

УДК 661.842

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПЕРЕРОБКИ ВІДВАЛЬНОГО ФОСФОГІПСУ З ВИДОБУВАННЯМ РІДКОЗЕМЕЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**Р. Р. Оксенюк**

студент 5 курсу, групи ГР-51м, навчально-науково механічний інститут  
Науковий керівник – к.т.н., старший викладач О. Ю. Васильчук

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**Розглянуто техногенне родовище фосфогіпсу, наведено його характеристику та встановлено проблеми зберігання відходів виробництва мінеральних добрив. Досліджено напрямки використання відвального фосфогіпсу, та наведено можливу схему його переробки з вилученням рідкоземельних елементів.**

**Ключові слова:** апатитова руда, техногенне родовище, фосфогіпс, рідкоземельні елементи, рентгенозахисні конструкції, техногенні родовища корисних копалин.

**Рассмотрено техногенное месторождение фосфогипса, приведены его характеристики и установлены проблемы хранения отходов производства минеральных удобрений.**

**Исследованы направления использования отвального фосфогипса, и приведена возможная схема его переработки с изъятием редкоземельных элементов.**

**Ключевые слова:** апатитовая руда, техногенное месторождение, фосфогипс, редкоземельные элементы, рентгенозащитные конструкции, техногенные месторождения полезных ископаемых.

**The technogenic deposit of phosphogypsum is considered, its characteristic is given and problems of storage of wastes of production of mineral fertilizers are established. The directions of the use of dump phosphogypsum have been studied, and a possible scheme for its processing with the removal of rare-earth elements is given.**

**Keywords:** apatite ore, technogenic deposit, phosphogypsum, rare earth elements, X-ray protection structures, technogenic mineral deposits.

**Вирішення задачі,** що пов'язана з накопиченням, утилізацією відходів та встановлення можливих варіантів щодо переробки фосфогіпсу потребує проведення дослідних робіт, що направлені на оцінку стану галузі та перспектив її розвитку, розробки комплексу відповідних заходів по безвідходній переробці фосфогіпсу.

У Рівненській області є одне з найбільших підприємств в Україні з виробництва мінеральних добрив ПАТ «РІВНЕАЗОТ». В результаті виробництва мінеральних добрив постійно утворювалися відходи – фосфогіпс, який складували у відвали. За матеріалами Рівненської геологорозвідувальної експедиції в Рівненській області встановлено, що відвали фосфогіпсу ПАТ «РІВНЕАЗОТ», розташовані в Рівненському районі на відстані 1,5 кілометри на північний схід від села Метків, та на відстані 1 км на схід від села Рубче. Стосовно рельєфу місцевості на південь і на захід від об'єкта спостерігається пониження території в сторону річки Горинь, яка протікає на відстані 1,6 км на південь та 1,1 км на захід від сховища фосфогіпсу. Таким чином, відвали фосфогіпсу займають площу 58 гектарів і їхня загальна кількість становить 15,2 млн т [1].

**Сучасним розробкам** щодо переробки та утилізації фосфогіпсу присвячені роботи багатьох науковців та вчених України та зарубіжжя, зокрема А. Ф. Булата, В. А. Іванова, К. С. Голова [2; 3], І. А. Трунової, Р. В. Сидоренка [4], Р. А. Чернишевої [5], Л. Й. Дворкіна [6].

Для оцінки перспектив переробки фосфогіпсу з техногенних родовищ необхідно встановити його хімічний склад та наявність вмісних елементів. Залежно від походження апатитових руд хімічний склад фосфогіпсу може бути різним. Так, апатитові руди Кольського півострова містять [7]: CaO – 39...40%, SO<sub>3</sub> – 56...57%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(заг) – 1...1,2%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(вод) – 0,5...0,6%, R<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,5...0,6%, F – 0,3...0,4%, H<sub>2</sub>O – 0,7...0,8%.

**Дослідження хімічного складу** відвалів фосфогіпсу ВАТ «РІВНЕАЗОТ» проводилися в Національному університеті водного господарства та природокористування під керівництвом проф. Л. Й. Дворкіна. За дослідженнями апатитової руди, що походить з Кольського півострова встановлено наявність значної кількості техногенних корисних копалин, а саме рідкоземельних елементів. Їх вміст у фосфогіпсі становить: ітрій – 100 мг/кг; ітербій – 10 мг/кг; лантан – 500 мг/кг; стронцій – 10 г/кг [8].

Так, за дослідженнями Л. Л. Товажнянського та П. А. Капустенка [8] перспективним та економічно вигідним напрямком комплексної переробки фосфогіпсу є вилучення рідкоземельних елементів, саме на них спостерігається постійний ріст попиту та їхньої вартості. За дослідженнями А. Г. Ольгинського та Е. В. Крайнюка в фосфогіпсі в великих кількостях присутні важкі метали, такі як кадмій, хром, кобальт, ртуть, мідь, свинець, нікель, цинк і стронцій, а також коштовні рідкоземельні елементи [9]. В фосфогіпс переходить 90...95% рідкоземельних елементів, що містяться в фосфатній породі. Так з 1 т фосфогіпсу можливо добути до 4 кг хлориду церія та до 7 кг хлориду лантана. Світові тенденції свідчать про стрімке підвищення попиту на рідкоземельні елементи, які при добавленні їх до складу легких сплавів підвищують їх корозійну стійкість. Зокрема ітрій використовується в радіотехніці і електроніці та металургії. Інший рідкоземельний метал – лантан використовується, зокрема для поліпшення структури, механічних властивостей та корозійної стійкості чавунів, сталей, магнію та алюмінію. В енергетиці знайшов застосування Прометій-147. Його використовують у атомних батареях які мають розміри, що співставляються з канцелярською кнопкою. При цьому вони здатні виділяти енергію протягом декількох років. Сплави таких рідкоземельних елементів як церій, плутоній і торій використовуються як ядерне паливо. Лантановмісні елементи використовуються для виробництва акумуляторних батарей, використання яких стрімко збільшується. Оптична промисловість використовує лантанові і їхні сполуки. Оскільки оксид лантану є одним з основних елементів оптичного скла та може підвищувати показник заломлення світла, зменшити розміри фотооб'єктива та покращити якість зроблених знімків при тому ж показнику світлосили.

Так, комплексна переробка відвалів фосфогіпсу з вилученням рідкоземельних елементів є перспективним напрямком для регіону. Завдяки переробці відвалів фосфогіпсу є можливість покращити екологічний та економічний стан регіону.

Одним з можливих варіантів, який може бути запроваджений, є спосіб безвідходної переробки фосфогіпсу [10], що включає отримання товарного гіпсу, концентрату рідкісноземельних елементів, відокремлення продуктів переділу від технологічних кислот з подальшою їх нейтралізацією, використанням технічної води по замкнутому варіанту; використанні простих але досить ефективних пристроїв.

Основний технічний результат досягається тим, що в способі переробки фосфогіпсу шляхом воднево-гравітаційної сепарації буде отриманий мономінеральний товарний гіпс та концентрат рідкоземельних елементів. Для його здійснення не потрібне нестандартне дороге устаткування, спеціальні технології чи попередня підготовка матеріалу зі значними енергетичними витратами. Він досить легко може бути включений в уже існуючу технологічну схему виробництва фосфорних добрив, та зробити процес виробництва добрив

безвідходним.

Даний спосіб дасть змогу не лише переробити відвальний фосфогіпс, а й створити безвідходне виробництво мінеральних добрив з вилученням з фосфогіпсу рідкоземельних елементів, гіпсу та інших речовин ще в процесі виробництва. Завдяки цьому буде можливість не лише переробити уже утворені відвали фосфогіпсу, а й запобігти утворенню нових техногенних родовищ фосфогіпсу, що повинно позитивно вплинути на екологічний стан регіону.

Ще одним сучасним напрямком використання фосфогіпсу є створення рентгенозахисних конструкцій із композиційних рентгенозахисних матеріалів з високими рентгенозахисними властивостями [2; 3]. Обґрунтовано параметри рентгенозахисної конструкції, а також ефективність її застосування при захисті від рентгенівського і гамма-випромінювань. Ефективність захисту при використанні конструкцій з композиційного матеріалу на основі фосфогіпсу залежить як від концентрації рідкоземельних елементів у матриці, так і від щільності матеріалу, що дозволяє підвищити ефективність захисту у 1,4-1,5 рази у порівнянні з конструкціями, що містять свинець [3].

**Висновки.** Отже, результатом багаторічного складування відходів від виробництва мінеральних добрив на ПАТ «РІВНЕАЗОТ» є утворення техногенних родовищ фосфогіпсу, які становлять 15,2 млн тонн та потребують постійного збільшення відведення територій для зберігання. На основі розглянутих сучасних напрямків використання та переробки техногенних родовищ фосфогіпсу встановлено, що раціональним є добування рідкоземельних елементів (ітрій, лантан, церій, плутоній, торій), а також створення рентгенозахисних конструкцій з композиційних матеріалів на основі фосфогіпсу. Запропонована технологія переробки техногенних родовищ фосфогіпсу з видобуванням рідкоземельних елементів може бути впроваджена і, що важливо, принести очікуваний результат.

#### Список використаних джерел:

1. Жомирук Р. В. Обґрунтування параметрів локалізації забруднення підземних вод у зоні впливу відвалів фосфогіпсу: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Р. В. Жомирук. – Дніпропетровськ, 2006. – 19 с.
2. Голов К. С. Рентгенозахисні властивості гіпсового в'язучого з рідкоземельним наповнювачем / К. С. Голов, Ю. В. Мисовець // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Днепропетровск, 2009. – № 5 (136). – С. 46–51.
3. Голов К. С. Обґрунтування параметрів та ефективності застосування рентгенозахисних конструкцій з композиційних матеріалів на основі фосфогіпсу: автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. С. Голов. – Дніпропетровськ, 2011. – 19 с.
4. Анализ основных направлений утилизации фосфогипса – отхода производства фосфорной кислоты / И. А. Трунова, Р. В. Сидоренко, С. В. Вакал, Э. А. Карпович // Екологічна безпека. – 2010. – № 2. – С. 31–35.
5. Чернышева Р. А. Переработка фосфогипса в высококачественные вяжущие материалы / Р. А. Чернышева // Строительные материалы. – 2008. – № 8. – С. 4–7.
6. Дворкін Л. Й. Способи підвищення міцності низькоклінкерного шлакопортландцементу / Л. Й. Дворкін, А. В. Мироненко, Ю. О. Степасюк // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 138. – С. 141–147.
7. Паламарчук М. М. Географія мінеральних ресурсів Української РСР : підручник / Паламарчук М. М., Горленко І. О., Яснюк Т. С. – К. : Вид-во “Радянська школа”, 1985.
8. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л. Л. Комплексная переработка фосфогипса с извлечением редкоземельных элементов / Л. Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, П. А. Капустенко, Г. Л. Хавин // Интегрированные технологии и энергосбережение. – 2008. – № 2. – С. 73–81.
9. Ольгинский А. Г. Экономически эффективная переработка фосфогипса – отхода производства минеральных удобрений / Ольгинский А. Г., Крайнюк Е. В. // Материалы 1-й Межд. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов», Харьков, 5-6 февраля 2006 г.
10. Патент 200901637 Способ переработки фосфогипса и устройство для его осуществления / В. Э. Ковдренко, Л. П. Малявко, Г. П. Фомченков. Опубл. 28.02.2011.