

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Атаманюк Олексій Анатолійович

УДК 628.543:541.183

**ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАВКОЛИШНЄ
СЕРЕДОВИЩЕ ШЛЯХОМ ОБРОБКИ ОБВОДНЕНИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ
ШЛАМІВ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українському державному науково-дослідному інституті екологічних проблем (м. Харків)

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,
Касимов Олександр Меджитович,
ДП «УкрНТЦ «Енергосталь»,
головний науковий співробітник

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент,
Козуля Тетяна Володимирівна,
НТУ «Харківський політехнічний інститут»
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри «Комп'ютерного моніторингу і логістики»

кандидат технічних наук, доцент,
Удалов Ігор Валерійович,
Харківський Національний університет ім. Каразіна
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри гідрогеології

Захист відбудеться «29» листопада 2013 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського- Корсакова 2, корп. Ц, ауд. 204

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, Україна, м. Суми, вул. Римського- Корсакова, 2

Автореферат розіслано « ____ » жовтня 2013 р

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Л.Л. Гурець

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. На металургійних підприємствах України накопичено більше 70 млн т шламів, з яких 21 млн. т придатні для повторного використання. Безпосередніми джерелами впливу на навколишнє природне середовище (НПС) шламонакопичувачів (ШН) є фільтраційне забруднення ґрунтів і ґрунтових вод важкими і рідкісними металами (РМ), вторинне запилювання з їх поверхні, відчуження та забруднення займаних ними земель, трансформація природного ландшафту.

У металургійній промисловості приділяється особлива увага зниженню енергетичних витрат на всіх етапах технологічного виробництва. Значні витрати пов'язані з переробкою та утилізацією шламів, пилу, що містять сполуки РМ (Fe, Mn, Zn, Cr, V, Pb та ін.), небезпечних для здоров'я людини та НПС. Їх вміст у шламах газоочисток вельми значний, що дозволяє розглядати їх як цінну вторинну сировину. Вищезазначене підтверджує актуальність теми дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Робота проводилася на виконання Законів України «Про відходи» від 5.03.98 № 187/ 98 (із змінами від 07.03.02 р. № 3073- III), «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25.06.91 р. № 1264- XII, «Про охорону земель» від 19.06.03 р. № 962- IV, «Про загальнодержавну програму поводження з токсичними відходами» від 14.09.00 р., Постановою ВР України «Про основні напрямки державної політики України у Галузі охорони довкілля, Використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» № 118/98-ВР від 5.03.1998 р., Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції національної екологічної політики України на Період до 2020р.» від 17.10.2007р. № 880-р. Відповідно до «Комплексної програми енергозбереження Запорізької області» затвердженої розпорядженням голови облдержадміністрації № 626 від 23.12.2010 р., «Програма поводження з твердими відходами в Запорізькій області на 2008-2012 рр..затвердженою Рішенням Запорізької ради 07.08.2008 р. №17. У відповідності з планами науково-дослідних робіт УкрНДІЕП 2011-2012 рр. та програмі МОН України (№ держреєстрації 0111U006335).

Метою роботи є забезпечення екологічної безпеки в районах розміщення багатотоннажних відходів газоочисток металургійних заводів шляхом розробки на базі теоретичних і експериментальних досліджень технологій та обладнання щодо запобігання екологічно небезпечному впливу ШН металургійного виробництва на НПС. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися наступні **задачі дослідження**:

- вивчення хімічного складу шламів агломераційного (ШАВ) та доменного (ШДВ) виробництва металургійного комбінату «Запоріжсталь» (МК «Запоріжсталь»);
- теоретичне дослідження процесу зневоднення металургійних шламів;
- вивчення кінетики і виявлення закономірностей процесу електрообробки для гравітаційного зневоднення ШАВ і ШДВ при змінюваних температурах ;

- розробка на базі теоретичних і експериментальних досліджень процесу гравітаційного зневоднення шламів з обробкою їх постійним електричним струмом (ПЕС) при змінюваних температурах ;
- дослідження та оптимізація параметрів технології та обладнання розробленої екологічно безпечної технології гравітаційного зневоднення шламів з обробкою їх ПЕС при змінюваних температурах;
- розробка промислової технології та установки для гравітаційного зневоднення шламів з обробкою їх ПЕС при змінюваних температурах, без класифікації за гранулометричним складом;
- розрахунок і аналіз техніко - економічної ефективності реалізації розроблених процесів та обладнання;
- оцінка ступеня підвищення екологічної безпеки НПС у районі МК «Запоріжсталь» в результаті виконаних розробок.

Об'єкт дослідження – вплив шламонакопичувачів агломераційного і доменного виробництва на навколишнє середовище.

Предмет дослідження – зниження екологічно небезпечного впливу на довкілля шламонакопичувачів багатотоннажних відходів газоочисток агломераційного і доменного виробництва шляхом комплексного впливу постійного струму і температури.

Методи досліджень. Використано сучасний математичний апарат для планування експериментів і встановлення рівностей регресії ступеня ущільненості шламу, залежно від факторів впливу - температури суспензії і напруги ПЕС з графічною і табличною інтерпретацією отриманих результатів. При проведенні дослідів використані стандартні методики визначення основних фізико-хімічних властивостей досліджуваних відходів і одержуваних продуктів, розроблені нові методики та лабораторні установки для вивчення електрокінетичних явищ, що відбуваються в обсязі досліджуваних суспензій і в осадах .

Для оцінки впливу постійного струму і температури в системі на процеси ущільнення шламів розроблено методику визначення швидкості гравітаційного осадження шламів, ступеня їх ущільнення і зміни електрокінетичного ξ - потенціалу на поверхні частинок.

Розроблено методику проведення експериментів для вивчення електрокінетичних явищ, які виникають у процесі фільтрації води через шламовий осад під дією постійного електричного струму. Для оцінки впливу ПЕС і температури на процес гравітаційного осадження ШАВ і ШДВ, розроблена методика розрахунку електрокінетичного ξ - потенціалу на межі розділу фаз і методика розрахунку коефіцієнта фільтрації шламів.

Для обробки результатів експериментів використано метод найменших квадратів. Для визначення економічної ефективності розробленої технології гравітаційного зневоднення шламів з обробкою їх ПЕСом при змінюваних температурах застосовували діючі методики визначення техніко-економічної ефективності від впровадження розроблюваних технологій та обладнання і техніко-економічні показники існуючих оборотних циклів МК «Запоріжсталь».

Наукова новизна одержаних результатів.

- Вперше теоретично обгрунтовано та експериментально підтверджено, що ефективне осадження шламів газоочисток металургійного виробництва, забезпечує їх екологічно безпечне зневоднення і утилізацію, що досягається в результаті поєднання гравітаційних процесів з обробкою ПЕС при змінюваних температурах. Уточнені і розвинені уявлення про кінетику фізико-хімічних процесів, що відбуваються при обробці шламів ПЕС.

- Встановлено характер комплексного впливу технологічних факторів процесу на його ефективність і сукупність показників використання електроенергії. Вперше вивчені функціональні залежності ступеня ущільнення шламів при обробці ПЕСом. Відмічено зростання ступеня ущільнення ШДВ - на 10%, ШАВ - на 19%, їх суміші в обсягах 2,5-3,0:1 - на 53 %.

- Вперше експериментально доведено, що:

- швидкість фільтрації води через шар шламу росте під дією ПЕСу, через зменшення радіусів гідратованих іонів. Встановлення цього факту розрахунками на основі зміни питомої електропровідності і концентрації іонів Ca^{2+} підтвердило теоретичні розробки автора;

- зменшення ξ - потенціалів частинок шламів під дією ПЕСу веде до зростання їх ущільнення, зменшення розмірів, числа шпар і діаметра капілярів в осаді. На поверхні шпар і капілярів виникає подвійний електричний шар і залишки вологи під дією гравітаційних сил фільтруються через шар шламу, як через напівпроникні капілярні системи;

- змішування ШАВ і ШДВ в обсягах 2,5-3,0:1 і шламових вод в обсягах 7,5:1 дозволяє підвищити щільність шламів і збільшити швидкість їх гравітаційного зневоднення під дією постійного електричного струму.

Практичне значення роботи:

- забезпечена екологічна безпека ОПС шляхом переробки та подальшої утилізації металургійних шламів методом їх гравітаційного зневоднення під дією ПЕСу і регульованою температури;

- розроблені: ефективна ресурсо-енергозберігаюча технологія переробки багатотоннажних металовмісних шламів газоочисток агломераційного і доменного виробництв або реалізації їх на ринку промислових відходів (ПВ) для міжгалузевого використання; спосіб, що дозволяє зневоднювати металургійні шлами шляхом їх обробки ПЕСом з високим ступенем гравітаційного зневоднення і скороченням вологості осадів; нове обладнання для осадження ШДВ із зростанням ступеня зневоднення до 20%;

- перевагами зневоднення суміші ШДВ і ШАВ в обсягах 2,5-3,0:1, є: скорочення часу зневоднення до 1,67 годин і витрат електроенергії на зневоднення до 72 %;

За результатами роботи отримано 6 патентів України на винаходи.

Особистий внесок здобувача. Проведено оцінку розподілу техногенного навантаження на територію України, літературний огляд, аналіз процесів переробки великотоннажних ПО металургійних підприємств, виконано аналіз процесів зневоднення металургійних шламів.

Здобувач особисто брав участь у розробці методик проведення експериментів, розробці і створенні лабораторних установок, у всіх експериментах і дослідженнях, обробці та аналізі отриманих даних.

Розроблено лабораторна установка для вивчення електрокінетичних явищ, що відбуваються в обсязі суспензії і в шламах залежно від температури і параметрів ПЕСу при осадженні зважених часток і лабораторна установка для вивчення електрокінетичних явищ при фільтрації рідини через шар осаду під впливом ПЕСу, температури та інших факторів.

На основі теоретичних передумов і виконаних досліджень розроблена нова технологія і устаткування для гравітаційного зневоднення залізовмісних шламів під дією ПЕСу і змінюваних температурних режимів. Автором розроблені технічні рішення всіх винаходів і оформлені патентні заявки.

Апробація результатів дисертації. Результати роботи повідомлені на XI, XII, XIII науково-технічних конференціях студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів «Енергетика та енергозбереження», Запорізької державної інженерної академії, 2006, 2007, 2008 р.р., На XXXIII, XXXIV, XXXV міжнародних науково-технічних конференціях молоді ВАТ «Запоріжсталь», 2006, 2007, 2008 р.р., на XV міжнародній науково-практичній конференції «Екологія і здоров'я людини. Охорона повітряного і водного басейнів. Утилізація відходів» м. Щолкіне, АР Крим, 2007 р., на 1-му міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергозбереження. Збалансоване природокористування», Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, 2009 р.

Публікації. Основні результати роботи за темою дисертації відображені в 22 наукових працях, з яких 6 статей - у наукових спеціалізованих фахових виданнях у галузі технічних наук, 5 статей - у збірниках наукових праць, 5 тез - у збірниках матеріалів науково-практичних конференцій, 6 - патентів України.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку літератури з 112 використаних джерел на 12 сторінках. Робота містить 38 рисунків, 40 таблиць. Повний зміст роботи наведено на 150 сторінках, з них основного тексту 127 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

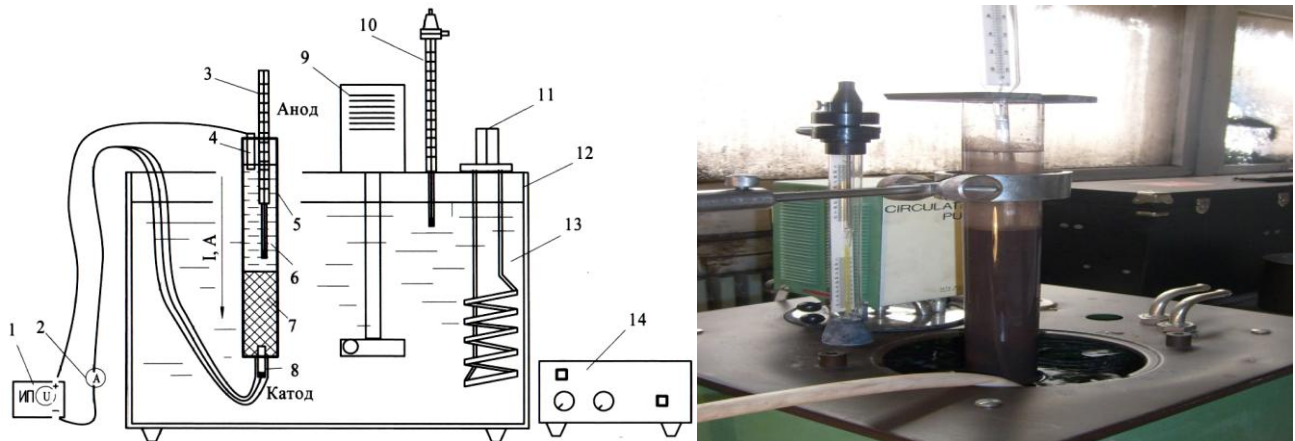
У вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульована мета і задачі досліджень, визначено об'єкт і предмет досліджень, наукова новизна і практична цінність роботи.

У першому розділі проведено оцінка розподілу техногенного навантаження на територію України, літературний огляд, аналіз наукових основ існуючих процесів гравітаційного зневоднення металургійних шламів, визначені завдання досліджень.

У другому розділі розглянуто основні характеристики ШАВ, ШДВ і стічних вод газоочисток. Визначено методичні принципи постановки досліджень. Розроблена і запатентована конструкція лабораторної установки (рис.1), та методика проведення експериментів для визначення електрокінетичних властивостей частинок ШДВ і ШАВ.

Хімічний та гранулометричний склад твердих частинок неоднорідний, запропонований метод вивчення їх електрокінетичних властивостей дає можливість визначити властивості всієї маси часток. У дослідах використовували зразки суспензії, взяті з діючих оборотних циклів МК «Запоріжсталь». Розроблена методика проведення експерименту дозволяє фіксувати параметри суспензії: масу

твердих часток, об'єм рідини, її хімічний склад, температуру протягом експерименту. Змінні фактори: температура рідини і напруга ПЕСу.



а) б)
Рисунок 1 - Схема (а) і фото (б) лабораторної установки для дослідження електрокінетичних властивостей шламів: 1-джерело живлення постійного струму; 2 - амперметр; 3- термометр; 4 - електрод (анод); 5- мірний циліндр; 6- досліджувана суспензія; 7- осад частинок; 8- ізолюваний електрод (катод); 9- радіальний насос типу 644/А; 10- термометр; 11 - нагрівач; 12- ультратермостат типу 657; 13 - вода; 14- регулятор типу 1031

Доопрацьована конструкція лабораторної установки (рис.2) і методика проведення експериментів для визначення здатності води до фільтрації через шар шламу під дією ПЕСу. У посудині на відстані 70 мм від дна встановлений щілинний дренажний ковпачок. Для відводу газів, що утворюються на катоді, з верхньої точки сфери виведена трубка, її вільний кінець розташований над джерелом відкритого полум'я, для перевірки припущення, що на катоді відбувається утворення водню.

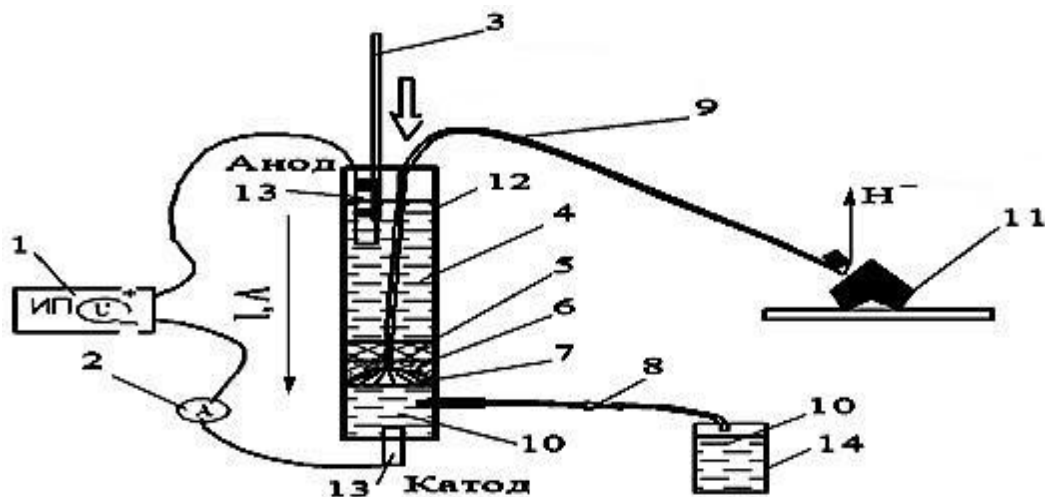


Рисунок 2 - Схема лабораторної установки з визначення спроможності шламу до фільтрації під дією ПЕС: 1-джерело живлення з вольтметром; 2 - міліамперметр; 3 - штанга регулювання висоти розміщення електрода; 4 - досліджувана суспензія; 5 - шар осаду; 6 - піщаний дренажний шар; 7 - щілинний дренажний ковпачок; 8 - вентиль регулювання об'єму відведеного фільтрату; 9 - трубка для відводу

утворюються на катоді газів; 10 - фільтрат; 11 - джерело відкритого полум'я; 12-мірний циліндр; 13 - електроди; 14 - ємність для збору фільтрату

Швидкість фільтрації регулювали вентилем, щоб простір під ковпачком був постійно заповнено фільтратом для забезпечення нерозривності електричного ланцюга. Фільтрат збирали в ємність. При зниженні рівня суспензії електрод розташований вгорі опускали на штанзі. Швидкість фільтрації визначали за швидкістю перепаду рівня освітленої рідини в мірному циліндрі, рівень рідини фіксували за шкалою на стінці циліндра, через рівні проміжки часу - 300 с.

Розроблена і запатентована конструкція лабораторної установки (рис.3) та методика проведення експериментів для визначення електрокінетичних явищ, що виникають при гравітаційному зневодненні шламів під дією ПЕСу. Скляний циліндр (1) встановлюють на підставку (2) з дренажною перегородкою (3). Підставка поміщена в скляний піддон для збору фільтрату (8), що заповнюється просвітленою водою до рівня патрубку (9). Пробу стоків, що містить 380-440 г/дм³ завислих часток, перемішують і заливають у скляний циліндр (1). Електроди (5), розміщені на поверхні рідини в циліндрі (1) і на поверхні фільтрату (12). При підключенні електродів до джерела живлення (6) відбувається інтенсивне розшарування суспензії з утворенням шару осаду (14) і йде фільтрація.

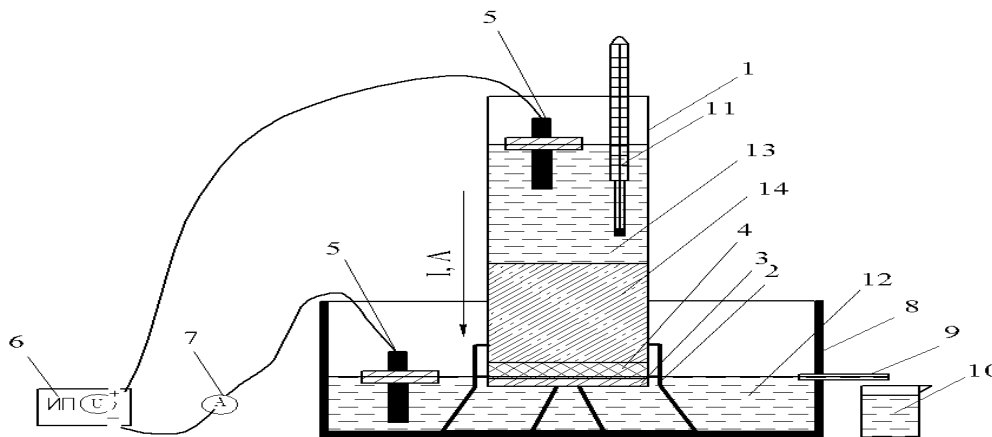


Рисунок 3 - Установка для визначення електрокінетичних явищ при гравітаційному зневодненні шламів під дією ПЕСу: 1 - скляний циліндр; 2- підставка; 3- дренажна перегородка; 4- дренажний шар піску; 5 - графітові електроди; 6- джерело живлення постійного струму; 7 - амперметр; 8- піддон для збору фільтрату; 9- патрубок для відведення фільтрату; 10 - ємність для збору фільтрату; 11- термометр; 12- фільтрат; 13 - просвітлена рідина; 14 – осад

У третьому розділі наведені результати досліджень гравітаційного осадження завислих часток під дією ПЕСу. Досліджено залежність швидкості згущення дисперсної фази суспензії від властивостей двофазного потоку. Для пошуку оптимальних умов флокуляційного перемішування виконаний комплекс теоретичних і експериментальних досліджень. Процес згущення суспензій можна розглянути з загальних позицій дослідження руху двофазних потоків. Рівняння руху

двомірною нестационарною двофазною потоку за відсутності тепло-і масообміну можна записати у вигляді:

$$\rho(1-\alpha) \left[\frac{dU}{dt} + u \frac{dU}{dz} \right] + \rho_0 \alpha \left[\frac{dU_0}{dt} + u_0 \frac{dU_0}{dz} \right] = -g \left[(1-\alpha)\rho + \alpha\rho_0 \right] - \frac{dP}{dz} - \frac{d\tau}{dz}, \quad (1)$$

де ρ і ρ_0 - густина рідкої і дисперсної фаз, кг/м³; U і U_0 - швидкості їх руху, м/с; τ і Z - координати часу і довжини, с, м; P - тиск в системі, м вод. ст.

Величина α визначає частку дисперсної фази в середовищі. При $\alpha=0$ рівняння (1) збігається із звичайним рівнянням руху матеріального потоку. При згущенні суспензій осадження твердої фази відбувається з витісненням рідини, тобто середня об'ємна швидкість середовища буде дорівнювати нулю.

На рис. 4 представлена залежність відносної швидкості U_0/U_0 від концентрації твердої фази α для різних співвідношень густин твердої і рідкої фаз. При нестационарному русі двофазного потоку з урахуванням припущень, викладених вище, рівняння (1) з урахуванням рівняння руху окремої частки відповідно до закону Стокса можна представити таким чином:

$$\rho(1-\alpha) \frac{dU}{dt} + \rho_0 \alpha \frac{dU_0}{dt} = -g \left[(1-\alpha)\rho + \alpha\rho_0 \right] - \frac{dP}{dz}. \quad (2)$$

Використовуючи експериментальні залежності швидкостей осадження часток Fe - вмістких ШАВ і ШДВ МК «Запоріжсталь» від часу згущення (рис. 5) методом вирівнювання визначено залежність $U_0 = f(\tau)$ у вигляді

$$U_0 = \alpha \tau^b e^{c\tau}. \quad (3)$$

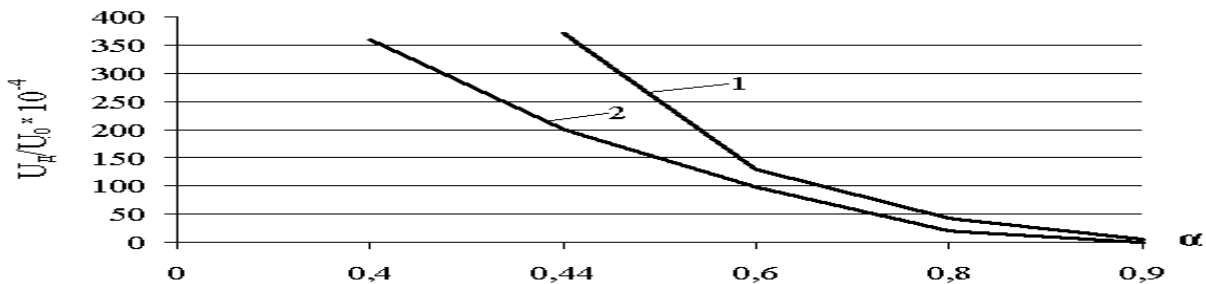


Рисунок 4 - Залежність відносної швидкості осадження часток різної щільності від їх концентрації: 1-густина твердої і рідкої фаз, відповідно, 1,6 г/см³ і 1,025 г/см³; 2- те ж, відповідно, 1,8 г/см³ і 1,04 г/см³. Концентрація твердої фази для кривих: 1 -10,3 г/дм³; 2 -15,3 г/дм³

Зміни значень α від часу згущення визначають, використовуючи рівняння

$$\alpha \tau^b e^{c\tau} = \frac{gd^2 \left[(1-\alpha)\rho + \alpha\rho_0 \right] (1-\alpha)^{2,5}}{18\mu_0} \quad (4)$$

На рис. 6 наведена залежність зміни висоти просвітленого стовпчика рідини при осадженні завислих часток у часі від концентрації твердої фази.

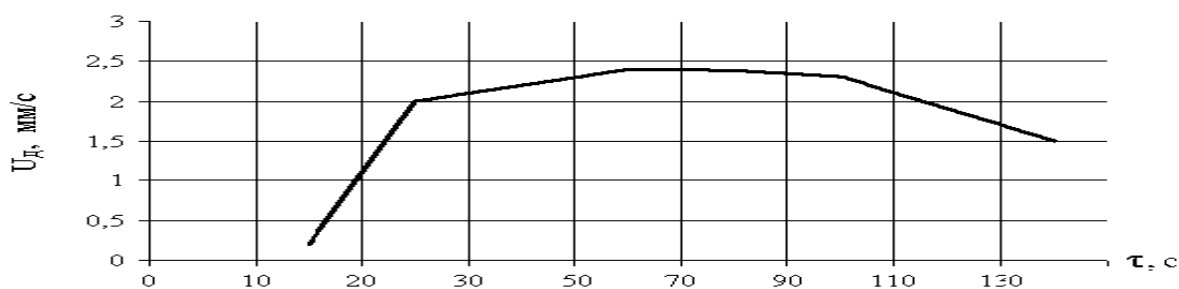


Рисунок 5 - Зміна швидкості осадження часток Fe-вмістких шламів у часі (результат експерименту)

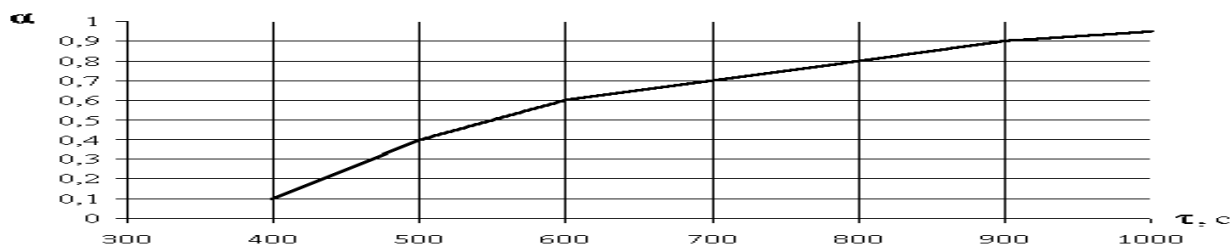


Рисунок 6 - Зміна концентрації часток Fe - вмістких шламів α у часі (результат експерименту)

Маючи експериментальні криві (див. рис. 5, 6), що відображають властивості зазначених суспензій, і використовуючи отримані рівняння (1-4), можна вивчати механізм перетворень, що відбуваються в суспензіях при взаємодії твердої і рідкої фаз. Переймаючись значеннями часу τ , визначаємо U_{δ} ; і знаходимо зміну в часі d , τ і α . Запропонована модель процесу згущення суспензій дозволяє виконати аналіз складних явищ, що відбуваються і визначити загальні тенденції процесу згущення груп суспензій в основних галузях промисловості, у т.ч. в газоочистках металургійних виробництв. Це дозволяє створити класифікацію суспензій за їх основними властивостями.

Визначено залежність ступеня ущільнення ШДВ від температури і напруги ПЕСу. За результатами експериментів отримано рівняння регресії

$$Y = 52,999 + 0,067x_1 - 2,983x_2 - 1,829x_{11}^2 - 3,079x_{22}^2 - 0,763x_1x_2 \quad (5)$$

Графічна інтерпретація цієї рівності (рис. 7) показує, що максимальна ступінь ущільнення шламів - 44,4 % досягається при $T = 60^{\circ}C$ і напрузі 200 В. При цих параметрах зафіксовано мінімальне значення ξ - потенціалу рівне 0,015 мВ. При проведенні експерименту хімічні характеристики шламової води змінилися, мг/дм³: SO_4^{2-} - 646; Cl^- - 350; рН - 9,0. Показники лужності, жорсткості, вмісту Ca^{2+} і Mg^{2+} мг-екв/дм³, відповідно: 5,0; 2,5; 1,0; 1,5. Сухий залишок 904,0 мг/дм³. Зменшення вмісту Ca і Mg призвело до зниження жорсткості рідкої фази. На катоді крім лусочок CaO виділявся водень в результаті розпаду бікарбонатного аніона та електролізу власне води.

Рух катіонів до катода, який знаходиться в нижній частині установки, значно збільшує швидкість осадження шламів і фільтрацію шламової води через шар осаду, що утворився. Цьому ж сприяє зменшення радіусів гідратованих катіонів, яке

проходить під впливом обробки суспензії ПЕСом. Розрахунки гідратних оболонок іонів кальцію показали зменшення їх радіусів з 5,9 Å до 1,3 Å. Встановлення цього факту розрахунками на підставі зміни питомої електропровідності і концентрації іонів Ca^{2+} підтвердило теоретичні розробки автора. Розрахунки проведені за електропровідністю і числах перенесення катіонів у відповідності з методиками М.І. Бакеєва.

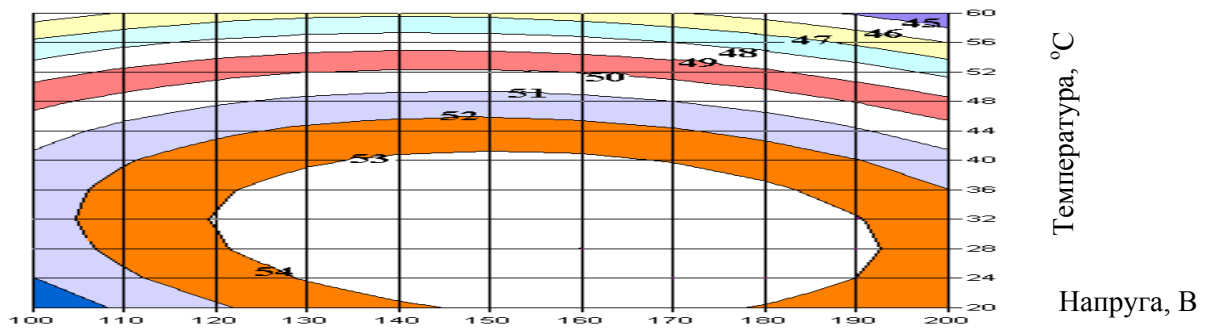


Рисунок 7 - Залежність ступеню ущільнення ШДВ від температури і напруги ПЕСу

Визначено залежність ступеня ущільнення ШАВ від температури стічних вод і напруги ПЕСу. За результатами експериментів отримано рівняння регресії

$$Y = 31,946 + 0,458x_1 + 0,717x_2 - 0,845x_{11}^2 - 0,07x_{22}^2 + 0,113x_1x_2. \quad (6)$$

Графічна інтерпретація цієї рівності (рис. 8) показує, що найбільша ступінь ущільнення ШАВ -30,6 %, досягається при $T = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$ і напрузі ПЕСу 200 В. Зафіксовано мінімальне значення ξ - потенціалу 0,002 мВ. Велика ступінь ущільнення ШАВ в порівнянні з ШДВ досягається за рахунок великих гідравлічної крупності часток і питомої ваги; проходження активної реакції утворення CaCO_3 і $\text{Mg}(\text{OH})_2$ при великих значеннях рН. Спочатку спостерігається електроліз рідкої фази із зміною гідратних оболонок іона Ca^{2+} (з 8,4 Å до радіуса "чистого" Ca^{2+} 1,4 Å). Це активізує хід осадження та фільтрацію рідини через згущений шар осаду.

Видалення іонів Ca^{2+} , Mg^{2+} з рідкої фази осаду за рахунок випадання CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ супроводжується зменшенням питомої електропровідності вологого осаду. Подальша обробка шламів ПЕСом веде до повторного руйнування молекул CaCO_3 в осаді, виділенню CO_2 і зворотному переходу іонів Ca^{2+} у водну фазу з утворенням $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Це, в свою чергу, призводить до зростання радіуса іона кальцію в шламовій воді, її жорсткості і рН.

У дослідях характеристики рідкої фази змінилися, мг/дм³: SO_4^{2-} - 74,0; Cl^- -54,0; рН - 9,0. Лужність, жорсткість, вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} мг-екв/дм³, відповідно: 23,0; 32,4; 32,0; 0,4. Сухий залишок - 813,5 мг/дм³. Основний вплив на характеристики провітленої води робить велика кількість вапна у вихідній шихті. У мокрих газоочистках вапняний пил частково вилуговується, зростає рН рідкої фази до 11,1 і її жорсткість до 13,9 мг-екв/дм³. У свою чергу це призводить до утворення та виділення дрібнодисперсного $\text{Mg}(\text{OH})_2$ з вихідних сполук Mg, просвітлення і випадіння в осад карбонату кальцію. При цьому утворюється CaSO_4 з сульфат-іоном, що підвищує твір розчинності цієї солі.

З ростом температури рідкої фази розчинність CaCO_3 , падає. Обробка ПЕСом руйнує його з утворенням CO_2 і CaO . CaO , взаємодіючи з водою, знову утворює Ca(OH)_2 з розчинним іоном Ca^{2+} і гідроксильними групами. Це підвищує лужність рідкої фази до $23,0 \text{ мг-екв/дм}^3$ і її жорсткість до $32,4 \text{ мг-екв/дм}^3$.

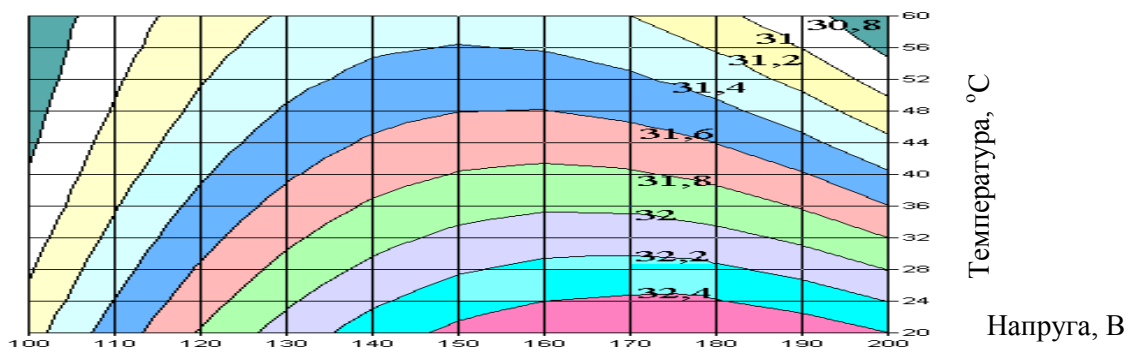


Рисунок 8 - Залежність ступеню ущільнення ШАВ від температури і напруги ПЕСу

Визначено залежність ступеня ущільнення суміші шламів від температури та напруги постійного електричного струму. Після обробки результатів експериментів отримано таку рівняння регресії :

$$Y = 35,778 + 0,667x_1 - 4,248x_2 + 0,014x_{11}^2 - 0,161x_{22}^2 - 0,808x_1x_2 \quad (7)$$

Графічна інтерпретація цієї рівності (рис. 9) показує, що найбільша ступінь ущільнення суміші ШАВ і ШДВ - $31,24 \%$ досягається при $T = 60^\circ \text{C}$ і напрузі ПЕСу - 200 В , при цьому зафіксовано мінімальне значення ζ - потенціалу - $0,11 \text{ мВ}$.

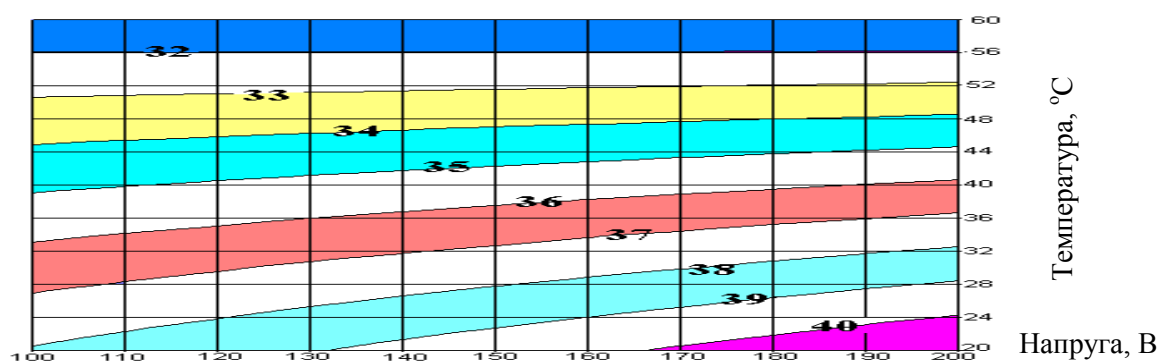


Рисунок 9 - Залежність ступеню ущільнення суміші ШАВ і ШДВ від температури і напруги ПЕСу

Зростання ступеню ущільнення суміші пояснюється причинами, зазначеними при осадженні ШАВ. Відмічено зростання ступеню ущільнення за рахунок більш щільного укладання великих і дрібних фракцій твердої фази. Дрібні частки заповнюють шпари і канали між великими частками.

У четвертому розділі наведені результати досліджень процесів фільтрації рідкої фази. У лабораторній установці (рис.2) розміщували пробу досліджуваної суспензії (4), відібрану після гідроциклонів зворотного циклу газоочисток доменних печей, з

вмістом твердої фази 70 г/дм^3 . Після заповнення мірного циліндру (12) під дренажним ковпачком (7), на електроди (13) установки подавали ПЕС з напругою 200 В. Фільтрат надходив у ємність (14). Фіксували перепад рівня просвітленої води, товщину шару осаду, силу ПЕСу. Відведення газів від катода вели по діелектричній трубці, що подає їх до джерела відкритого полум'я (11). Їх аналіз підтвердив припущення автора, що при електрохімічній реакції утворюється водень. У міру ущільнення осаду питома електропровідність суспензії знижувалася з $16,16 \text{ до } 3,2 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1} \cdot 10^{-4}$. Далі спостерігали зростання електропровідності до $14,33 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1} \cdot 10^{-4}$ через зростання температури суспензії та зниження в'язкості рідини і зростання швидкості руху іонів від анода до катода.

Рух катіонів до катода значною мірою сприяв дії гравітаційних сил і збільшенню швидкості фільтрації рідкої фази суспензії (рис. 10). Даний ефект тим більш значущий, що підтвердилося припущення про зменшення гідратних чисел катіонів при зниженні їх концентрації та зростанні еквівалентної електропровідності рідини (розділ 3).

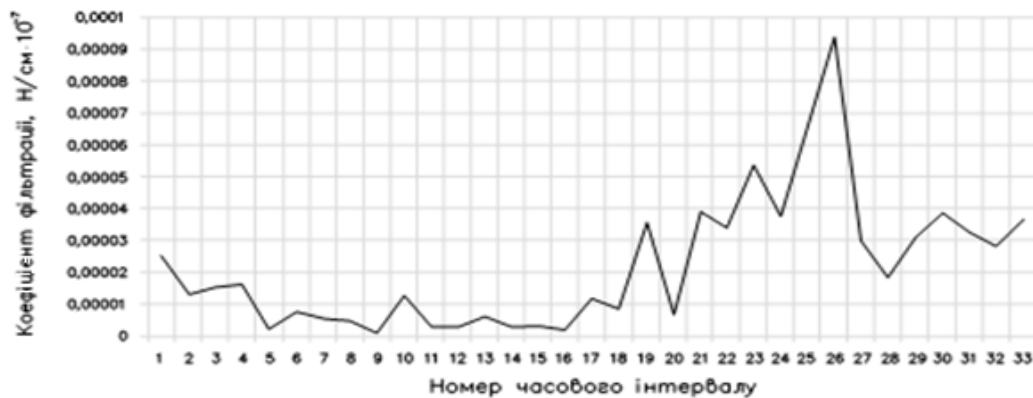


Рисунок 10 - Залежність зміни коефіцієнта фільтрації від часу проведення експерименту

Для досягнення більшого ущільнення осадів і ступеню зневоднення вирішено збільшити тривалість їх обробки ПЕСом з напругою 200 В. Швидке ущільнення осаду відбувалося за перші 0,5 години досліду. Зневоднення вели до повного видалення просвітленої рідини над осадом.

При відключенні живлення в електричному ланцюзі виявили за показниками приладів наявність додаткового електричного струму $0,003 < I < 0,03$. Це характеризує процес руху рідини через шар осаду, тому що при цьому надлишок іонів одного знака виноситься по руху потоку рідини. Рух заряджених іонів - це поверхневий, конвективний електричний струм, в результаті чого і з'являється різниця потенціалів на кінцях капілярів в шарі осаду. Зафіксована різниця потенціалів є потенціалом течії. З осаду видаляли залишки вологи, при цьому електропровідність електричного кола і витрата електроенергії при максимумі коефіцієнта фільтрації дорівнюють нулю.

Зростання ступеню ущільнення шламу відбувається при зниженні щільності води при підвищенні температури, більш щільне укладання часток обумовлено падінням електрокінетичного ξ - потенціалу на їх поверхні. Це веде до зменшення числа і розмірів шпар і діаметрів капілярів в обсязі шламу, які подібні іонним і

зворотньоосмотичним каналам мембран. На поверхні розділу фаз, проявляються явища електроосмосу.

У дослідах отримано шламий осад з вологістю 18%, що підтверджує можливість регульованого зневоднення Fe - вмістких шламів під дією гравітаційних сил з одночасною обробкою ПЕСом. Часткове зневоднення шламів до 25 % вологості достатньо для використання їх у агловиробництві. При цьому можна скоротити зволоження шихти і відмовитися від механічного зневоднення шламів.

Досліджено електрокінетичні явища в твердій фазі шламів. Проведено експерименти з визначення спроможності шламів до зневоднення. Процес вели гравітаційним методом під дією ПЕСу на лабораторній установці (рис.3). Експеримент дозволяє повною мірою визначити складний взаємозв'язок електрокінетичних процесів при обробці шламів ПЕСом і аналізувати явища, що відбуваються. При розрахунку враховували дані про переміщення кордону розшарування фаз суспензії, температури, сили ПЕСу, дані про переміщення рівня рідини, що фільтрується.

Питома електропровідність залежить від в'язкості рідини, яка знижується з ростом температури суспензії. Початковою для ведення експериментів прийнята робоча температура шламів газоочисток металургійного виробництва (56-60 ° С). При обробці стічних вод ПЕСом зростає їх температура до 88 ° С, а в'язкість знижується до 0,3239 сПз. Важливим фактором є також концентрація вільних іонів в досліджуваній суспензії. При цьому в результаті електролізу знижується концентрація катіонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , що розряджаються на катоді, тому на графічних залежностях відзначено зниження питомої електропровідності.

На рис. 11-13 показані синхронні значення питомої електропровідності, величини ξ - потенціалу і коефіцієнта фільтрації ШДВ, ШАВ та їх суміші. При загальній тенденції до зниження питомої електропровідності відзначені 2 сплеску величин ξ - потенціалу (ймовірно, 1-й відповідає ξ - потенціалу електрофорезу, а 2-й - ξ - потенціалу електроосмосу). Ці збільшення збігаються з величинами коефіцієнтів фільтрації, які також ростуть. Перший сплеск ξ - потенціалу, ймовірно, говорить про закінчення процесу електрофорезу. Це можна пояснити тим, що в шламах з'єднання Fe_2O_3 , $Mg(OH)_2$, $CaCO_3$, позитивно заряджені під дією ПЕСу рухаються в бік негативного катода.

Якщо при електролізі води кількість катіонів падає до зникнення, то всі позитивно заряджені тверді частки осідають в товщі шламу, створюючи структуру порошкової системи. Зростання ξ - потенціалу супроводжується зростанням коефіцієнта фільтрації, потім його зменшенням до нуля (фільтрація припинена, вода відсутня). Подальша обробка ПЕСом призводить до різкого зменшення сили електричного струму, ξ - потенціалу і коефіцієнта фільтрації (припиняється електричний струм через відсутність води та іонів). Відзначено різницю тривалості процесів зневоднення. При рівних умовах проведення дослідів для повного видалення капілярної вологи з осаду і досягнення його вологості < 10% найбільший час витрачено на ШДВ - 7,06 год, у той час, як ШАВ зневоднили до тієї ж вологості за 5,66 год.

На процес фільтрації має сильний вплив фракційний склад шламів. ШДВ містять дрібнодисперсні частинки, що і викликало зниження коефіцієнта фільтрації.

Ситуація вирівнюється при змішанні шламів у пропорції 2,5:1, дрібні частки ШДВ проникають в шари між великими частками ШАВ і розмір капілярів і коефіцієнт фільтрації усереднюються. При відключенні живлення від лабораторної установки фіксували за показаннями амперметра, на електродах наявність ПЕСу ($I = 0,00027$ А), в результаті прояву потенціалу течії, що підтверджує рух іонів солей і вільних молекул води по капілярах в шарі осаду.



Рисунок 11 - Залежність змін ξ -потенціалу ШАВ, питомої електропровідності і коефіцієнта фільтрації від тривалості обробки ПЕСом

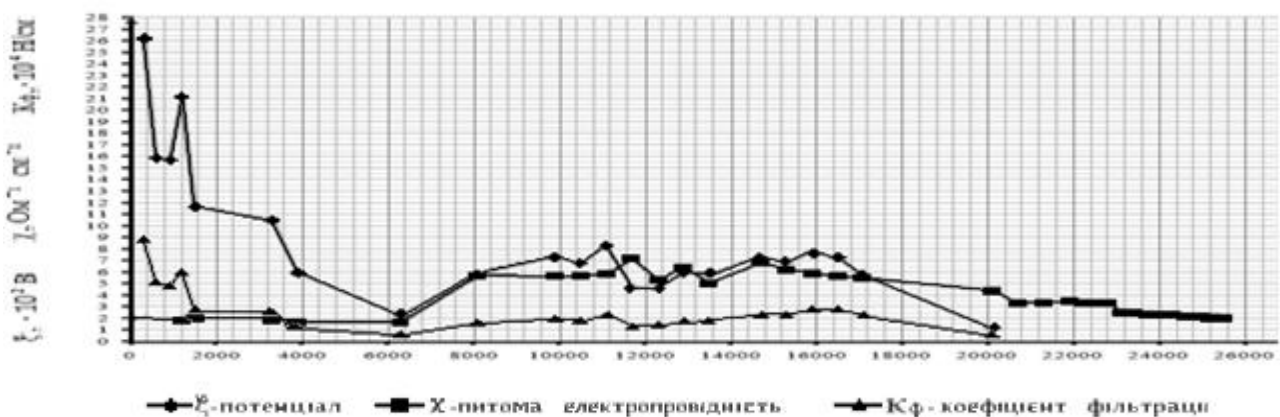


Рисунок 12 - Залежність коефіцієнта фільтрації ШДВ, змін ζ -потенціалу, питомої електропровідності від тривалості обробки ПЕСом

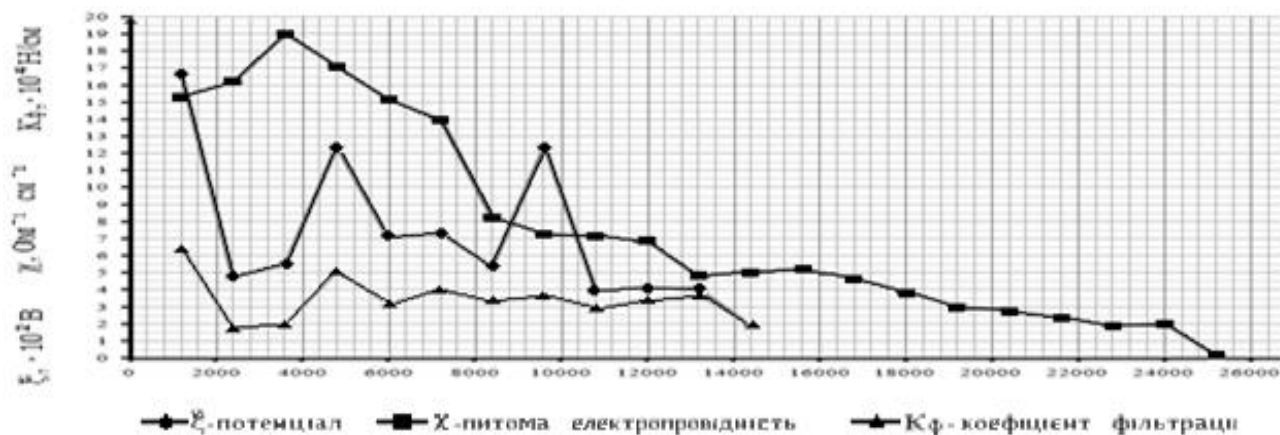


Рисунок 13 - Залежність коефіцієнта фільтрації суміші шламів, змін ζ -потенціалу та питомої електропровідності від тривалості обробки ПЕСом

У п'ятому розділі визначена оптимальна тривалість процесів зневоднення шламів, визначені енергетичні витрати, розроблені апаратурно-технологічна схема і спосіб зневоднення з мінімальними енергетичними витратами, проведено аналіз еколого-економічної ефективності процесів у порівнянні з діючими процесами механічного зневоднення на МК «Запоріжсталь».

Для визначення оптимальної тривалості процесу зневоднення шламів запропоновано розбити його на окремі етапи: I - осадження; II - ущільнення; III - сушіння до 25 % вологості; IV - сушіння до 10 % вологості.

Враховуючи особливості седиментаційних процесів осадження часток різної крупності і синергічною дією при цьому електрокінетичних процесів, для оптимізації витрат на гравітаційне зневоднення шламів з обробкою ПЕСом, вважаємо за можливе виключити обробку шламів на етапі формування осаду. Після цього процесу його обробку ведуть до досягнення вологості 25%, достатньої для утилізації в агломераційному виробництві.

Для повного видалення капілярної вологи з шару осаду і досягнення вологості осаду 24 - 25% найбільший час використано для ШДВ - з витратами електричної енергії 36,65 кВт - год/т, ШАВ зневоднили до тієї ж вологості з витратами електричної енергії 24,84 кВт - год/т, для зневоднення суміші шламів знадобилося - 23,54 кВт - год/т.

Співвідношення суміші ШДВ і ШАВ, 2,5-3:1, дозволяє на 1-му етапі за рахунок седиментаційних процесів гравітаційного осадження часток різного розміру без обробки ПЕСом і синергічною дією при цьому електрокінетичних процесів на етапі ущільнення осаду, підвищити щільність суміші до 28,6% і зменшити вміст вологи до 35,4 %. Це дозволяє оптимізувати витрати електроенергії на гравітаційне зневоднення осаду суміші при щільності струму 73,7 А/м² до досягнення вологості 24-25 % витрати електроенергії при цьому складуть 23,54 кВт - год/т.

Розроблено апаратурно-технологічну схему відстійника, що дозволяє за рахунок особливостей конструкції дна з дренажним шаром і установки графітових електродів, підвищити ефективність зневоднення. Він містить лотки для підведення стоків і відводу просвітленої води, осадову камеру, дренажну систему. Дно виконано у вигляді жолобів с відсівом коксу, з'єднаних з дренажними лотками, де знаходяться графітові електроди, трансформатором ПЕСу. Катоди розміщують в дренажних лотках, аноди - в камері осаду. Пропонована апаратурно-технологічна схема забезпечує зневоднення Fe - вмістких шламів до 18-25 % при щільності струму для: ШДВ -61,1 А/м²; ШАВ -116,8 А/м²; суміші ШДВ і ШАВ -73,7 А/м².

Розроблено спосіб зневоднення шламів, в якому за рахунок зміни параметрів процесу забезпечується скорочення часу обробки ПЕСом і зниження витрат електроенергії. Використовують співвідношення суміші шламів газоочисток доменних печей і аглоцеху 2,5-3,0:1, що дозволяє поліпшити ступінь ущільнення шламів до 28,6 %, зменшити обсяг твердої фази і вміст у ній вологи до 35,4 %. Витрати електроенергії на етапі просвітлення стічних вод виключені, електроліз шламової води не проводять, видалення води з поверхні шламу здійснюють додатковими насосами і ежекторами. На етапі зневоднення суміші шламів здійснюють їх обробку ПЕСом з щільністю 73,7 А/м² до досягнення вологості 23 - 25%.

Спосіб реалізують таким чином: ШДВ і ШАВ надходять на установку для уловлювання та згущення завислих часток до концентрації $400 - 600 \text{ г/дм}^3$ 2 потоками, потім у співвідношенні 2,5-3,0:1 подаються на зневоднення в горизонтальний відстійник. Після заповнення осадом відстійника і видалення ежектором з його поверхні просвітленої води підключають установку для обробки осаду ПЕСом з щільністю $73,7 \text{ А/м}^2$ на 3,34 години для досягнення вологості осаду 25%. Потім грейферним краном осад вивантажують з осадової камери для повторного використання.

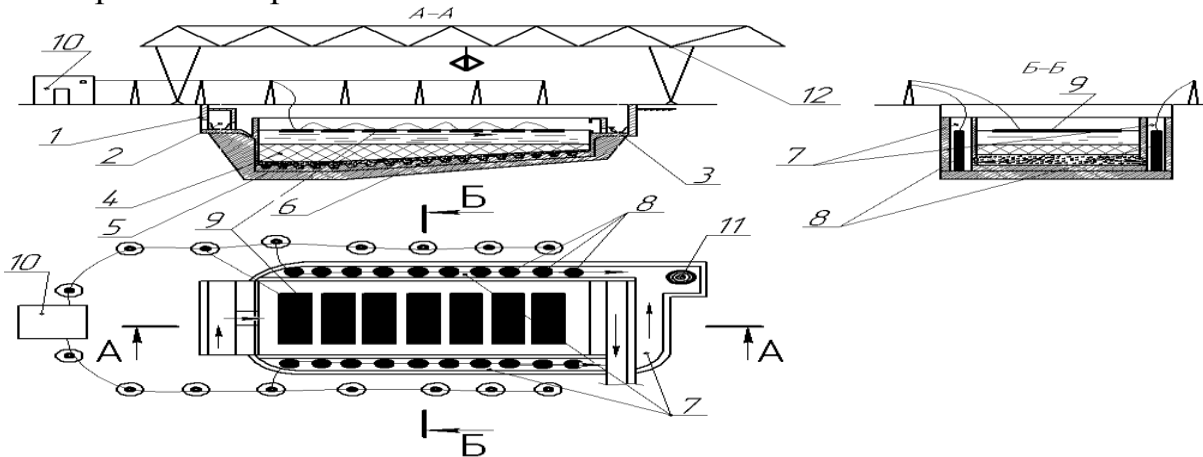


Рисунок 15 - Горизонтальний відстійник для зневоднення залізовмісних шламів:

1 - корпус горизонтального відстійника; 2 - лоток підвідний; 3 - лоток відвідний; 4 - осадова камера; 5 - дренажна система; 6 - дно відстійника; 7 - дренажні лотки; 8 - графітові катоди; 9 - графітові аноди; 10 - трансформатор постійного струму; 11 - дренажний насос; 12 - грейферний кран

Для оцінки техніко-економічної ефективності виконаних розробок визначено збиток, що наноситься попаданням фільтрату з ШН в підземні води питного водопостачання, у водойми рибогосподарського призначення і в рекреаційні зони басейну р. Дніпро, який визначається за методикою розрахунку розміру шкоди від надходження забруднень у водні об'єкти. Визначена плата за скидання стічних вод полігону ПО у водні об'єкти.

Процеси механічного зневоднення шламів трудомісткі і супроводжуються витратами на використання електроенергії, стисненого повітря, вакууму, води, пари, фільтрувальної тканини. Фільтр-преси та дискові вакуум-фільтри, на яких здійснюють механічне зневоднення, складні і капіталомісткі, вимагають значних витрат на ремонт, наладку, амортизацію. При розрахунках очікуваного економічного ефекту використані дані за 2009-2012 рр. відділів технічного, організації праці та бухгалтерії МК «Запоріжсталь», враховані витрати тільки на експлуатацію, обслуговування та ремонт діючого обладнання для механічного зневоднення шламів на зворотних циклах водопостачання доменного та аглоцехів.

Техніко-економічна та екологічна оцінка результатів даної роботи показали, що впровадження на МК «Запоріжсталь» запропонованої технології та обладнання дозволить виключити скидання в ШН стічних вод з зворотних циклів газоочисток аглоцеху і доменних печей, знизити збитки від надходження фільтрату з ШН у

водний басейн. Очікуваний економічний ефект від зниження витрат на зневоднення шламів становить 7996920 грн/рік.

ВИСНОВКИ

1. Основні факторами впливу ПЕСу на ступінь ущільнення шламів є: зниження щільності води при підвищенні температури і щільніше укладання завислих часток через падіння ξ - потенціалу на їх поверхні.

2. Розроблені і виготовлені три установки для проведення експериментів з дослідження оптимальних умов ущільнення та гравітаційного зневоднення Fe - вмістких шламів під дією температури і ПЕСу. На установки отримано 2 патенти України на винаходи.

3. Проведено дослідження процесів ущільнення і гравітаційного зневоднення Fe - вмістких шламів газоочисток доменних печей і аглоцеху. Кращі результати досягнуті при $T = 60^\circ \text{C}$ і $U = 200 \text{ В}$, при цьому ξ - потенціали твердої фази склали: для газоочисток доменних печей - 0,015 мВ; для газоочисток аглоцеху - 0,002 мВ; для суміші цих шламів - 0,11 мВ.

4. Виконано аналіз результатів електролізу стічних вод, проведені розрахунки радіусів іонів Ca^{2+} до і після обробки шламів ПЕСом. Розрахунки показали їх зменшення з 5,9 Å до 1,3 Å в ШДВ, і з 8,4 Å до 1,4 Å в ШАВ.

5. Встановлено взаємозв'язок електрокінетичних показників гравітаційного зневоднення ШДВ, ШАВ та їх суміші під дією ПЕСу. При загальній тенденції до падіння питомої електропровідності зростання ξ - потенціалу супроводжується зростанням коефіцієнта фільтрації, а потім його падінням до нуля. При рівних умовах для видалення капілярної вологи і досягнення вологості осаду 24-25 % найбільший час потрібно для обробки ШДВ - з витратами електроенергії 36,65 кВт - год/т, тоді, як ШАВ зневоднені до тієї ж вологості з витратами електроенергії 24,84 кВт - год/т, для зневоднення суміші шламів знадобилося - 23,54 кВт - год/т.

6. Встановлено, що співвідношення суміші ШДВ і ШАВ в обсязі 2,5-3:1, дозволяє на 1 етапі довести ступінь ущільнення суміші шламів до 28,6 % і вміст вологи до 35,4 %. Це скорочує витрати електроенергії на гравітаційне зневоднення осаду суміші шламів при щільності струму 73,7А/м² до 23,54 кВт - год/т.

7. Розроблено способи зневоднення Fe - вмістких шламів і апаратурно-технологічна схема відстійника, що дозволяє підвищити ефективність зневоднення. На способи і конструкцію відстійника отримані 3 патенти України на винаходи.

8. При впровадженні на МК «Запоріжсталь» нової технології зневоднення Fe - вмістких шламів очікуваний економічний ефект дорівнює 7996920 грн.

9. Екологічна ефективність розроблених технологій забезпечила можливість їх використання як основи при розробці створюваних промислових установок і збільшення екологічної безпеки в районі розміщення місць накопичення великотонажних відходів металургійних виробництв.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Атаманюк А.А. Совершенствование способов гравитационного уплотнения суспензий и обезвоживания осадков/ А.А. Атаманюк, А.П. Сидоренко, А.М. Касимов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2009. - № ¼ (37). – С. 25-30.

Здобувачем наведено огляд властивостей води на молекулярному рівні та необхідність використання цих властивостей для удосконалення зневоднення осадків.

2. Атаманюк О.А. Залежність швидкості дисперсної фази суспензії від властивостей двофазного потоку/ О.А. Атаманюк, О.М. Касимов, О.М. Назаренко // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2009. - № 2 (20). – С. 108-113.

Здобувачем процес згущування суспензій розглянуто за допомогою зміни рівняння двовимірною нестационарною потоку за відсутності тепло- і масообміну.

3. Атаманюк А.А. Извлечение из сточных вод, обезвоживание и утилизация замасленной окалины прокатного производства/ А.А. Атаманюк, А.П. Сидоренко, В.Е. Коваленко, А.Н. Назаренко // «Экология и промышленность». - 2007. - №2 (11). – С. 14-17.

Здобувачем запропонована технологія зневоднення і підготовки до утилізації замасленої окалини від станів гарячої прокатки ВАТ «Запоріжсталь».

4. Атаманюк А.А. Уменьшение затрат при обезвоживании осадков/ А.А. Атаманюк, А.П. Сидоренко, В.Е. Коваленко, З.С. Музыкина // «Экология и промышленность». - 2007. - №1 (10). – С. 31-35.

Здобувачем розглянуто властивості шламів агло-доменного, ливарного виробництва і окалини з метою їх подальшого гравітаційного зневоднення.

5. Атаманюк О.А. Дослідження електрокінетичних явищ при зневодненні металургійних шламів/ О.А. Атаманюк, О.М. Назаренко, М.П. Назаренко // Хімія, технологія речовин при їх застосуванні. Вісник національного університету «Львівська політехніка». – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – 2010. - №667. – С. 221 – 223.

Здобувачем виконане дослідження електрокінетичних явищ при процесі зневоднення шламів металургійного виробництва з обробкою їх ПЕС.

6. Атаманюк А.А. Способ исследования фильтрационных свойств металлургических шламов/ А.А. Атаманюк, А.М. Касимов // «Экология и промышленность» / УкрГНТЦ «Энергосталь». - 2013. - №2. – С. 89-93.

Здобувачем наведені пристрій лабораторної установки та методика проведення експериментів для вивчення фільтраційних властивостей осадків.

7. Атаманюк А.А. Технология обезвоживания замасленной окалины в прокатном производстве ОАО ЗМК «Запорожсталь»/ А.А. Атаманюк, А.П. Сидоренко, В.Е. Коваленко, А.Н. Назаренко // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. Сборник научных статей XV Международной Научно-практической конференции / УкрГНТЦ «Энергосталь». – 2007. – С. 352-357.

Здобувачем наведені практичні результати способу зневоднення замасленої окалини.

8. Атаманюк А.А. Накопители загрязнений стоков/ А.А. Атаманюк, А.П.Сидоренко, Т.А. Яковлева, Н.П. Назаренко // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. Сборник научных статей XV Международной Научно-практической конференции / УкрГНТЦ «Энергосталь». – 2007. – С. 242-245.

Здобувачем розглянуто проблеми очищення стічних вод від металургійних підприємств та шляхи їх вирішення.

9. Атаманюк А.А. Исследование влияния постоянного электрического тока и температуры суспензии на процессы гравитационного осаждения и уплотнения шламов металлургического производства/ А.А. Атаманюк, А.М. Касимов, Н.П. Назаренко // Бюл. научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». -2012. - 6(1350). – С. 73-78.

Здобувачем показані дослідження процесів зневоднення шламів металургійного виробництва гравітаційним методом з варіюванням факторів впливу – температури, напруги постійного струму.

10. Атаманюк А.А. К вопросу сгущения суспензий железосодержащих взвесей сточных вод металлургического комбината «Запорожсталь»/ А.А. Атаманюк, А.М. Касимов // Научно-технический и производственный журнал «Металлургическая и горнорудная промышленность». – 2012. - №5(227). – С. 95-97.

Здобувачем визначені залежності щільності потоку дисперсної фази і швидкості її осадження від концентрації в залежності от зміни дисперсної фази і середовища.

11. Атаманюк А.А. Изучение процесса сгущения сточных вод содержащих твердые взвеси/ А.А. Атаманюк, А.М. Касимов // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. Збірник наукових статей VIII науково-практичної конференції Т.2 / УкрНДІЕП. – 2012. – С. 28-31.

Здобувачем запропонована модель процесу яка дозволяє виконати аналіз складних явищ згущення різноманітних груп суспензій.

12. Пат. 52419 А Україна, МПК 7 C02F1/52. Спосіб провітлення стічних вод прокатного виробництва/ Сидоренко О.П., Ликов О.А., Атаманюк О.А., Коваленко В.Ю.; заявник і патентовласник Відкрите акціонерне товариство «Запорізький металургійний комбінат «Запоріжсталь». - №2002053872; заявл. 11.05.2002; друк. 16.12.2002, Бюл. №12.

Здобувачем проведено дослідження діючого технологічного процесу.

13. Пат. 61999 Україна, МПК C02F 11/00, C02F 11/12. Пристрій для визначення коефіцієнта фільтрації осадів/ Атаманюк О.А., Назаренко М.П., Омельчак А.Г.; заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія. – u 2011 00030; зявл. 04.01.2011, друк. 10.08.2011, Бюл. №15.

Здобувачем власноруч розроблено пристрій для визначення коефіцієнта фільтрації осадів.

14. Пат. 68265 Україна, МПК G01N 27/00, G01N 27/26. Пристрій для дослідження електрокінетичних властивостей завислих часток/ Атаманюк О.А., Назаренко М.П., Зімненко К.В.;заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія. – u 2011 08761;заявл. 12.07.2011, друк. 26.03.2012, Бюл. №6.

Здобувачем власноруч розроблено пристрій для дослідження електрокінетичних властивостей завислих часток.

15. Пат. 62010 Україна, МПК C02F 11/00, C02F 11/12. Устаткування для зневоднення осадів стічних промислових та комунальних вод/ Атаманюк О.А., Сидоренко О.П., Назаренко М.П.; заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія. – у 2011 00155; заявл. 10.08.2011; друк. 10.08.2011, Бюл. № 15.

Здобувачем розроблено конструкцію устаткування.

16. Пат. 68489 Україна, МПК C02F 11/12. Спосіб зневоднення осадів залізовмісних шламів металургійного виробництва / Атаманюк О.А., Назаренко М.П., Сокольник В.І.; заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія. – у 2011 1113; заявл. 19.09.2011, друк. 26.03.2012, Бюл. № 6.

Здобувачем розроблено спосіб зневоднення осадів.

17. Пат. 60135 Україна, МПК C02F 11/12. Спосіб зневоднення осадів/ Атаманюк О.А., Сидоренко О.П., Назаренко М.П.; заявник і патентовласник Запорізька державна інженерна академія. – у 2010 14206; заявл. 10.06.2011; друк. 10.06.2011, Бюл. № 11.

Здобувачем розроблено спосіб зневоднення осадів.

18. Атаманюк А.А. Способ подготовки к обезвоживанию окалины прокатного производства/ А.А. Атаманюк // ОАО «Запорожсталь», сборник докладов XXX научно-технической конференции молодежи. – 2003. - №30. – С. 82-83.

Здобувачем розглянуто проблему вивчення процесу зневоднення окалини.

19. Атаманюк А.А. Метод измерения величины электрокинетического потенциала коллоидных частиц в растворе/А.А. Атаманюк // ОАО «Запорожсталь», сборник докладов XXXIV научно-технической конференции молодежи. - 2007. - №34. –С. 86.

Здобувачем наведено метод виміру ξ – потенціалу дисперсних часток

20. Атаманюк А.А. Энергосберегающая технология обезвоживания шламов металлургического производства/ А.А. Атаманюк // ОАО «Запорожсталь», сборник докладов XXXV научно-технической конференции молодежи. - 2008. - №35. – С. 78.

Здобувачем наведено результати досліджень впливу коагулянтів PuroFlock 4240 та PuroFlock 920 на інтенсивність гравітаційного ущільнення шламів.

21. Атаманюк А.А. Использование накопленных в шламонакопителе балки Капустяной отложений окалины и пути реализации этого проекта/ А.А. Атаманюк // ОАО «Запорожсталь», сборник докладов XXXV научно-технической конференции молодежи. - 2008. - №35. – С. 68-70.

Здобувачем досліджено склад осадів шламонакопичувача ВАТ «Запоріжсталь».

22. Атаманюк А.А. Пути энергосбережения при обезвоживании осадков замкнутых систем водоснабжения заводов горнорудной и металлургической промышленности ОАО «Запорожсталь»/ А.А. Атаманюк, А.Н. Назаренко, А.П. Сидоренко, Н.П. Назаренко // XI научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей ЗДІА. Тези доповідей. Ч. IV. - 2006. – С. 46-48.

Здобувачем практично досліджені процеси зневоднення в гравітаційному полі шламів газоочисток доменного цеху комбінату “Запоріжсталь”.

АНОТАЦІЯ

Атаманюк А.А. Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом обробки обводнених металургійних шламів електричним струмом. - Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 - екологічна безпека. - Сумський державний університет, Міністерства освіти і науки України, Суми, 2013.

Дисертаційна робота присвячена забезпеченню екологічної безпеки в районах розміщення багатотоннажних відходів газоочисток металургійних заводів шляхом розробки на базі теоретичних і експериментальних досліджень технологій та обладнання щодо запобігання екологічно небезпечного впливу ШН металургійного виробництва на НПС.

У роботі отримані результати: при обробці ШДВ і ШАВ ПЕСом ступінь їх ущільнення підвищується, зменшуються радіуси гідратованих катіонів Ca^{2+} , що підтверджується проведеними розрахунками гідратних оболонок іонів, виконаних за методикою М.І. Бакєєва. Співвідношення суміші ШДВ і ШАВ в обсязі 2,5-3,0:1 і стічних вод 7,5:1, при $T = 60^\circ \text{C}$ і $U = 200 \text{ В}$ дозволяють забезпечити ступінь ущільнення 28,6 % і вміст вологи 35,4 %. У результаті витрати електроенергії, на гравітаційне зневоднення суміші шламів при щільності струму $73,7 \text{ А/м}^2$ до досягнення вологості 24-25 % складуть 23,54 кВт - год/т. Отримані в процесі досліджень дані використані для розробки апаратурно-технологічної схеми відстійника, що дозволяє за рахунок особливостей конструкції підвищити ефективність зневоднення до необхідного ступеня. Розроблено способи зневоднення залізовмісних шламів металургійної промисловості. На розроблені способи і конструкцію отримано 3 патенти України на винаходи.

Техніко-економічний аналіз та екологічна оцінка показують, що в результаті впровадження нової технології зневоднення Fe - вмісних шламів на металургійному комбінаті «Запоріжсталь» обсяг зниження витрат складе 7996920 тис. грн /рік.

Екологічна ефективність розроблених технологій забезпечила можливість їх використання як основи при розробці створюваних промислових установок і збільшення екологічної безпеки в районі розміщення місць накопичення великотонажних відходів металургійних виробництв.

Ключові слова: механічне зневоднення, гравітаційне осадження, постійний струм, електрокінетичний потенціал, гідратна оболонка іона, Fe -вмісткі шлами, газоочистка, агломераційне і доменне виробництво, коефіцієнт фільтрації.

АННОТАЦИЯ

Атаманюк А.А. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путем обработки обводненных металлургических шламов электрическим током. – Рукопись

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Сумский государственный университет Министерства образования и науки Украины, Сумы, 2013.

Диссертационная работа посвящена обеспечению экологической безопасности в районах размещения крупнотоннажных отходов газоочисток металлургических заводов путем разработки на базе теоретических и экспериментальных исследований технологий и оборудования по предотвращению экологически опасного воздействия ШН металлургического производства на ОПС. Разработке и исследованию новой технологии обработки шламов постоянным электрическим током при гравитационном обезвоживании без классификации по гранулометрическому составу, что позволяет избежать значительных затрат на их механическое обезвоживание на вакуум-фильтрах и фильтр-прессах, и получить шлам с необходимой влажностью.

В работе получены результаты: при обработке ШДП и ШАП ПЭТом степень их уплотнения повышается, уменьшаются радиусы гидратированных катионов Ca^{2+} , что подтверждается произведенными расчетами гидратных оболочек ионов, выполненными по методике М.И. Бакеева. Соотношение смеси ШДП и ШАП в объеме 2,5-3,0:1 и сточных вод 7,5:1, при $T = 60^\circ \text{C}$ и $U=200 \text{ В}$ позволяют обеспечить степень уплотнения 28,6 % и содержание влаги 35,4 %. В результате затраты электроэнергии, на гравитационное обезвоживание смеси шламов при плотности тока $73,7 \text{ А/м}^2$ до достижения влажности 24-25% составят 23,54 кВт-ч/т. Полученные в процессе исследований данные использованы для разработки аппаратурно-технологической схемы отстойника, позволяющей за счет особенностей конструкции повысить эффективность обезвоживания до необходимой степени. Разработаны способы обезвоживания железосодержащих шламов металлургической промышленности. На разработанные способы и конструкцию получено 3 патента Украины на изобретения.

Для оценки технико-экономической эффективности выполненных разработок определен ущерб, наносимый попаданием фильтрата из ШН в подземные воды питьевого водоснабжения, в водоемы рыбохозяйственного назначения и в рекреационные зоны бассейна р. Днепр, определяемый по методике расчета размера ущерба от поступления загрязнений в водные объекты. Определена плата за сброс сточных вод полигона ПО в водные объекты в соответствии с Налоговым кодексом Украины.

Технико-экономический анализ и экологическая оценка показывают, что в результате внедрения новой технологии обезвоживания Fe-содержащих шламов на металлургическом комбинате «Запорожсталь» объем снижения затрат составит 7 996 920 тыс. грн/год.

Экологическая эффективность разработанных технологий обеспечила возможность их использования как основы при разработке создаваемых промышленных установок и увеличения экологической безопасности в районе размещения мест накопления крупнотоннажных отходов металлургических производств.

Ключевые слова: механическое обезвоживание, гравитационное осаждение, постоянный ток, электрокинетический потенциал, гидратная оболочка иона, Fe-содержащие шламы, газоочистка, агломерационное и доменное производство, коэффициент фильтрации.

SUMMARY

Atamanyuk A.A. Reduction of anthropogenic impact on the environment by treating the sludge flooded steel electric shock. - Manuscript

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01 - environmental safety. - Sumy State University Ministry of education and science Ukraine, Sumy, 2013.

The thesis is devoted to the research and development of new technology of processing sludge direct current in gravitational dewatering, without classifying particle size distributions, thus avoiding the significant costs to their mechanical dewatering on vacuum filters and filter presses, and get a slurry with the required humidity.

We obtain the following results: under the influence of a constant electric current to the gas cleaning sludge from blast furnace and sinter plant their degree of compaction increases, there is a reduction of the radii hydrated cations Ca^{2+} , which is confirmed to estimates of hydration shells made of calcium by the method of M.I. Bakeeva. The mixing ratio of sludge gas treatment furnaces and sinter plant, as (2,5-3,0): 1 and sewage 7,5:1, at $T = 60^\circ \text{C}$, and $U = 200 \text{ V}$ can improve the degree of compaction to 28,6 % and moisture content to 35,4 %. As a result, the cost of electricity, the gravitational dewatering sludge mixture at a current density of $73,7 \text{ A/m}^2$ until the moisture content 24 – 25 % of the 14,18 kW·h/ t.

Obtained in the research data used to develop the hardware and technological scheme sump, which allows by design features improve drainage to the extent necessary. To develop a design patented.

The methods of sludge dewatering iron metallurgy. Developed a way to get to the two patents.

The calculations of economic efficiency of the new iron sludge dewatering technologies for applications in the steel mill "Zaporizhstal" show that the economic impact of the introduction will be 7 996 920 USD / year.

Ecological efficiency of the worked out technologies provided possibility of their use as bases at development of the created industrial options and increase of ecological safety in the district of placing of places of accumulation of wastes of metallurgical.

Key words: mechanical dewatering, gravity sedimentation, direct current, electrokinetic potential, hydration shell of the ion, iron sludge, gas cleaning, sintering and domain production, filtration coefficient.

Підписано до друку 24.10.13

Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 0,9.Обл- вид. арк. 1,0. Наклад 100 прим.Замовлення №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.