду сірки, $\Pi, грн/рік$
Арсеново-лужний	302,12	1,35	1,25	599883,00
Вакуум-карбонатний	302,12	1,35	1,25	149970,72
Моноетаноламіновий	302,12	1,35	1,25	149970,72

Як видно, валовий викид діоксиду сірки при спалюванні коксового газу, очищеного арсеново-лужним методом, є найбільшим, платежі за такий викид теж найбільші. При спалюванні коксового газу, очищеного вакуум-карбонатним та моноетаноламіновим методами, платежі за викиди будуть меншими.

Укрупнена оцінка збитків навколишньому природному середовищу. Збитки навколишньому природному середовищу (н.п.с.) при викиді в атмосферу продуктів згорання коксового газу, а саме діоксиду сірки, визначаються за формулою [5-6]:

$$Z = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M \cdot K_{инд.}, \text{ грн/рік}, \quad (9)$$

де Z – економічний збиток н.п.с. за рік, грн./рік;

γ – множник, числове значення якого дорівнює 2,4 руб./ум.т (станом на 1986 р.);

δ – показник відносної небезпеки забруднення атмосферного повітря над територіями різних типів. Для промислових підприємств і промислових вузлів $\delta = 4$;

f – поправка, яка враховує характер розсіювання домішок в атмосфері:

$$f = [100/(100+\phi h)] \cdot [4/(1+U_n)], \quad (10)$$

де h – геометрична висота гирла джерела відносно середнього рівня ЗАЗ, м,
 $h = 80$ м;
 φ – поправка на тепловий підйом факелу викиду в атмосферу.

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75^{\circ}\text{C}, \quad (11)$$

де ΔT – середньорічне значення різниці температур газових викидів в гирлі джерела і в повітрі навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$,
 $\Delta T = 154^{\circ}\text{C}$;

$$\varphi = 1 + 154^{\circ}\text{C} / 75^{\circ}\text{C} = 3,05;$$

U_n – середньорічне значення модуля швидкості вітру на рівні флюгера, м/с,
 $U_n = 4$ м/с;

M – приведена маса річного викиду забруднень, ум.т/рік:

$$M = A_i m_{\text{SO}_2}, \text{ ум.т/рік}; \quad (12)$$

$$A_i = 54,8 \text{ ум.т/т},$$

$K_{\text{инд}}$ – коефіцієнт індексації для переведу рублів у гривні; якщо перераховувати через доларовий еквівалент станом на грудень 2009, то 1 руб. = 7,6 грн.

Результати розрахунків з визначення укрупненої оцінки збитків навколишньому природному середовищу від викиду діоксиду сірки наведені в табл.5.

Таблиця 5 – Визначення економічного збитку навколишньому природному середовищу від викиду діоксиду сірки

Метод очистки коксового газу від сірководню	Поправка, яка враховує характер розсіювання домішок в атмосфері, f	Приведена маса річного викиду забруднень, M , ум.т/рік	Економічний збиток н.п.с. за рік, З, грн/рік
Арсеново-лужний	0,232	64477,68	1091395,50
Вакуум-карбонатний (двоступенева очистка)	0,232	16122,16	272895,28
Моноетаноламіновий	0,232	16122,16	272895,28

З таблиці видно, що при однакових метеорологічних умовах та однаковій висоті гирла джерела викиду збиток навколишньому природному середовищу буде більшим у випадку більшого валового викиду діоксиду сірки (арсеново-лужний метод) і меншим – у випадку меншого валового викиду (вакуум-карбонатний та моноетаноламіновий методи).

Висновки. Щоб зменшити кількість шкідливих викидів коксохімічними підприємствами, необхідно застосовувати високоякісні технології очищення продуктів коксування.

При однакових умовах ведення процесу спалення коксового газу менша кількість сірководню виділяється після моноетаноламінового та вакуум-карбонатного методів його очистки. Відповідно штрафні платежі, що сплачуються підприємствами в держбюджет, та збитки навколишньому природному середовищу внаслідок викиду продуктів згорання коксового газу будуть теж меншими.

При веденні арсеново-лужного процесу підприємствами сплачуються найбільші платежі, навколишньому середовищу чиняться найбільші збитки, і, крім цього, в ході

процесу очистки газу застосовується токсичний реагент - білий миш'як. Тому арсеново-лужний метод є найменш ефективним серед наведених.

Порівнюючи вакуум-карбонатний та моноетаноламіновий методи, слід зазначити, що сполуки моноетаноламіну токсичніші, ніж карбонат калію або натрію. Тому до застосування рекомендується вакуум-карбонатний метод за умови застосування двоступеневої очистки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/час. – М.: Гидрометеоздат, 1985. – 25с.
2. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. – Методика визначення. – К: Міністерство палива та енергетики України, 2002. – 44с.
3. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, Державної податкової адміністрації України від 19 липня 1999 року № 162/329; зареєстровано в Міністерстві юстиції України 9 серпня 1999 року за №544/3837.
4. Постанова Кабінету Міністрів України № 303 від 1.03.1999 р. «Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору» (з доповненнями і змінами).
5. Авраменко С.Х., Гуляев В.М., Волошин М.Д. Екологія міських систем та основних виробництв промисловості. Приклади та задачі. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007. – 420с.
6. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды/Объединённая комиссия АН СССР и ГКНТ, научный совет АН СССР, главный редактор А.С.Быстров, О.Ф.Балацкий и др. – М.: Экономика, 1986. – 95с.

УДК 628.3.034.2.003

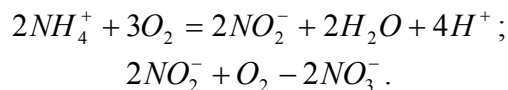
КРАМАРЕВА Н.А., к.х.н., доцент
АВРАМЕНКО С.Х., к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет

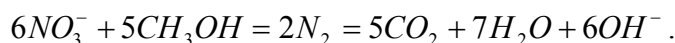
ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОЧИСТКИ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

Введение. Одной из основных проблем загрязнения водоемов является сброс неочищенных сточных вод. Такие воды пагубно влияют на живые организмы и нарушают гидрохимический режим водоемов. Поэтому загрязненные сточные воды необходимо очищать. Для очистки сточных вод используются химические, физико-химические, химические и биологические методы [1]. Одним из биохимических методов очистки является метод немеро-денитрофикации, который позволяет очищать сточные воды, загрязненные аммонийным азотом. Технологический процесс очистки состоит из двух основных стадий: нитрофикации и денитрофикации [2, 3].

Нитрофикация – это процесс окисления аммонийного азота нитритными и нитратными бактериями:



Денитрофікація – это процесс восстановления нейтронов группой бактерий до свободного азота метанолом:



Для нормального развития бактерий необходима достаточная концентрация основных элементов питания: углерода, азота, фосфора. Бактерии используют углерод в виде HCO_3^- , который в максимальном количестве находится в растворе при pH = 8,4.

Постановка задачи. В данной работе предлагается заменить гидрокарбонат натрия, необходимый для питания бактерий, углекислым газом, который является отходом производства с целью снижения себестоимости готовой продукции.

Результаты работы. Готовой продукцией установки нитро-денитрофікації является очищенная от аммонийного азота сточная вода.

Объем очищенных сточных вод за год составляет

$$V = 7200 \text{ м}^3/\text{сутки} \cdot 365 = 2628000 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для насыщения углеродом 1000м^3 сточных вод необходимо $462 \text{ м}^3 \text{ CO}_2$, а на полный объем это составит $1214136 \text{ м}^3/\text{год}$, или 2403989 кг/год , т.е. 6586 кг/сутки .

Удельные энергозатраты на растворение 1 кг CO_2 составляют $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ кВт/час}$, за год это составит $17,52 \text{ кВт}$, а всю массу CO_2 – 42117887 кВт/год .

Для поддержания в процессе нитрофікації pH на уровне 8,4 в сутки необходимо $4,6 \text{ кг NaOH}$, за год это составит 1679 кг .

Для насыщения сточных вод азотом и фосфором необходим аммофос. Расход аммофоса в сутки составляет 86 кг , за год это составит 31390 кг .

Для насыщения сточных вод углеродом необходимо в сутки 12573 кг NaHCO_3 , за год это составит 4589430 кг .

Количество углекислого газа на единицу продукции составит $0,92 \text{ кг/м}^3$, электроэнергии – $16,97 \text{ кВт/м}^3$, аммофоса – $0,012 \text{ кг/м}^3$, гидроксида натрия – $0,00064 \text{ кг/м}^3$, гидрокарбоната натрия – $1,746 \text{ кг/м}^3$.

Расчет себестоимости готовой продукции и себестоимости очистки 1м^3 сточных вод приведен в табл.1 [4, 5].

$$C^I = 37728238/2628000 = 14,36 \text{ грн/м}^3;$$

$$C^{II} = 15975965/2628000 = 6,079 \text{ грн/м}^3.$$

Степень влияния замены гидрокарбоната натрия на углекислый газ в процессе биохимической очистки методом нитро-денитрофікації определялась по формуле

$$\%B = (C^I - C^{II})C^I \cdot 100\% , \quad (1)$$

где B – степень влияния, %;

C^I – вариант очистки сточных вод с гидрокарбонатом натрия;

C^{II} – вариант очистки сточных вод с углекислым газом;

$$\%B = (14,36 - 6,079)14,36 \cdot 100\% = 57,7\% .$$

Общая экономия себестоимости очищенных сточных вод определяется по формуле

$$\Delta B = (C^I - C^{II}) \cdot V , \quad (2)$$

где ΔB – экономия себестоимости, грн/год;

V – объем очищенных сточных вод, м^3 ;

$$\Delta B = (14,36 - 6,079) \cdot 2628000 = 8,28 \cdot 2628000 = 21762468 \text{ грн/год}.$$

Таблиця 1– Калькуляція себестоимости продукции

Статьи затрат	I вариант					II вариант				
	на единицу продукции			на всю продукцию		на единицу продукции			на всю продукцию	
	к-во, кг/м ³	цена, грн/кг	сумма, грн/м ³	кол-во, м ³	сумма, грн	к-во, кг/м ³	цена, грн/кг	сумма, грн/м ³	кол-во, м ³	сумма, грн
Аммофос	0,012	25	0,3	2628000	788400	0,012	25	0,3	2628000	788400
NaOH	-	-	-	-	-	0,00064	2,5	0,0016	-	4197,5
NaHCO ₃	1,746	8,0	13,97	-	36713160	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	-	-	-	0,92	0,00687	0,006332	-	16640,5
Электроэнергия	-	-	-	-	-	16,97 кВт/м ³	0,335 грн/кВт	5,685	-	14940049
Заработная плата			0,086		226678			0,086		2266778
			14,36		37728238			6,079		15975965

Выводы. В результате внедрения в качестве элементов питания бактерий углекислого газа вместо гидрокарбоната натрия себестоимость очистки 1 м³ сточных вод снизилась на 8,28 грн., что за год составило 21762468 грн., а степень влияния предложенного внедрения составила 57,7 %.

Полученные результаты указывают на экономическую целесообразность использования углекислого газа в процессе очистки азотсодержащих сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Запольский А.К., Салюк А.И. Основы экологии. – К.: Высшая школа. – 382с.
2. Зубик С.В. Техноэкологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища. – Львів: Оріяна-Нова, 2007 – 400с.
3. Проскуляков В.А. Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности – Л.: Химия, 1977 – 463с.
4. Глухов В.В., Лисочкина Т.В., Некрасова Т.П. Экономические основы экологии. – СПб.: Специальная литература, 1997 – 304с.
5. Глушкова В.Г., Макара С.В. Экономика природопользования. – М: Гардарики, 2003 – 448с.

УДК 661.471

КОРОВИН Ю.Ф., д.т.н., профессор
МУХАЧЕВ А.П.* , к.т.н., зам. директора
КОРОВИН В.Ю.** , к.х.н., зав. лабораторией

Днепродзержинский государственный технический университет

*ООО "Феррэкспо-гидромет"

**Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины,
научно-учебный центр "Сорбент"

ПРИМЕНЕНИЕ АНИОНИТОВ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ЙОДА В ТЕХНОЛОГИИ ЦИРКОНИЯ

Введение. При производстве циркония в процессе его иодидного рафинирования образуются йодсодержащие растворы, из которых необходимо извлекать йод, возвращая его в цикл. На предприятии ОАО «Чепецкий механический завод» (Россия) принят метод регенерации йода, основанный на использовании серной кислоты и бихромата калия. При применении этого способа образуются сбросные воды, содержащие сульфат-ион, трехвалентный хром и элементарный йод ($\approx 0,3$ г/л), что требует их доочистки. Известно много различных способов получения йода-сырца из йодсодержащих минеральных вод [1,2].

Анализ существующих технологических схем извлечения йода показывает, что наиболее целесообразным способом регенерации йода является метод, основанный на использовании газообразного хлора в качестве окислителя с последующим сорбционным доизвлечением йода активированными углями (БАУ и КАД). Имеется ряд работ, в которых описаны способы извлечения йода из обедненных растворов с использованием ионообменных сорбентов [2-8].

Постановка задачи. Использование ионообменных смол в качестве сорбентов для сорбции йода более целесообразно в виду их большей эффективности по сравнению с активированными углями.

Целью данной работы было изучение сорбции йода из йодсодержащих растворов, образующихся в производстве циркония при его иодидном рафинировании, ионообменными смолами АМ, АМ (п), АН-22, АМ-2Б, выпускаемыми Государственным предприятием «Смолы», г. Днепродзержинск.

Результаты работы. В работе использовали пробы технологических йодсодержащих растворов производства циркония. На первой стадии осуществляли окисление йода путем барботирования газообразного хлора через йодсодержащий раствор при комнатной температуре с постоянным перемешиванием турбинной мешалкой для более равномерного распределения хлора в объеме реакционного пространства. Результаты проведенных исследований представлены в табл.1.

Таблица 1 – Влияние расхода хлора на степень выделения йода в осадок

Концентрация йода в растворе, г/л		Расход хлора, % от теоретического	Скорость подачи хлора, л/час	Извлечение йода в осадок, %
до хлорирования	после хлорирования			
2,99	1,05	100	15,0	65,0
2,99	0,55	120	15,0	81,5
2,99	0,74	150	15,0	76,4

Как видно из полученных данных, для достижения максимального извлечения йода в осадок (81,5%) расход хлора должен составлять 120% от теоретически необходимого количества. Для извлечения оставшегося йода (~0,55 г/л) нами было предложено использовать ионообменные смолы. Так как сорбцию йода проводят обычно из слабых кислотных растворов, а десорбцию осуществляют растворами щелочей, то подходящими для этой цели являются аниониты, устойчивые к действию щелочных сред.

В работе были использованы аниониты АМ, АМ(п), АН-22, АМ-2Б. Определены емкостные характеристики извлечения йода из растворов с содержанием йода 0,22 г/л и рН раствора 2,0. Для эксперимента использовали навеску воздушно-сухого ионита 1 г, который контактировал с 4 л раствора в течение 24 часов. Результаты определения статической емкости по йоду приведены в табл.2.

Таблица 2 – Статическая ёмкость ионитов по йоду

Ионит	Содержание йода в ионите в %
АМ(п)	14,4
АМ-2Б	12,2
АН-22	11,0
АМ	10,4

Как видно из полученных данных, максимальное значение статической емкости по йоду имеют аниониты АМ(п), АМ-2Б и АН-22.

Определены кинетические характеристики сорбции йода из раствора с содержанием йода 0,504 г/л и рН=2 при навеске воздушно-сухого ионита 2 г и объеме раствора 4 л. Данные по кинетике сорбции йода представлены на рис.1.

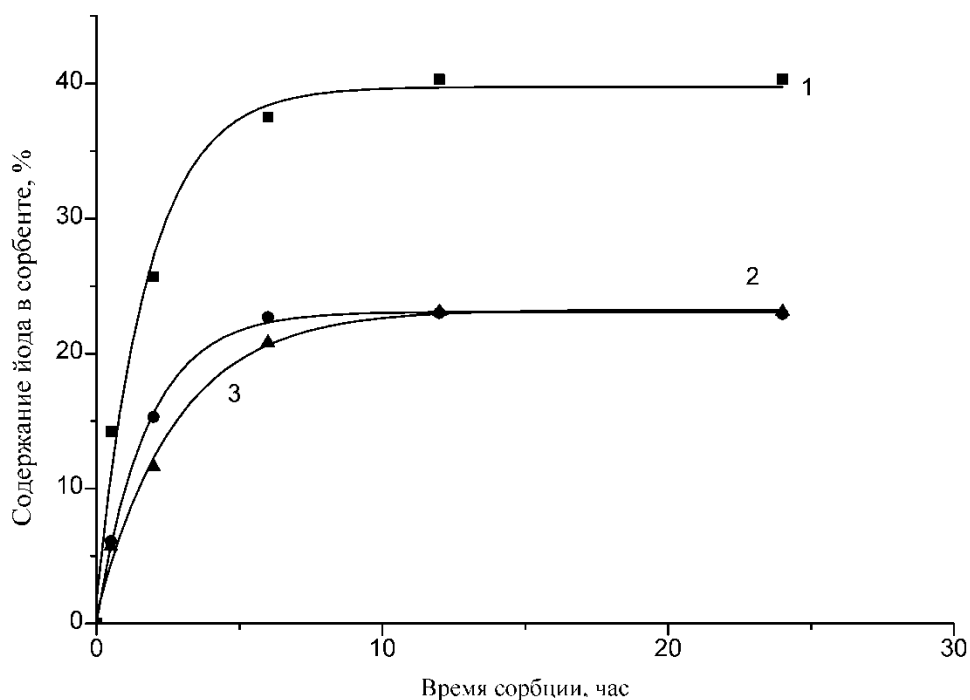


Рисунок 1 – Кинетические кривые сорбции йода анионообменниками AM(p) – (1), AM-2Б – (2) и AN-22 – (3)

Как видно из представленных данных, практически за 6 часов наблюдается достижение равновесного распределения йода между сорбентами и раствором.

В табл.3 и на рис.2 приведены изотермы сорбции анионитами при pH=2 и времени контакта сорбента с водной фазой 24 часа.

Таблица 3 – Изотермы сорбции йода анионитами

AM-2Б		AN-22		AM(p)	
Равновесное содержание йода,					
раствор, г/л	сорбент, %	раствор, г/л	сорбент, %	раствор, г/л	сорбент, %
0,467	28,71	0,465	27,8	0,490	42,0
0,394	22,9	0,415	27,5	0,427	43,6
0,262	19,71	0,293	20,9	0,278	29,9
0,127	16,7	0,220	15,27	0,160	23,8
0,060	9,1	0,092	11,1	0,047	3,96
0,006	3,46	0,026	4,77	0,017	5,3
0,003	1,71	0,065	2,83	0,0047	5,76
0,002	1,1	0,006	1,21	0,0027	2,16
0,002	0,63	0,003	0,465	0,0014	0,40
0,013	0,358	0,006	0,758	0,0007	0,24

Как видно из полученных данных, наибольшим средством к йоду обладает сильноосновной анионит AM(p), несколько худшие результаты получены для низкоосновного анионита AN-22. Аниониты имеют высокие емкостные характеристики в области низких концентраций, что позволяет достаточно эффективно сорбировать йод.

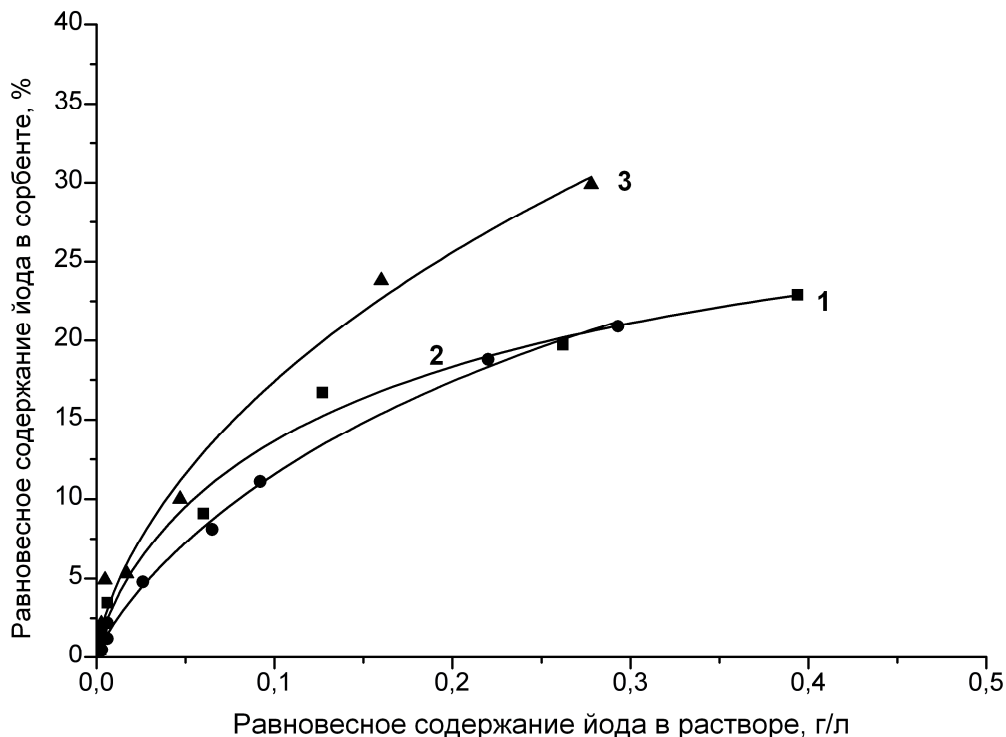


Рисунок 2 – Сорбции йода анионообменниками АМ(п) – (1), АМ-2Б – (2) и АН-22 – (3)

Была изучена регенерация анионитов 0,25-1,5 М растворами КОН. Десорбцию йода с насыщенных анионитов осуществляли в динамических условиях в стеклянной колонке диаметром 25 мм при комнатной температуре и скорости подачи раствора 1,5 мл/см³·час. Насыщение ионитов йодом проводилось из модельных растворов, содержащих 0,25 г/л J₂ и 0,5 г/л KJ в течение 48 часов. Полученные результаты приведены на рис.3-5.

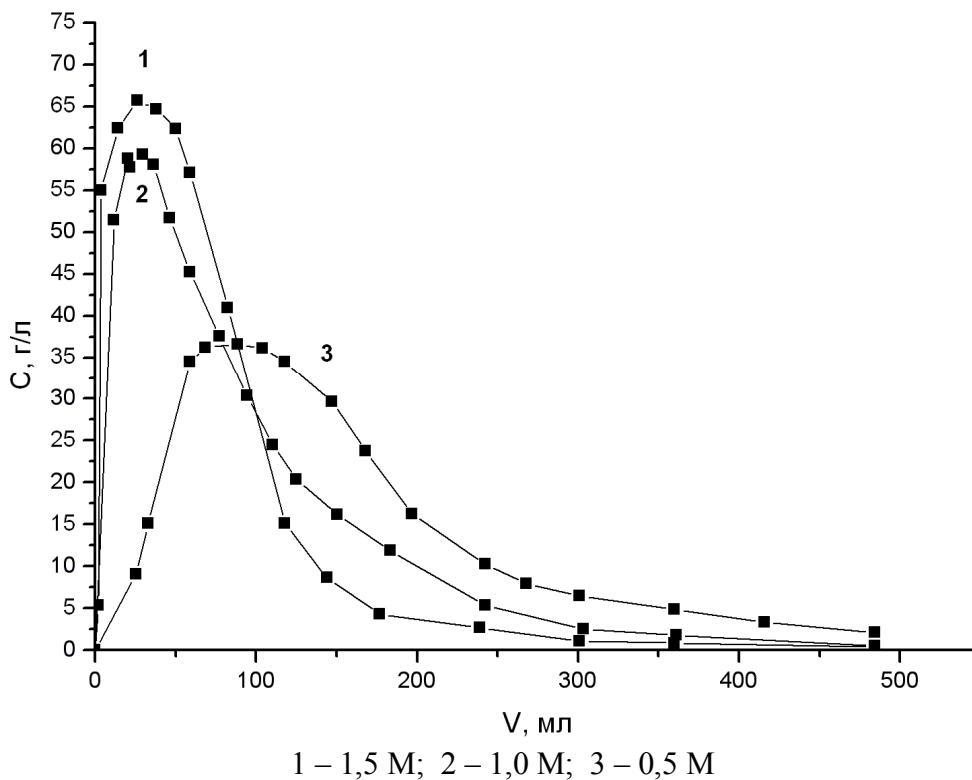
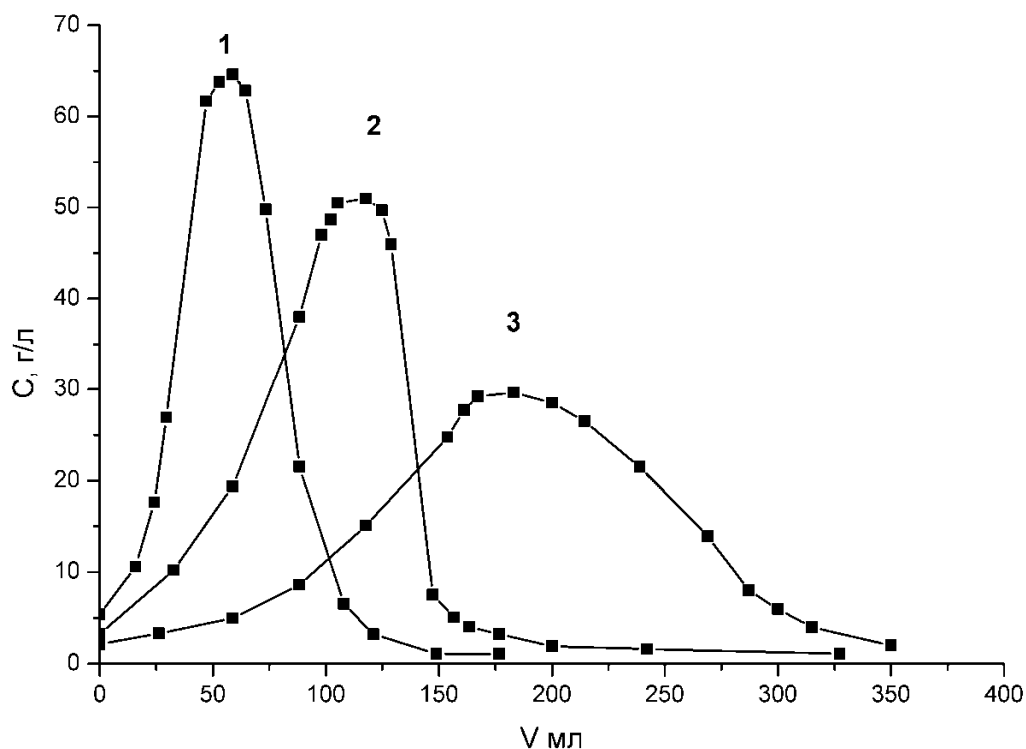


Рисунок 3 – Выходные кривые десорбции йода из анионита АМ(п) растворами КОН



1 – 1,0 М; 2 – 0,5 М; 3 – 0,25 М

Рисунок 4 – Выходные кривые десорбции йода из анионита АН-22 растворами КОН

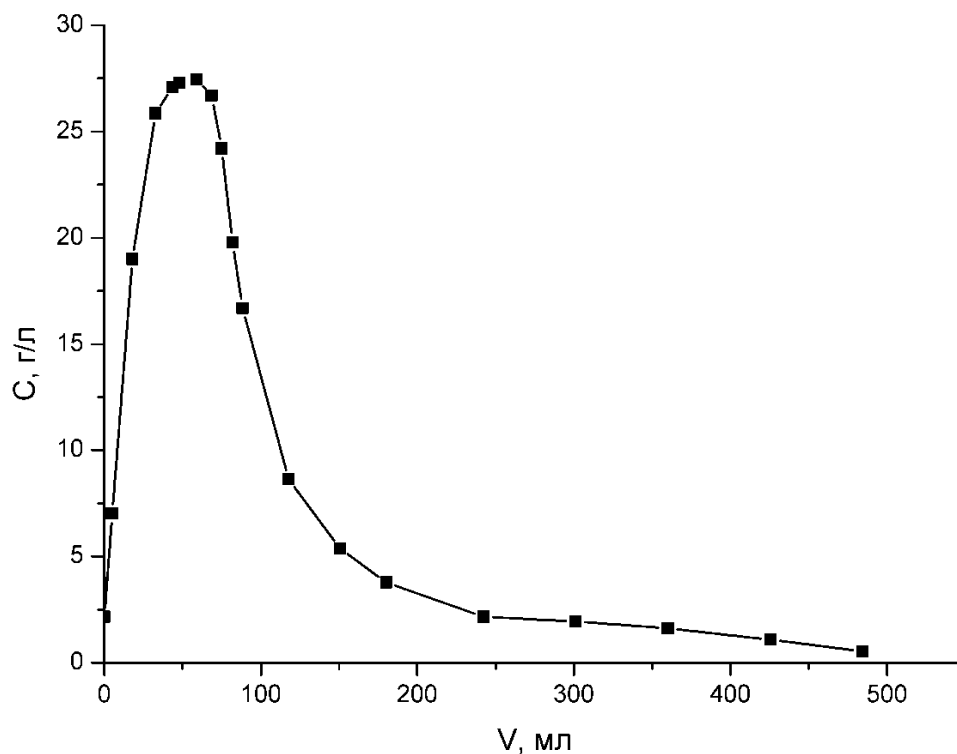


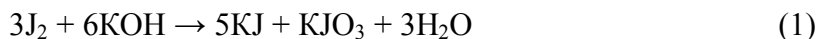
Рисунок 5 – Выходные кривые десорбции йода из анионита АМ-2Б раствором КОН 1,0М

Общее время десорбции со смолы АМ(п) и АМ-2Б составило 12 часов, а со смолы АН-22 – 7 часов. Наиболее эффективным элюирующим раствором является 0,5÷1,0 молярный водный раствор КОН. Наиболее прочно йод связывается с ионообменными

группировками высокоосновного анионита АМ(п) и среднеосновного АМ-2Б, степень десорбции с этих ионитов не превышает 88,7% и 68,8% соответственно.

Наиболее эффективная десорбция йода с низкоосновного анионита АН-22 (94,6%) наблюдается при использовании 0,5 М раствора КОН. Оптимальными условиями десорбции йода являются: концентрация элюирующего раствора КОН – 0,5 М, время – 12 час, температура – 25÷30°С.

Было изучено выделение йода из регенератов за счет его подкисления соляной кислотой. При десорбции йода щелочными растворами в регенерате образуется иодид и иодат ионы по реакции:



Выделение йода из регенерата может быть осуществлено при подкислении за счет окисления иодида иодатом до свободного йода по уравнению:



Щелочной регенерат с содержанием йода 9,8 г/л получали десорбцией йода с насыщенного высокоосновного анионита АМ(п) раствором КОН 0,5М. При обработке регенерата соляной кислотой до значения рН ≈ 1 извлечение йода в осадок достигало 84,0 %, а до значения рН =2 извлечение йода в осадок достигало 82,3%.

На основании полученных результатов предложена технологическая схема утилизации йода из растворов иодидного передела производства циркония (рис.6), обеспечивающая степень извлечения йода 98,8%.

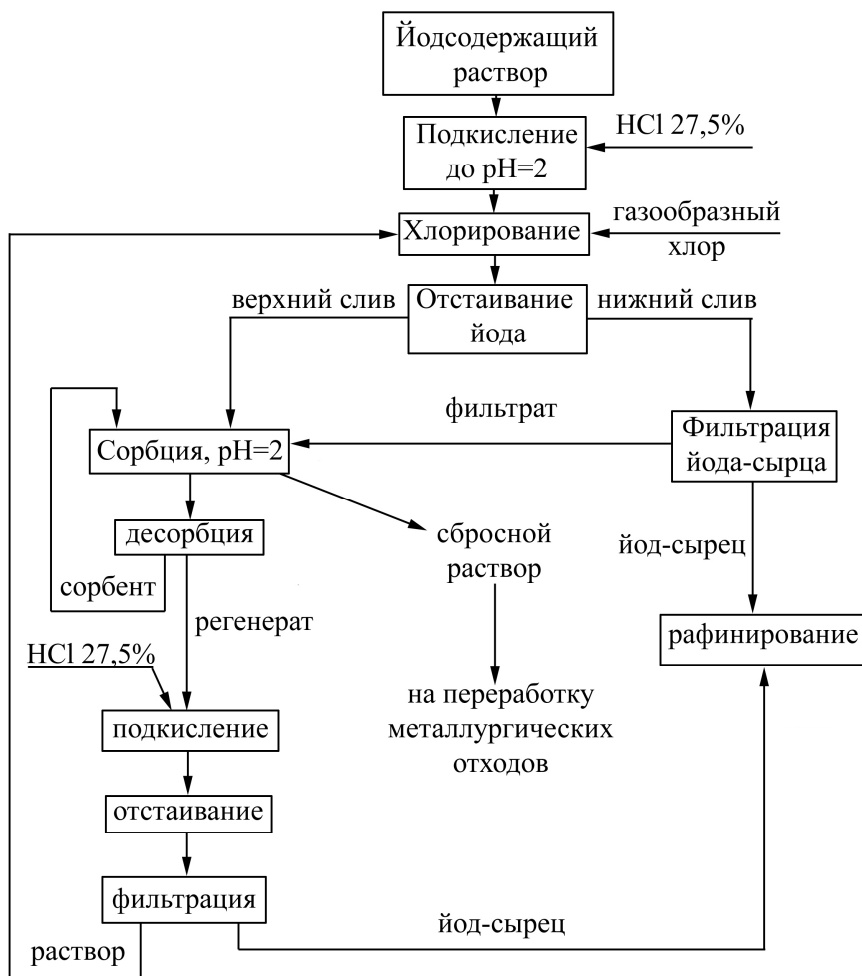


Рисунок 6 – Технологическая схема извлечения йода из растворов иодидного рафинирования производства циркония

Выводы. Приведены данные по выделению йода из растворов окислением с помощью газообразного хлора. Установлено, что при расходе хлора 120% от теоретически необходимого извлечение йода составляет 81,5%.

Изучено сорбционное извлечение йода из водных растворов анионитами различной основности АМ-2Б, АМ(п) и АН-22. Аниониты обладают высокой сорбционной емкостью к йоду. Остаточное содержание йода в растворах после сорбции составляет 0,001 г/л. Исследован процесс десорбции йода с анионитов с использованием в качестве элюата водного раствора КОН. Установлено, что оптимальными условиями десорбции йода являются: концентрация элюирующего раствора КОН – 0,5М, время – 12 час, температура – 25÷30°C. Степень десорбции йода зависит от типа ионита и составляет для АМ(п), АМ-2Б, АН-22 88,7%, 68,8% и 94,6% соответственно.

Предложена технологическая схема сорбционного извлечения йода из растворов, получающихся в производстве циркония при его иодидном рафинировании. В качестве сорбентов предложено использовать аниониты АН-22 и АМ(п).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ксензенко В.И. Станиневич Д.С. Технология йода и брома. – М.: Госхимиздат, 1960. – 168с.
2. Лемешко Н.В. Ксензенко В.И. // Журнал прикладной химии. – 1973. – Т. 9. – №3. – С.324-327.
3. Дружинина Т.В. Поленова М.А. Роговин З.А. // Химическая промышленность. – 1970. – № 70. – С.41-43.
4. Давыдов А.В., Панышин Е.С. // Журнал неорганической химии. – 1969. – Т. 10. – № 5. – С.1431-1432.
5. Иванов И.Д. // Журнал прикладной химии. – 1974. – Т. 10. – № 3. – С.521-524.
6. Казаков Е.В., Губанова Л.С. // Журнал прикладной химии. – 1974. – Т. 10. – №2. – С.296-298.
7. Иванов И.Д. // Известия вузов. Химия и хим. технология. – 1969. Т. 12. – № 6. – С.758-761.
8. Юркова Л.С. // Журнал физической химии. – 1974. – Т. 48, № 10. – С.1974.

УДК 54.05:504.5

ПРОЦЕНКО А.В., к.т.н., доцент
ДМИТРИКОВ В.П.,* д.т.н., профессор
ГУЛЯЕВ В.М., к.т.н., доцент
ТРИКИЛО А.И., к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет
*Полтавская государственная аграрная академия

СОВМЕСТНАЯ РЕАГЕНТНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ НИКЕЛЬ-, ЦИНК-, МЕДЬ- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ И СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

СООБЩЕНИЕ 1. УДАЛЕНИЕ БАЛЛАСТНЫХ ВЕЩЕСТВ И РАЗДЕЛЕНИЕ СОЕДИНЕНИЙ НИКЕЛЯ, ЦИНКА, МЕДИ И ЖЕЛЕЗА ИЗ ШЛАМОВ И СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. Практически все отрасли промышленности широко используют различные гальванические покрытия для защиты поверхности металлических изделий от коррозии. Основными компонентами электролитов для гальванопластики являются соли тяжелых металлов – никеля, хрома, меди, олова и др. По степени отрицательного

воздействия на окружающую среду и по ресурсоемкости гальваническое производство стоит на одном из первых мест в промышленных центрах Украины.

В последние годы, несмотря на сокращение промышленной деятельности в Украине, техногенная нагрузка на биосферу возросла [1], потому что промышленные отходы, в частности гальванические, не перерабатываются – уровень их утилизации составляет в лучшем случае 8-10% [2]. В настоящее время в Украине находятся миллиарды тонн промышленных отходов различных производств.

Большую проблему по утилизации представляют также отработанные травильные растворы, электролиты, гальванические шламы и сточные воды. По количеству содержания ценных компонентов в них, по сравнению с природными месторождениями, их можно классифицировать как техногенные источники полезных ископаемых [3]. Поэтому вторичной переработке отходов гальванического производства как источника цветных металлов уделяется все больше внимания. На это ориентирует как дефицит металлов, используемых для гальванических покрытий, так и Закон Украины об отходах [4].

Как правило, отработанные электролиты, содержащие соли тяжелых металлов, и травильные растворы гальванического производства смешивают и сливают в отстойники или же подвергают обработке гидроксидом кальция или другими реагентами [5] без утилизации компонентов. Этот процесс не эффективен и не экономичен, так как скорость осаждения металлов низка, а сульфат кальция в виду его достаточной растворимости [6] осаждается не полностью.

В результате получают шлам из гидроксидов металлов и сульфата кальция, который складывается на поверхности и в недрах земли и является стабильным источником загрязнения окружающей среды, что приводит практически к потере металлосодержавшего сырья и отчуждению земель за счет сооружения шламонакопителей. Любой шламонакопитель является стабильным источником загрязнения окружающей среды, так как из него атмосферные осадки, поверхностные и подземные воды вымывают токсические вещества, которые попадают в почву, грунтовые воды, реки и водоемы.

Следовательно, разработка технологии совместной утилизации отработанных травильных растворов и электролитов гальванического производства является актуальной и перспективной как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Утилизация шламов позволяет снизить площадь отчуждения земель, занятых отходами, повысить качество земель из-за уменьшения пылевых заносов с отвалов отходов и снизить загрязнение окружающей среды (почв, подземных и поверхностных вод, атмосферы) тяжелыми металлами.

С экономической точки зрения переработка шламов даст возможность сократить расходы на поиски и разведку новых месторождений полезных ископаемых, сохранить истощающиеся минеральные ресурсы в недрах Земли, повысить производительность труда за счет рентабельной переработки уже имеющего сырья, улучшить условия труда – техногенные месторождения отработанных шламов находятся на поверхности Земли – освоить заполняемые отходами шламов земли и вернуть их в сферу производства.

Постановка задачи. В связи с этим в качестве объекта исследований был взят сухой отжатый фильпрессом гальванический шлам (36 т/год) Запорожского автомобильного завода, состав которого приведен в табл. 1.

Указанные отходы образуются при нанесении цинк-никелевых покрытий на металлические изделия электролитическим путем. Этому предшествует травление поверхности изделий в серной кислоте, что приводит к накоплению отработанных травильных растворов с большим содержанием сульфата железа. После травления поверхность изделия подвергают электролитическому меднению, без которого практически нельзя получить качественных цинк-никелевых покрытий.

Таблица 1 – Химический состав никель-цинкового гальванического шлама и его экологические характеристики

Компонент	Средний состав (мас. %)	Состав металла (т) в 1т отходов	ПДК грунт мг/кг	ПДК вода мг/дм ³	Класс опасности
Ni(OH) ₂	6,0	0,62	85,0	0,01	III
Cu(OH) ₂	4,5	0,65	55,0	3,0	III
Fe(OH) ₂	12,0	0,62	6	0,3	II
Zn(OH) ₂	16,0	0,66	4	0,1	I
CaSO ₄	57,0	-	-	-	-
SiO ₂	4,5	-	-	-	-

После истощения рабочих ванн травления, электролитического меднения и нанесения цинк-никелевых покрытий обработанные электролиты смешивают и нейтрализуют гидроксидом кальция, получая гальванический шлам из гидроксидов цинка, никеля, меди, железа и сульфата кальция (рис. 1, табл. 1).

Реализация извлечения металлов из гальванического шлама после превращения его компонентов в растворимое состояние может быть осуществлена методами обратного осмоса, ультрафильтрации, электродиализа, ионного обмена и др. [6], но требует сложной специальной аппаратуры, энергоёмки и трудоёмки во многих случаях экономически невыгодны и потому неприемлемы для Украины.

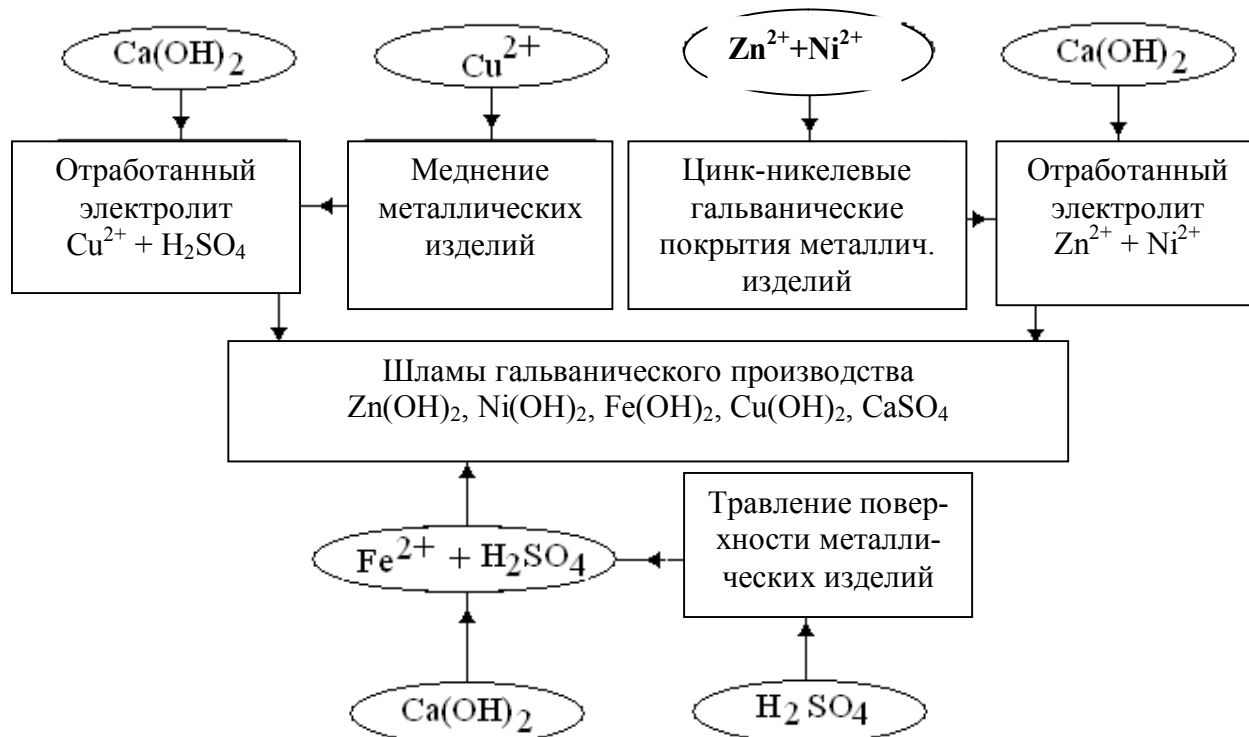
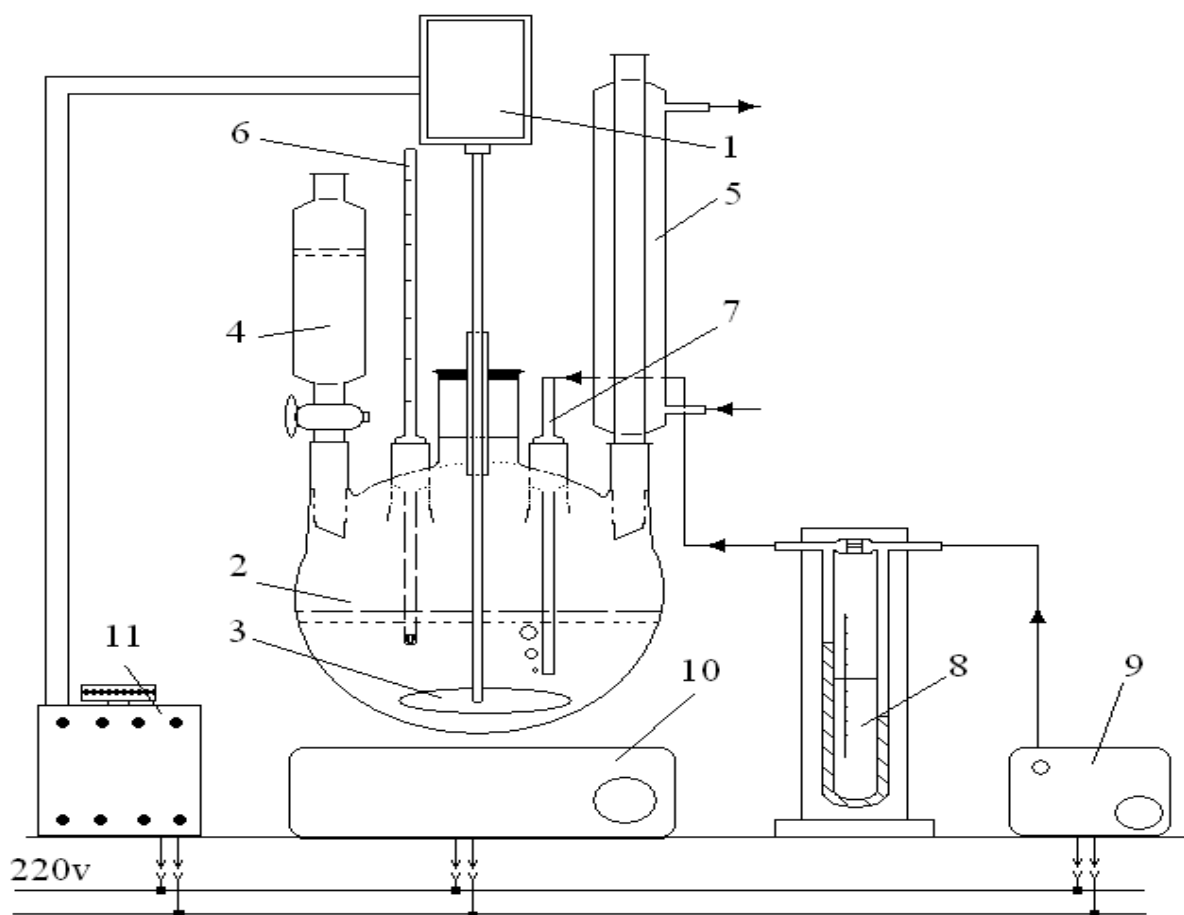


Рисунок 1 – Образование гальванического шлама

Результаты работы. Нами разработан и предложен реагентный способ совместной утилизации цинк-, никель-, медь- и железосодержащих шламов гальванического производства, не содержащих комплексобразующих добавок. В противном случае осаждение указанных металлов гидроксидом кальция было бы неполным из-за устой-

чивости комплексов этих металлов, а их перевод в шламообразное состояние затруднен.

Предлагаемый метод основан на разных условиях осаждения ионов железа (II) и (III), меди, никеля и их способности к комплексообразованию [7]. Исследования проводили в лабораторных условиях на установке, оборудованной пятигорлой колбой с обратным холодильником, капельной воронкой, термометром, капилляром подачи воздуха и механической мешалкой (рис.2). Контроль за прохождением процессов изготовления проводился аналитическими методами.



1 – электродвигатель, 2 – реакционная колба, 3 – лопастная мешалка, 4 – капельная воронка, 5 – обратный холодильник, 6 – термометр, 7 – капилляр подачи воздуха, 8 – реометр, 9 – компрессор лабораторный, 10 – электроплитка, 11 – лабораторный автотрансформатор

Рисунок 2 – Лабораторная установка для исследования гальванических шламов

Утилизация отходов проводилась в две стадии. На первой стадии из гальванического шлама удаляют балластные вещества, на второй – производят разделение гидроксидов цинка, никеля, меди, железа.

Первая стадия.

300 г диспергированного шлама растворяют в 0,5л концентрированной серной кислоты (плотность 1,84г/см³), при этом температура в реакторе за счет экзотермичности процесса повышается до 80-85 °С, и гидроксиды никеля, цинка, меди и железа (II) переходят в растворимые сульфаты, а нерастворимые примеси и сульфат кальция остаются в осадке. Полученный раствор фильтруют и в фильтрат постепенно при пере-

мешивании добавляют 25%-ный раствор гидроксида аммония в стехиометрическом количестве для осаждения цинка, никеля, меди и железа (II).

Одновременно, для полного осаждения железа, через водный раствор сульфатов цинка, никеля, меди, железа (II) пропускают сжатый воздух. Это необходимо для окисления железа (II) в железо (III), так как растворимость гидроксида железа (III) значительно меньше, чем железа (II) [7]. Для перевода железа (II) в железо (III) можно рекомендовать также пероксид водорода, что ускорит процесс окисления в несколько раз.

После окисления железа (II) в железо (III) получают раствор, содержащий гидроксиды цинка, никеля, меди, железа (III) и сульфат аммония. Осадок отделяют фильтрованием, получая раствор сульфата аммония, который упаривают, сушат и подают на склад. Осадок используют для выделения из него цинка, никеля, меди, железа.

Вторая стадия.

Осадок обрабатывают избытком раствора гидроксида натрия, получая растворимый комплекс двузамещенной натриевой соли метацинковой кислоты $Na_2[Zn(OH)_4]$, а в осадке остаются нерастворимые гидроксиды меди, никеля и железа (III). После фильтрования раствор с комплексом цинка упаривают, сушат и получают кристаллический комплекс цинка.

Осадок с гидроксидами меди, никеля и железа (III) обрабатывают избытком 25%-го раствора гидроксида аммония. Гидроксиды меди и никеля переходят при этом в растворимые аммиачные комплексы, а гидроксид железа (III) остается в осадке. После фильтрования раствор с комплексами меди и никеля упаривают, сушат и полученную кристаллическую смесь комплексов меди и никеля отправляют на склад.

Осадок гидроксида железа (III) сушат, прокаливают, получают оксид железа (III).

В процессе проведения исследований изучали влияние различных факторов на утилизацию шлама.

Так время выщелачивания металлов из шлама серной кислоты при добавлении последней в шлам составляет 0,75 часа, а степень выщелачивания 97%, что объясняется образованием осадочного слоя шлама, в результате чего скорость реакции, лимитируемая в завершающей стадии внешней диффузией, замедляется.

При внесении шлама в кислоту реакция протекает в кинетической области, степень выщелачивания 99,6%, и время процесса выщелачивания 0,25 часа.

Время окисления железа (II) в железо (III) зависит от природы окислителя, для кислорода воздуха оно составило 20 часов, а для пероксида водорода – 2,5 часа.

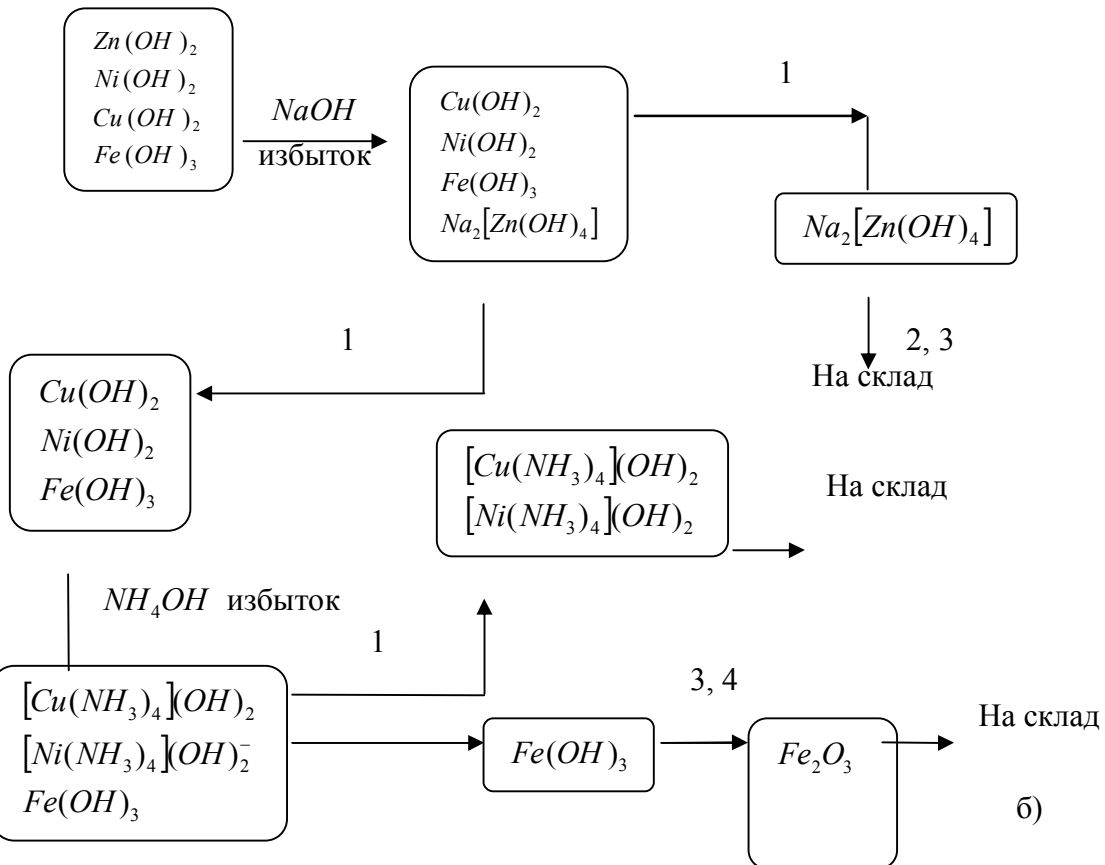
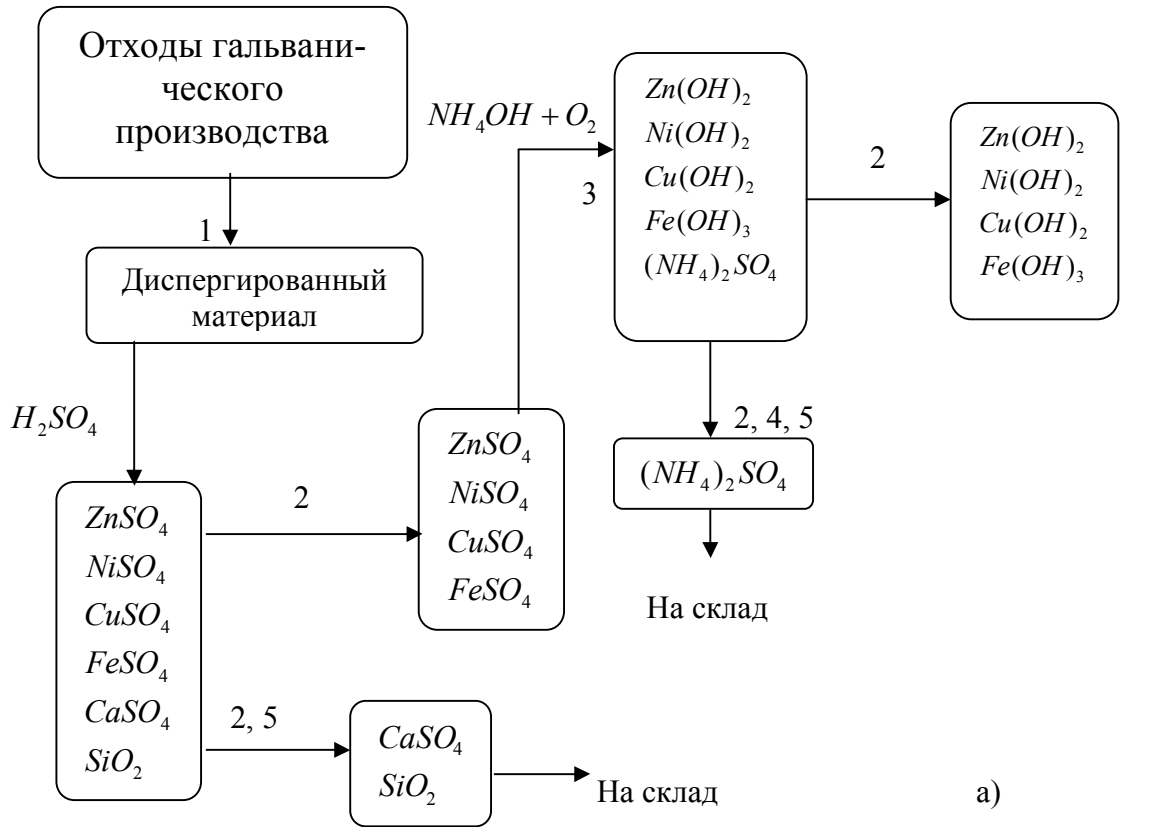
Продолжительность осаждения гидроксидов металлов составила 0,85 часа. Оптимальная скорость перемешивания для выщелачивания, окисления, осаждения составила 900-950об/мин.

Температура проведения процесса выщелачивания и дальнейших операций по утилизации компонентов шлама поддерживалась $45\pm 5^\circ\text{C}$. Более высокая температура нецелесообразна – начинается необратимое частичное разложение гидроксида железа (II), что затрудняет окисление железа.

Остальные параметры ведения процесса утилизации приведены в табл.2.

На основании рассмотренного технологического процесса разработана общая схема переработки гальванического шлама, представленная на рис.3

В случае совместной реагентной утилизации никель-, цинк-, медь- и железосодержащих сточных вод гальванического производства сначала производят осаждения компонентов сточных вод любым осадителем гидроксидами кальция или натрия, либо карбонатом натрия. Далее разделение компонентов сточных вод и балластных веществ проводится по описанной выше схеме.



а) 1 – дробление, 2 – фильтрование, 3 – барботаж воздуха, 4 – упаривание, 5 – сушка;

б) 1 – фильтрование, 2 – упаривание, 2 – сушка, 4 – прокаливание

Рисунок 3 – Удаление балластных веществ из гальванических шламов и разделение гидроксидов цинка, никеля, меди, железа

Таблица 2 – Условия переработки никель-цинковых гальванических отходов

Параметры	Показатели
Температура процесса	45±5 °С
Время растворения шлама в кислоте	0,25 часа
Время окисления железа (II) в железо (III) перексидом водорода	2,5 часа
Скорость перемешивания	900-950 мин ⁻¹
Количество расходов перексида водорода на 1 моль гидроксида железа (II)	0,5 моля
Количество расходов гидроксида аммония на 1 моль осаждаемого вещества	2 моля
Расходы воздуха	0,64 л/мин
Скорость подачи раствора гидроксида амония	2 мл/сек
Скорость подачи раствора гидроксида натрия	2 мл/сек

Выводы. В лабораторных условиях показана возможность реагентной утилизации гальванического шлама, содержащего цинк, никель, медь, и железо, на составляющие компоненты, а также провести удаление балластных веществ. Авторы в дальнейшем намереваются провести исследования по утилизации гальванических элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мадзюк І.А. Питання поводження з промисловими та побутовими відходами // Еко-технології і ресурсозбереження. – 2003. – №3. – С.11-13.
2. Перспективы получения цветных и редких металлов из технологических отходов Украины/ Под ред. Галецкого Л.С., Бента И.О. – К.: Знання, 1994 – 30с.
3. Астрелин И.М., Толстопалова Н.М. Современное состояние проблемы накопления и переработки твёрдых отходов в Украине// Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції «Комплексне використання сировини, енерго- та ресурсозберігаючі технології у виробництві неорганічних речовин». – Черкаси: Вертикаль, 2004. – 291с.
4. Закон України «Про відходи»: Довідник з питань економіки та фінансування природономумування природоохоронної діяльності. – К.:Геопринт, 2000. – С.44-46.
5. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных вод. – М.: Химия, 1974. – 336с.
6. Запольский А.К. Комплексная переработка сточных вод гальванического производства. – К.: Техніка, 1989. – 199с.
7. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 446с.

УДК 54.05:504.5

ПРОЦЕНКО А.В., к.х.н., доцент
ДМИТРИКОВ В.П.,* д.т.н., профессор
ГУЛЯЕВ В.М., к.т.н., доцент
ТРИКИЛО А.И., к.т.н., доцент

Днепродзержинский государственный технический университет
*Полтавская государственная аграрная академия

СОВМЕСТНАЯ РЕАГЕНТНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ НИКЕЛЬ-, ЦИНК-, МЕДЬ- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАМОВ И СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА
СООБЩЕНИЕ 2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА УТИЛИЗАЦИИ НИКЕЛЬ-, ЦИНК-, МЕДЬ- И ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Введение. Удаление балластных веществ из отработанных гальванических отходов является важным подготовительным этапом, который в большинстве случаев определяет успех последующей работы по извлечению ценных веществ из отходов[1,2].

Постановка задачи. Разработка технологической схемы утилизации цинк, никель-, медь- и железосодержащих отходов гальванического производства.

Результаты работы. Как отмечалось в сообщении 1, на первом этапе реагентным методом производят удаление балластных веществ – сульфата кальция и кремнезема из гальванических отходов. На втором этапе полученный после отделения балластных веществ фильтрат с сульфатами цинка, никеля, меди и железа (II) обрабатывают водным раствором аммиака в стехиометрическом количестве для осаждения цинка, никеля, меди и железа (II). При этом для полного осаждения железа через раствор пропускают сжатый воздух и окисляют железо (II) в железо (III), так как растворимость гидроксида железа (III) значительно меньше, чем гидроксида железа (II). Для этой цели можно также рекомендовать пероксид водорода, что ускоряет процесс окисления в несколько раз.

После полного окисления железа (II) в железо (III) получают раствор, содержащий осадок гидроксидов цинка, никеля, железа и сульфата аммония. Осадок отделяют фильтрованием и получают фильтрат с сульфатом аммония. После упаривания получают сульфат аммония, последний сушат, кристаллизуют и отправляют на склад. Осадок гидроксидов цинка, никеля, меди и железа (III) обрабатывают избытком гидроксида натрия. При этом гидроксид цинка переходит в растворимый комплекс, а гидроксиды меди, железа и никеля остаются в осадке. Осадок отделяют фильтрованием и обрабатывают избытком раствора гидроксида аммония. Получают растворимые аммиачные комплексы меди и никеля, а в осадке остается гидроксид железа (III).

Поскольку электродные потенциалы меди никеля значительно различаются между собой по величине ($E_{Cu^{2+}/Cu} = + 0,34V$, $E_{Ni^{2+}/Ni} = - 0,25V$)[3], фильтрат, содержащий комплексы меди и никеля, после корректировки состава может быть использован сразу в гальваническом производстве как электролит меднения с последующим процессом нанесения никеля на металлические изделия[3,4]. После упаривания и сушки мож-

но применять аммиакаты меди и никеля для тех же целей в качестве смешанного электролита.

Осадок гидроксида железа (III) сушат, прокальвают и получают краситель – оксид железа (III). Конденсат обессоленной воды, полученный при сушке и прокаливании, может быть возвращен в сферу производства для технических целей.

Последовательность рассмотренных процессов представлена в табл.1.

Таблица 1 – Этапы процесса переработки цинк-, никель-, медь-, железосодержащих отходов гальванического производства

Стадия процесса 1	Результат 2
I. Измельчение отходов	Измельченные отходы (1)
II. Растворение (1) в концентрированной серной кислоте	В растворах $ZnSO_4$, $NiSO_4$, $CuSO_4$, $FeSO_4$ (2). В осадке $CaSO_4$, SiO_2 (3)
III. Фильтрование (2), (3)	Фильтрат с сульфатами олова, никеля, меди и железа (4). Осадок $CaSO_4$, SiO_2 (5)
IV. Обработка (4) стехиометрическим количеством 25%-ного раствора NH_4OH с одновременным продуванием воздуха	В растворе $(NH_4)_2SO_4$ (6). В осадке (7) гидроксиды цинк, никеля, меди и гидроксид железа(III)
V. Фильтрование (6), (7)	Фильтрат с сульфатом аммония (8). Осадок (9) с гидроксидами цинка, никеля, меди и гидроксидом железа(III)
VI. Обработка (9) избытком раствора $NaOH$	В растворе (10) комплекс цинка: $Na_2[Zn(OH)_4]$. В осадке (11) $Cu(OH)_2$, $Ni(OH)_2$, $Fe(OH)_3$
VII. Фильтрование (10), (11)	Фильтрат с комплексам цинка (12). Осадок (13) с $Ni(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, $Fe(OH)_3$
VIII. Обработка (13) избытком раствора $NaOH$	В растворе комплексы $[Ni(NH_3)_4]OH_3$, $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ (14). В осадке $Fe(OH)_3$ (15)
IX. Фильтрование (14), (15)	Фильтрат с компонентами никеля и меди (16). Осадок $Fe(OH)_3$ (17)
X. Вакуумное упаривание растворов (8), (10), (16) и сушка продуктов упаривания	Кристаллические продукты: сульфат аммония, комплексы меди, никеля, цинка (18)
XI. Сушка (5) и (17)	Кристаллический $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, SiO_2 (19) и $Fe(OH)_3$ (20)
XII. Прокаливание (20)	Краситель Fe_2O_3 (21)

На основе полученных результатов разработана принципиальная технологическая схема рекуперационной утилизации цинк-, медь-, никель-, железосодержащих гальванических отходов (рис.1).

Определяющими факторами при разработке технологической схемы переработки цинк-, никель-, медь-, железосодержащих шламов являются экологические, технико-экономические и социальные факторы.

Схема включает стандартные образования, параметры работы, которые рассчитывают известными приемами [3,5].

На всех участках переработки шлама предусмотрена полная механизация работы с переходом работы всей технологической линии в автоматический режим. Предусмотрена возможность регулировки параметров работы технологических машин в широких пределах.

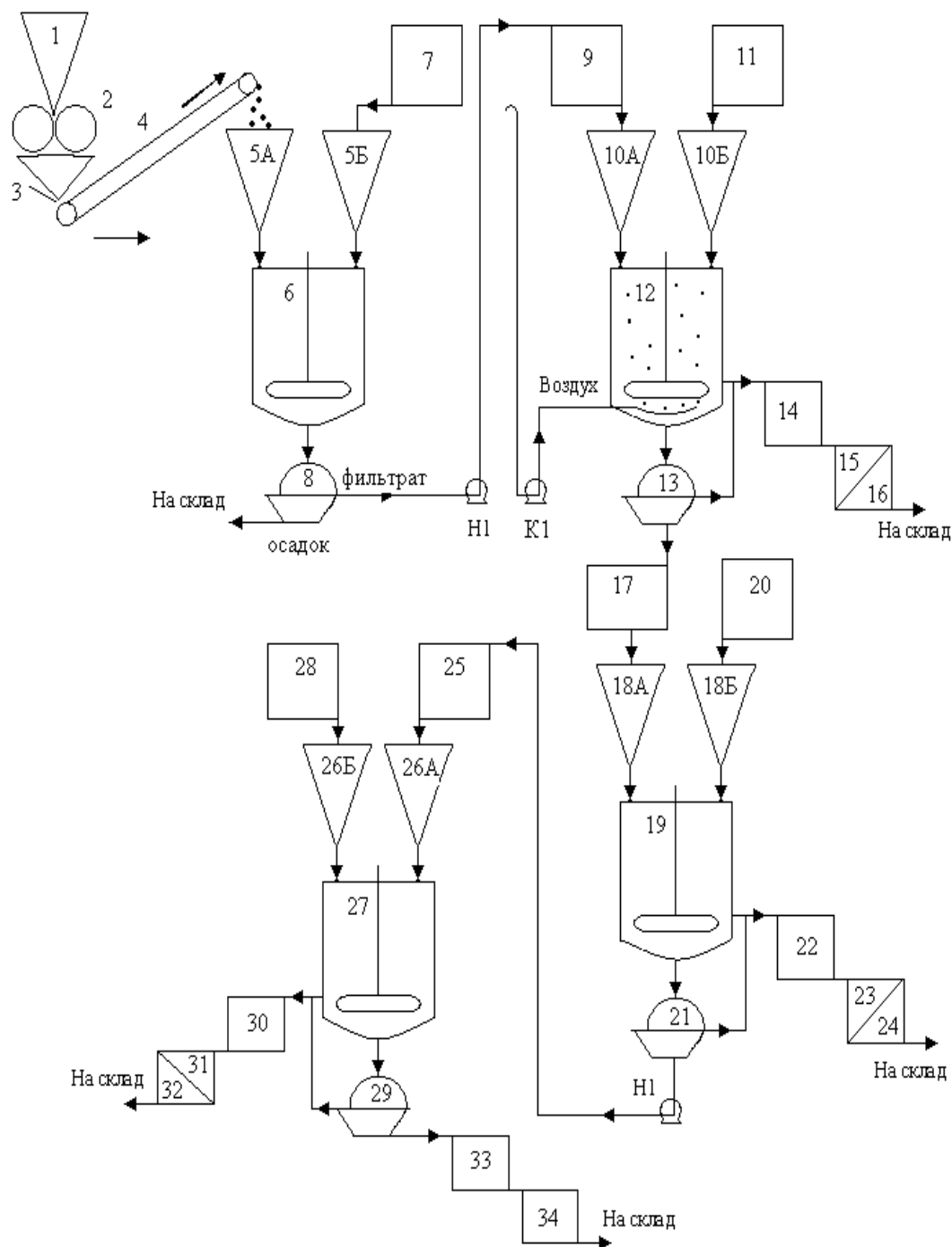


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема рекуперации цинк-, никель-, медь- и железосодержащих отходов гальванического производства

Шлам из сборника 1 подают в вальцовую дробилку 2 для измельчения, после чего из сборника 3 измельченный продукт подают транспортером 4 в мерник 5А. В мерник 5Б из сборника 7 поступает серная кислота. Реагенты из мерников 5А и 5Б в необходимых количествах подают в реактор 6. Реакционную смесь перемешивают мешалкой с электроприводом. По завершении реакции продукт в виде раствора и нерастворимых примесей (сульфат кальция, кремнезем) выпускают из реактора 6 на барабанный фильтр 8. Фильтрат насосом Н1 направляют в сборник 9, а влажный шлам с нерастворимыми примесями – в шламонакопитель (на склад).

Из сборника 9 через мерник 10А фильтрат – водный раствор сульфатов железа (II), меди, цинка и никеля – направляют в реактор 12, оборудованный мешалкой. В реактор через мерник 10Б из сборника 11 подают раствор гидроксида аммония. Через компрессор К1 в реактор 12 постоянно подают воздух. Осадок гидроксидов цинка и железа (III), меди и никеля, образовавшийся в реакторе, вместе с раствором сульфата аммония подают на барабанный фильтр 13. Фильтрат – водный раствор сульфата аммония – собирают в сборник 14, откуда подают в выпарной аппарат 15, затем вакуум-сушильную камеру 16. Высушенный продукт – сульфат аммония – отправляют на склад.

Гидроксиды железа (III), меди, цинка и никеля после барабанного фильтр-пресса 13 поступают сначала в сборник 17, затем в мерник 18А. В реактор 19, оборудованный мешалкой, из сборника 20 через мерник 18Б избыток раствора гидроксида натрия, а из мерника 17А – смесь гидроксидов железа (II), меди, цинка и никеля. В результате реакции в аппарате 19 образуется растворимый комплекс цинка (двухзамещенная натриевая соль метацинковой кислоты), а гидроксиды никеля, меди и железа остаются в нерастворенном состоянии. Продукты реакции из реактора 19 подают на барабанный фильтр 21, где отделяют осадки гидроксидов железа (III) никеля и меди от раствора. Перешедшее в фильтрат комплексное соединение цинка направляют в сборник 22, откуда подают в выпарной аппарат 23, затем вакуум-сушильную камеру 24.

Осадок (гидроксиды) никеля, меди и железа (III) насосом Н2 подают сначала в сборник 25, затем через мерник 26А в реактор 27. Сюда же при перемешивании подают избыток 25-%-ного раствора гидроксида аммония из сборника 28 через мерник 26Б. В результате реакции образуются растворимые аммиачные комплексы меди и никеля, а гидроксид железа (III) остается в осадке. Образовавшуюся взвесь подают на барабанный фильтр 29. Фильтрат после мерника 30 и выпарного аппарата 31 подают на вакуум-сушильную камеру 32 и далее на склад. Осадок – гидроксид железа (III) – после вакуум-сушильной камеры 33 и прокаливания в печи 34 отправляют на склад.

Мерники 5,10,18,26 имеют коническое днище и снабжены на выходе шлюзовыми затворами, что на общей схеме не показано. Как и выпускные устройства, шлюзовые затворы установлены также на реакторах, что дает возможность регулировать подачу взвесей (шламов), а, следовательно, и режим работы барабанных фильтров.

Предлагаемый реагентный способ переработки шламов гальванического производства включает известные методы и приемы химической технологии такие, как дробление, фильтрование, упаривание, сушка, барботаж воздуха и др. Контроль и регулирование химических процессов, составляющих основу реагентного способа, а также оптимизация химико-технологических систем разработаны в достаточной степени [6-8].

Разработанный способ и схему технологии авторы рекомендуют к рассмотрению на предмет промышленного использования.

По предлагаемой схеме возможна переработка отходов гальванического производства – шламов и сточных вод.

Выводы. Разработанный в лабораторных условиях реагентный способ утилизации цинк-, никель-, медь- и железосодержащих отходов гальванического производства характеризуется отсутствием отходов и позволяет вернуть в сферу производства такие ценные дефицитные цветные металлы, как цинк, никель, медь и улучшить экологию окружающей среды. Продукты переработки – сульфат аммония, оксид железа (III), сульфат кальция с кремнеземом – могут представлять интерес для сельского хозяйства, лакокрасочной и строительной промышленности соответственно. Авторы в дальнейшем намереваются провести исследования по утилизации гальванических элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бент И.О., Галецкий Л.С. Перспективы получения цветных и редких металлов из технологических отходов. – К.: Знание, 1994. – 30с.
2. Казанский В.Б., Швец В.А., Рудницкий П.А. Методы исследования катализаторов и каталитических реакций. Новосибирск: Наука, 1965. – 157с.
3. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. – М.: Химия, 1989. – 446с.
4. Кочергин В.П. Электрохимическая регенерация отработанных сернокислотных растворов // В сб.: Теория и практика сорбционных процессов. – М.: Наука, 1966. – 75с.
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн.-М.: Химия, 1995. – Кн.1. – 400с., Кн.2. – 368с.
6. Шувалов В.В., Огаджанов Г.Н., Голубятников В.А. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: Химия, 1991. – 480с.
7. Другов Ю.С. Экологическая аналитическая химия. – М.-СПб: Анатомия, 2000. – 432с.
8. Головки Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. – К.: Либідь, 2001. – 408с.