

**УДК 661.842**

**Маланчук З. Р., д.т.н., професор, Васильчук О. Ю., к.т.н., асистент, Оксенюк Р. Р., студент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: o.y.vasylchuk@nuwm.edu.ua)

### **СУЧАСНІ НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ТЕХНОГЕННИХ РОДОВИЩ ФОСФОГІПСУ**

**Розглянуто проблеми зберігання відходів виробництва мінеральних добрив та подано характеристику техногенного родовища фосфогіпсу. Наведені результати досліджень з використання рідкоземельних елементів, що добуваються в результаті переробки фосфогіпсу.**

***Ключові слова:* апатитова руда, техногенне родовище, фосфогіпс, рідкоземельні елементи, рентгенозахисні конструкції.**

**Виробництво фосфорних добрив та фосфорної кислоти** відбувається на основі мінеральної сировини, а саме фосфоритів та апатитової руди, що імпортується в Україну з-за кордону (Кольський півострів). Після виробництва даного виду добрив утворюється значна кількість відходів фосфогіпсу, які потребують відведення територій сільськогосподарських угідь для їх зберігання. Так, в результаті багаторічного складування фосфогіпсу утворилися техногенні родовища фосфогіпсу, які не отримали подальшого використання та переробки через неоднорідний хімічний та структурний склад [1].

Проблема скорочення обсягів відходів виробництва мінеральних добрив і їх утилізація стоїть дуже гостро на даний момент. Використання та переробка відходів даного виробництва є актуальною науково-прикладною задачею, вирішення якої в значній мірі підвищить екологічну безпеку країни, а також дасть значний економічний ефект. Для вирішення даної задачі, пов'язаної з накопиченням та утилізацією відходів, необхідно провести дослідні роботи, що направлені на оцінку стану галузі та перспектив її розвитку, а також розробити комплекс відповідних заходів.

Особливістю Рівненської області є розміщення на її території «хімічного гіганта» з виробництва мінеральних добрив ПАТ «РІВНЕ-АЗОТ».

За матеріалами Рівненської геологорозвідувальної експедиції в Рівненській області встановлено, що відвали фосфогіпсу ПАТ «РІВНЕАЗОТ», розташовані в Рівненському районі на відстані 1,5 км на північний схід від села Метків, та на відстані 1 км на схід від села Рубче (рис. 1). Стосовно рельєфу місцевості на південь і на захід від об'єкту 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. Відвали займають площу 58 гектарів і загальна їх кількість становить 15,2 млн т [1].

Сучасним розробкам щодо переробки та утилізації фосфогіпсу присвячені роботи багатьох науковців та вчених України і 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].



Рис. 1. Техногенне родовище фосфогіпсу (відходи ПАТ «РІВНЕАЗОТ»)

Для оцінки перспектив переробки фосфогіпсу з техногенних родовищ необхідно встановити його хімічний склад та наявність інших елементів. Залежно від походження апатитових руд хімічний склад фосфогіпсу відрізняється. Так, апатитові руди Кольського півострова містять [7]:  $\text{CaO}$  – 39...40%,  $\text{SO}_3$  – 56...57%,  $\text{P}_2\text{O}_5(\text{зар})$  – 1...1,2%,  $\text{P}_2\text{O}_5(\text{вод})$  – 0,5...0,6%,  $\text{R}_2\text{O}_5$  – 0,5...0,6%, F – 0,3...0,4%,  $\text{H}_2\text{O}$  – 0,7...0,8%.

Дослідження хімічного складу відвалів фосфогіпсу ВАТ «РІВНЕ-АЗОТ» проводилися в Національному університеті водного господарства та природокористування під керівництвом професора Л. Й. Дворкіна. Дані щодо хімічного складу (рис. 2) приведені у багатьох працях, зокрема [6].

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].

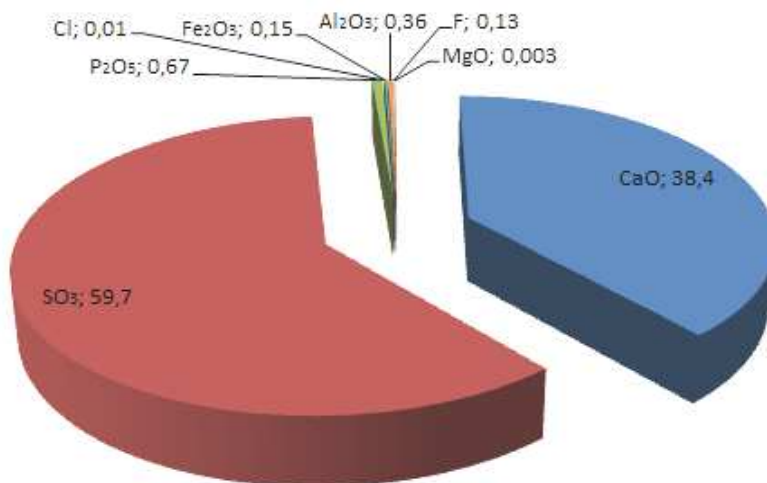


Рис. 2. Хімічний склад відвалів фосфогіпсу ПАТ «РІВНЕАЗОТ»

До основних напрямків використання фосфогіпсу в народному господарстві належать [3; 4]:

- сільське господарство (в якості добрив та для меліорації кислих ґрунтів);
- використання в якості дорожніх покриттів;
- у якості створення рентгенозахисних конструкцій;
- використання в якості мінералізуючих добавок при обпалюванні цементного клінкера;
- використання в якості регулятора термінів затвердіння цементу;
- в цементній промисловості, для виробництва будівельних матеріалів, отримання гіпсов'язучих виробів та отримання гідравлічних добавок;
- в хімічній промисловості (для отримання сірчаної кислоти, сірки, сульфату амонію, цементу чи вапна);

- для виробництва будівельних виробів із використанням непереробленого фосфогіпсу (блоків і панелей – в суміші з летючою золою (з електрофільтрів) і вапном; цеглин – пресуванням фосфогіпсу в суміші з зв'язуючим, отриманим з фосфогіпсу);

- як наповнювач: у виробництві паперу замість каоліну, в лакофарбовій промисловості і виробництві пластмас, скла, нітрату амонію замість традиційних матеріалів (термооброблений фосфогіпс замість сульфату натрію та ін.);

- шахтах вугільної та інших галузей промисловості – для заповнення закріплюючого простору і викладки охоронних смуг;

- добування рідкоземельних елементів.

Зупинимося на основних напрямках.

Так, за дослідженнями Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО та П. А. КАПУСТЕНКА [8] перспективним та економічно вигідним напрямком комплексної переробки фосфогіпсу є добування рідкоземельних елементів через освоєння запасів техногенних родовищ, постійний ріст попиту та вартості на рідкоземельні елементи.

За дослідженнями А. Г. ОЛЬГІНСЬКОГО та Е. В. КРАЙНЮКА в фосфогіпсі у 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 ітрію 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.

Оптична промисловість використовує лантаноїди і їх сполуки. Широко використовують оксид лантану – головний компонент оптичного скла, що підвищує показник заломлення, зменшує розміри фо-

тооб'єктива при тій самій світлосилі і набагато поліпшує якість знімків.

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. При цьому встановлено, що найбільше перевищення рівня захисту персоналу від рентгенівського випромінювання конструкціями з композиційних матеріалів на основі фосфогіпсу над рівнем захисту, регламентованих законом Бугера, досягається при концентрації рідкоземельних елементів у композиційному матеріалі у діапазоні 28–33% від її маси. Також доведено, що ефективність захисту персоналу при використанні конструкцій з композиційного матеріалу на основі фосфогіпсу залежить як від концентрації рідкоземельних елементів у матриці, так і від щільності матеріалу, а це дозволяє підвищити ефективність захисту персоналу у 1,4–1,5 рази у порівнянні з конструкціями, що містять свинець [3].

**Висновки.** Результатом багаторічного складування відходів від виробництва мінеральних добрив на ПАТ «РІВНЕАЗОТ» є утворення техногенних родовищ фосфогіпсу, які становлять 15,2 млн т 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.

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. Дво-

ркін Л. Й. Способи підвищення міцності низькоклінкерного шлакопортланд-цементу / Л. Й. Дворкін, А. В. Мироненко, Ю. О. Степасюк // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2013. – Вип. 138. – С. 141–147. – Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt>.  
7. Паламарчук М. М. Географія мінеральних ресурсів Української РСР [Текст]: підручник / Паламарчук М. М., Горленко І. О., Яснюк Т. Є. – 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. // I Межд. конф. «Сотрудничество для решения проблемы отходов», Харьков, 5–6 февраля 2006 г.

Рецензент: д.т.н., професор Надутий В. П. (НУВГП)

---

**Malanchuk Z. R., Doctor of Engineering, Professor, Vasylchuk O. Y.,  
Candidate of Engineering, Assistant, Okseniuk R. R., Senior Student**  
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne,  
E-mail: o.y.vasylchuk@nuwm.edu.ua)

## **CURRENT TRENDS OF TECHNOGENIC PHOSPHOGYPSUM FIELDS USE AND RECYCLING**

**In this article, the problems of storing of wastes of mineral fertilizers production were analyzed, and characterization of technogenic fields of phosphogypsum was provided. Also results of researching with using of rare earth elements that developed in result of recycling of phosphogypsum. The results of researching of using of rare earth elements that extracted in the result of recycling of phosphogypsum were presented.**

***Keywords:* apatite ore, technogenic field, phosphogypsum, rare earth elements, X-ray protective constructions.**

---

**Маланчук З. Р., д.т.н., профессор, Васильчук А. Ю., к.т.н., ассистент, Оксенюк Р. Р., студент** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

## **СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФОСФОГИПСА**

**Рассмотрены проблемы хранения отходов производства минеральных удобрений и дана характеристика техногенного месторождения фосфогипса. Приведенные результаты исследований по использованию редкоземельных элементов, добываемых в результате переработки фосфогипса.**

***Ключевые слова:* апатитовая руда, техногенное месторождение, фосфогипс, редкоземельные элементы, рентгенозащитные конструкции.**

---