

## **МОНІТОРИНГ СУЧАСНОГО СТАНУ МІЛЯТИНСЬКОГО КАР'ЄРУ ЗЕРНИСТИХ ФОСФОРИТІВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

**Р.М. Шевчук**

*Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України», Київ, Україна, E-mail: Ruslancarse@gmail.com  
Провідний інженер.*

Розглянуті можливості застосування супутникових даних для моніторингу відкритого видобування фосфоритів та стану природовідновлювальних робіт на прикладі Мілятинського кар'єру (Острозький район Рівненської області). В результаті досліджень було виявлено, що видобування зернистих фосфоритів припинилося чотири роки тому, а рекультивация порушених земель досі не проведена, що є порушенням чинного законодавства України.

*Ключові слова:* зернисті фосфорити; дистанційне зондування Землі; відкрите видобування; рекультивация; супутниковий моніторинг.

## **MONITORING OF MYLIATYN GRANULAR PHOSPHORITE QUARRY CURRENT STATE USING REMOTE SENSING DATA**

**R.M. Shevchuk**

*State institution «Scientific centre for aerospace research of the Earth of Institute of Geological Sciences of National Academy of Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine, E-mail: Ruslancarse@gmail.com  
Lead engineer.*

The possibilities of using satellite data for monitoring of open phosphate mining and the state of nature restoration work are considered on the example of the Milatyan quarry (Ostroh district of the Rivne region). As a result of the research, it was discovered that the extraction of granular phosphorites was stopped four years ago, and reclamation of the disturbed lands has not yet been carried out, which is a violation of the current legislation of Ukraine.

*Key words:* granular phosphorite; remote sensing; open mining; reclamation; satellite monitoring.

## **МОНІТОРИНГ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ МИЛЯТИНСКОГО КАРЬЕРА ЗЕРНИСТЫХ ФОСФОРИТОВ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

**Р.Н. Шевчук**

*Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли Института геологических наук Национальной академии наук Украины», Киев, Украина, E-mail: Ruslancarse@gmail.com  
Ведущий инженер.*

Рассмотрены возможности применения спутниковых данных для мониторинга открытой добычи фосфоритов и состояния природовосстановительных работ на примере Милятинского карьера (Острожский район Ривненской области). Результаты исследований показали, что добыча зернистых фосфоритов прекратилась четыре года назад, а рекультивация нарушенных земель до сих пор не проведена, что является нарушением действующего законодательства Украины.

*Ключевые слова:* зернистые фосфориты; дистанционное зондирование Земли; открытая добыча; рекультивация; спутниковый мониторинг.

## Вступ

Одним із найважливіших факторів, що впливає на економічний розвиток України, є її мінерально-сировинний потенціал. Від ступеня забезпечення мінеральними ресурсами часто залежать рівень розвитку та особливості розміщення продуктивних сил. Видобування корисних копалин сприяє розвитку інфраструктури, створенню нових робочих місць, надходженню коштів у бюджет держави з податкових зборів та рентної плати.

Проте існують і негативні аспекти ведення цієї діяльності. Так, для проведення гірничих робіт відводяться значні площі земель, які до того часу використовувалися для потреб інших прибуткових галузей народного господарства, приміром лісового чи сільського. Крім того, видобування корисних копалин призводить до ряду небажаних екологічних наслідків, таких як порушення гідрологічного режиму водойм на прилеглих територіях, посилення водної та вітрової ерозії, пилове забруднення повітря, зниження родючості ґрунтів поблизу кар'єрів та хвостосховищ. Відтак, гостро постає проблема раціонального користування надрами, яке, з одного боку, забезпечило б сталий економічний розвиток країни, а з іншого – дозволило б мінімізувати вплив господарської діяльності на природні геосистеми.

Для досягнення цього держава покладає на надрокористувачів ряд зобов'язань, серед яких, зокрема, проведення гірничотехнічної рекультивациї, охорона надр та цільове використання ділянки, на яку наданий спецдозвіл. Але оскільки не всі гірничодобувні підприємства належно виконують покладені на них обов'язки, то виникає необхідність в здійсненні контролю за їх діяльністю.

Ефективне вирішення цього завдання можливе завдяки застосуванню даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що дозволяє оперативно та з високою достовірністю виявляти ряд порушень. Сьогодні це є дуже актуальним для України.

## Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання застосування даних ДЗЗ для вирішення завдань моніторингу територій відкритого видобування корисних копалин висвітлені в працях багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. Прикладами є дослідження фахівців з Італії (М. Фоккетта та ін.), В'єтнаму (Тран Анх Ту та ін.),

Індії (М. Суреш), Індонезії (А. Сакті), ПАР (К. Коруян та ін.), Польщі (Я. Вайс) та ін. Лідруючі позиції в цьому напрямі займають китайські (Донг Ксяо, Фейфей Ксу та ін.) та російські (І.В. Зеньков та ін.) науковці. Серед вітчизняних фахівців найбільш відомі праці В. Є. Філіповича, в яких розглядаються можливості супутникового моніторингу нелегального видобування бурштину.

Проте, незважаючи на велику кількість досліджень попередників, підходи до супутникового моніторингу не є універсальними для всіх видів корисних копалин, що зумовлено умовами залягання порід, способом видобування та метою моніторингу.

Метою даної роботи є контроль дотримання вимог українського законодавства про надрокористування на основі супутникового моніторингу гірничодобувної діяльності на Милятинському кар'єрі зернистих фосфоритів.

## Методика дослідження та вихідні матеріали

В основу методики моніторингу покладено візуальне дешифрування різночасових супутникових зображень високого розрізнення, що надаються сервісом Google maps (<http://google.com/maps>). Необхідність застосування знімків високого розрізнення зумовлена невеликою площею кар'єру (5 га), проте більшість таких знімків є комерційними, що робить моніторинг фінансово затратним. Основним недоліком використання безкоштовних даних сервісу Google maps є низька періодичність їх оновлення (раз на два роки). Тому методика також включає дешифрування знімків середнього розрізнення, а саме даних багатоспектральної зйомки Sentinel-2. Вони безкоштовно надаються Європейським космічним агентством та доступні для завантаження на офіційному сайті (<https://scihub.copernicus.eu/>). Кінцевим етапом дослідження є наземні спостереження, які проводяться з метою верифікації отриманих результатів

Завантаження знімків сервісу Google maps здійснюється у програмному продукті Google Earth PRO, обробка даних Sentinel виконується в програмі ESA/SNAP, а геокодування знімків, векторизація даних та підрахунок площ – у програмі Quantum GIS. Слід зауважити, що всі використані програмні продукти розповсюджуються у вільному доступі та не потребують ліцензування.

## Результати дослідження

Територія проведення дослідження знаходиться в межах Острозького району Рівненської області, на південний схід від с. Михалківці (рис. 1). Спецдозвіл на розробку родовища за даними ДНВП «Геоінформ України» (<http://geo-inf.kiev.ua/>) було отримано у 2000 р. на термін до 30 років. Аналіз супутникових знімків, наданих сервісом Google maps, показує, що станом на 2002 р. розробка Милятинського родовища зернистих фосфоритів уже розпочалася. Було знято верхній ґрунтовий шар і складовано в бурти з південної та північно-східної частин кар'єру (рис. 2).

Формування буртів проводиться з метою збереження ґрунту для подальшого нанесення на порушені землі і є одним з етапів гірничотехнічної рекультивациі [ГОСТ 17.4.3.02-85..., 1985; ГОСТ 17.5.3.04-835302-85..., 1983]. Про початок розробки родовища свідчить і наявність водойми в північній частині кар'єру, утвореного внаслідок порушення водного горизонту, та відвали піску поряд з нею. Відтак, результати візуального дешифрування знімків показують, що станом на 2002 р. проведення гірничих робіт здійснювалося відповідно до вимог чинного законодавства. Так, Кодекс України «Про надра»

вимагає розпочати користування надрами протягом двох років з моменту отримання спецдозволу, зокрема у ст. 26 вказано: «Право користування надрами припиняється, якщо користувач без поважних причин протягом двох років, а для нафтогазоперспективних площ та родовищ нафти та газу – 180 календарних днів не приступив до користування надрами» [Кодекс ..., 1994]. Також у ст. 52 Закону України «Про охорону земель» зазначається: «При проведенні гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт, пов'язаних з порушенням ґрунтового покриву, відокремлена ґрунтова маса підлягає зняттю, складуванню, збереженню та перенесенню на порушені або малопродуктивні земельні ділянки відповідно до робочих проектів землеустрою» [Закон..., 2003].

Подальший аналіз супутникових знімків показує, що у 2007 р. водойма в північній частині кар'єру була засипана, а площа порушених земель зросла з 7,56 до 9,52 га; було знято шар ґрунту зі східної частини кар'єру. Найінтенсивніша розробка родовища припадає на 2011 р., про що свідчить зростання площі піщаних відвалів та об'єму буртів знятого ґрунту; загальна площа порушених земель досягла 16,4 га. Станом на 2014 р. західна частина кар'єру уже була

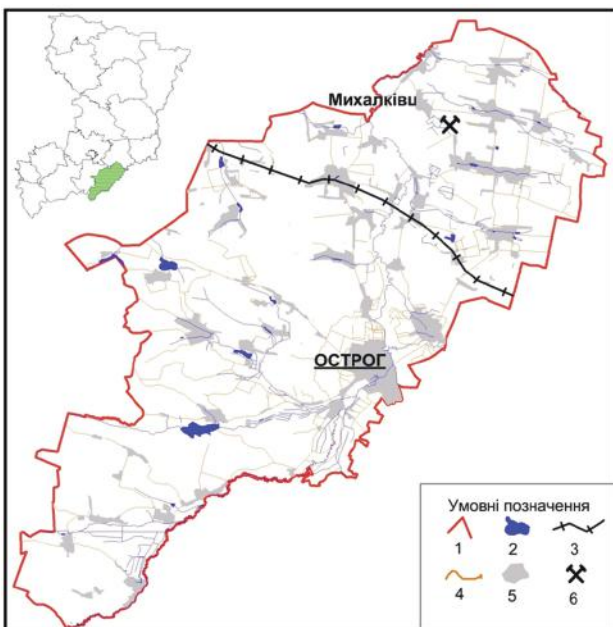


Рис. 1. Карта території проведення досліджень

1 – адміністративні межі Острозького району; 2 – водойми; 3 – залізничні шляхи; 4 – автомобільні шляхи; 5 – населені пункти; 6 – місце розташування кар'єру

Fig. 1. Map of study site

Legend: 1 – administrative borders of Ostroh district; 2 – water; 3 – railways; 4 – roads; 5 – settlements; 6 – quarry site



Рис. 2. Стан розробки кар'єру у 2002 р.

1 – відвали ґрунту; 2 – відвали кварцового піску

Fig. 2. Quarry configuration in 2002

Legend: 1 – storage clamp of soil; 2 – sand dumps



рекультивована надкористувачем (рис. 3). Проте з 2014 по 2016 р. гірничі роботи не проводилися взагалі. Не змінилася конфігурація затопленої частини кар'єру, піщаних та ґрунтових

відвалів. Розпочався процес самовідновлення ландшафту, що особливо проявляється в заростанні рослинністю западин між піщаними відвалами (рис. 4).



**Рис. 3.** Динаміка зміни площі Милятинського кар'єру зернистих фосфоритів

**Fig. 3.** Area change dynamics of Myliatyn quarry

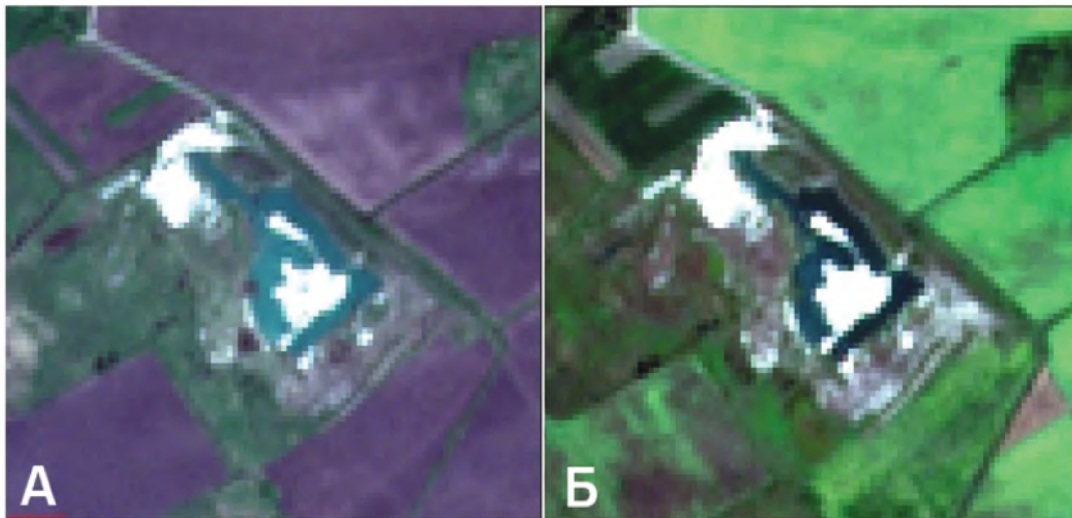


**Рис. 4.** Стан розробки кар'єру в 2016 р.

**Fig. 4.** Quarry configuration in 2016

Остання дата оновлення знімків сервісом Google maps на досліджувану територію припадає на 1 вересня 2016 р. Відтак, для подальшого моніторингу було використано дані супутникової зйомки Sentinel-2. Попри відносно низьку розрізненість (10 м на піксель), вони дозволяють дешифрувати піщані відвали та контури кар'єру. Аналіз цих даних показує, що форма відвалів та затопленої частини кар'єру не змінилася. А отже, розробка припинилася ще у 2014 р. (рис. 5), що згідно зі ст. 26 Кодексу України «Про надра» може бути підставою для припинення дії спецдозволу [Кодекс..., 1994]. Зміни площі та форми

кар'єру є основними ознаками, які вказують на його розробку, оскільки потужність сеноманського ярусу, в якому знаходяться конкреції фосфоритів, не перевищує 2 м [Мар'яш, Курепа, 2011]. В основу аналізу знімків Sentinel-2 покладено візуальне дешифрування, оскільки інші методи обробки, як приміром, класифікація, розрахунок спектральних індексів чи розподілу температури земної поверхні для ділянки такого розміру, дають гірші результати. Наприклад, вегетаційний індекс NDVI дозволяє чітко виділити межі водойми та зволжених відвалів, проте сухі відвали не дешифруються (рис. 6).

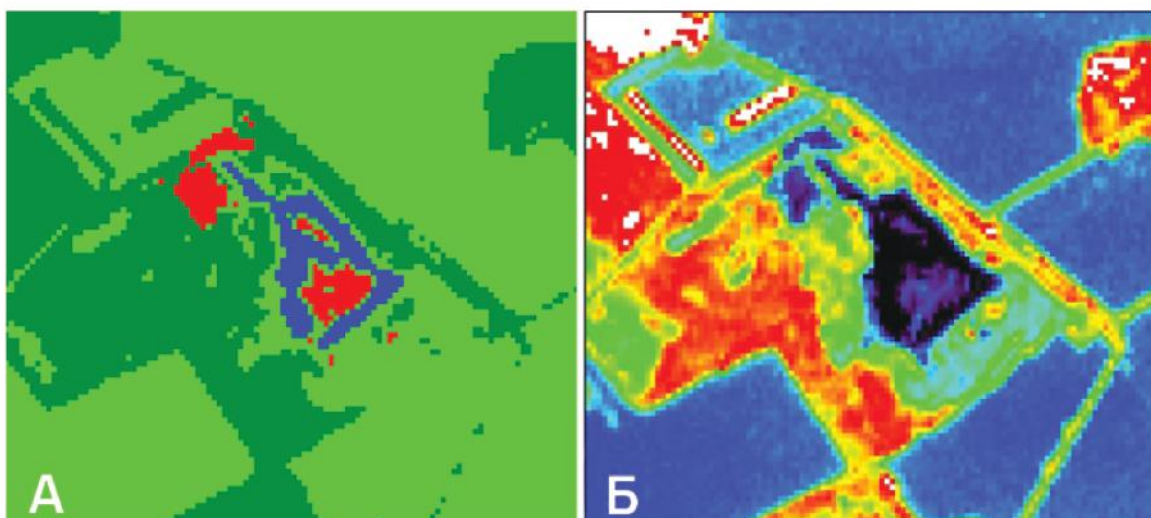


**Рис. 5.** Стан розробки кар'єру у 2018 р. (дані супутникової зйомки Sentinel-2):

А – станом на 4 травня 2018 р.; Б – станом на 12 серпня 2018 р.

**Fig. 5.** Quarry configuration in 2018 (Sentinel-2 satellite data):

А – May 4, 2018; Б – August 12, 2018



**Рис. 6.** Результати обробки знімка Sentinel-2:

А – класифікація за методом опорних векторів; Б – розподіл вегетаційного індексу NDVI

**Fig. 6.** Results of Sentinel-2 image data processing:

А – support vector machine classification; Б – vegetation index (NDVI) distribution



Польові наземні спостереження підтвердили достовірність отриманих результатів: кар'єр не розробляється, а рекультивация порушених земель не проводиться (рис. 7).

### Висновки

Застосування даних ДЗЗ дозволяє оперативно здійснювати багаторічний моніторинг стану проведення відкритих гірничих робіт на конкретній ділянці. У процесі досліджень було виявлено, що з 2000 по 2014 р. розробка Милятинського родо-

вища зернистих фосфоритів виконувалася відповідно до усіх вимог українського законодавства. Але з 2014 р. вона припинилася, а природовідновлювальні (рекультиваційні) роботи на порушених землях не проводяться уже чотири роки, що може бути підставою для припинення дії спецдозволу. Використана в роботі методика базується на застосуванні вільно розповсюдженого програмного забезпечення та доступних супутникових даних. Вона може бути використана в роботі державних екологічних організацій.



**Рис. 7.** Нерекультивовані відвали пустих порід на Милятинському кар'єрі зернистих фосфоритів станом на 3 вересня 2018 р.

**Fig. 7.** Unreclaimed barren rocks on Myliatyn granule phosphorite quarry as at September 3, 2018

### Список літератури

*ГОСТ* 17.5.3.04-835302-85 от 30.04.1983 № 1521. Охрана природы земли. Общие требования к рекультивации земель. Москва, 1983. 8 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1521400-83>. (Дата звернення: 22.10.2018).

*ГОСТ* 17.4.3.02-85 от 05.05.1985 № 1294. Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ. Москва, 1985. 3 с. URL: <http://vsegost.com/Catalog/29/29224.shtml>. (Дата звернення: 22.10.2018).

*Закон* України «Про охорону земель» від 19.06.2003 № 962-IV. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15>. (Дата звернення: 22.10.2018).

*Кодекс* України «Про надра» від 27.07.1994 № 132/94-ВР. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80>. (Дата звернення: 22.10.2018).

*Мар'яш І., Курена Я.* Знахідки акантоцератид з сеноманських відкладів Волині. *Палеонтол. зб.* 2011. № 43. С. 56–64.

### References

*GOST* 17.5.3.04-835302-85 since 30.04.1983 № 1521. Nature protection. Lands. Reclamation general requirements. Moscow, 1983, 8 p. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1521400-83> (in Russian).

*GOST* 17.4.3.02-85 since 05.05.1985. Nature protection. Soils. Requirement for fertile layer conservation in performing earth moving. Moscow, 1985, 3 p. Retrieved from: <http://vsegost.com/Catalog/29/29224.shtml> (in Russian).

*Maryash I., Kurena Y.* 2011. Acanthoceratids finds from Cenomanian of Volyn. *Paleontologichnyy Zbirnyk*, № 43, p. 56–64 (in Ukrainian).

*The Law* of Ukraine on Land protection. Date of Entry into Force July 19, 2003 № 962-IV. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (in Ukrainian).

*The Code* of Ukraine on Bowels. Date of Entry into Force: August 31, 1994 № 132/94-ВР. Retrieved from: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-%D0%B2%D1%80> (in Ukrainian).

Стаття надійшла 02.11.2018