

## ГЕОЛОГІЯ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 553.04

Н. Лижаченко, асп.,  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ  
В. Ніколаєвський, голов. геолог  
ПАТ "Завалівський графітовий кар'єр", Завалля

### ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСНОЇ БАЗИ ЗАВАЛІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГРАФІТУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії д-ром геол.-мін. наук, проф. В.М. Загнітком)

*Завалівське родовище експлуатується на даному етапі як комплексний об'єкт. Традиційно на родовищі розробляються графітові руди. Як супутні корисні копалини використовуються лише кварцити та чарнокіти, складаються гранатові руди. Решта супутніх компонентів вивчена недостатньо. Це глини та суглинки, піски, мінеральні фарби, продукти збагачення графітових руд, яшми, халцедоніти, що набули на родовищі значного поширення. Необхідно провести їх довивчення з метою селективної виїмки при подальшій розробці родовища.*

**Вступ.** Завалівське графітове родовище експлуатується з 30-х рр минулого століття, в 70-х рр минулого століття комбінат виробляв близько 80% кристалічного графіту (60 тис т) у СРСР і до 30% своєї продукції постачав у далеке зарубіжжя, проте й до сьогодні родовище є одним з найбільших в Європі. Розроблені раніше технологічні регламенти цілого ряду промислових підприємств-споживачів графіту в СНД обумовлюють наявність певного попиту на завалівський графіт різних марок як обов'язкових до використання технологічних матеріалів у виробництві. Графіт Завалівського родовища характеризується високими якісними показниками і високо цінується на світовому ринку. На сьогодні завалівський графіт експортується в Росію, Білорусь, Казахстан, Туркменістан, Азербайджан, Японію, Америку, а також в країни Західної та Східної Європи. Окрім графітової руди детальною розвідкою були проведені технічні випробування супутніх корисних копалин, до ряду яких належать: гранат (абразивна сировина), кристалічні породи (будівельний камінь, бутовий камінь, щебінь), піски, глини та суглинки (керамзитова та цегельно-черепична сировина).

**Постановка питання.** За результатами детальної розвідки окрім гранатової сировини значні перспективи довивчення мали цілий ряд інших корисних копалин, ресурси більшості з яких не були визначені. Крім того, вивчення супутніх корисних копалин родовища було орієнтоване на досить вузьку сферу їх подальшого застосування, тому важливо переглянути відповідність їх діючим технічним нормам промисловості та будівництва з метою розширення сфери використання. Довивчення потребують на сьогодні також хвости флотаційного збагачення графітових руд.

**Завдання та методика виконання роботи.** Основна мета роботи – переглянути відповідність фізико-хімічних та структурних характеристик супутніх корисних копалин Завалівського родовища діючим на сьогодні технічним нормам промисловості та будівництва та визначити доцільність їх довивчення з метою подальшого використання (чи складування).

**Огляд попередніх досліджень.** Основні роботи з розвідки та вивчення головних та супутніх компонентів Завалівського графітового родовища проведено М.М. Янгічером, В.П. Ніколаєвським, результати їх досліджень використано при обґрунтуванні економічної доцільності розробки гранатових руд та щебеня. Наявність графітовмісних порід біля с. Завалля вперше встановлено проф. А.В. Красовським у 1921-1924 рр. У 1938 р І.В. Дубиною було складено зведений опис Завалівського родовища графіту, в якому детально осві-

тлено будову родовища, його розвіданість і перспективи. Розпочаті в 1939 р і перервані війною, геологорозвідувальні роботи були поновлені в 1945 р і проводились до 1955 р трестом "Укрнеруд" МПБМ УРСР.

**Виклад основного матеріалу.** У продуктивній товщі Завалівського родовища поряд з біотит-графітовими гнейсами широкого поширення набули гранат-біотитові гнейси, що розглядаються як руда на абразив. У верхніх горизонтах родовища (на рівні пухких графітових руд) у каолінах по гранат-біотитових гнейсах гранат відсутній або повністю заміщений гідроокисами заліза. Нижче по розрізу (на рівні напівпухких руд) гранат характеризується значною тріщинуватістю. На не вивітрілих горизонтах гранат практично не змінений. Вміст гранату в продуктивній товщі (потужність якої від 1 до 100 м, протяжність – до 1 км) змінюється від 6 до 31% [8, с. 112-113], тоді як продуктивності в світовій практиці вважається товща з вмістом 10% (з урахуванням типу порід). Фізико-механічні властивості гранатового концентрату (табл. 1), повністю задовольняють технічні вимоги до гранату для виробництва шліфоматеріалів, розроблені колишнім всесоюзним науково-дослідним інститутом, згідно з якими для абразивних цілей придатні переважно залізисті гранати альмандинового ряду, мікротвердість – не менше 1400 кг/мм<sup>2</sup>, абразивна здатність щодо монокорунду – не менше 45%. Технологічні випробування концентратів Завалівського родовища на період детальної розвідки були проведені досить вузько через відсутність затверджених технічних умов на гранатові концентрати і шліфувальні вироби з гранату, та визначених напрямків застосування сировини, але сьогодні, з огляду на високі показники якості (табл. 1) та новітні напрями застосування та переробки абразивів, гранатові руди родовища потребують подальших досліджень.

Гранати Завалівського родовища представлені тріщинуватим альмандином. Тріщинуватість їх пов'язана перш за все з приналежністю до високометаморфізованих докембрійських товщ, по яких інтенсивно розвинуті гіпергенні утворення [7, с. 106-110]. У мінералогічному відношенні концентрат являє собою: альмандин (понад 90%), поодинокі зерна піропу, гросуляр, кварц в зростках (2-3%), рогова обманка (1-2%). Абразивна твердість від 6,5 до 7,5 за шкалою Мооса. Згідно промислових вимог [10] тріщинуватість однією з важливих фізико-механічних властивостей гранату, що передбачає низькі витрати на подрібнення та утворення гостроріжучих граней. І хоча значна тріщинуватість, може спричиняти вихід дуже дрібних фракцій 0,2-0,1 мм, що раніше понижувало цінність концентрату, сьогодні такі базові фракції використовуються для виробництва гранатово-

го піску – нового екологічного багатоцільового матеріалу на ринку абразивів (шліфування металів, гідроабразивна різка твердих матеріалів під тиском).

На сьогодні на території Завалівського родовища заскладовано 1740 тис т гранатової руди, при збагаченні якої можна отримати 267 тис т гранатового кон-

центрату, який придатний для абразивних виробів, струменевого очищення металів, різання струменем води під високим тиском, виробництва мікрошліфопорошків, в будівельній індустрії [11]. Потреба в такій сировині на сьогодні зростає (рис. 1).

Таблиця 1

| Фізико-механічні властивості гранатових концентратів<br>(за даними детальної розвідки Завалівського графітового родовища) |                  |                 |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Родовище                                                                                                                  | Вміст гранату, % | Шліф. здатність | Мікротвердість кг/мм <sup>2</sup> |
| Слобідське                                                                                                                | 91 (сер.)        | 37,6 (сер.)     | 1400-1560                         |
| Завалівське                                                                                                               | 97,4-99,5        | 37,4-38,7       |                                   |

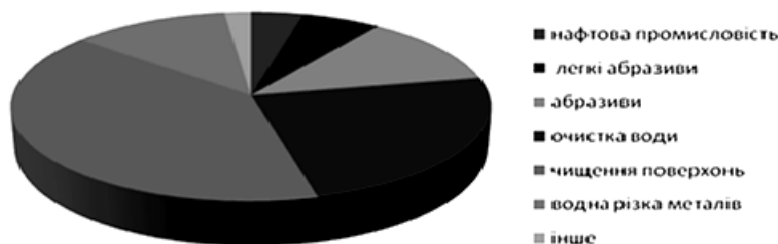


Рис. 1. Потреби в абразивній сировині у різних галузях промисловості

До 2011 р на території України розроблялось два родовища, де супутньо видобувались гранатові руди – Завалівське та Іванівське (Вінницька обл). Протягом 2011 р запаси останнього втратили промислове значення і були списані з обліку державного фонду надр через низьку економічну ефективність їх видобутку. Таким чином, на сьогодні в Україні наявні лише два родовища гранату – Завалівське (запаси – 3,4 млн т) та Слобідське (запаси – 673 тис т гранату).

Низький попит на гранатовий концентрат пояснюється наявністю штучних замінників – карборунду, електрокорунду. Виробництво цих матеріалів досить енерговитратне, тому в світовій практиці все частіше надають перевагу природним матеріалам. Світовими виробниками гранатової сировини є підприємства США, Австралії, Індії та Китаю. Авторами [6] проведений порівняльний аналіз гранатів України (Завалівське, Іванівське) та США (фірми "Barton"), за результатами якого сировина українських родовищ за технічними характеристиками не поступається гранатам світових виробників і є конкурентоспроможною на ринку.

Варто зауважити також, що підрахунок запасів гранатових руд (методом блоків) проведено лише по двох ділянках родовища – Південно-Східна (1666,52 тис т гранату на дату затвердження [1, с. 15] та Проміжна (2808,78 тис т)). На сьогодні запаси по ділянці Проміжна, яка перебуває на балансі ПАТ "Завалівський графітовий комбінат" не змінилися і становлять 16300 тис т гранатового гнейсу (2808,8 тис т гранату), Південно-Східна – 4014,5 тис т руди, 615,8 тис т гранату. У спеціальному складі заскладовано 1739,2 тис т руди (271 тис т гранату). За даними детальної розвідки перспективи приросту запасів гранату на родовищі дуже значні як по постяганню так і на глибину. На площах, прилеглих до підрахованих запасів прогностичні ресурси категорії Р<sub>1</sub> становлять не менше 100 млн т гранатової руди.

При проведенні технологічних досліджень щільної графітової руди була доведена принципова можливість отримання з хвостів флотації кварц-польовошпатової сировини в кількості 35-40% від вихідної маси. З огляду на дорогі реагенти дозбагачення та невисоку потребу в скляній сировині на момент проведення випробувань (1982 р) облаштування технологічної лінії з видобутку кварц-польовошпатових концентратів було визнано недоцільним. Однією з причин можна вважати також розробку ли-

ше пухких та папілпукх графітових руд при розробці Південно-Східного кар'єру на момент вивчення цієї проблеми. Слід зауважити, що за період освоєння Південно-Східної ділянки у шламосховищах за складовано більше 10 млн т хвостів збагачення графітової руди. У зв'язку із цим заслуговує на подальше вивчення застосування сировини хвостів збагачення в галузі будівельних матеріалів, виготовлення силікатної цегли, піноблоків, будівельних сумішів, використання для шляхового будівництва. Сьогодні, з обґрунтуванням економічної доцільності використання щільних руд кар'єру, введенням нових технологій збагачення мінеральної сировини та розширення сфери виробництва скляних виробів, будівельних матеріалів є доцільним проведення нових випробувань сировини з хвостів збагачення графітової руди.

Будівельне каміння представлене на Завалівському родовищі графіту кальцифірами, мігматитами та чарнокітами. Загальні запаси по родовищу становлять 163501 тис м<sup>3</sup>. Запаси підраховані по чотирьох ділянках – Проміжна, Правобережна, Зарічна та Південно-Східна, що знаходяться на балансі ПАТ "Завалівський графітовий комбінат".

Тривалі дослідження мінерального складу порід Завалівського родовища дозволили накопичити значний матеріал по розповсюдженню серед вміщуючих кристалічних порід яшм, халцедонітів, опалоподібних утворень та інше, що можуть використовуватись для виготовлення ювелірних прикрас (кабошони, вставки, наміста та інше) і виробів (кулі, яйця, піраміди, настільні прикраси), а також як колекційні зразки. Зміна законодавства України на цей вид виробництва дозволить широко використовувати ці породи в ювелірній справі. Прояви яшм, халцедонітів, опаловидних різновидів Завалівського родовища приурочені до розривних порушень, по яких утворювалися потужні кори вивітрювання лінійного та площадного типу. Зазначений тип порід зустрічаються у вигляді жил, прожилків, лінз, потужністю 5-40, іноді до 80 см і більше. Колір яшм переважно зеленувато-коричневий, біло-коричнево-зелений. Мінеральний склад яшм: халцедон (80-95%), кварцин (до 10%), гідроокси заліза (2-5%), селадоніт (1-2%) [9].

Маловивченими на родовищі є також мінеральні пігменти. На ділянці Хутір Андріївка під час геологічної розвідки і подальшої розробки виявлена вохристо-червона кора вивітрювання озалізених кварцитів, а в

межах кар'єру Південно-Східної ділянки – зелена кремнево-селадонітова порода. Попередні лабораторні дослідження показали задовільні якісні характеристики пігментів цих природних пігментів. Використання їх можливе при селективній виїмці, спеціальному окремому складуванні та розробці технології збагачення та підготовки для подальшого використання.

На Завалівському родовищі поширені піски у вигляді ліній 1–10 м серед порід балтської світи неогену та четвертинних відкладів, значна кількість піщанистої маси зосереджена також у відходах виробництва. Технічні випробування проводились у відповідності з вимогами ДСТУ 8736-77 "Песок для строительных работ" (втратили чинність), за якими сировина була визначена як непридатна для будівництва через дрібні розміри часток та наявність глинистих фракцій. На сьогодні буде доцільним провести випробування пісків згідно нових нормативних вимог з метою використання їх в якості основи чи компоненту сумішей при улаштуванні автомобільних доріг і аеродромів; як баластовий матеріал при благоустрої і планувальних роботах; як дрібний заповнювач бетонів (важких, легких, дрібнозернистих,

спеціального призначення та ін.), будівельних розчинів, сухих сумішей, заповнювач та компонент для виробництва силікатних бетонів щільної структури, ніздрюватих бетонів автоклавного і безавтоклавного тверднення, силікатної цегли, каменів, пресованих виробів і т.д. [4].

Основну масу порід розкриття на родовищі становлять глини та суглинки. Макроскопічно знизу вгору по розрізу можна виділити такі різновиди:

- зеленувато-сірі, сірі в'язкі, щільні пластичні глини, потужністю від 0,5 до 6,5 м (балтського віку, неоген). Поширені в присхиловій частині плато в районі Південно-Східної ділянки;
- червоно-бурі та бурі, що перекривають балтські майже повсюди. Піщаністі, в'язкі, містять карбонатні стягнення. Потужність 1-20 м;
- червоно-бурі та бурі суглинки (нижньо-середньочетвертинні). Щільні, з вапняковими стягненнями, потужністю 13-188 м
- палево-жовті, мікропористі, карбонатні, з дрібними вапняковистими стягненнями лесоподібні суглинки (верхньочетвертинні). Потужність 3-12 м.

Таблиця 2

Фізико-керамічні властивості глинистих порід (Янгічер М.М., 1982)

| Види досліджень<br>ДСТУ 9169-75                      | Ділянка родовища | Різновиди глинистих порід |                                  |                             |                             |
|------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                                                      |                  | Суглинок<br>палево-жовтий | Суглинок бурий,<br>червоно-бурий | Глина буре,<br>червоно-буре | Глина зеленувато-сіра, сіра |
| Вміст глинистої складової, %<br>(фракції до 0,01 мм) | Проміжна         | 34,64-42,32               | 20,48-57,32                      | 32,28-54,88                 | 20,26-70,88                 |
|                                                      | Південно-Східна  | 43,56-65,68               | 38,80-66,42                      | 37,16-73,96                 | 32,56-74,48                 |
|                                                      | Правобережна     | 24,44-43,28               |                                  |                             |                             |
| Середнє число пластичності                           | Проміжна         | 11,2-15,6                 | 4,2-20,8                         | 6,4-17,0                    | 8,4-32,26                   |
|                                                      | Південно-Східна  | 7,6-18,6                  | 6,5-22,8                         | 11,4-27,8                   | 12,2-48,3                   |
|                                                      | Правобережна     | 29-6,6                    |                                  |                             |                             |
| Кількість крупнозернистих<br>включень, %             | Проміжна         | 0,35-2,70                 | 0,46-6,50                        | 0,16-2,57                   | 0,53-8,34                   |
|                                                      | Південно-Східна  | 0,92-5,68                 | 0,10-2,85                        | 0,20-5,0                    | 0,40-7,28                   |
|                                                      | Правобережна     | 0,40-4,65                 |                                  |                             |                             |
| В т.ч. карбонатних, %                                | Проміжна         | 0,04-0,15                 | 0,02-1,0                         | 0,20-1,36                   | сліди-0,16                  |
|                                                      | Південно-Східна  | 0,04-3,56                 | 0,01-2,68                        | 0,04-3,53                   | 0,02-1,45                   |
|                                                      | Правобережна     | 0,06-1,09                 |                                  |                             |                             |
| Водопоглинання при 1100°                             | Проміжна         | 1,42-4,41                 | 1,70-8,71                        |                             | 5,33-9,13                   |
|                                                      | Південно-Східна  | 5,55-14,02                | 3,48-10,92                       | 5,55-8,49                   | 0,61-9,74                   |
|                                                      | Правобережна     |                           |                                  |                             |                             |
| Вогнетривкість                                       | Проміжна         | 1220-1280                 | 1120-1400                        |                             | 1290-1340                   |
|                                                      | Південно-Східна  | -                         | -                                | -                           | -                           |
|                                                      | Правобережна     | -                         | -                                | -                           | -                           |

Проведені технологічні дослідження показали придатність глини та суглинків для виробництва черепиці та цегли, а також виробництва керамзитового гравію [5]. Відповідно до змін технічних вимог до глинистої сировини варто провести їх довивчення [10]. З сучасним розвитком будівельної промисловості існує принципова необхідність проведення додаткового вивчення якості, економічної доцільності селективної розробки при подальшому освоєнні родовища та використанню цієї сировини у виробництві.

Таким чином, окрім графіту, гранату та кварцитів і чарнокітів (на щєбін) сьогодні на Завалівському родовищі налічується ще кілька видів корисних копалин: піски, глини, яшми, мінеральні фарби, що вивчені недостатньо і потребують довивчення для окреслення перспектив їх подальшого освоєння і використання у виробництві.

Як **висновки**, варто заключити наступне:

1. Гранатова сировина родовища має на сьогодні значні перспективи, оскільки:

а) потреба в абразивній сировині з такими фізико-хімічними властивостями зростає у зв'язку з розширенням областей використання;

б) родовище є єдиним в Україні, що розробляє гранатові руди;

в) перспективи приросту запасів родовища значні як по простяганню так і на глибину;

г) за результатами досліджень сировина українських родовищ за технічними характеристиками не поступається гранатам світових виробників

2. Сировина хвостів флотації графітових руд заслуговує на подальше вивчення з метою застосування в галузі будівельних матеріалів, (виготовлення силікатної цегли, піноблоків, будівельних сумішей, використання для шляхового будівництва). В подальшому, при можливій розробці щільних руд кар'єру уваги заслуговує кварц-польовошпатова сировина, що становить 35-40% від вихідної маси.

3. Яшми, халцедоніти та опалоподібні утворення Завалівського родовища, з огляду на високі якісні показники, можуть знайти широке застосування в ювелірній справі.

4. Використання мінеральних пігментів можливе при селективній виїмці, спеціальному окремому складуванні та розробці технології збагачення та підготовки для подальшого використання.

5. Піски балтської світи родовища пройшли технічні випробування лише в якості будівельної сировини у відповідності з вимогами, що втратили чинність. Зважаючи на значний попит на дану сировину та розши-

рення сфер її застосування, необхідним є довивчення та підрахунок ресурсів пісків Завалівського родовища.

6. Глини та суглинки становлять основний відсоток порід розкриття, характеризуються високими технологічними показниками і потребують вивчення економічної доцільності їх селективної розробки.

#### Список використаних джерел:

1. Баланс запасів корисних копалин Державного фонду надр. Абра- зивна сировина. – 2012.
2. Баланс запасів корисних копалин Державного фонду надр. Будівель- ний камінь. – 2012.
3. Баланс запасів корисних копалин Державного фонду надр. Графіт. – 2012.
4. Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт – ДСТУ Б В.2.7-32-95 – [Чинний від 31.10.1995 р] – К. : Держспоживстандарт України 1997. – (Націона- льний стандарт України).
5. Будівельні матеріали. Сировина глиниста для виробництва кера- мічних будівельних матеріалів. Класифікація ДСТУ Б В.2.7-60-97 – [Чин-

ний від 11.03.1997р] – К. : Держспоживстандарт України 1997. – (Націо- нальний стандарт України).

6. Гранаты Украины как перспективное абразивное сырье / Мостыка Е.Н. [Електронний ресурс] // – Вісник Дніпропетровського університету – 2013. – №1 – С.80-84. Режим доступу до журналу: <http://nv.nmu.org.ua>.

7. Ковальчук Л.Н. Трещиноватость частиц граната из концентратов некоторых месторождений мира // Ковальчук Л.Н., Хартамович П.Н. // Геолого-мінералогічний вісник. – 2001. – №1 – С.106-109.

8. Металічні і неметалічні корисні копалини України / [Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І., Куліш Є.О.Нечаєв С.В., Третяков Ю.І., Шум- лянський В.О. та ін]. – К.-Л. : Центр Європи. – Т. II – 2006. – 551 с.

9. Сурова В.М. Тектурно-колеристичні особливості та гемологіч- ні характеристики яшм Завалівського родовища графіту. Сборник науч- ных трудов SWorld. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sworld.com.ua/index.php/en/geology-311/general-and-regional-geology-311/7881-teksturnokoloristichn-osoblivost-ta-gemologichn>.

10. Требования промышленности к качеству минерального сырья. Справочник для геологов. Гранат. – М., 1962. Вып. 33.

Надійшла до редколегії 11.03.13

Н. Лыжаченко, асп.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

В. Николаевский, глав. геолог

ЧАО "Завальевский графитовый карьер", Завалье

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСНОЙ БАЗЫ ЗАВАЛЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГРАФИТА

*Завальевское месторождение эксплуатируется на данном этапе как комплексный объект. Традиционно на месторождении разра- батываются графитовые руды. В качестве сопутствующих полезных ископаемых используются только кварциты и чарнокиты, складируются гранатовые руды. Остальные сопутствующие компоненты изучены недостаточно. Это глины и суглинки, пески, минеральные краски, продукты обогащения графитовых руд, яшмы, халцедониты, которые стали распространенными на месторо- ждении. Необходимо провести их доизучение с целью селективной выемки при дальнейшей разработке месторождения.*

N. Lyzhachenko, PhD student

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

V. Nikolaevskiy, chief geologist

Zavalivskiy graphite mine, Zavalye

### PROSPECTS FOR THE USE OF THE RESOURCE BASE ZAVALLYA GRAPHITE DEPOSITS

*Zavallya deposit exploited at this stage as a complex object. Traditionally the field developed graphite ore. As related components used only charnockites and quartzites, stored garnet ore. Other related components studied not enough. These clays and loams, sands, mineral paint, graphite ore beneficiation products, jasper, that came on the field expanded greatly. It is necessary to hold them to study for selective extraction in the further development field.*