

# Перспективи освоєння магматичних родовищ апатиту в Україні



**Олександр Дубина**

канд. геол. наук,  
наук. співр. Інституту  
геохімії, мінералогії та  
рудотворення ім. М.П. Семененка  
НАН України,  
м. Київ

**Ф**осфор за поширеністю в літосфері Землі займає одинадцяте місце, але його значення для людства важко переоцінити, оскільки фосфор є основною поживною речовиною для всіх живих форм і ключовим елементом у багатьох фізіологічних і біохімічних процесах. Без цього елемента неможливий успішний і повноцінний розвиток людської цивілізації та її функціонування, особливо за сучасних темпів її зростання (за останні 150 років населення збільшилося у 6 разів). Переважна більшість (майже 80%) усіх фосфатів використовується для виробництва мінеральних добрив, 12% — міючих засобів, 5% — корм для тварин і 3% — металургії та для інших цілей. Значні обсяги випуску сільськогосподарської продукції та інтенсивний розвиток тваринництва неможливі без щорічного внесення комплексних мінеральних добрив і особливо фосфатних. Ці фактори і зумовлюють постійне збільшення попиту на фосфатні добрива.

Ще в 1955 році світовий видобуток фосфатів становив менше 10 млн. тонн, а вже в 2005 році цей показник становив близько 55 млн. тонн  $P_2O_5$ , при цьому щорічно переробляється приблизно 140-165 млн. тонн концентратів (рис. 1). Попит на фосфор буде зростати і надалі. За нинішніми прогнозами, вже до 2050 року світовий попит на фосфати збільшиться на 50-100% [1].

Високі темпи видобутку фосфатних руд у наш час і в майбутньому, очевидно, призведуть до скорочення запасів наявних родовищ та викличуть необхідність розвідки і розробки нових. Якщо врахувати сучасні темпи видобутку фосфатних руд на сучасному рівні (160 млн. тонн на рік) і світову тенденцію до збільшення їх використання (від 2 до 2,8% щорічно), то наявних світових запасів вистачить на 50-100 років. Водночас, слід згадати, що родовища фосфору (як і нафти) є невідновними. З кожним роком запаси розвіданих родовищ фосфатів з високою якістю руд будуть скорочуватися, а розробка менш кондиційних руд викличе збільшення витрат на їх видобування. На думку експертів, вже в найближчі 10 років слід очікувати поступове зростання цін як на фосфатну руду, так і на сільськогосподарську продукцію. За останні роки ціна на фосфоритовий і апатитовий концентрат постійно зростає. Найістотніше стрибкоподібне здорожчання їх можна було спостерігати наприкінці 2008 і на початку 2009 років. Тоді, наприклад, вартість однієї тонни хібінського концентрату досягала \$400, а ціни на фосфорити з Марокко (світового лідера з випуску фосфоритових концентратів) коливалися в межах \$400-460 [1]. Таке здорожчання сировини зумовило і ріст світових цін на фосфорні добрива та кислоту (рис. 2).

Хоча родовища фосфатів відомі майже в 40 країнах, значну їх частину

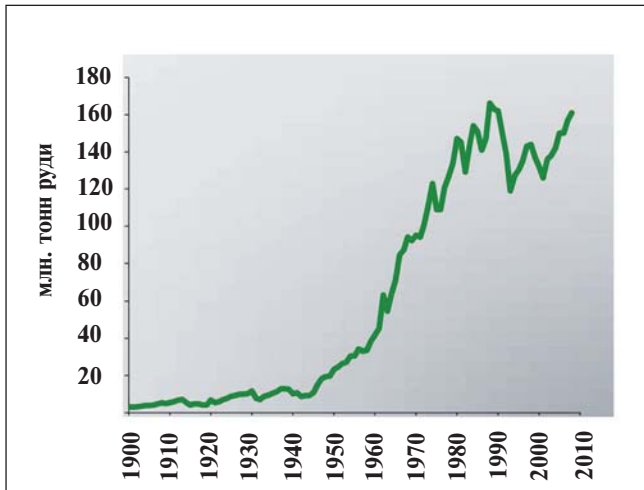


Рис. 1 (зліва). Світова тенденція використання фосфатної сировини.

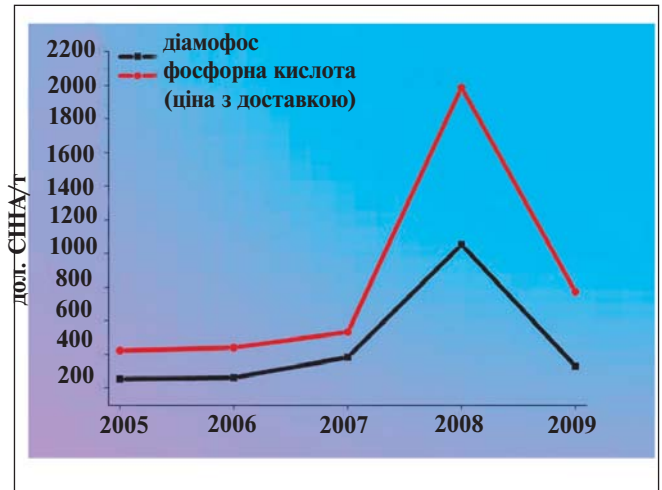


Рис. 2 (справа). Динаміка середньорічних цін на деякі фосфатні добрива і сполуки

(близько 80%) контролює лише декілька країн (Марокко, Китай, США, ПАР). Тому торгівля фосфатами є предметом міжнародного політичного впливу. Скажімо, Марокко має монополію над родовищами Західної Сахари, Китай значно підвищив експортне мито для задоволення внутрішніх потреб, а в США розвіданих запасів вистачить ще на 30 років. Тоді як Індія та Західна Європа повністю залежать від імпорту (рис. 3).

Основні запаси фосфору пов'язані з двома головними генетичними типами родовищ: 1) магматичними і 2) седиментаційними, на які припадає близько 85% і 15% світових запасів відповідно. Ці типи родовищ відрізняються не лише за своїм генезисом, а й за геологічними умовами залягання, текстурними, мінеральними і хімічними характеристиками. Близько 87% світового видобутку фосфатів припадає на седиментаційні родовища. Корінні родовища апатиту пов'язані головним чином з магматичними породами різних формаційних типів, серед яких головна роль належить габроанортозитовим і карбонатитовим комплексам [2].

Наявні в Україні родовища багатьох видів корисних копалин дозволяють повністю забезпечити потреби власної промисловості в окремих видах мінеральної сировини без її імпорту. Але Україна — як найбагатша країна на чорноземі і найбільш розорана країна в Європі — потребує постійного внесення в ґрунти комплексних збалансованих фосфатно-азотно-калійних добрив для підтримки їхньої родючості. Якщо для виробництва калійних добрив є необхідні ресурси і розробляються родовища, то хімічні заводи і комбінати з випуску фосфатних добрив працюють винятково на імпортованій сировині. За колишнього СРСР виробничі потужності українсь-

ких заводів з випуску фосфатних добрив становили 1,85 млн. тонн  $P_2O_5$  на рік [3]. У технологічному плані основна частина українських підприємств з виробництва фосфатних добрив була орієнтована на апатитовий концентрат, основним постачальником якого до України є ВАТ "Апатит" (Росія). Імпорт фосфоритових концентратів з Північної Африки та Близького Сходу наштовхується на низку труднощів, пов'язаних зі складнішою технологією їхньої переробки та зміною технологічних схем переробки сировини на наявних підприємствах. Крім того, в останніх переважають фосфорити з підвищеним вмістом кадмію, урану, торію та інших шкідливих компонентів, неконтрольоване внесення яких призведе до екологічної катастрофи. Тільки вилучення кадмію може збільшити ціну кінцевого продукту на 2-10%.

На сьогодні виробляють власні фосфорні добрива в Україні лише два підприємства — ВО "Титан" (амофос) і Сумський "Хімпром" (гранульований суперфосфат). Потужності цих підприємств, звичайно, не можуть задовольнити внутрішні потреби у фосфатних добривах. На що вказує і 7,5 млрд. гривень, витрачених на імпортовані мінеральні та хімічні добрива у першому кварталі 2010 року (на 20% більше, ніж за аналогічний період минулого року).

Складається цікава ситуація, коли одна з найбільших країн Європи зі значними площами чорнозему і розвиненим сільським господарством, за щорічної потреби (за різними даними) в 0,7-1,7 млн. тонн  $P_2O_5$ , повинна імпортувати апатитовий концентрат, фосфорити і фосфатні добрива, володіючи цілою низкою розвіданих і підготовлених до експлуатації фосфоритових і комплексних апатитових родо-

вищ, жодне з яких не розробляється. За такої економічної ситуації доцільно було б розробляти власні родовища та розвивати свою гірничо-видобувну та збагачувальну промисловість, особливо якщо враховувати сучасні ціни на імпортований до України апатитовий концентрат — 115\$/т (без врахування витрат на доставку) в 2010 році й, особливо, темпи їх зростання (рис. 4).

За різними оцінками, запаси апатиту в Україні становлять близько 400 млн. тонн  $P_2O_5$ , а запаси лише семи родовищ фосфоритів (які перебувають на рахунку Державного балансу) — близько 90 млн. тонн  $P_2O_5$  [4].

Особливо перспективними для розробки є магматичні родовища апатиту України. Перевага розробки цих родовищ, порівняно з фосфоритами, полягає передусім у комплексному характері їх зруденіння (apatит-ільменітове, апатит-титаномагнетит-ільменітове, апатит-рідкіснометалеве). Під час експлуатації цих родовищ апатит можна вилучати як супутній компонент з отриманням ільменітового, титаномагнетитового та концентратів мінералів рідкісних та рідкісноземельних елементів. Крім того, в процесі переробки таких комплексних руд можна отримувати значні обсяги польовошпатових (слід зауважити, що близько 100 тис. тонн польовошпатових концентратів щорічно імпортується в Україну), піроксенових, олівінових, слюдяних та інших концентратів, що зробить рентабельнішим розробку цих родовищ. Ще одним чинником, через який варто орієнтуватися на розробку корінних родовищ апатиту є те, що фосфоритові родовища осадового походження займають значні площі (у вигляді загалом малопотужних шарів), що потребує значних затрат на рекультивацию розроблених ділянок. А корінні родовища апатиту займають ло-

кальні ділянки, а розробка їх ведеться вглиб.

Усі відомі родовища і рудопрояви апатиту містяться в межах Українсько-го щита (УЩ) (рис. 5). За набором головних рудних мінералів виділяють такі типи руд:

**1. Апатит-ільменітові й апатит-титаномагнетит-ільменітовий**, відомі в родовищах Коростенського і Корсунь-Новомиргородського аортозит-рапаківігранітних плутонів. В межах Коростенського плутону локалізовано низку таких родовищ і рудопроявів, найвідомішими серед яких є Стремигородське, Федорівське і Торчинське (перебувають на Державному балансі запасів корисних копалин України). Крім того, відома і низка перспективних рудопроявів (Кропивненське, Паромівське, Граби-Меленівське, Пенізевицьке, Видиборське). Серед згаданих родовищ найбільші запаси  $P_2O_5$  встановлено в Паромівському і Стремигородському, де прогнозні ресурси становлять 60 і 31 млн. тонн  $P_2O_5$  відповідно, а сумарні запаси та ресурси  $P_2O_5$ , пов'язані з родовищами та рудопроявами апатит-ільменітових і апатит-титаномагнетит-ільменітових руд Коростенського плутону становлять 258 млн. тонн, за даними [4].

Головними рудними мінералами родовищ і рудопроявів цього типу, звичайно, є ільменіт і титаномагнетит, але під час вилучення останніх можна отримувати й апатитовий концентрат. Чинні схеми технологічної переробки комплексних апатит-титаномагнетит-ільменітових руд передбачають вилучення апатиту у концентрат, що містить 37-39%  $P_2O_5$  і відповідає апатитовим концентратам, які використовуються для виробництва фосфатних

добрих. Апатитові концентрати цих родовищ, замість хібінських, можна переробляти на діючих потужностях без зміни технологічного процесу для отримання подвійного суперфосфату, фосфорної кислоти, концентрованих фосфатних та складних добрив. Розробка тільки Федорівського родовища дозволить щорічно вилучати 150-400 тис. тонн апатитового концентрату, а Стремигородського — ще 600 тис. тонн.

В межах Корсунь-Новомиргородського плутону відоме лише одне апатит-ільменітове родовище — Носачівське, розташоване в його центральній частині плутону [5]. Носачівське родовище за мінеральним складом має найбільшу подібність з відомим ільменітовим (без магнетиту або з його незначним вмістом) родовищем Телнес у Норвегії (пров. Рогаланд), а також із рудопроявами Пенізевичі та Граби-Меленівське в Коростенському плутоні. За технологічними властивостями руди Носачівського родовища аналогічні до добре вивчених руд Стремигородського і Федорівського родовищ, але при цьому є більш високотехнологічними і легкозбагачуваними і можуть перероблятися на базі технологій, прийнятих для цих двох родовищ, але з меншою кількістю операцій. За хімічним складом отриманий апатитовий концентрат є багатою фосфатною сировиною і за всіма показниками задовольняє всім вимогам Європейської економічної асоціації щодо отримання на його основі фосфатних добрив. Крім того, в процесі експлуатації Носачівського родовища в технологічній схемі обробки руди, крім одержання ільменітового й апатитового товарних концентратів заплановано попутне вилучення олівін-піроксенового і пла-

гіоклазового продуктів (останній є цінною попутною сировиною для подальшого його використання в керамічній галузі).

Як зазначалося вище, розробка жодного зі згаданих родовищ не ведеться, хоча на освоєння Федорівського родовища була видана ліцензія ЗАТ "Титано-апатитова компанія", а в 2003 році ТОВ "ТіоФаб, ЛТД" отримана ліцензія на розробку Носачівського родовища. Подібні апатит-ільменіт-титаномагнетитові руди відомі також і в масивах габро-сієнітової формації — Давидківський (північно-східна окраїна Коростенського плутону) і Південно-Кальчицький (Приазов'я) масиви. З останнім масивом пов'язане Володарське родовище в цілому бідних комплексних апатит-титаномагнетит-ільменітових руд із вмістом апатиту 5-9%, ільменіту — 6-10% і титаномагнетиту — 5-7%. З технологічних проб рудоносних порід масиву отримані апатитовий, ільменітовий і титаномагнетитовий продукти. Вміст  $P_2O_5$  в апатитовому концентраті становить 37,6-39,1% і за всіма компонентами задовольняє вимогам кондицій.

Розробка таких родовищ ведеться в Китаї, Швеції, подібні родовища також відомі й у Росії, Ефіопії, Індії [6].

**2. Апатит-рідкісметалеві тип руд.** Апатитові родовища та рудопрояви відомі в межах лужно-ультраосновних та карбонатитових комплексів і набувають сьогодні першочергового значення як джерело фосфатної сировини. Прикладом таких родовищ може слугувати ціла низка унікальних апатитових родовищ Росії (Хібінський, Ковдорський та ін. масиви). Цілий ряд родовищ багатих апатитових і апатит-рідкісметалевих руд (Каргіл, Мартісон, Немеґос, Ока та ін.) відомі також

Рис.3. Щорічний імпорт фосфатної сировини до країн Західної Європи (на 2008 р.)

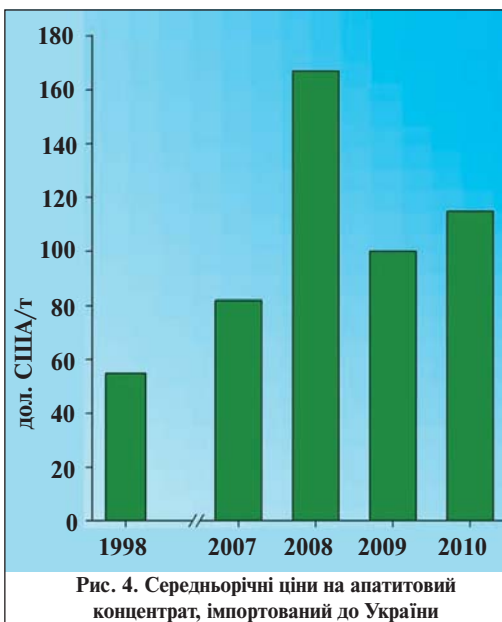
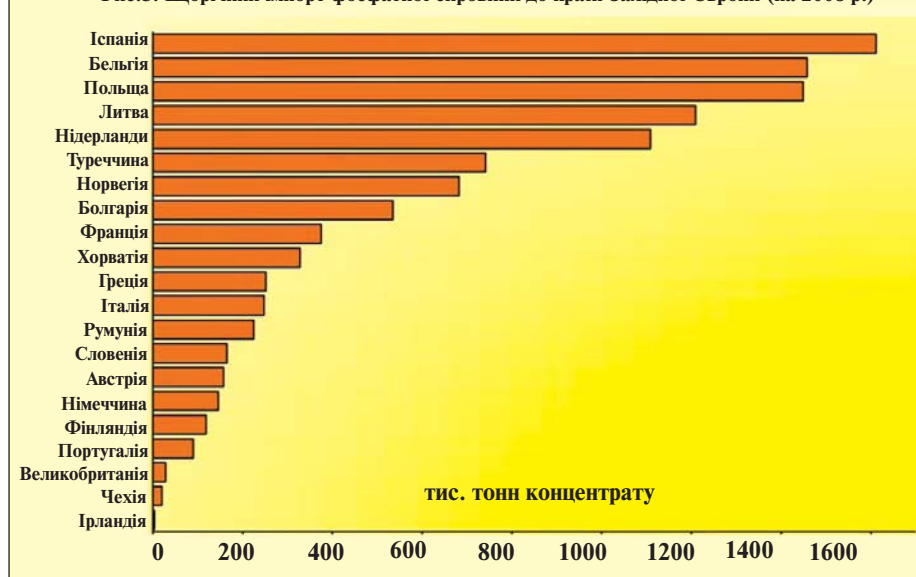


Рис. 4. Середньорічні ціни на апатитовий концентрат, імпортований до України



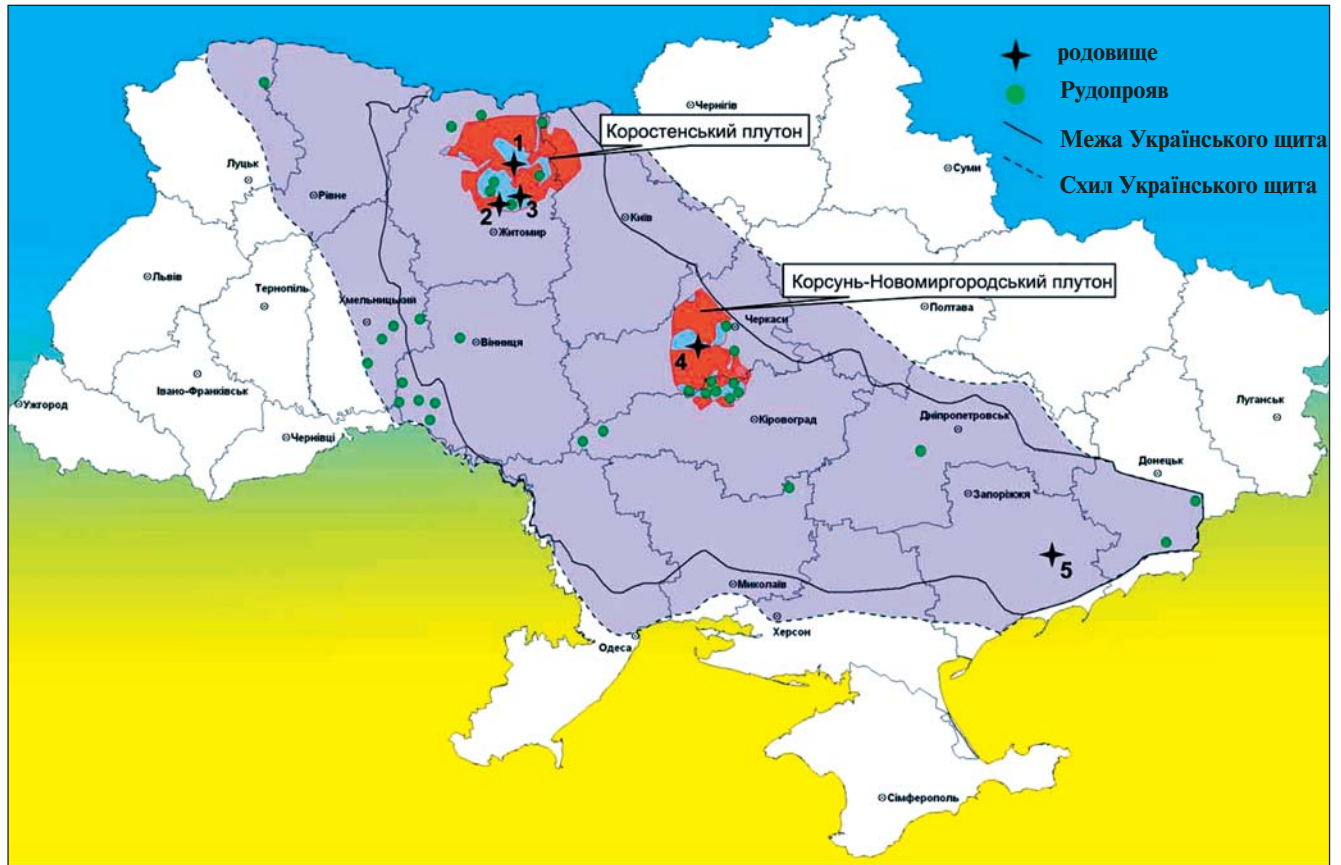


Рис. 5. Комплексні родовища і рудопрояви апатиту в межах Українського щита та його схилу. Родовища: 1 — Стремигородське, 2 — Федорівське, 3 — Торчинське, 4 — Носачівське, 5 — Новоуполтавське (Чернігівське).

в лужно-ультраосновних і карбонатитових комплексах Канади, загальні запаси яких оцінено у понад 500 млн. тонн  $P_2O_5$  [6].

На сьогодні є успішним є досвід отримання фосфатної сировини в багатьох країнах майже повністю за рахунок родовищ із лужно-ультраосновних комплексів (ПАР, Бразилія). Досвід освоєння родовища Палабора в Південній Африці свідчить про те, що за достатньо низького вмісту фосфору, але великих масштабах виробництва і комплексному використанню його компонентів, забезпечуються висока ефективність розробки таких родовищ. Так, в Бразилії (родовище Якупіранга) експлуатують карбонатити із вмістом 4,5%  $P_2O_5$ . Видобуток апатиту з карбонатитів ведеться у Фінляндії (р-ще Сіліньярві) зі щорічним видобуванням 850 тис. тонн апатитового концентрату [1, 6, 7].

В Україні відоме лише одне родовище такого типу — Новоуполтавське (Чернігівське) в Запорізькій обл., розташоване в межах Чернігівського карбонатитового масиву. Серед карбонатитів порід цього масиву найбільше апатиту сконцентровано у фоскоритах (до 28,56%  $P_2O_5$ ). Підвищені концентрації  $P_2O_5$  відмічаються в

рингітах (до 16,1%) та бейфорситах (до 10,9%) цього масиву. Підвищені концентрації  $P_2O_5$  (до 11,8%) спостерігають і в силікатних породах масиву. Крім апатиту, в карбонатитах масиву наявні мінерали рідкісних металів (пірохлор, гатчетоліт, колумбіт, церієвий фергусоніт, монацит, баделейт, циркон, молибденіт та інші).

Розробка тільки одного Чернігівського родовища могла б повністю забезпечити Україну на найближчі 25-50 років апатитом і такими рідкісними металами, як Nb, Ta, Ce, La, Nd, Sr та інші. Концентрація останніх в рідкісноземельних апатитах цього родовища може досягати 11%  $TR_2O_3$ . Крім того, з апатиту цього родовища можна також попутно вилучати фтор, що має підвищений вміст у цьому мінералі (до 3,3% F). В процесі збагачення руд можна отримувати апатитовий концентрат, що містить 37%  $P_2O_5$ , а також 1,45% рідкісноземельних елементів, що значно підвищує рентабельність розробки цього родовища. Вилучення тільки рідкісних земель з апатиту цього родовища може повністю відшкодувати затрати на експлуатацію цього родовища. Запаси руди становлять 791 млн. тонн із середнім вмістом  $P_2O_5$  5,2% (запаси  $P_2O_5$  — 73,5 млн. тонн,

$Nb_2O_5$ , 50-100 тис. тонн.) [3], що забезпечить роботу рудників упродовж 60 років.

**3. Апатитові руди метагабродів.** Апатитове зруденіння локалізоване в метагабродіах, розташованих як правило, серед гранітоїдів у вигляді останців. Максимальний вміст  $P_2O_5$  в них часто обмежений на рівні 6-8%, частіше менше 4%, але така бідність руд добре компенсується простою технологією їх збагачення, оскільки інші рудні мінерали містяться в акцесорних кількостях [8]. Прикладом таких родовищ може бути Ошурківське, Ханінська група родовищ (Укдуський, Юс-Куель, Кабаханир). Родовища (Макклеланд, Скот, Рейнвіль, Хай Фолс, Блекбурн) такого типу розробляються в провінції Квебек, Канада [2, 6].

Такий тип родовищ є новим для України. На сьогодні до такого типу руд можна віднести апатитоносні метагабродіи Голосківського родовища (Вінницька обл.), в яких відмічається 5-6%  $P_2O_5$  (інколи до 11%) [9]. Запаси Голосківського родовища становлять близько 1 млн. тонн  $P_2O_5$ .

До такого типу родовищ, можливо, належить і Тропівський рудопрояв, утворений габродіама і кристалосланцями, в яких фіксується від 1,0 до

4,24%  $P_2O_5$ . Прогнозні ресурси цього рудопрояву апатиту становлять близько 20 млн. тонн  $P_2O_5$ .

Окрім згаданих вище магматичних родовищ апатиту, на УЩ відома ще ціла низка невеликих рудопроявів (рис. 5), які потребують подальшого геологічного дослідження та з'ясування генезису зруденіння для визначення їхньої перспективності. Серед таких рудопроявів слід згадати метаморфізовані фосфорити Завалівської структури, Троянський, Лукашівський і Казанківський рудопрояви. Найчастіше розсіяний в цих породах апатит утворює сегрегації чи мономінеральні прожилки і міститься як в акцесорних, так і породотвірних кількостях. Наприклад, в апатит-піроксеновій породі із Завалівського рудопрояву фіксується до 40-45% апатиту.

В південно-західній частині УЩ рудопрояви апатиту відомі на контакті інтрузивних і вміщувальних порід і розташовані переважно в зонах лужного метасоматозу регіональних розломів або інтенсивного катаклазу. Такі рудопрояви асоціюють із системами розривних порушень навколо Корсунь-Новомиргородського плутону, де відомі рудопрояви апатиту в натрієвих метасоматитах, представлені сієнітоподібними, альбітизованими породами (Тимошівський, Вербківський та інші рудопрояви). Вміст  $P_2O_5$  в таких апатитоносних породах змінюється в широких межах від 1,20 до 11,20%. Ціла низка рудопроявів апатиту в метасоматичних породах відома на південно-західному схилі УЩ (Хмельницька і Вінницька області). Підвищені концентрації апатиту пов'язані з альбітолігноклазовими, ортоклаз-олігноклазовими метасоматитами, зонами калішпатизації і окварцювання меланократових різновидів метасоматитів. Вміст апатиту може коливатися від 2 до 35%.

Економічна доцільність розробки власних апатитових родовищ. У зв'язку з тим, що жодне апатитове родовище в Україні не розробляється, весь апатитовий концентрат, необхідний для успішної роботи підприємств з

виробництва фосфатних добрив, імпортується з Росії. На сьогодні обсяги імпорту концентратів в Україну є незначними, оскільки імпортуються, здебільшого, вже готові фосфатні добрива (переважно виробництва Росії). Тільки за період 2000-2001 років випуск фосфатних добрив українськими підприємствами скоротився на 69%. Для України фосфатну сировину і, зокрема, апатит можна вважати стратегічною сировиною, оскільки весь агропромисловий комплекс держави залежить від імпорту. Таку ситуацію можна вважати, якщо не загрозливою, то принаймні незадовільною.

Окрім балансових родовищ України, основний об'єм запасів апатиту, пов'язаний з родовищами ендеогенного походження, належить до прогнозних. На багатьох перспективних ділянках на цей час пошукові та розвідувальні роботи не проводяться, тому відомості про запаси сировини, характеристику рудних тіл, умови їх залягання залишаються досить приблизними.

Відомі родовища апатиту УЩ мають хороші умови для їх розробки і розташовані в районах з добре розвинутою інфраструктурою і транспортними шляхами, що, зрештою, позитивно відіб'ється на вартості мінеральної сировини.

Важливою особливістю апатитових родовищ України є їхня комплексність. За комплексного використання руд економічно доцільно розробляти як усі відомі родовища, так і деякі невеликі рудопрояви (Голосківський, Тропівський та ін.).

Запасів у розвіданих родовищах апатиту достатньо для того, щоб повністю забезпечити внутрішні потреби України фосфатною сировиною як мінімум на 50 років. В технологічному плані отримані апатитові концентрати не поступаються найкращим світовим аналогам не тільки за своїми якісними показниками, але і за ціною, і можуть успішно конкурувати як на внутрішньому, так і міжнародному ринках. Дослідження (виконані в ІГМР ім. М.П. Семененка НАН України) апа-

титу з українських апатит-ільменітових і апатит-титаномагнетит-ільменітових родовищ свідчать про значно меншу концентрацію в них стронцію, що надає їм перевагу порівняно з хібінськими апатитовими концентратами. В апатиті з апатит-рідкіснометалевих руд Новопопелівського родовища концентрація стронцію також менша, ніж в хібінських. Крім того, в апатиті українських родовищ відсутні домішки радіоактивних металів, миш'яку та кадмію. Як бачимо, апатитові концентрати українських родовищ не поступаються за якістю імпортованим з Росії, а тим більше фосфоритам з Північної Африки.

За умови освоєння власних апатитових родовищ, апатитовий концентрат (навіть якщо його ринкова вартість буде такою ж, як і для імпортованого — \$115/т) буде мати ціну в два рази меншу, оскільки не буде значних витрат на його транспортування (які можуть досягати 100% і більше вартості концентрату).

Звичайно, що для розробки родовищ необхідні значні капітальні вкладення, які залежать від розмірів родовища, запасів, способу розробки та інших факторів. Тільки в розробку Федорівського родовища та його інфраструктуру планується інвестувати \$230 млн., а Стремгородського — \$600 млн. Передбачувана загальна вартість гірничо-збагачувального комбінату для освоєння Носачівського родовища складе, орієнтовно, близько \$250 млн. з терміном будівництва всього комбінату до виходу на повну потужність 5 років.

Певна річ, що це значні кошти, але як бути із 7,5 млрд. грн., витраченими в 2010 році на закупку мінеральних і хімічних добрив? Крім того, ці кошти будуть інвестовані у власну економіку. В перспективі, це дасть можливість Україні забезпечити себе не тільки калійними й азотними, а й, значною мірою, власними фосфатними добривами і зменшить залежність держави від їх імпорту.

#### Література

1. European Mineral Statistics 2004-08 / T.J. Brown, N.E. Idoine, T. Bide, A.J. Mills, S.F. Hobbs.—British Geological Survey.—2010.—356 p.
2. Data Set of World Phosphate Mines, Deposits and Occurrences - Part A. Geologic Data / C.B. Chernoff, G.J. Orris. United State Geological Survey. — 2002. — 352 p.
3. **Металіди В.С., Шепель І.В.** Сировинна база фосфатів України стан та перспективи розвитку // Мінер. ресурси України. — №4. — 1998. — С. 14-18.
4. **Шумлянський В.О., Гурський Д.С., Калінін В.І., Третяков Ю.І.** Агрохімічна сировина / В кн.: Неметалічні корисні копалини України. Т. 2 / Київ-Львів "Центр-Європа". — 2006. — С. 20-37.
5. **Кривдік С.Г., Гуравський Т.В., Дубина О.В. та ін.** Особливості речовинного складу Носачівського апатит-ільменітового родовища (Корсунь-Новомиргородський плутон, Український щит) // Мін. журнал. — Київ. — № 3. — 2009. — С. 55-78.
6. Phosphate deposits of the World, v. 2 / A.J.G. Notholt, R.P. Sheldon, D.E. Davidson. — Cambridge Univ. Press. — 1989.
7. **Ланда Э.А., Егоров Л.С.** Апатитовые месторождения карбонатитовых комплексов / М.: Недра. — 1974. — 145 с.
8. **Файзулин Р.М.** Мирегения и прогноз месторождений апатита / М.: Недра. — 1991. — 256 с.
9. **Кривдік С.Г., Дубина О.В., Юрчишин А.П. та ін.** Новий тип апатитоносних габроїдів у Верхньому Побужжі // Мін. журнал. — Київ. — № 1. — 2007. — С. 23-34.