

УДК 552.2

Е.Н. Мостыка, канд. техн. наук, доцент

Государственное высшее учебное заведение  
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,  
Украина, e-mail: mineraltech@rambler.ru

## ГРАНАТЫ УКРАИНЫ КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ АБРАЗИВНОЕ СЫРЬЕ

Ye.N. Mostyka, Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: mineraltech@rambler.ru

## GRENADES OF UKRAINE AS PERSPECTIVE ABRASIVE RAW MATERIAL

**Цель.** Сравнительный анализ абразивных свойств гранатов Украины (Ивановское и Завальевское месторождения) и США (месторождение Бартон) на основе характеристики геологического строения месторождений, а также состава и технологических свойств гранатов данных месторождений.

**Методы.** Химический состав гранатов и их микротвердость определялись в аттестованной Центральной лаборатории КП „Южургеология“ г. Днепропетровска. Минеральный состав гранатов рассчитывался нами на основе стандартных формул минералов и их показателей отражения. Испытания абразивных свойств проведены на шлифовально-полировальном станке ЗИМ ОАО „Запорожский абразивный завод“. Методика испытаний разработана для изучения абразивных свойств электрокорунда зернистостью M28 (ГОСТ 3647-80) и полирита зернистостью F240. Зернистость M28 гранатов Ивановского и Завальевского месторождений по своему гранулометрическому составу идентична зернистости W2 гранатов фирмы „Barton“. Шлифовально-полировальные качества граната исследовались в пределах зернистости M28 и F240 на стекле марки С 95-3.

**Результаты.** Как показали результаты испытаний, гранаты Ивановского, Завальевского месторождений и гранаты фирмы „Barton“ близки по шлифовально-полировальным свойствам. Сопоставляя состав и строение гранатов названных месторождений, можно сделать вывод, что они близки по своим характеристикам. Пироп-альмандиновые и альмандин-пироповые гранаты с наиболее высокими абразивными свойствами распространены среди пород как основного, так и кислого состава. В результате проведенных работ нами установлено, что Ивановские и Завальевские гранаты по абразивным свойствам не уступают гранатам США для обработки экранов, но уступают в 1,5–2 раза электрокорунду. Принципиально возможно использовать вместо полирита гранат с увеличением его расхода в 1,5–2 раза.

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что гранаты Украины являются перспективным абразивным сырьем, по своим техническим свойствам не уступают гранатам мировых производителей и являются конкурентоспособными на мировом рынке.

**Ключевые слова:** *гранат, вещественный состав, абразивные свойства, месторождения гранатов, конкурентоспособность*

**Постановка проблемы.** В настоящее время абразивные материалы приобретают все большее значение в различных областях промышленного производства. Особенно возрастает спрос на абразивные материалы при обработке экранов кинескопов, пластмасс, цветных металлов и древесины. Получили существенное развитие новые технологии гидроабразивной резки и обработки поверхности металлов, в качестве основного расходного материала в которых применяется гранат. Особой областью применения гранатов является очистка воды.

Основным сырьем для абразивной промышленности является электрокорунд. Для производства элект-

рокорунда необходимо большое количество электроэнергии, и на смену ему приходит относительно дешевый новый природный материал – гранат, который, в ряде случаев, по своим технологическим свойствам превосходит электрокорунд.

В связи с этим обращает на себя внимание мировая монополия производителей абразивных материалов на основе гранатового сырья фирм „Barton“ США, „GMA Garnet“ Австралия и „Western Garnet“ Индия.

Марка фирмы „Barton“ является признанным в мире эталоном качества. Она производит и поставляет на рынок США, Канады, Европы и частично Японии гранатовые концентраты. Стоимость гранатовых концентратов фирмы „Barton“ в Европе, согласно [1], составляет от 600 до 860 \$ за 1 тонну.

В силу сложившегося спроса на абразивные материалы в предыдущие годы, гранатовое сырье Украины рассматривалось как попутное при разработке других видов полезных ископаемых.

Наряду с этим известно высокое качество гранатов Украины как абразивного сырья [2]. В настоящее время основным поставщиком гранатового сырья в Украине являются Ивановское и Завальевское месторождения гранатосодержащих гранитов, гнейсов и мигматитов Подольского мегаблока Украинского щита [3].

Подобные гранатосодержащие породы распространены также и в других мегаблоках и шовных зонах щита [4].

**Анализ ранее проведенных исследований.** По состоянию на 2011 год в Украине на территории Украинского щита разведаны только три месторождения гранатов, запасы которых утверждены в ГКЗ – гнейсы и гранито-гнейсы Ивановского месторождения Винницкой области, гранатосодержащие вскрышные породы Завальевского месторождения графитов Кировоградской области, Артемовское месторождение гранатосодержащих горизонтов железистых сланцев Днепропетровской области.

В комплексе кристаллических гранатосодержащих пород Украинского щита можно выделить следующие основные группы:

- метаморфизованные породы магматического происхождения: гиперстен-гранат-биотитовые мигматиты, гранат-биотитовые мигматиты, пегматиты, пегматоиды;

- метаморфизованные гранитной магмой осадочные породы: гиперстен-гранат-плагиоклазовые гнейсы, биотит-гранат-плагиоклазовые гнейсы и т.д.;

- метаморфизованные осадочные породы кварцевого и карбонатного составов: известково-силикатные гнейсы, мраморы с гранатом.

К настоящему времени на территории Украинского щита по результатам геологосъемочных работ установлено широкое площадное распространение гранатосодержащих пород. Наблюдается большое количество участков с промышленным содержанием граната во вмещающих породах, но отсутствуют четкие представления об их перспективности.

Не разработаны критерии оценки гранатового сырья как по сонахождению граната во вмещающих породах (возможного основного минерального сырья), так и по составу и технологическим свойствам (попутного сырья).

**В связи с этим, был выполнен анализ** геологического строения месторождений Ивановского и Завальевского с месторождением Бартон, проведен сравнительный анализ состава и технологических свойств гранатов данных месторождений.

Ивановское месторождение представлено биотит-гранатовыми гранитами, гранито-гнейсами и мигматитами в западной части месторождения, гранат в основном альмандинового ряда, в чудново-бердичевских гранитах. Содержание граната колеблется от 8 до 32%, а в среднем по месторождению составляет 17%. Запасы граната до глубины 50 м оцениваются в 10 млн т.

Главными породообразующими минералами гранитоидов месторождения являются полевые шпаты, кварц, гранат, биотит. В полевых шпатах преобладает плагиоклаз, количество которого составляя от 30 до 60%, а также калиевые полевые шпаты, которые представлены ортоклазом. Его содержание изменяется от единичных зерен до 15%. Содержание кварца колеблется от 15–20 до 45–50%, в среднем составляя 30–35%, биотита 5–10%. Второстепенными минералами являются графит, амфиболы, представленные силлиманитом, пироксен, единичные зерна магнетита, пирита. Гранат состоит из следующих минералов: альмандин до 70–80%; пироп до 16–20%; андрадит до 3%; спессартин до 1,5%; гроссуляр до 3,5%. Удельный вес граната 3,9–4,2 г/см<sup>3</sup>.

Завальевское месторождение по своим масштабам значительно уступает Ивановскому, но, учитывая комплексность его освоения (крупнейшее месторождение графита), его также следует рассматривать в качестве реального объекта для получения абразивного граната.

В пределах Завальевского месторождения в качестве гранатовой руды представлены биотит-гранатовые гнейсы кошаро-александрійської свити докембрія, выемка которых в качестве вскрышных пород неизбежна при разработке месторождения графита открытым способом. Биотит-гранатовые гнейсы широко распространены в пределах разрабатываемого участка и запасы попутного граната в несколько раз больше запасов основного минерального сырья месторождения – графита.

Минеральный состав биотит-гранатовых гнейсов следующий, %: кварц – 30–50; калиевый полевой шпат 8–10; плагиоклаз до 30; гранат 10–35; биотит 5–20; графит 1–2; акцессорные минералы – циркон, рутит, монацит, апатит, пирит.

По кристаллическим породам Завальевского месторождения интенсивно развита мощная кора выветривания, мощность которой на юго-восточном участке достигает 100–150 м. В вертикальном разрезе коры выветривания различают три зоны (сверху вниз): каолининовая, каолин-хлорид-гидрохлоридная и зона дезинтеграции исходных пород. Гранат менее стоек в условиях химического выветривания и сохраняется только в нижней зоне дезинтеграции коры выветривания. В верхней, каолининовой зоне, гранат полностью лимонитизирован.

В настоящее время добыча графитовой руды ведется из двух верхних зон. Разрабатываются рыхлые выветренные руды, в которых гранат полностью разрушен и не извлекается, а графит, как физически инертный минерал, хорошо сохраняется во всех зонах выветривания.

Гранатовые руды месторождения Бартон представлены породами типа габбро, содержащими включения зерен и кристаллов граната в количестве от 5 до 26% при среднем содержании граната в руде 11%. Размер выделений (зерен, кристаллов, желваков) граната в руде колеблется от 0,2 до 1200 мм, в среднем 100–150 мм. Минеральный состав гранатовой руды: гранат – 11,0%; роговая обманка – 61,2%; плагиоклаз – 20,0%; оливин – 6,9%; биотит – 0,9%.

По компонентному (кристаллохимическому) составу адирондакский гранат представлен изоморфной смесью пироба (38–43%), альмандина (40–49%), гроссуляра (10–14%), андрадита (2%) и спессартина (1%).

Добыча гранатовой руды на руднике Бартон производится открытым способом.

Сопоставляя состав и строение названных месторождений, можно сделать вывод, что гранаты близки по составу. Пироп-альмандиновые и альмандин-пироповые гранаты с наиболее высокими абразив-

ными свойствами распространены среди пород как основного (среди габброидов), так и кислого состава (граниты, гранито-гнейсы, гнейсы мигматиты).

В последующем выполнен сравнительный анализ геологического строения, состава и технологических свойств исследуемых гранатов с определением их химического состава и пересчетом их на минеральный состав.

Сравнительная характеристика вещественного состава гранатов этих месторождений и граната фирмы „Barton“ США приведена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика вещественного состава абразивного граната Украины и США

Месторождения		„Ивановское“	„Завальевское“	Гранат „Бартон“
Содержание граната, %		96,5	96	97,3
Химический состав, %	SiO <sub>2</sub>	36,6	37,46	41,34
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	22,75	23,05	20,36
	FeO	28,42	23,57	9,72
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04	4,22	12,55
	MgO	9,4	9,87	12,55
	MnO	0,3	0,72	0,85
	CaO	0,67	1,57	2,97
	TiO <sub>2</sub>	1,5	0,15	Не опр.
Компоненты, %	Пироп	31,7	33,5	41,9
	Альмандин	65,8	55	42,4
	Гроссуляр	1,8	–	–
	Андрадит	–	5,5	9,1
	Спессартин	0,7	2	2
	Σ	100	96	95,9
	Микротвердость,	1640–1670	1580–1630	1620–1650

Следует отметить, что Завальевский гранат содержит повышенное содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за счет продуктов выветривания. Гранат месторождения „Barton“ имеет повышенное содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> за счет прокалики материала.

**Методика исследований.** Химический состав гранатов и его микротвердость определялись в аттестованной Центральной лаборатории „Южургеология“ г. Днепропетровска. Минеральный состав гранатов рассчитывался нами на основе стандартных формул минералов и их показателей отражения. Испытания абразивных свойств проведены на шлифовально-полировальном станке ЗИМ ОАО „Запорожский абразивный завод“. Методика испытаний разработана для изучения абразивных свойств электрокорунда зернистостью M28 (ГОСТ 3647-80) и полирита зернистостью F240. В связи с переходом Украины на Европейский стандарт 42-Д-1984, ею разработан стандарт соответствия ГОСТа Европейского стандарта FEPA по ТУ 3-05 Украины 00222226-36-96. Зернистость M28 (стандарт Украины: диаметр просеивающего отверстия в миллиметрах) по своему гранулометрическому составу идентична зернистости W2 (стандарт США: в единицах меш – количество отверстий на единицу просеивающей поверхности). Шлифовально-полировальные качества граната исследовались в пределах зернистости M28 и F240 на стекле марки С 95-3.

Нами выполнен сравнительный анализ абразивных свойств гранатов Украины и гранатов месторождения фирмы „Barton“. Как показали результаты (табл. 2), гранаты Ивановского, Завальевского месторождений с зернистостью M28 вполне, по своим абразивным свойствам, идентичны гранату W2 (той же зернистости) фирмы „Barton“.

**В результате** проведенных работ нами установлено, что Ивановские и Завальевские гранаты по абразивным свойствам не уступают гранатам США для обработки экранов, но уступают в 1,5–2 раза электрокорунду. Принципиально возможно использовать вместо полирита гранат с увеличением его расхода в 1,5–2 раза. Результаты исследований свидетельствуют о том, что одной из первоочередных задач, стоящих перед геологической службой Украины, должно быть расширение минерально-сырьевой базы природных абразивных материалов за счет технического граната. В свете современных перспектив развития экономики, перед промышленностью Украины стоит проблема уменьшения энергозатрат на производство абразивов путем замены их природным сырьем – гранатами.

**Выводы.** Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что гранаты Украины являются перспективным абразивным сырьем, по своим техническим свойствам не уступают гранатам мировых производителей и являются конкурентоспособными на мировом рынке.

Результаты испытаний граната, нормального электрокорунда и полирита при обработке стекла С 95-3

Типы абразивов	Съем стекла			Шероховатость стекла после обработки
	5 мин	60 мин	505 мин	
Гранат W2 (США)	1,74	10,20	90,73	8б
Ивановский гранат, М-28	1,64	10,83	95,02	8б
Завальевский гранат, М-28	1,44	8,59	75,96	8б
Электрокорунд	2,97	19,23	133,61	8б
Гранат обожженный – 5 мкм, Ивановский	0,02	0,22	1,86	13–14
Полирит	0,04	0,32	2,94	13–14

### Список литературы / References

1. Andersen, D.E. and Olimpio J.C. (2007), "Progressive homogenization of metamorphic garnets. South Morrar, Scotland: evidence for volume diffusion", *Canad. Miner.*, vol.15, no.9, pp. 205–216.

2. Неметалічні корисні копалини, Том II / [Д.С. Гурський, К.Ю. Єсипчук, В.І. Калінін та ін.] / К. – Львів: Центр Європи, 2006, С. 106–111.

Gurskiy, D.S., Esipchuk, K.Yu. and Kalinin, V.I. (2006), *Nemetalichni korysni kopalyuny* [Non-metal Minerals], Tom II, Tsentr Yevropy, Kyiv-Lviv, Ukraine pp. 106–111.

3. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та пояснювальна записка) / Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак Н.П. – К.: УкрДГРІ, 2004.

Yesypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepaniuk, L.M. and Scherbak, N.P. (2004), *Korreliaitsiina khronostratigrafichna schema rannoho dokembriuu Ukrainskoho shchytya* [Chronological and Stratigraphic Scheme Early Precambrian Ukrainian Shield (scheme and explanatory note)], UkrDGRI, Kyiv, Ukraine

4. Мостыка Е.Н. Условия образования гранатосодержащих пород Орехово-Павлоградской полосы / Мостыка Е.Н. // Геолого-минералогический вестник, КТУ–Кривой Рог: 2005.– №1(13).– С. 80–84.

Mostyka, Ye.N. (2005), "Grenades-containing rocks of the Orekhovo-Pavlograd stripe formation conditions", *Neoloho-mineralohichnyi visnyk*, no.1(13), pp. 80–84.

**Мета.** Порівняльний аналіз абразивних властивостей гранатів України (Іванівське та Завальєвське родовища) і США (родовище Бартон) на основі характеристики геологічної будови родовищ, а також складу і технологічних властивостей гранатів даних родовищ.

**Методи.** Хімічний склад гранатів і їх мікротвердість визначалися в атестованій Центральній лабораторії КП „Южургеология“ м. Дніпропетровська. Мінальний склад гранатів розраховувався нами на підставі стандартних формул мінералів і їх показників віддзеркалення. Випробування абразивних властивостей проведені на шліфувально-полірувальному верстаті ЗІМ ВАТ „Запорізький абразивний завод“. Методика випробувань розроблена для вивчення абразивних властивостей електрокорунда зернистістю М28 (ГОСТ 3647-80) і поліриту зернистістю F240. Зернистість М28 гранатів Іванівського і Завальєвського родовищ за своїм гранулометричним складом ідентична зернистості

W2 гранатів фірми „Barton“. Шліфувально-полірувальні якості граната досліджувалися в межах зернистості М28 і F240 на склі марки З 95-3.

**Результати.** Як показали результати випробувань, гранати Іванівського, Завальєвського родовищ і гранати фірми „Barton“ близькі за шліфувально-полірувальними властивостями. Зіставляючи склад і будову гранатів названих родовищ, можна зробити висновок, що вони близькі за характеристиками. Піропальмандинові і альмандин-піропові гранати з найбільш високими абразивними властивостями поширені серед порід як основного, так і кислого складу. У результаті проведених робіт нами встановлено, що Іванівські і Завальєвські гранати за абразивними властивостями не поступаються гранатам США для обробки екранів, але поступаються в 1,5–2 рази електрокорунду. Принципово можливо використовувати замість поліриту гранат зі збільшенням його витрати у 1,5–2 рази. Результати наших досліджень свідчать про те, що гранати України є перспективною абразивною сировиною, за своїми технічними властивостями не поступаються гранатам світових виробників і є конкурентоздатними на світовому ринку.

**Ключові слова:** гранат, речовий склад, абразивні властивості, родовища гранату, конкурентоспроможність

**Purpose.** To carry out the comparative analysis of abrasive properties of garnets produced in Ukraine at Ivanovskoye and Zavalyevskoe deposits and in the USA at Barton's deposit on the basis of description of geological structure of the deposits and composition, and technological properties of the extracted garnet.

**Methodology.** Chemical composition of the garnets and their microhardness were determined in the Central Laboratory of KP "Yuzhkrgeologiya" in Dnepropetrovsk. Mineral composition of the garnet was calculated using standard formulas of minerals and their indices of reflection. The abrasive properties were tested on the "ЗІМ" grinding-and-polishing machine produced at OOO "Zaporozhabrasyve". The testing method was developed for study of abrasive properties of electro-corundum with the granularity of M28 (GOST 3647-80) and polirit with the granularity of F240. Granularity M28 of garnet extracted from Ivanovskoye and Zavalyevskoe deposits is identical to granularity W2 of garnet from Barton Mines by its granular structure. Polishing qualities of garnet were tested in the range of granularity of M28 and F240 on grade of glass C 95-3.

**Test results** confirmed similarity of grinding and polishing properties of garnet from Ivanovskoye, Zavalyevskoe deposits and garnet produced by Barton International.

Comparing composition and structure of the deposits it is possible to draw a conclusion that the garnets are similar by composition. Pyrope-almandine and almandine-pyrope garnets with the highest abrasive properties appear among the rocks of both basic and acid composition. The conducted work showed that as for screens treatment the garnets extracted from Ivanovskoye and Zavalyevskoe deposits are equal by abrasive properties to the garnets

produced in the USA, but comparing to electrocorundum they are 1.5–2 times less effective. It is possible to use garnet instead of polirit with 1.5–2 times increase of expenses of garnet.

The results of our researches confirmed good prospects of Ukrainian garnet as an abrasive raw material and its competitiveness at the world market.

**Keywords:** garnet, material composition, abrasive properties, garnet deposits, competitiveness

*Рекомендовано до публікації докт. геол. наук В.С. Савчуком. Дата надходження рукопису 10.06.11*

УДК 550.83:504

О.Г. Білашенко<sup>1</sup>,  
П.Г. Пігулевський<sup>1</sup>, канд. геол. наук,  
ст. наук. співроб.,  
О.К. Тяпкін<sup>2</sup>, канд. геол.-мін. наук, ст. наук. співроб.

1 – Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна,  
e-mail: olga-mylife@mail.ru

2 – Інститут проблем природокористування та екології Національної академії наук України, м. Дніпропетровськ, Україна

## ГЕОМЕТРИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИКО-ГЕОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ СХОВИЩ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ УРАНОВОЇ СИРОВИНИ В СЕРЕДНЬОМУ ПРИДНІПРОВ'І

О.Н. Bilashenko<sup>1</sup>,  
P.H. Pihulevskiy<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Geol.),  
Senior Research Fellow,  
О.К. Tyapkin<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Geol.-Min.),  
Senior Research Fellow

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,  
e-mail: olga-mylife@mail.ru

2 – Institute for Nature Management Problems & Ecology of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine

## GEOMETRICAL FEATURES OF PHYSICAL AND GEOLOGICAL MODELS OF URANIUM ORE PROCESSING WASTE STORAGEES IN MIDDLE PRYDNIPROVIA

У теперішній час єдиним безальтернативним шляхом розвитку енергетичного комплексу України є розвиток та активне функціонування ядерної енергетики. Однак розвиток атомної енергетики супроводжується накопиченням значної кількості радіоактивних відходів, які утворюються при видобутку та первинній переробці уранової сировини. Саме зі сховищами відходів збагачення уранових руд пов'язана найбільша потенційна екологічна небезпека в Середньому Придніпров'ї. Ці сховища будувалися в минулому столітті з порушенням норм охорони навколишнього середовища. Перспективним шляхом усебічного вивчення таких об'єктів (у т.ч. оцінки їх сучасного стану, спричиненого раніше й потенційного радіоактивного забруднення навколишньої території) є використання геофізичних методів на базі попередньої розробки відповідних фізико-геологічних моделей. Такі моделі широко використовуються та добре себе зарекомендували в геологорозвідувальному процесі та інженерно-геологічних дослідженнях. Метою даної роботи є узагальнення та типізація геометричних особливостей цих моделей стосовно планування детальних геоекологічних геофізичних досліджень районів сховищ відходів збагачення та переробки уранової сировини. Для розробки необхідних фізико-геологічних моделей узагальнена інформація щодо геометричних особливостей конструкцій сховищ, вміщуючих порід та потенційних напрямів радіоактивного забруднення довкілля. У результаті виділено та побудовано оригінальні моделі 4 типів існуючих сховищ відходів збагачення уранових руд за конструктивними особливостями та знаходженням в сучасному рельєфі: поверхневі, приповерхневі, схилі, ярово-балкові. Ці моделі є основою визначення оптимальної мережі спостережень при проведенні як картувальних, так і моніторингових геолого-геофізичних досліджень задля оперативного та ефективного вирішення геоекологічних та радіологічних задач у районах сховищ відходів збагачення та переробки уранової сировини.

**Ключові слова:** геофізичні методи, потенційне забруднення, радіоактивні відходи, сховища, фізико-геологічна модель

**Вступ.** У теперішній час єдиним безальтернативним шляхом розвитку енергетичного комплексу

України є розвиток та активне функціонування ядерної енергетики, яка зараз забезпечує майже половину виробництва електроенергії в державі. Продовжується нарощування потужностей діючих атомних елект-