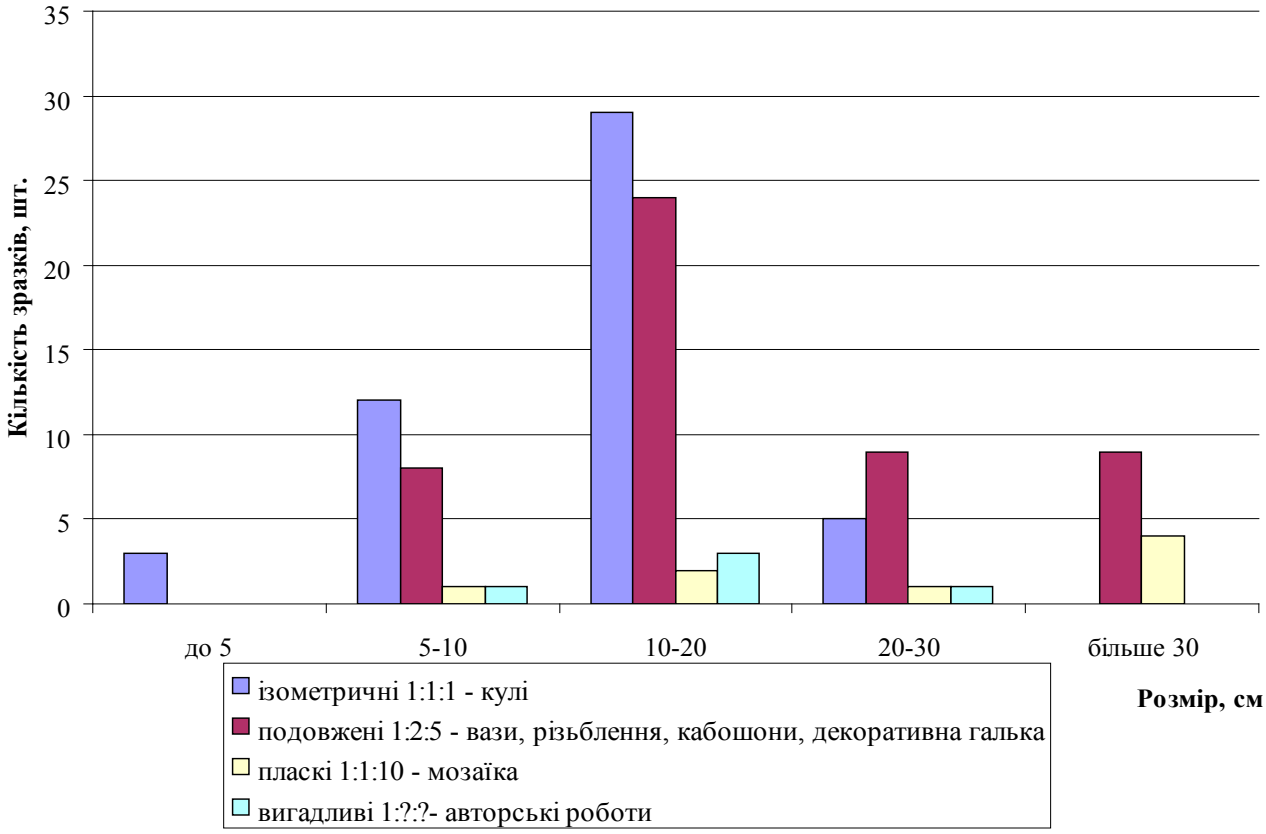


Рисунок 13. *Форма і розміри зразків визначають напрямки використання скам'янілого дерева*

Висновки

1. Мінеральний склад скам'янілого дерева досліджуваного району представлений халцедоном, опалом і кварцом іноді з гетитом і вуглистими речовинами, при цьому цілком збереглася структура вихідного дерева. Виділено 5 мінеральних асоціацій: халцедон-опалова, опал-халцедонова, халцедонова, кварц-халцедонова і гетит-халцедонова.

2. Форма зразків скам'янілого дерева визначається тріщинуватістю і вибірковим руйнуванням. Слушно виділяти наступні групи за формою: подовжені, пласкі, ізометричні, вигадливі.

3. Форма і розмір є базовим критерієм якості при визначенні області застосування скам'янілого дерева, оскільки визначають вид виробу, і, як наслідок – технологію обробки.

Література

1. Киевленко Е.Я., Сенкевич Н.Н., Гаврилов А.П. Геология месторождений драгоценных камней – М.: Недра, 1982. – 280 с.

2. Шевченко С., Баранов П., Фощій М. Самоцвіти України: гемологічне оцінювання і перспективи використання // Вісник НАН України. – 2009. – №5. – С. 36-49.

Інформація про авторів:

П.М. Баранов – професор кафедри загальної і структурної геології, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

С.В. Шевченко – доцент кафедри загальної і структурної геології, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

М.М. Фощій – здобувач кафедри загальної і структурної геології, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

О.В. Петрушенко – студентка групи РР-06-2, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

Е.П. Стрілець – студентка групи РР-06-2, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

В.В. Шуліка – студентка групи РР-06-2, Національний гірничий університет, м. Дніпропетровськ.

Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації

Частина 3. Основні поняття алмазної обробки каміння. Енергоємність обробки деяких видів природного каміння. Вплив властивостей природного каміння на енергоємність його обробки

В.В. ПЕГЛОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук

В.І. СИДОРКО, доктор технічних наук

В.Н. ЛЯХОВ, інженер

О.М. ПОТАЛИКО, інженер

Науково-технологічний алмазний концерн «АЛКОН» НАН України

УДК.679.8. Рассмотрены некоторые основные понятия, используемые в алмазной обработке природных камней. Приведены абсолютные и относительные значения энергоемкости обработки различных видов природных полудрагоценных и декоративных камней. Исследовано влияние прочностных свойств природных камней на энергоемкость их обработки.

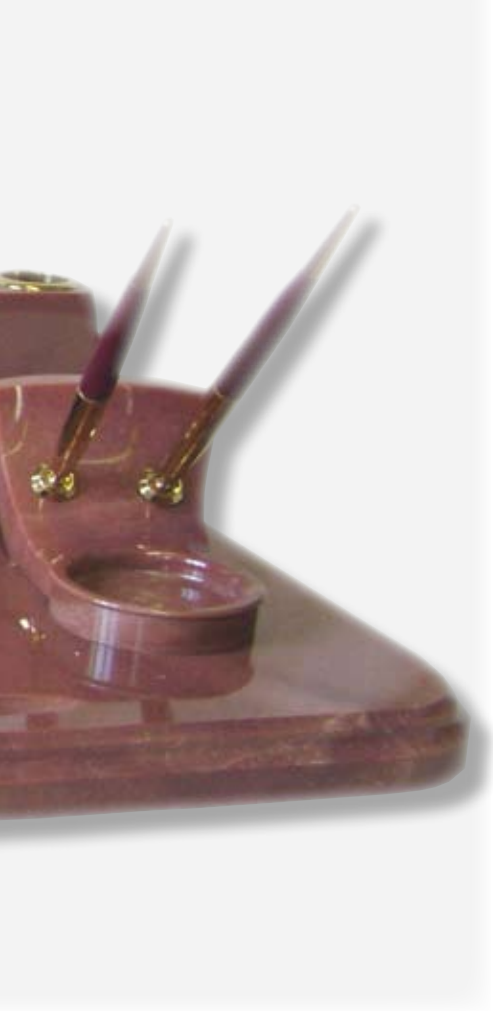
Some basic concepts used in diamond processing of natural stones are considered. Absolute and relative values of processing power consumption of various kinds of natural semiprecious and decorative stones are resulted. The influence of strength properties of natural stones on processing power consumption is considered.

У першій частині даної роботи були розглянуті відомі класифікації природного напівдорогоцінного та декоративного каміння [6], в другій – властивості, що діагностуються у даних групах природного каміння, і вибрані ті з них, які безпосередньо впливають на оброблюваність (енергоємність та трудомісткість алмазної обробки) цього каміння [5].

Вираз, що пов'язує споживану при шліфуванні природного каміння потужність з його фізико-механічними властивостями, можна представити у вигляді [5]:

$$N, e = f\,(T_M, \rho_o, R_{сж}, H),$$

де N, e – відповідно абсолютна споживана потужність шліфування і відносна енергоємність обробки; T_M – твердість за шкалою Мооса; $R_{сж}$ – межа міцності при одноосному стисканні: H – мікротвердість (твердість за Вікерсом); ρ_o – середня щільність гірської породи.



Для подальших досліджень необхідно стисло розглянути деякі основні параметри алмазної обробки природного каміння, до яких можна віднести характеристики алмазовмісного шару інструменту та технологічні параметри процесу обробки (шліфування).

Основними характеристиками алмазовмісного шару прийнято вважати марку використовуваних алмазів, їхній розмір (зернистість), концентрацію та зв'язку.

У каменеобробному виробництві використовуються порошки синтетичних алмазів марок АС 15 – АС 100, які залежно від їх міцнісних властивостей та геометричної форми зерен належать до 4-х груп [8]. Маркою алмазів є середнє значення межі міцності алмазних зерен певної зернистості при статичному стисканні. Значення для марок, що розглядаються, приведені у таблиці 1. У ній також подано геометричні характеристики алмазних зерен даних груп алмазів, тобто синтетичні алмази з вищою міцністю мають здебільшого однакову або подібну геометричну форму, наближену до октаедра, декаедра або куба (рис. 1).

На рисунку 1 видно, що алмази марки АС 15 мають більш просторово розвинену форму, в той час як алмази марки АС 50 мають більш правильну геометричну форму.

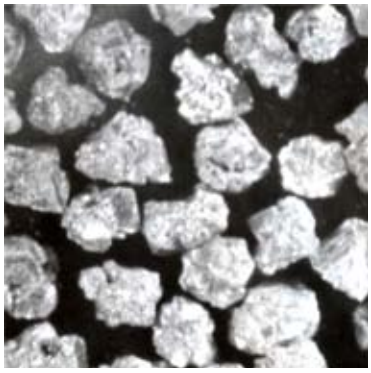
У каменеобробному виробництві використовують алмази широкого діапазону зернистості розміром від 2500 до 0,1 мкм [8]. При маркуванні зернистості синтетичних алмазів зазвичай вказують найбільший і найменший розміри основної фракції алмазів алмазного порошку. Наприклад, марка 315/250 вказує на те, що в алмазовмісному шарі інструменту в основному знаходяться алмази зернистістю від 315 до 250 мкм. Процентний вміст основної фракції синтетичних алмазів саме таких розмірів складає для вживаної у каменеобробці зернистості від 70 до 80 %.

Концентрація алмазів каменеобробного інструменту знаходиться у межах від 25 до 150 %. За 100-відсоткову концентрацію алмазів

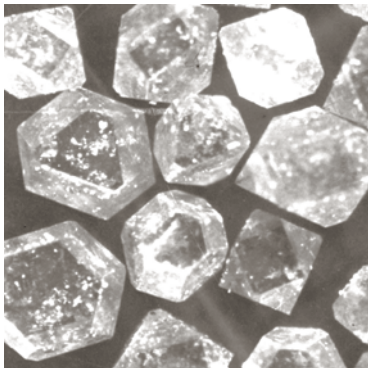
Таблиця 1.

Міцність та характеристики зерен синтетичних алмазів різних марок

Марка алмазів	АС 15, АС 20	АС 32, АС 50	АС 65, АС 80	АС 100
Міцність для порошків зернистістю 200/160, Н	15,0 – 20,0	36,0 – 50,0	65,0 – 79,0	99,0
Характеристика	Зерна алмазів представлені агрегатами, зростками і подовженими кристалами з коефіцієнтом форми зерен від 1,3 до 3,0	Зерна алмазів представлені кристалами, зростками і агрегатами з коефіцієнтом форми зерен не більше 1,2	Зерна алмазів представлені кристалами, зростками і агрегатами з коефіцієнтом форми зерен 1,1 – 1,2	Зерна алмазів представлені кристалами, зростками з коефіцієнтом форми зерен не більше 1,1



а



б

Рисунок 1.
Геометрична форма природних алмазів різних марок:
а – АС 15;
б – АС 50

приймають таку концентрацію їх в алмазовмісному шарі інструменту, коли 1 см^3 шару містить 4,4 карата (ct) синтетичних алмазів.

Як зв'язки у каменеобробці використовують складні багатокомпонентні металеві зв'язки на основі порошків міді, олова, заліза, алюмінію, цинку та кобальту (наприклад, М2-01, М10-01 та ін.) [12]. Головною характеристикою зв'язки вважають її твердість за Бринелем *(HRB)*, яка для металевих зв'язок знаходиться у діапазоні 70 – 90. Окрім цього, на операціях чистового шліфування, а іноді й чорнового використовують еластичні органічні зв'язки.

Основними технологічними параметрами процесу каменеобробки вважають швидкість та тиск обробки, а також наявність змащувально-охолоджувального технологічного середовища (ЗОТС).

Відносна швидкість обробки (алмазного шліфування) природного напівдорогоцінного і декоративного каміння коливається у широких межах: від 0,25 м/с при ручній обробці і до 25 м/с при механізованій обробці на спеціальному верстаті.

Питомий тиск обробки залежить від потужності вживаного каменеобробного устаткування і не може перевищувати межі міцності при стисканні для даного виду каменю. Фактичне значення допустимих навантажень обробки для більш повно вивчених силікатних систем, наприклад скла, використовують у декілька разів (8–10) нижче [2].

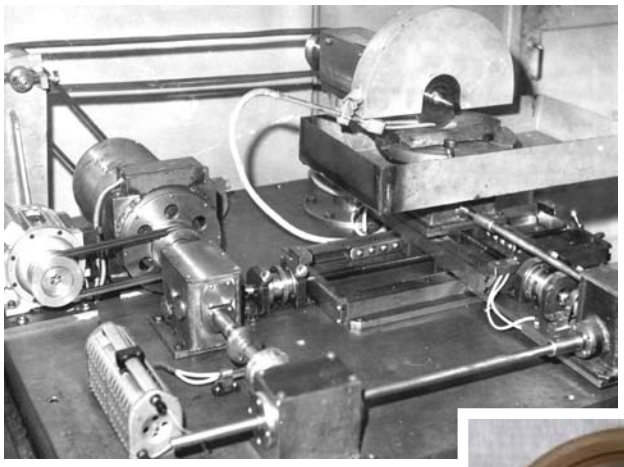


Рисунок 2. Устаткування та інструмент, які використовували при визначенні енергоємності обробки природного каміння: а – установка; б – інструмент

Як ЗОТС, наприклад, під час буріння свердловин для пошуку золота використовується рідина на основі емульсолу Е2–ЕД [9]. У більшості випадків при обробці природного каміння даних груп як ЗОТС використовують воду або воду з домішками (наприклад, содою). У деяких випадках при обробці твердих видів каміння використовують оливу.

Для вивчення енергоємності обробки (шліфування) природного каміння застосовували експериментальна установку [10] (рис. 2 а), а як інструмент використовували спеціальний алмазний круг із двостороннім конічним профілем виду 1ЕЕ1Х 125-3-30^0-32 [7] (рис. 2 б). Інструмент мав наступні параметри алмазовмісного шару: АС 32 315/250-50 М2-01.

Технологічні параметри проведення експериментальних досліджень представлені у таблиці 2.

Для досліджуваних видів природного каміння потужність (*N*), споживану при шліфуванні, розраховували, виходячи із сил опору, що діяли при шліфуванні. Ці сили визначали відомими методами з використанням напівпровідникової мостової схеми, зібраної з тензодатчиків, підсилювача та осцилографа.

Для обробки (як зразок) використовували деталі (підставки – рис. 3 а, б) різних виробів з напівдорогоцінного і декоративного природного каміння (рис. 3 в, г) [11]. У цих підставках виконувалися сферичні заглиблення.

Відносну енергоємність обробки (***e***) визначали стосовно енергоємності мармурового оніксу Карлюкського родовища (Казахстан) як матеріалу, що показав найменше значення енергоємності обробки з усіх досліджених видів природного каміння.

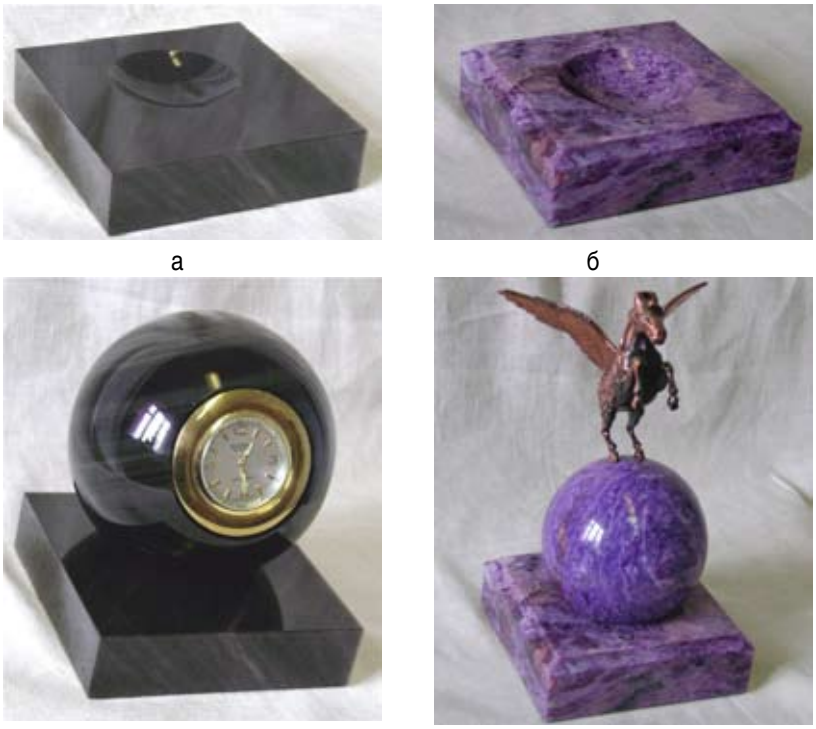
Значення споживаної при обробці цих каменів потужності (табл. 3) приведені у порядку зростання. Середні помилки експериментальних досліджень визначення споживаної потужності *(Δ)* не перевищували 20 %.

З таблиці 3 виходить, що відносна енергоємність обробки значно розрізняється і знаходитися у межах ***e*** = 1,0 – 2,0. Водночас можна відмітити, що кількісні значення споживаної при обробці потужності близь-

Таблиця 2.

Технологічні параметри обробки

Технологічні параметри	Од. вимірювання	Кількісні значення
1. Частота обертання інструмента	об./хв.	3000
2. Частота обертання столу	об./хв.	1,5
3. Вертикальна подача на один оберт столу	мм/об.	5,0
4. Споживана потужність	кВт	2,2



а б в г

Рисунок 3. Деталі (а, б) виробів (в, г), які використовували при дослідженні енергоємності обробки

Таблиця 3.

Потужність і відносна енергоємність обробки природного напівдорогоцінного і декоративного каміння

Тип природного каменю	Родовище	Країна	*N*, кВт	*e*, відн. од.
1. Мармуровий онікс	Карлюкське	Казахстан	1,03	1,0
2. Флюорит	Чибаргатське	Узбекистан	1,19	1,16
3. Офіокальцит	—	Росія	1,20	1,17
4. Лазурит	—	Росія	1,21	1,20
5. Обсидіан	—	Вірменія	1,32	1,28
6. Біломорит	—	Росія	1,33	1,29
7. Серпентиніт	Чусовське	Росія	1,38	1,34
8. Роговик	—	Росія	1,46	1,42
9. Кварцит	Овруцьке	Україна	1,62	1,57
10. Яшма технічна	—	Росія	1,76	1,71
11. Нефрит	Кольське	Росія	1,80	1,75
12. Кварц-моріон	—	Україна	1,80	1,75
13. Яшма	Орське	Росія	1,81	1,76
14. Агат-перелівт	—	Росія	1,86	1,81
15. Джеспіліт	Криворізьке	Україна	1,88	1,83
16. Кремінь	Московське	Росія	1,92	1,86
17. Жадеїт	Верхньоусурійське	Росія	1,98	1,92
18. Халцедон	Джамбульське	Казахстан	2,05	1,99
19. Скам'яніле дерево	—	Україна	2,06	2,0
20. Агат технічний	—	Росія	2,06	2,0

кі для оніксу, флюориту та офіокальциту; обсидіану, біломориту та серпентиніту; агату, скам'янілого дерева та халцедону і т. ін., що створює передумови для об'єднання досліджуваних видів каміння у групи з близькими значеннями коефіцієнтів відносної енергоємності обробки.

Для визначення впливу міцнісних властивостей на відносну енергоємність обробки з усіх досліджених видів каменів (табл. 3) були відібрані мармуровий онікс, офіокальцит, серпентиніт, біломорит, яшма технічна, джеспіліт, кварцит та халцедон. Міцнісні властивості цих каменів приведені раніше [5] або відомі з літератури [4, 1]. З усіх фізико-механічних властивостей розглядалися твердість за шкалою Мооса та межа міцності при одноосному стисканні, як найбільш важливі на наш погляд.

На рисунку 3 графічно представлені апроксимовані лінійними функціями виду $Y = \kappa X + b$ з використанням методу найменших квадратів та застосуванням програмного пакета «Mathcad 2000 Pro» [3] залежності відносної енергоємності обробки вибраних каменів від їх міцнісних властивостей: межі міцності при стисканні (1) і твердості за шкалою Мооса (2). У даних виразах κ і b – коефіцієнти регресії.

З рисунка видно, що для даних видів природних каменів каменям з вищими значеннями міцнісних властивостей відповідають і вищі значення відносної енергоємності обробки.

У таблиці 4 приведені дані коефіцієнтів регресії для цих залежностей і середні помилки апроксимацій.

Аналізуючи коефіцієнти регресії для залежностей, представлених на рисунку 3, можна відмітити, що вплив межі міцності при стисканні дещо перевищує вплив твердості (за шкалою Мооса). Для цих залежностей середня помилка апроксимацій (Δ) не перевищує 10 %, що

свідчить про об'єктивність цих закономірностей.

Однак дані залежності не слід розглядати як привід для розрахунку енергоємності обробки природних каменів, а лише як свідчення існуючих тенденцій.

Вплив решти фізико-механічних та якісних властивостей (мікротвердості і середньої щільності) аналогічний розглянутим властивостям і відрізняється лише меншими абсолютними величинами свого впливу на процес обробки природних каменів.

Отримані результати є підставою для об'єктивного розподілу природного каміння за групами відповідно до енергоємності їх обробки, що дозволить кваліфіковано призначати технологічні параметри обробки каменів залежно від їх приналежності до тієї або іншої групи, а це особливо актуально при виготовленні виробів з каменю.

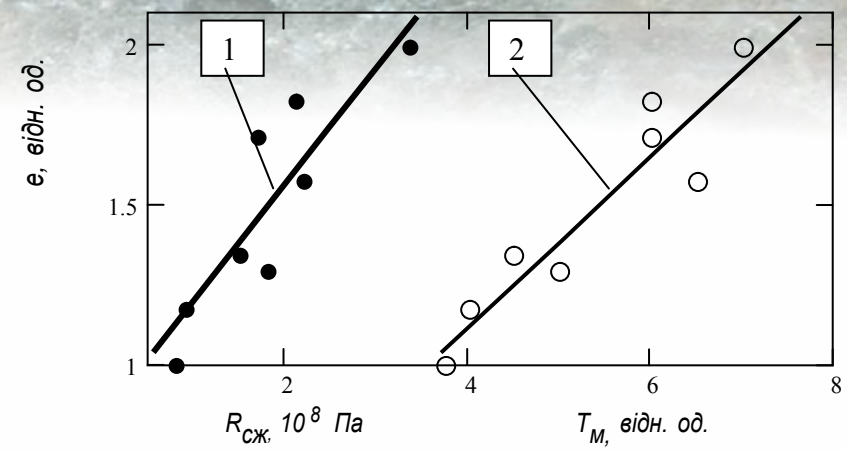


Рисунок 3. Залежність відносної енергоємності обробки природних каменів від їх міцнісних властивостей: межі міцності при стисканні (1); твердості за шкалою Мооса (2)

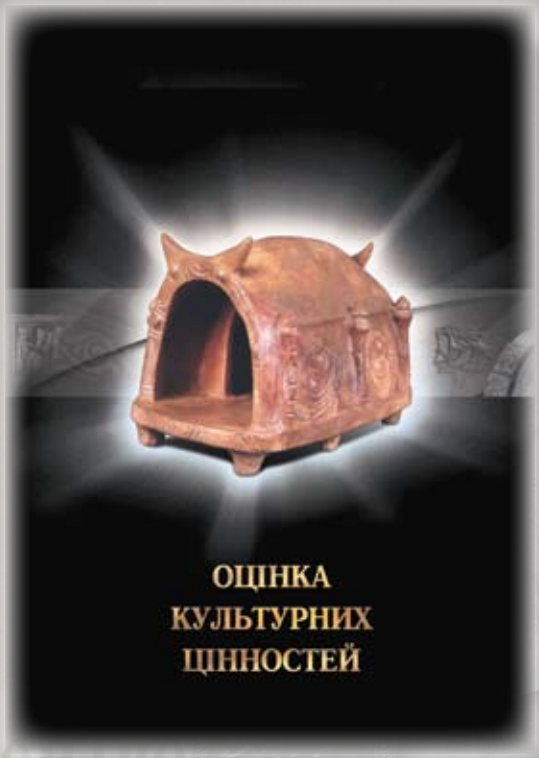
Таблиця 4.

Коефіцієнти регресії для залежностей відносної енергоємності обробки природних каменів від їх міцнісних властивостей

Найменування показників	Коефіцієнти регресії		Помилки апроксимації %
	к	b	Δ
Межа міцності при стисканні	0,374	0,815	8,3
Твердість за шкалою Мооса	0,266	0,067	6,6

Література

1. Григорович М.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. – Декоративно-облицовочные камни / Под ред. Е.А. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1977 – 90 с.
2. Китайгородский И.И., Сильвестрович С.И. Справочник по производству стекла. Т.1. – М.: ГИЛПСАИСМ, 1963. – 1026 с.
3. Кудрявцев Е.М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 572 с.
4. Митрофанов Г.К., Шпанов И.А. Облицовочные и поделочные камни СССР. – М.: Не-дра, 1970. – 200 с.
5. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 2. Фізико-механічні властивості напівдорогоцінного і декоративного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – Київ: Вид-во ДГЦ МФУ, – 2009. – № 3 (57). – С. 16 – 21.
6. Сидорко В.І., Пегловський В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 1. Системи класифікації природного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – Київ: Вид-во ДГЦ МФУ. – 2009. –№ 2 (56) – С. 8 – 11.
7. ГОСТ 16179–91. Круги алмазные шлифовальные плоские с двусторонним коническим профилем форм 1ЕЕ1Х и 14ЕЕ1Х. Основные размеры. Введ. 01.01.83.
8. ДСТУ 3292-95 Порошки алмазні синтетичні. Введ. 01.01.95 р.
9. Емульсол Э2 ЕД ТУ У 24.6–30740752–002.2006.
10. Машина для обработки твердых и хрупких неметаллических материалов / Водяник Г.М., Рылеев Э.В., Бобровский Е.И., Ляхов В.Н., Хижниченко В.Н. // А.с. 334083 СССР, МКИ В 28d 1/04, В 26d 5/22. – Заяв. 20.04.70, Опубл. 30.03.1980, Бюл. № 12.
11. Пат. 13222 Україна, МКПО 10 – 01. Годинник / В.І. Сидорко, В.Н. Ляхов, В.В. Пегловський, О.М. Поталико. – Заявл. 28.09.05; Опубл. 15.12.06, Бюл. № 12.
12. Связки металлические СТП 90.502-85. Введ. 01.09.85.



Книга написана за регламентом навчальної програми курсів експертів-оцінювачів при Державному гемологічному центрі України. Розглянуті основні питання ідентифікації, загальної класифікації, наукової атрибуції, визначення якісних характеристик і прогнозування вартості культурних цінностей.

Подані практичні рекомендації щодо визначення споживчої цінності та базової вартості пам'яток культури; описані критерії та методика обрахування їх оціночної вартості, а також представлена добірка стислих нарисів з історії окремих видів пам'яток культури. Для опанування навичками практичної експертизи запропоновані численні приклади атрибуції й оцінки пам'яток культури різних видів.

Видання розраховане на широкий загал працівників музеїв, колекціонерів, аукціоністів та підприємців, зайнятих у сфері торгівлі антикварними речами, а також рекомендоване для повсякденного використання у роботі працівниками митних служб і уповноваженими посадовими особами Міністерства культури і туризму України.

До Вашої уваги !!!

Державний гемологічний центр України запрошує слухачів на одноденні навчальні семінари за темами:

- *„Коштовне каміння";*
- *„Основи експертної оцінки культурних цінностей із вмістом природного каміння";*
- *„Основи експертної оцінки готових виробів із каміння".*

Детальну інформацію щодо проведення семінарів можна дізнатися за тел./факс. 8 (044) 495-54-84, тел. 8 (044) 495-54-85.

Контактні особи:

Осійчук Ірина Володимирівна,

Татарінцева Катерина Володимирівна.