

УДК 628.543

Разгонова О. В., аспірант (Запорізька державна інженерна академія)

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ЗНЕВОДНЕННЯ ЧЕРВОНОГО ШЛАМУ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПОЛЯ

Представлено результати дослідження процесу зневоднення червоного шламу під дією електричного поля. Вивчені властивості води на молекулярному рівні і необхідність їх використання для вдосконалення процесу зневоднення червоного шламу.

Ключові слова: ущільнення, зневоднення, електричний струм, напруга, метод найменших квадратів, оптимізація, молекула, іон.

Проблема комплексного використання промислових відходів має велике значення, як важливий резерв підвищення ефективності виробництва та один з основних напрямків раціонального використання мінеральної сировини. Щорічні промислові шламові відходи глиноземного виробництва сягають кількох мільйонів тонн і вимагають значних площ під відвали; отже, скорочуються площі корисних земель – оранка, лісових угідь, місць випасу худоби і т.д. Відвальні шлами глиноземного виробництва містять лужні сполуки у водорозчинному вигляді, які, просочуючись через шар шламових відвалів, можуть потрапляти разом з ґрунтовими водами в природні водні джерела, забруднюючи їх, вбиваючи водну флору і фауну. Відвальні шлами є тонкодисперсними і можуть бути джерелом забруднення навколишнього середовища пилоподібними частинками висушлих поверхонь [1].

Запобігання забрудненню атмосфери і водойм промисловими відходами є найважливішим народногосподарським завданням.

Переробка та використання відходів глиноземного виробництва є важливим економічним важелем у металургійному виробництві, який може забезпечити зайнятість населення в нових виробництвах, та дати відчутний поштовх до економічного розвитку регіону.

Переробка і використання бокситових шламів у різних галузях промисловості обумовлюються хімічним складом, фазовою характеристикою і фізико – механічними властивостями шламу.

Основними способами переробки відвального шламу глиноземного виробництва може бути комплексна переробка на чавун, цемент, виробництво будівельної кераміки, портландцементу та інших в'язучих речовин, виробництво силікатної цегли скла і склокристалічних

матеріалів. Використання відвального шламу в якості наповнювача при виготовленні асфальтобетону та ін. [2].

Труднощі утилізації відходів глиноземного виробництва пов'язані з великою вологістю шламу (40–60%), та лужністю (до 1,5%) відсутністю капіталовкладень на переробку та утилізацію червоних шламів, як економічно не вигідні проекти. Нажаль, традиційні технології зневоднення такі як осадження, фільтрування на дискових вакуум-фільтрах, фільтрпресах енергозатратні і дозволяють знизити вологість лише до 30% чого не достатньо для подальшої переробки сировини. Далі необхідна сушка червоного шламу. Для транспортування шламу вологість має бути 12–15%. Для використання у виробництві вологість не повинна перевищувати 10%.

Отже, завдання по пошуку енергоефективних методів зневоднення шламів для їх переробки та утилізації є актуальним при значному використанні алюмінію в світі [3].

Численні дослідження по зневодненню та переробці червоних шламів до останніх років не дали економічно та технічно задовільних рішень. Але з наукових джерел відомий позитивний досвід використання електричного струму для зневоднення відходів та шламів різного походження [4, 5].

Під час дослідження процесу осадження, ущільнення та зневоднення червоного шламу в електричному полі були проведені серії дослідів у лабораторних умовах. Експерименти проводились на установці, зображеній на рис. 1.

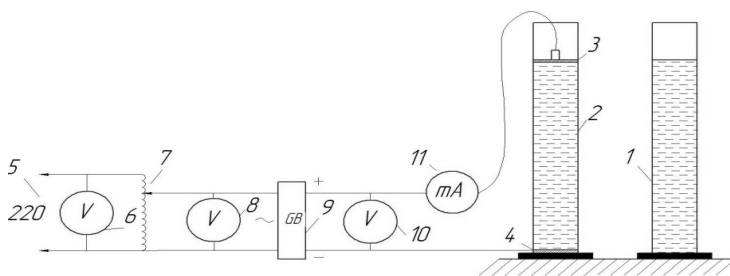


Рис. 1. Схема лабораторної установки для ущільнення та зневоднення червоного шламу

Запропонована установка складається з двох циліндрів. У першому – спостерігається гравітаційне осадження 1, а в другому 2 розміщені співвісно верхній електрод 3 і нижній – 4. Електроди сполучені з джерелом постійного струму 5, вольтметром змінного струму 6, ЛАТР 7, вольтметром постійного струму 8, блоком живлення постійного струму

9, вольтметром постійного струму 10, міліамперметром 11 [6].

Для знаходження оптимальних умов виконані розрахунки шляхом побудови рівняння регресії із застосуванням методу найменших квадратів. Фактором впливу була напруга постійного електричного струму та взаємне розташування електродів. Оптимальною виявилась напруга постійного струму у межах 145–155В, та розташування електродів анод зверху – катод знизу, що відповідає напрямку силових ліній поля зверху донизу. За цих оптимальних умов проведено ущільнення, осадження та зневоднення шламу упродовж 90 хв, тобто до припинення руху границі розділу фаз. Ущільнення твердої фази досягло 29,2%.

Метою даної роботи є спроба дати наукове пояснення процесам, що відбуваються при зневодненні червоного шламу під дією електричного поля.

Під час обробки суспензії постійним струмом, вірогідно, відбувався процес електроосмосу та електрофорезу. Зі збільшенням ступеню ущільнення шламу все меншими стають шпари та діаметр отворів капілярів у твердому шламі. Очевидно це призводить, до створення подвійного електричного шару на поверхні розділу фаз і виявлення закономірностей електроосмосу та електрофорезу. Можна припустити, що за законами фільтрації завислі частки ущільнюючись видавлювали рідину знизу вгору. Також, на завислі частки діють гравітаційні та електромагнітні сили, тому швидкість осадження частинок збільшується.

Вдосконалення способів зневоднення червоного шламу залежить від сучасних уявлень про властивості води на молекулярному рівні. Простота хімічної формули води H_2O приводить до думки про простоту складу і будови її молекул. Однак таке уявлення не точне [7]. Вода – це з'єднання складних фізико–хімічних властивостей, які впливають на її поведінку при взаємодії з іншими речовинами. Молекула води, що складається з двох одновалентних іонів водню і одного двовалентного іона кисню, найчастіше зображується у вигляді так званого диполя, тобто тіла з двома полюсами, що несуть заряди протилежного знаку рис. 2.

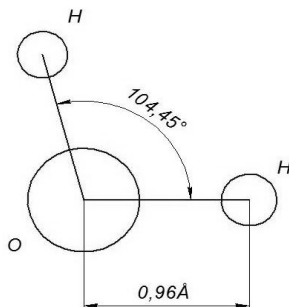


Рис. 2. Дипольний момент молекули води

Тобто якщо "вільну" молекулу води – не пов'язану з іншими молекулами, помістити в електричне поле, то вона "повернется" негативними полюсами в бік позитивної пластини електричного поля, а позитивними полюсами в бік негативної пластини. Молекула води має структуру рівнобедреного трикутника: у вершині цього трикутника – іон кисню, а в основі – два іони водню. Кут вершини трикутника дорівнює $104,45^\circ$, а довжина сторони $0,96 \text{ \AA}$.

Характерною особливістю води є наявність між її молекулами спрямованих водневих зв'язків. Структура льоду при звичайних умовах є гарною відправною точкою для розгляду властивостей рідкої води. Молекули води льоду пов'язані один з одним водневими зв'язками і утворюють тетраедри. Зазвичай кожна молекула бере участь у чотирьох водневих зв'язках, причому відстань між найближчими сусідами становить $2,8 \text{ \AA}$. Коли лід плавиться, його тетрагональна структура руйнується і утворюється суміш полімерів, і вільних молекул води. У рідкому стані вода – невпорядкована рідина. Ці водневі зв'язки – спонтанні, не тривалі, швидко руйнуються та утворюються знову.

Експериментальні дані і теоретичні розрахунки дозволяють зробити висновок про те, що структура рідкої води являє собою динамічну сітку сильних і слабких водневих зв'язків, яка схильна до спонтанної перебудови в результаті теплового руху молекул. Встановлено, що органічні іони здатні руйнувати не тільки первинну структуру води, але і гідратні оболонки неорганічних іонів, створюючи нову структуру розчину [8].

З ростом температури у воді, по-перше, руйнуються мікро- неоднорідності. По-друге, посилюється трансляційний рух молекул, що призводить до ослаблення іон-дипольної взаємодії. Також значення рН значно впливає на форму існування іонів в розчині. А залежно від форми елементів у розчині змінюється ступінь їх гідратації, а разом з нею

– інтенсивність взаємодії з молекулами води. Такі порогові значення рН, при яких змінюється форма елементів у розчині, одночасно обмежують області стійкості елементів у розчиненому стані і визначають умови для їх випадання в тверду фазу.

Аналіз фізико-хімічних процесів при осадженні колоїдних і дисперсних частинок показує, що істотне значення має електрокінетичний ξ -потенціал. Він виникає за рахунок взаємного заміщення фаз під дією електричного поля. Стиснення подвійного електричного шару при введенні електролітів повинно приводити до зменшення ξ -потенціалу. Це відповідає результатам експериментального вивчення впливу електролітів на електрокінетичний потенціал. При цьому діюча електрична сила буде тим більше, чим більше зарядів дифузного шару виявиться в рухомій рідині. Звідси випливає, що електрокінетичний потенціал може служити мірою інтенсивності електрокінетичних явищ і в той же час мірою ступеня розмиття дифузійної частини подвійного електричного шару. Тому він може бути використаний при збільшенні коефіцієнта фільтрації шламів і прискоренню їх гравітаційного осадження [9].

Останнім часом зросла актуальність досліджень властивостей води в пограничних об'ємах. На кордонах поділу фаз відбуваються багато важливих фізичних та хімічних процесів: адсорбція, перенесення речовини, та ін. В порах розміром порядку 50\AA вода може приймати структуру об'ємної, що важливо для вивчення зневоднення осадів.

Процес взаємодії між молекулами води, між водою і іонами в основному носить динамічний характер. Якщо уявити перенесення протона, як рух зарядженої частинки, то можна поставити питання про вплив на цей процес магнітного поля в системах з водневим зв'язком. Таким чином, магнітне поле може впливати на кінетику протонного обміну, а отже, і на процеси гідратації.

Слід підкреслити, що водні системи являють собою водні розчини сотень різних речовин в іонній формі, металів і неметалів, органічних і неорганічних компонентів. Більше того, вода є інертним розчинником, оскільки вона сама хімічно не змінюється під впливом більшості речовин, які вона розчиняє.

Рух вологи в бік падіння електричного потенціалу (електроосмос) використовується для осушення глинистих порід з малою водовіддачею. При дії постійного електричного струму позитивно заряджені катіони пересуваються разом з молекулами води до негативного полюсу [10]. На ступінь водопроникності порід, істотно відбивається характер обмінних катіонів, що містяться в породах і воді. Так, вона зростає при наявності двовалентних катіонів (кальцій, магній) і зменшується в

присутності катіонів одновалентних (натрій, калій). Вплив натрію зменшує коефіцієнт фільтрації суглинків в десятки і сотні разів. Вплив коефіцієнта фільтрації істотно залежить від температури і збільшується разом з її підвищенням [7].

Вивчення процесів зневоднення осадів на молекулярному рівні, ймовірно могло б дати можливість зменшити молекулярні шари гідратації навколо твердої частинки, тим самим зменшити максимальну молекулярну вологість дрібнодисперсних осадів.

Проведення науково-дослідних робіт з вивчення властивостей води, як дисперсійної фази, з метою зменшення вологості дрібнодисперсних осадів при менших енергетичних витратах і екологічних забрудненнях навколишнього середовища є необхідною умовою вирішення цієї проблеми.

1. Корнеев В. И. Красные шламы – свойства, складирование, применение [Текст] / В. И. Корнеев, А. Г. Сусс, А. И. Цеховой. – М. : Metallurgiya, 1991. – 144 с. 2. Шморгуненко Н. С., Корнеев В. И. Комплексная переработка и использование красных шламов глиноземного производства. – М. : Metallurgiya, 1982. – 128 с. 3. Матяш В. Г., Леонтьев Л. И., Кудинов Б. З. О восстановлении окислов железа в красных шламах. В кн. “Подготовка и комплексная переработка металлургического сырья”. Труды Института металлургии. – Вып. 22. – Свердловск, 1970. – С. 46–49. 4. Винокурова Т. Е. Результаты опытного обезвоживания осадков станции аэрации при помощи электроосмоса / Т. Е. Винокурова // Строительный комплекс–98: тез. докл. науч.–техн. конф. проф.–преподават. сост. ННГАСА / Нижегород. гос. архитектур. – строит. акад. – Н. Новгород, 1998. – Ч. 6. Исследования по рациональному использованию природных ресурсов и защите окружающей среды. – С. 16–17. 5. 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. 6. Разгонова О. В. Ущільнення та зневоднення червоного шламу під дією електричного поля / О. В. Разгонова, В. І. Сокольник // Східно-європейський журнал передових технологій, 2014. – № 72. – С. 4–7. 7. Антонченко В. Я. Физика воды Киев // Наукова думка, 1986. – 126 с. 8. Антонченко В. Я. Микроскопическая теория воды в порах мембран. – Киев : Наук. думка, 1983. – 160 с. 9. Дамаскин Б. Б. Электрохимия / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирли [2-е изд., испр. и перераб]. – М. : Химия, 2006. – 672 с. 10. Практическая электроника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:<http://www.meanders.ru/meiers2.shtml>

Рецензент: д.т.н., професор Банах В. А. (ЗГПА)

Razhonova O. V., Post-graduate Student (Zaporozhye State Engineering Academy)

THEORETICAL JUSTIFICATION OF METHOD OF RED SLUDGE DEHYDRATATION UNDER ELECTRIC FIELD

The results of dehydration process research of red sludge under the influence of electric field are presented in paper. The properties of water at the molecular level and the need to use it for the red sludge dehydration are described.

Keywords: seal, dehydration, electric current, voltage, method of least squares optimization, molecule, ion.

Разгонова О. В., аспирант (Запорожская государственная инженерная академия)

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Представлены результаты исследования процесса обезвоживания красного шлама под действием электрического поля. Изучены свойства воды на молекулярном уровне и необходимость их использования для совершенствования процесса обезвоживания красного шлама.

Ключевые слова: уплотнение, обезвоживание, электрический ток, напряжение, метод наименьших квадратов, оптимизация, молекула, ион.
