

Розглянуто екологічну проблему відходів алюмінієвого виробництва – червоний шлам. Запропоновано спосіб зневоднення шламу в електричному полі для подальшого використання в різних галузях промисловості. Досліджено вплив електричного струму різної напруги на ущільнення та зневоднення червоного шламу. Лабораторним експериментом встановлено оптимальні параметри, які дозволяють у короткий термін отримати зневоднений червоний шлам

Ключові слова: червоний шлам, ущільнення, зневоднення, електричний струм, осад, напруга, електроди, суспензія

Рассмотрена экологическая проблема отходов алюминиевого производства – красный шлам. Предложен способ обезвоживания шлама в электрическом поле для дальнейшего использования в различных отраслях промышленности. Исследовано влияние электрического тока различного напряжения на уплотнение и обезвоживание красного шлама. Лабораторным экспериментом установлены оптимальные параметры, которые позволяют в краткие сроки получить обезвоженный красный шлам

Ключевые слова: красный шлам, уплотнение, обезвоживание, электрический ток, осадок, напряжение, электроды, суспензия

УДК 628.543

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.29250

УЩІЛЬНЕННЯ ТА ЗНЕВОДНЕННЯ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

О. В. Разгонова

Аспірант*

E-mail: razghonova@gmail.com

В. І. Сокольник

Кандидат технічних наук, професор*

E-mail: sokolnik56@ukr.net

*Кафедра водопостачання та водовідведення
Запорізька державна інженерна академія
пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69006

1. Вступ

Глиноземне виробництво – найбільш масштабне у кольоровій металургії. Проте донині залишається не вирішеною проблема комплексної переробки відходів – червоного шламу. Червоний шлам характеризується рядом цінних властивостей (постійним хімічним складом, значним вмістом оксидів заліза, алюмінію, супутніми рідкісними елементами та тонкою дисперсністю). Застосування відходів виробництва – величезний резерв не лише економії природної сировини, а й підвищення ефективності виробництва та поліпшення екологічного стану на підприємстві і території регіону [1].

Через відсутність ефективних технологій переробки та високої вологості (40–60 %), яка ускладнює його використання, основна маса червоних шлаків не використовується та складається на величезних шламових полях поблизу глиноземних заводів.

Головну небезпеку становить виражене лужне середовище червоного шламу. Отруйна речовина викликає сильні хімічні опіки та є смертельною для всього живого [2].

В даний час кількість накопичених відходів обчислюється сотнями мільйонів тонн. Для використання червоного шламу, як технічного продукту в промисловості, потрібне його зневоднення. Труднощі ефективної переробки червоних шлаків полягають у великій вологості (40–60 %) та лужності (до 1,5 %), високій вартості впровадження технологій та еко-

номічній недоцільності їх використання [3, 4]. У результаті випробувань встановлено, що при фільтрації червоного шламу на дискових вакуум-фільтрах виходить шлам вологістю 40 % при продуктивності фільтра 110–120 кг/(м²год). На фільтрпресах можна отримати шлам з меншим вмістом води (20–25 %) при продуктивності фільтра 70–80 кг/(м²год). Для подальшого зменшення вологості необхідна сушка червоного шламу. Для перевезення шламу його вологість не повинна перевищувати 12–15 %. Для використання у виробництві вологість повинна не досягати і 10 % [5, 6].

Таким чином, науково – технічна задача по зниженню негативного впливу на навколишнє середовище, та підготовки червоного шламу для переробки є дуже актуальною при зростанні обсягів використання алюмінію в усьому світі.

2. Аналіз відомих досліджень та публікацій

В наш час проблема зниження негативного впливу червоного шламу на навколишнє середовище, та його комплексна переробка актуальна в усьому світі. Угорська техногенна катастрофа, яка сталася в жовтні 2010-го лише підтвердила небезпеку зберігання червоного шламу в шламонакопичувачах. Зі зруйнованої дамби вилилося 700 тисяч тонн рідкого червоного шламу. Населені пункти, які розташовані поблизу були затоплені отрутохімікатами. Загинули 4 людини, 80 – отримали опіки шкіри і очей, із зони лиха евакуй-

овані 110 мешканців [7]. В Україні на Миколаївському глиноземному заводі було збудовано шламонакопичувач для сухого зберігання відходів, але проектувальниками не було прийнято всіх мір проти розпилювання червоного шламу. Тому при сильних вітрах відбуваються викиди шламу, від яких страждають приміські миколаївські села: Прибузьке, Лимани, Галицинове, бази відпочинку розташовані на Руській косі, а також тисячі гектарів сільгоспугідь і річка Південний Буг. Накопичення пилу пофарбувало все навколо в рудий колір: стоять руді дерева, за ними – руде поле, на будинках рудого кольору дахи – викид червоного шламу перетворив кілька приміських сіл на зону екологічного лиха [8]. Типовою схемою обробки шламів в нашій країні є зневоднення під дією сил гравітації на шламових полях. Тобто складування відходів на величезних територіях, які становлять екологічну загрозу [9]. Також для переробки червоних шламів з метою екстрагування із них цінних речовин та подальшу їх утилізацію розроблені такі методи, як осадження, фільтрування, сушіння, пірометалургійна переробка, магнітна сепарація, відновлювальна плавка в суміші із вапняком, гідрометалургійні схеми та інші методи [10, 11]. Але більшість методів на сьогодні не знайшли шляхи практичного використання.

Численні дослідження зарубіжних фірм по зневодненню та переробці червоного шламу з метою вилучення цінних компонентів та зменшення забруднення навколишнього середовища до останніх років не дали економічно і технічно задовільних рішень. В даний час використовуються лише невеликі кількості червоного шламу, наприклад для зміцнення і поліпшення ґрунту, для виробництва цементу та керамічних виробів [12, 13].

З наукових та патентних джерел відомий позитивний досвід використання електричного струму для зневоднення відходів та шламів різного походження. Раніше було проведено експериментальне дослідження по інтенсифікації ущільнення залізовмісних шламів шляхом обробки їх постійним електричним струмом та отриманий позитивний ефект [14].

3. Мета та задачі досліджень

Метою даної наукової роботи є розроблення ефективного методу ущільнення та зневоднення червоного шламу в електричному полі.

Задачі роботи полягають у дослідженні впливу постійного електричного струму на ступінь осадження, ущільнення, зневоднення та фізико-хімічні характеристики червоного шламу, а також визначення оптимальних параметрів процесу.

4. Методика дослідження впливу електричного струму на процес осадження та ущільнення червоного шламу

Дослідження проводились на суспензії червоного шламу, що відбирались зі шламового накопичувача Запорізького алюмінієвого комбінату. Хімічний склад досліджуваного шламу визначений нами за допомо-

гою рентгено-флуоресцентного спектрометру ElvaX та складає (%): SiO_2 – 10,67; Al_2O_3 – 23; Fe_2O_3 – 52,74; CaO – 6,8; TiO_2 – 5.1. Високий вміст оксидів заліза, алюмінію, титану та інших цінних компонентів, дозволяють розглядати червоний шлам в якості перспективного техногенного джерела цих компонентів.

Гранулометричний склад червоного шламу залежить від чотирьох основних чинників: складу та способу переробки бокситів, хімічного диспергування часток бокситу в процесі автоклавного вилугування, розміру фаз, що утворюються, і агрегації часток шламу в процесі промивання і згущування під впливом коагулянтів-флокулянтів. У лабораторних умовах визначений гранулометричний склад шламу методом ситового аналізу на каліброваних ситах, результати наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Гранулометричний склад червоного шламу

Розмір фракції, мкм	>400	315–400	200–315	100–200	80–100	40–80	25–40	<25
Склад, %	3	2,5	6	38,5	36,5	9	1	0,5

Робота виконувалась на лабораторній установці зображеній на рис. 1. Запропонована установка складається з двох циліндрів. У першому – порівняльному – спостерігається гравітаційне осадження 1, а в другому 2 розміщені співвісно верхній електрод 3 і нижній електрод 4. Електроди сполучені з джерелом постійного струму 5, вольтметром змінного струму 6, ЛАТР 7, вольтметром змінного струму 8, блоком живлення постійного струму 9, вольтметром постійного струму 10, міліамперметром 11.

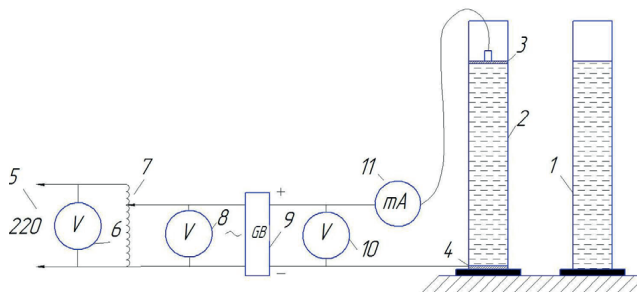


Рис. 1. Схема лабораторної установки для ущільнення та зневоднення червоного шламу

Експеримент виконувався за наступною методикою: шлам відбирали зі шламового накопичувача Запорізького алюмінієвого комбінату з концентрацією твердої фази 473 г/дм³. Досліджуваний зразок готували об'ємом 0,670 дм³ масою 973 г (473 г шламу, 500 мл води). Отриманий шлам завантажувався в два циліндри лабораторної установки, у першому спостерігалось гравітаційне осадження, на електроди другого циліндру подавалась напруга заданої величини. Електроди виготовлені з нержавіючої сталі у вигляді пластин. Один з них розташований на дні ємності, а другий – на поверхні суспензії. Анод зверху, катод знизу, що відповідає силовим лініям поля зверху донизу. Розташування електродів прийнято

по результатам проведених раніше досліджень, так як експериментально визначено, що шламові часточки мають від'ємне значення заряду. Тобто при зміні полярності електродів процес осадження уповільнюється та суспензія не має чіткої межі розділу фаз [14]. Контроль за процесом здійснювався за швидкістю переміщення межі розділу фаз, на осад та прояснену рідину. Дослід тривав до закінчення процесу осадження. У ході експерименту кожні 10 хвилин фіксується межа розшарування суспензії (Н, мм) під дією електричного поля та без нього, та сила електричного струму (I, А).

5. Результати експерименту по ущільненню та зневодненню червоного шламу в електричному полі

Результати дослідження оцінювали за величиною об'ємної частки осаду до об'єму проби суспензії під дією постійного електричного струму в діапазоні напруг від 0 до 175 В. Проводили по три паралельні досліді.

За результатами вимірювань побудований графік залежності об'ємної частки осаду від тривалості процесу обробки проби суспензії постійним електричним струмом рис. 2.

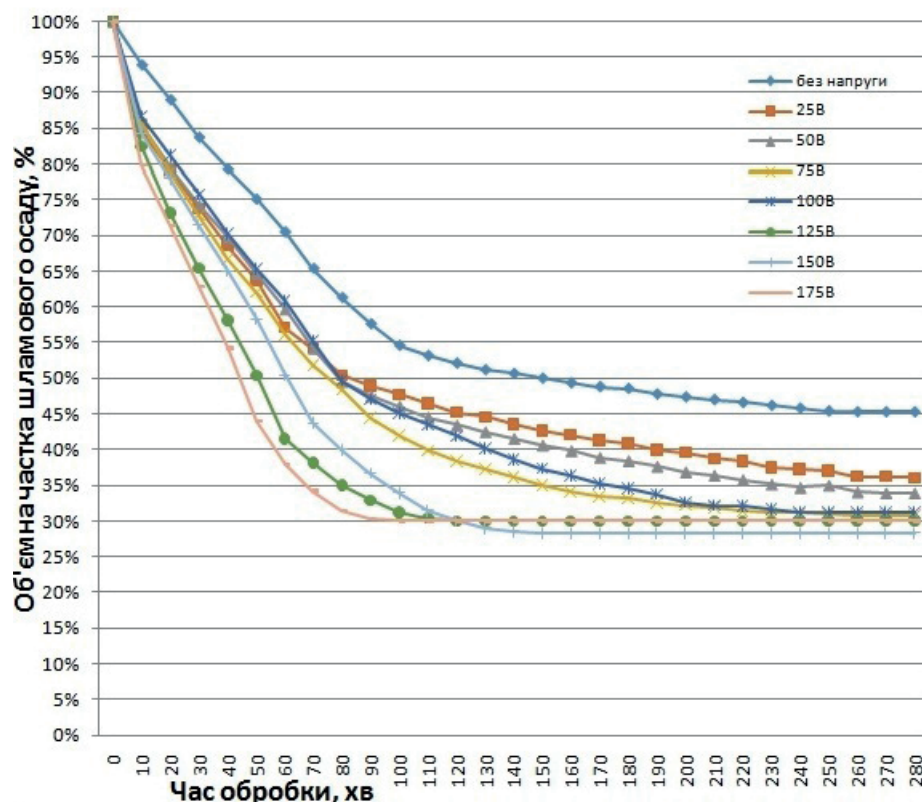


Рис. 2. Криві осадження червоного шламу

Як видно з графічної залежності (рис. 2) у перші 60 хвилин проведення досліді спостерігається швидке осадження та виникнення чіткої межі розділу фаз на осад та прояснену рідину. За цей період часу межа

розділення фаз знижувалася інтенсивно та пододала шлях близько 70 % від загальної висоти лабораторного циліндру. З підвищенням напруги швидкість осадження та розділення суспензії зростає. Але при напрузі більшій за 150 В процес починає йти повільніше, та спостерігається збільшення температури в системі осад – шламозна вода до 40 °С.

6. Обговорення результатів експерименту по ущільненню та зневодненню червоного шламу в електричному полі

На підставі результатів експерименту встановлено, що проведення процесу ущільнення та зневоднення червоного шламу під дією постійного електричного струму в межах напруги 25–150 В сприяє пришвидшенню та глибині зневоднення. Можна припустити, що за законами фільтрації завислі частки ущільнюючись видавлювали рідину знизу вгору. У той час, як за законами електрофорезу іони позитивно заряджених металів рухаються до катода і переносять гідратовані на них молекули води, тому рухаються зверху вниз [15]. Також, на завислі частки діють гравітаційні та електромагнітні сили, тому швидкість осадження частинок збільшується. Фор-

мування осаду відбувається за перші 90 хв проведення експерименту, після чого зменшення об'ємної частки осаду практично не відбувається.

7. Висновки

Встановлено, що проведення процесу ущільнення та зневоднення червоного шламу в електричному полі однозначно позитивно впливає на швидкість ущільнення та кінцеву величину об'ємної частки шламового осаду. Дані графічних залежностей (рис. 2) показують, що найменша об'ємна частка шламового осаду отримана при напрузі електричного струму 150 В – 28 %, тоді як без дії електричного струму об'ємна частка шламового осаду складає 45 %. Найдовшим був процес осадження та ущільнення при напрузі 25 В – 260 хв, найменшим при 175 В – 90 хв. Перевагою методу є ущільнення та зне-

воднення червоного шламу у короткий термін та зменшення енергетичних витрат. Припинення складування червоного шламу на шламових полях позитивно вплине на навколишнє середовище.

Література

1. Satish, C. Waste Materials Used in Concrete Manufacturing [Text] / C. Satish // Elsevier. 2013. – P. 292–295.
2. Опасность «красного шлама» для здоровья человека. 11.10.2010 [Электронный ресурс] / РИАНОВОСТИ. – Режим доступа: <http://ria.ru/ecoinfogr/20101011/284454555.html>
3. Stentiford, E. Sludge composting – trends and opportunities [Text] / E. Stentiford // Water and Waste treat. – 1995. – Vol. 11. – P. 44–47.
4. Gupta, V. Using Red Mud [Text] / V. Gupta, G. Sharma // Environ. Sci Technol. – 2002. – Vol. 36. – P. 3612–3617.
5. Ласкорин, Б. Н. Проблемы развития безотходных производств [Текст] / Б. Н. Ласкорин, Б. В. Громов, А. П. Цыганков, В. Н. Сенин. – М.: Стройиздат, 2000. – 566 с.
6. Liu, Y. Characterization of red mud derived from a combined Bayer Process and bauxite calcination method [Text] / Y. Liu, C. Lin, Y. Wu, J. Hazard // Mater. – 2007. – Vol. 146, Issue 1-2. – P. 255–261. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.12.015
7. Ruyters, S. The red mud accident in Ajka (Hungary): Plant toxicity and trace metal bioavailability in red mud contaminated soil [Text] / S. Ruyters, J. Mertens, E. Vassilieva, R. Dehandschutte, A. Poffijn, E. Smolders // Environ Sci. Technol. – 2011. – Vol. 45, Issue 4. – P. 1616–1622. doi: 10.1021/es104000m
8. Савицький, В. М. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води [Текст] : навч. пос. / В. М. Савицький, В. К. Хільчевський, О. В. Чунарьов, М. В. Яцюк; за ред. В. К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. – 152 с.
9. Корнеев, В. И. Красные шламы - свойства, складирование, применение [Текст] / В. И. Корнеев, А. Г. Сусс, А. И. Цеховой. – М.: Металлургия, 1991. – 144 с.
10. Jiang, Y. Comprehensive utilization of red mud from alumina plant [Text] / Y. Jiang, P. Ning // Environ. Sci. Technol. – 2003. – Vol. 26. – P. 40–44.
11. Шморгуненко, Н. С. Комплексная переработка и использование красных шламов глиноземного производства [Текст] / Н. С. Шморгуненко, В. И. Корнеев. – М.: Металлургия, 1982. – 128 с.
12. Материалы на основе металлургических шламов [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-110-stroitelnye-materialy/11.htm>
13. Yalcin, N. Utilization of bauxite waste in ceramic glazes [Text] / N. Yalcin, V. Sevinc // Ceram. Int. – 2000. – Vol. 26, Issue 5. – P. 485–493. doi: 10.1016/S0272-8842(99)00083-8
14. Овчарова, О. В. Інтенсифікація гравітаційного осадження та ущільнення залізовмісних шламів в електричному полі [Текст] / О. В. Овчарова, В. І. Сокольник, О. А. Атаманюк // Комунальне господарство міст. – 2013. – № 107. – С. 291–295.
15. Григоров, О. Н. Электрокинетические явления [Текст] / О. Н. Григоров. – Л.: Изд. ЛГУ, 1973. – 199 с.