

УДК 549.211

З.В.Бартошинський

Львів. Державний університет ім. Івана Франка

ПЕРСПЕКТИВНА ОЦІНКА ЯКОСТІ КІМБЕРЛІТОВИХ АЛМАЗІВ ЗА КОМПЛЕКСОМ ДЕЯКИХ ОЗНАК

Відомо, що на якість кімберлітових алмазів, яка визначає можливість їх технічного використання в тій чи іншій галузі, та на огранку їх у брильянти впливають величина, колір, морфологія кристалів, ступінь збереженості й тріщинуватості, наявність включень, величина напруженості та ряд інших факторів, які при оцінці сировини враховуються в комплексі [2, 3, 5, 6]. Як свідчить світовий досвід, питома вага цих факторів при віднесенні каменю до того чи іншого якісного розряду є різною. Середня вартість одного карата алмазів по родовищу в цілому визначається, головним чином, за вмістом у ньому кристалів, придатних для виготовлення брильянтів і високоякісного інструменту – філь'єрів, накладних каменів для хронометрів, різців тощо. Різниця у вартості між цими категоріями сировини не така разюча, як, наприклад, між їх ціною та ціною низькосортного технічного борту, придатного для виготовлення абразивних порошоків і т.п. Звідси випливає, що при інтегральній оцінці випадкової партії алмазів даного родовища основну увагу треба звертати на ті фактори, які в основному і визначають вміст найбільш якісних каменів.

У роботі [4] В.А.Мілашевим була здійснена оригінальна спроба чисельної оцінки якості алмазів, виходячи з фаціальних умов формування та хімічного складу кімберлітового розплаву. Ним запропонована така формула:

$$K = \frac{CD_{Ti}^{(n)} \sqrt[3]{\pi \cdot Ti_k}}{2ССК(Fe + Ti_k) \cdot Ti_c}, \quad (1)$$

де $CD_{Ti}^{(n)}$ – титановий показник ступеня диференціації кімберлітових розплавів; π – відносна кількість полікристалічних алмазних агрегатів, %; Ti_k – вміст титану в кімберліті, ваг.%; Ti_c – вміст титану в породах субстрату (верхньої мантії), який становить 0,036%; Fe – вміст заліза в кімберліті, ваг.%; $ССК$ – ступінь збереженості кристалів алмаза. Величини $CD_{Ti}^{(n)}$ та $ССК$ вираховуються за окремими формулами. В.А.Мілашев вважає, що існує принципова можливість переходу величини K до її оцінки в грошовому виразі. На жаль, з цієї формули не випливає причинний і логічний зв'язок її основних складових з якістю кристалів алмаза.

Ми пропонуємо емпіричну формулу для перспективної оцінки якості сукупностей кімберлітових алмазів розміром 1 мм і більше, яка враховує три основні групи факторів: морфологію кристалів, їх забарвлення та ступінь збереженості. Вплив кристаломорфологічного фактора (КФ) можна представити як відношення суми (у відсотках за кількістю індивідів) багатогранників I, II, III і (за винятком

індивідів типу III/9) VI груп за класифікацією [1] до суми багатогранників IV, V, VI та VIII груп, кристалів типів III/3 і III/9 та загального вмісту двійників і різноманітних зростків (X-XII групи). Справа полягає в тому, що майже гостроріберні октаедри (I група) та алмази, складені тригональними шарами росту (II група), у більшості випадків представлені подібними до ізометричних багатогранниками, переважно безбарвними або зі слабким відтінком того чи іншого кольору; серед них (порівняно з алмазами інших груп) помітно менше є тріщинуватих каменів і багатогранників з твердими включеннями інших мінералів. Таким чином, серед алмазів указаних груп, як показує досвід, відзначається підвищена кількість кристалів, придатних для виготовлення брильянтів і високоякісного монокристалного інструменту (волоки, різці, склорізи тощо).

Напівокруглі алмази III групи, що складені дитригональними шарами росту і є найпоширенішими в кімберлітах, включають кристали з різноманітними особливостями будови грані, частіше знекшталтовані в тому чи іншому кристалографічному напрямку, серед них помітно більше індивідів з внутрішніми тріщинами, включеннями та забарвлених каменів. Особливо це стосується порівняно рідкісних бузкового кольору груболамінарних октаедрів типу III/9 зі смугами пластичної деформації, які майже завжди є сильно тріщинуватими. Отже, алмази III групи помітно поступаються за вмістом кристалів, придатних для огранки в брильянти та виготовлення високоякісного інструменту, індивідам I та II груп. Найбільше поширені індивіди типу III/3 (комбінаційні багатогранники зі “скалковою” штрихуватістю на поверхнях ромбододекаедра), серед яких, порівняно з іншими кристалами III групи, є досить багато дефектних кристалів, хоча нерідкісні й високоякісні камені. В зв'язку з цим при підрахунку КФ їхній вміст враховується двічі – в чисельнику й у знаменнику. Сказане справедливе і щодо округлих алмазів VI групи, серед яких досить значна кількість помітно знекшталтованих і забарвлених індивідів.

Густозабарвлені комбінаційні багатогранники ряду октаедр-ромбододекаедр, які охоплюють п'ять типів кристалів, не придатні для огранки в брильянти і порівняно рідко можуть слугувати сировиною для виготовлення високоякісного монокристалного інструменту. Це справедливо й щодо алмазів VIII групи, які охоплюють індивіди кубічного і тетрагексаедричного габітусу. Камені V (округлі та напівокруглі індивіди ромбододекаедричного й перехідного габітусів, переповнені включеннями, густозабарвлені, сильно тріщинуваті) та X-XII груп (різні типи полікристалічних зростків, баласи й карбонадо) через свою дефектність придатні лише для виготовлення різного гатунку алмазних порошоків. Що стосується двійників та різного типу зростків із двох-п'яти кристалів, то в більшості випадків вони теж не придатні для огранки та виготовлення високоякісного технічного інструменту. Певним винятком може бути частина сильно сплюснених вздовж однієї з [111] шпінелевих двійників октаедрів трикутної форми.

Забарвлення алмазів у той чи інший колір, особливо – інтенсивне, є дефектом, який часто виключає можливість їх огранки в брильянти; виняток становить так зване колекційне забарвлення, яке трапляється дуже рідко (наприклад, рожеве або голубе). При інших однакових умовах (відповідна величина й форма кристалу, відсутність включень, тріщин тощо) забарвлені алмази можуть слугувати матеріалом для виробництва цінного монокристалного інструменту, але їхня вартість

завжди буде нижчою, ніж у таких же безбарвних каменів, які придатні для виготовлення дорогоцінностей.

Для оцінки впливу забарвлення на вартість партії алмазної сировини пропонується “коефіцієнт забарвлення” (КЗ), який є відношенням відсотка (від кількості кристалів) безбарвних каменів до відсотка забарвлених у той чи інший колір. До перших належать і багатогранники з ледь помітним відтінком того чи іншого кольору.

Ступінь збереженості алмазних кристалів характеризується “коефіцієнтом цілісності”(КЦ), який є відношенням суми (у відсотках від кількості індивідів) цілих, незначно пошкоджених і обламаних (відсутня приблизно третина первісного багатогранника) індивідів до суми розколотих каменів (відсутня приблизно половина первісного індивіда) та різного типу уламків – від тих, які зберегли фрагменти первісної огранки, до безформних зерен і спайних виколків.

Враховуючи значення величини кристаломорфологічного фактора, коефіцієнтів забарвлення та цілісності, показник якості сировини (ПЯС) можна записати за допомогою такої емпіричної формули:

$$\text{ПЯС} = (\text{КФ} \times \text{КЗ}) + (\text{КФ} \times \text{КЦ}). \quad /2/$$

Як бачимо, в цьому виразі величина КФ виступає двічі, що підкреслює роль морфології алмазних кристалів, яка значною мірою пов’язана з забарвленням, люмінесценцією, тріщинуватістю, наявністю твердих включень тощо. Не беручи до уваги того, що формула /2/ описує якість кімберлітових алмазів поверхово, вона достатня для порівняння з її допомогою відносної промислової цінності сировини з різних кімберлітових тіл чи утворених за рахунок їх руйнування розсіпних родовищ. ПЯС характеризує лише середню статистичну вибірку алмазів даного родовища, які розподіляються за тією чи іншою ознакою за логнормальним законом. Для розрахунку ПЯС вибірка повинна складатися приблизно з 200-х алмазів, що задовільно забезпечує відтворення результатів. Підкреслимо, що ПЯС не “претендує” на оцінку сировини в грошовому виразі, хоча його величина змінюється наближено пропорційно до середньої вартості одного карата алмазів того чи іншого родовища. Нарешті, формула не враховує вмісту надзвичайно цінних для електроніки безазотних кристалів або “ураганних” знахідок великих ювелірних каменів, ціна яких може набагато перевищити вартість усього видобутку алмазів родовища за певний час.

У таблиці наведено ПЯС та основні якісні характеристики алмазів з різних кімберлітових трубок і розсіпищ. Проаналізуємо зв’язок між ними.

На рис.1 зображена залежність значення ПЯС алмазів окремих родовищ від величин КФ, КЗ та КЦ. Якщо не враховувати істотний розкид фігуративних точок, то можна зробити висновок, що показник якості сировини найбільше залежить від коефіцієнта забарвлення (білі точки), про що свідчить найбільший кут нахилу відповідної прямої до осі абсцис, і навпаки – він дуже гострий для значень коефіцієнта цілісності кристалів (хрестики), де розкид фігуративних точок теж не менший. Проміжну позицію займає пряма для значень кристаломорфологічного фактора; це стає зрозумілим, якщо враховувати, що морфологія алмазних кристалів певною мірою пов’язана з їхнім забарвленням і макродефектністю. Це ілюструє графік на рис.2, де значення ПЯС пов’язане майже прямою залежністю з величиною добутку КФ x КЗ і – меншою мірою – зі значеннями добутку КФ x КЦ.

Таблиця

Основні якісні характеристики та показники якості алмазів із деяких
кімберлітових трубок та розсипищ

Родовище	Основні якісні характеристики			Показник якості сировини (ПЯС)
	Кристаломорфологічний фактор (КФ)	Коефіцієнт забарвлення (КЗ)	Коефіцієнт цілісності кристалів (КЦ)	
I	2,11	2,74	0,83	7,53
II	1,38	1,82	1,06	3,97
III	2,15	2,40	0,40	6,02
IV	1,09	0,69	1,22	2,08
V	1,08	1,30	1,06	2,54
VI	1,19	2,82	1,19	4,48
VII	3,19	1,24	0,85	6,67
VIII	1,31	1,44	1,00	3,20
IX	1,35	1,08	0,85	2,61
X	1,03	2,32	1,17	3,58
XI	0,68	1,14	2,10	2,21

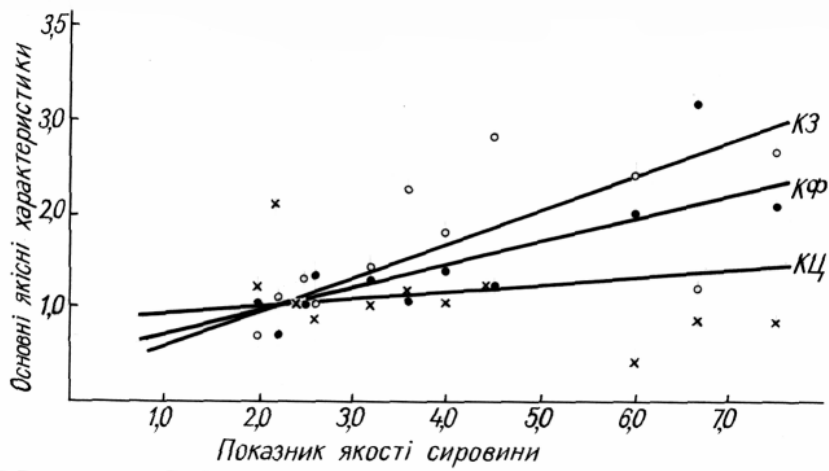


Рис. 1. Графік залежності показника якості сировини від основних якісних характеристик

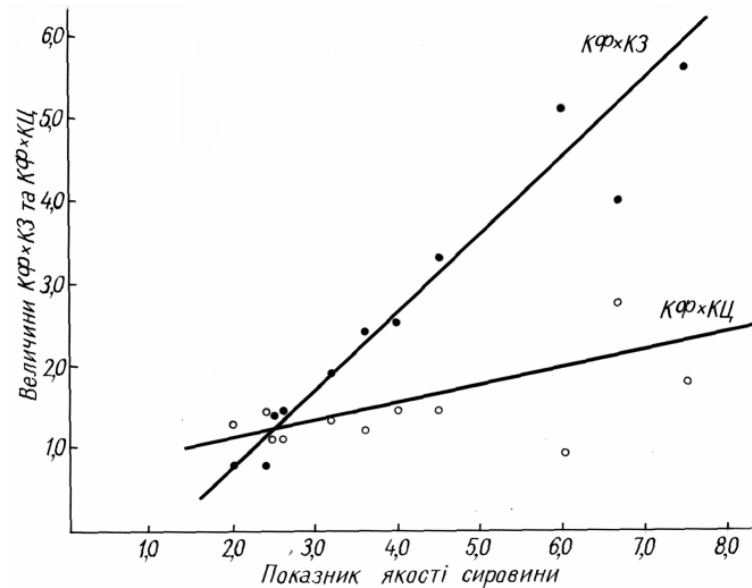


Рис. 2. Графік залежності показника якості сировини від добутоків КФ х КЗ та КФ х КЦ

Досвід показує, що за характером сировини (можливостями її застосування в різних галузях техніки й огранки в брильянти) всі алмазонасні кімберліти та розсипища можна умовно поділити на низько-, середньо- та високоякісні. До першої групи належать родовища, алмази яких характеризуються величиною ПЯС до 3,0. Серед них різко переважає низькогатунковий борт (придатний, головним чином, для виготовлення абразивних порошоків різних марок); каміння для моно-кристального інструменту й огранки мало. До середньоякісних слід віднести кімберлітові тіла й розсипища, алмази яких мають ПЯС від 3,0 до 5,0. Вміст високогатункового технічного каміння та кристалів, придатних для огранки в брильянти, тут значно вищий, становить до третини всієї маси алмазів. Нарешті, високоякісні родовища володіють величиною ПЯС понад 5,0, що зумовлено великим вмістом високогатункової технічної та ювелірної сировини.

Незважаючи на те, що світові ціни на кімберлітові алмази зазнають істотних кон'юнктурних коливань, перспективним є пошук алгоритмів для переведення величин ПЯС у грошовий вираз.

1. Бартошинский З.В. Минералогическая классификация природных алмазов // Минерал. журн. 1983. 5, № 5.
2. Епифанов В.И., Песина А.Я., Зыков Л.В. Технология обработки алмазов в бриллианты. М., 1971.

3. *Корнилов Н.И., Солодова Ю.П.* Ювелирные камни. М., 1983.
4. *Милашев В.А.* Физико-химические условия образования кимберлитов. Л., 1972.
5. *Несмелов А.Ф., Авдонина Н.А.* Алмазные инструменты в машиностроении. М., 1959.
6. *Смит Г.* Драгоценные камни. М., 1980.

Z.V. Bartoshynsky

**PESPECTIVE VALUATION OF KIMBERLITE DIAMONDS
ACCORDING THEIR PROPERTIES**

An empiric formula which in conditional units describes industrial quality of the kimberlite diamonds in dependence on crystal morphology, its color and damage scale have been proposed.

Стаття надійшла до редколегії 16.11.1994