

# Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації

## Частина 2. Фізико-механічні властивості напівдорогоцінного та декоративного каміння

**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 основные свойства, диагностируемые в группах полудрагоценных и декоративных камней. Выбраны те из них (прежде всего – прочностные свойства), которые оказывают наибольшее влияние на энергоёмкость и трудоёмкость обработки природных камней.*

*The basic properties diagnosed in groups of semiprecious and decorative stones are considered. Those are chosen from them (first of all strength properties) which the greatest impact on power consumption and labour input of processing of natural stones make.*

У першій частині даної роботи були розглянуті відомі класифікації природного напівдорогоцінного та декоративного каміння, зокрема, класифікація, прийнята в Україні [9]. Висунуто припущення про те, що об'єктивними показниками, що характеризують природне каміння даних груп, можуть бути ті, які визначають його оброблюваність (енергоємність і трудомісткість обробки) [2].

Наявна на сьогодні інформація не є достатньою для пояснення, за допомогою яких саме чинників формуються ті чи інші властивості природного каміння. При цьому відомо, що певну роль у формуванні цих властивостей грають умови утворення природного каменю (температура, тиск, час утворення), взаємодія каменю, що утворився, із зовнішнім середовищем, вид каменю (мінерал або гірська порода), вид мінералу (монокристал або полікристал), мінералогічний та хімічний склад каменю і деякі інші.

Прийнята в Україні методика досліджень властивостей природного напівдорогоцінного та декоративного каміння передбачає визначення різних показників для цих груп каменю.

Комплекс властивостей, який вивчають у напівдорогоцінного каміння, визначається відповідно до методичних рекомендацій по їх діагностиці і експертизі [2].

До основних властивостей групи напівдорогоцінного каміння відносять наступні: твердість за шкалою Мооса, щільність, спайність,

злам, форми виділення (структура), ступінь прозорості, рефракція і двозаломлення. Визначення даних властивостей зумовлює використання спеціального діагностичного устаткування: рефрактометрів, полярископів, вагів гідростатичного зважування і т. ін. [1].

Окрім перерахованих властивостей, існують показники якості, за якими проводиться оцінка напівдорогоцінного каміння. До них відносять: просвічуваність, насиченість кольору, розміри бездефектних областей, включення другорядних мінералів, тріщинуватість, наявність малюнка, поліхромність, контрастність малюнка, розміри текстуроутворюючих елементів та ін.

Необхідно відмітити, що деякі з даних груп природного каміння є природними мінералами. До них відносять, наприклад, гематит, гетит, опал, кварц, аметист, халцедон, нефрит, жадеїт, Таблиця 1.

**Твердість за шкалою Мооса і щільність деяких видів напівдорогоцінного каміння**

№ з/п	Найменування каменю. Родовище. Країна	Твердість за шкалою Мооса $T_M$ , відн. од.	Середня щільність $\rho_0$ , г/см <sup>3</sup>
1	Флюорит. Чибаргатське. Узбекистан	3,5 – 4,0	3,10 – 3,20
2	Лиственіт. Ленінське. Росія	3,5 – 4,0	2,50 – 2,70
3	Малахіт. Високогірське. Росія	3,5 – 4,0	3,75 – 3,95
4	Серпентиніт. Чусовське. Росія	3,5 – 4,0	2,20 – 2,90
5	Офіокальцит. Росія	3,5 – 4,0	2,50 – 2,70
6	Чароїт. Мурунське. Росія	5,0 – 5,5	2,54 – 2,68
7	Обсидіан. Вірменія	5,0 – 5,5	2,30 – 2,60
8	Амазоніт. Гора Плоска. Росія	6,0 – 6,5	2,56 – 2,58
9	Порфір. Шавасайське. Узбекистан	5,5 – 6,5	2,58 – 2,65
10	Родоніт. Алтин-Топканське. Таджикистан	5,5 – 6,5	3,40 – 3,70
11	Яшма. Маломуйнаковське. Росія	6,0 – 6,5	2,58 – 2,91
12	Яшма. Калканське. Росія	6,0 – 6,5	2,58 – 2,91
13	Нефрит. Кольське. Росія	6,0 – 6,5	2,90 – 3,10
14	Нефрит. Східно-Сибірське. Росія	6,0 – 6,5	2,90 – 3,10
15	Жадеїт. Верхньоусурійське. Росія	6,5 – 7,0	3,20 – 3,50
16	Скам'яніле дерево. Коркинське. Україна	6,0 – 7,0	2,58 – 2,64
17	Кварцит. Овруцьке. Україна	6,0 – 7,0	2,50 – 2,67
18	Кремій. Онезьке. Росія	6,0 – 7,0	2,42 – 2,60
19	Халцедон. Тас-Калганське. Узбекистан	6,5 – 7,0	2,58 – 2,64
20	Халцедон. Джамбульське. Узбекистан	6,5 – 7,0	2,58 – 2,64

кальцит, арагоніт, доломіт та ін. Мінерали – однорідні природні неорганічні сполуки, що мають певні постійні фізичні властивості та хімічний склад [3].

Переважає більшість видів декоративного та напівдорогоцінного природного каміння є гірською породою (граніти, лабрадорити, габро, мармури, мармурові онікси, яшми, серпентиніти, обсидіани та ін.). Гірські породи – агрегати однакових або різних мінералів, які утворюють геологічні тіла значних розмірів [3].

Основними властивостями, що характеризують гірські породи, прийнято вважати: мінералого-петрографічні характеристики, декоративність, щільність та пористість, водопоглинання, поріг міцності при стисканні і зниження його при стисканні у водонасиченому стані, міцність на розтягування і згинання, опір ударним навантаженням, стираність, мікротвердість, моро-

зостійкість, кислотостійкість, солестійкість, тріщинуватість, можливість приймати поліровку та деякі інші [6].

Для визначення даних властивостей також застосовують спеціальне устаткування, наприклад, розривні машини [7], а в деяких галузях промисловості, зокрема у вугледобувній, визначається значне число спеціальних показників, що характеризують властивості гірських порід.

Дослідження властивостей природних каменів цих двох груп ставить перед собою завдання розподілити їх види за енергоємністю та трудомісткістю обробки.

Із всього різноманіття властивостей [2], які діагностуються у напівдорогоцінного каміння (у більшості своїй мінералів), показниками, що впливають на процеси їх алмазної обробки (оброблюваність), є твердість за шкалою Мооса ( $T_M$ ) і щільність ( $\rho_0$ ), які визначаються відповідно до методик [1].

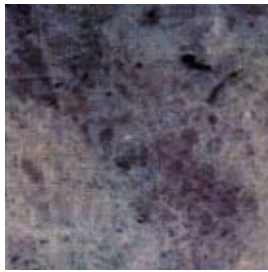
Твердість – властивість матеріалу чинити опір при місцевих контактних руйнуваннях або крихкому руйнуванні у поверхневому шарі [3]. Цей опір речовини зовнішній механічній дії для природних мінералів і гірських порід визначається по методу, запропонованому німецьким мінералогом Фрідріхом Моосом, шляхом порівняння твердості поверхні досліджуваного матеріалу з твердістю поверхні ряду еталонних матеріалів, твердість яких відома.

Щільність – маса одиниці об'єму речовини, що вважається фізичною величиною. Проте для природних каменів під щільністю ми маємо на увазі їх середню щільність, оскільки більшість з даних природних каменів є гірськими породами, тобто конгломератами різних мінералів, що характеризуються неоднорідністю свого складу і властивостей, а крім того, мають пори, тріщини і т. ін. [3].

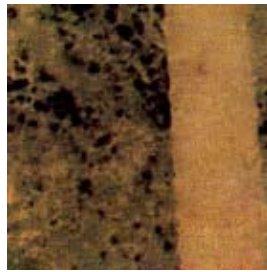
У таблиці 1 представлені дані про твердість деяких видів природного напівдорогоцінного каміння за шкалою Мооса та їх щільність. Дані наведені в порядку зростання твердості.



Приклади текстур полірованих поверхонь деяких видів напівдорогоцінного каміння різного походження



Флюорит.  
Чибаргатське



Лиственіт.  
Ленінське



Нефрит.  
Кольське



Малахіт.  
Високогірське



Нефрит.  
Східно-Сибірське



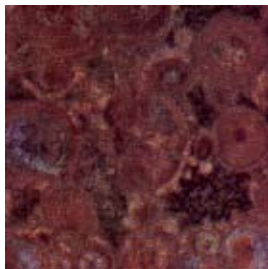
Офіокальцит.  
Росія



Обсидіан.  
Вірменія



Амазоніт.  
Гора Плоска



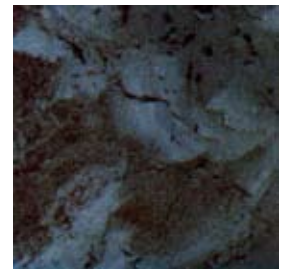
Порфір.  
Шавасайське



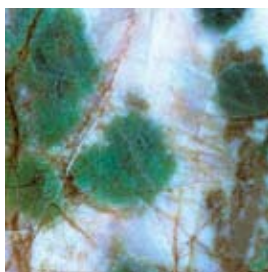
Родоніт.  
Алтин-Топканське



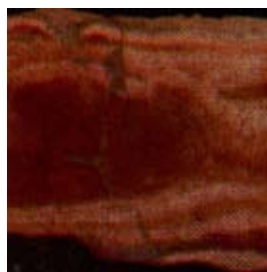
Яшма.  
Маломуйнаковське



Яшма.  
Калканське



Жадеїт.  
Верхньоусурійське



Креміль.  
Онезьке



Халцедон.  
Тас-Калганське



Халцедон.  
Джамбульське

Таблиця 2.

Основні фізико-механічні властивості декоративного каміння з родовищ України

№ з/п	Гірська порода. Родовище	Середня щільність $\rho_0$ , г/см <sup>3</sup>	Міцність при стисканні $R_{сж}$ , МПа	Стираність $G$ , г/см <sup>2</sup>
1	Мрамур. Біюк-Янкойське	2,69	128	–
2	Мрамур. Кам'янецьке	2,66 – 2,69	80 – 140	0,93 – 1,29
3	Мрамур. Новоселицьке	2,68 – 2,68	108 – 153	1,84 – 2,77
4	Мрамур (брекчія). Зіброволузьке	2,63 – 2,88	91 – 128	0,52 – 1,33
5	Габро. Сліпчицьке	2,97	135 – 197	0,45 – 0,69
6	Лабрадорит. Кам'яна Піч	2,53 – 2,64	55 – 77	0,11
7	Лабрадорит. Турчинське. Новий Бобрик	2,68	252	0,26
8	Лабрадорит. Головинське	2,84	99 – 154	0,42 – 0,59
9	Граніт. Янцівське	2,64	150 – 250	0,17
10	Граніт. Софіївське	2,57 – 2,75	101 – 153	0,5
11	Граніт. Гайворонське	2,58 – 3,20	157 – 333	–
12	Граніт. Жежелівське	2,72	204 – 217	0,28 – 0,39
13	Граніт. Корсунь-Шевченківське	2,57 – 2,67	100 – 154	–
14	Граніт. Олександрівське	2,64	270 – 280	0,15
15	Граніт. Коростишівське	2,60	227	0,18
16	Граніт. Корнинське	2,74	156	0,48
17	Граніт. Лезниківське	2,64	217 – 270	–
18	Граніт. Крошнянське	2,66	150 – 200	0,39
19	Граніт. Омелянівське	2,68	128 – 145	0,22
20	Граніт. Ольшаницьке	2,66	230	0,23

Таблиця 3.

Твердість за шкалою Мооса і мікротвердість деяких видів природного каміння

Група твердості	Твердість за шкалою Мооса $T_M$ , відн. од.	Мікротвердість (за Вікерсом) $H$ , ГПа
Камені м'які та середньої твердості	3 – 5	1,8 – 5,5
Тверді камені	6 – 7	8 – 12,5

Властивості декоративного природного каміння, що мають відношення до їх оброблюваності, визначаються такими основними фізико-механічними показниками [6]: порогом міцності при одноосному стисканні ( $R_{сж}$ ), середньою щільністю гірської породи ( $\rho_0$ ) та стираністю ( $G$ ). Вказані властивості природного декоративного каміння визначаються відповідно до методик [7]. У таблиці 2 приведені дані по цим фізико-механічним властивостям для деяких видів декоративного природного каміння, що добувається в Україні.

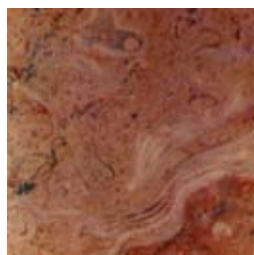
Приведений вище показник стираності ( $G$ ) є ваговою продуктивністю шліфування каменю з використанням вільного, багато разів змінюємого абразиву (карбіду кремнію або кварцового піску) без застосування змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР), тобто є технологічним показником іншого виду процесу обробки каменю, що не має безпосереднього відношення до алмазного шліфування і надалі нами не розглядається.

Деякі автори, окрім вказаних показників, вважають за необхідне характеризувати гірські породи за показником мікротвердості (твердості за Вікерсом) або за склерометрією [5]. Визначення цього показника проводиться з використанням приладу мікроскопу-мікротвердомету (ПМТ-3), відповідно до методики [6], при цьому як індентор використовується алмазна ромбоподібна піраміда з кутом при вершині 136 градусів, при навантаженні  $1 \pm 0,05$  Н або  $0,5 \pm 0,025$  Н залежно від досліджуваного матеріалу.

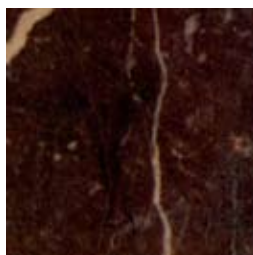
У таблиці 3 приведені дані, що дозволяють зіставити мікротвердість та твердість за шкалою Мооса.

І хоча вважається, що мікротвердість даних видів каменів обмежується твердістю кварцу (12,5 ГПа), в деяких природних каменях (яшмах, кварцитах) зустрічаються області, значення мікротвердості в яких може сягати 13–18 ГПа.

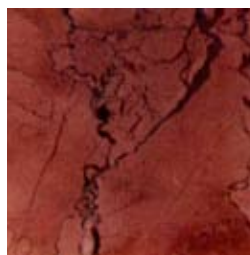
Приклади текстур полірованих поверхонь декоративного каміння з родовищ України



Мармур.  
Біюк-Янкойське



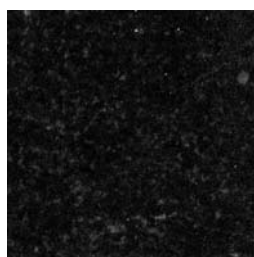
Мармур.  
Кам'янельське



Мармур.  
Новоселицьке



Мармур (брекчія).  
Зіброволузьке



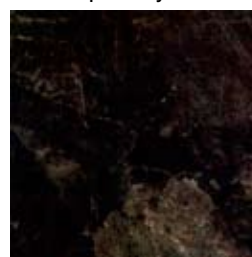
Габро.  
Сліпчицьке



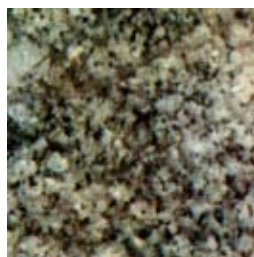
Лабрадорит.  
Кам'яна Піч



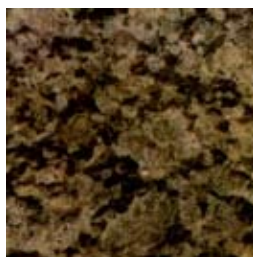
Лабрадорит.  
Турчинське



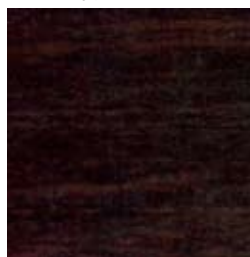
Лабрадорит.  
Головинське



Граніт.  
Янцівське



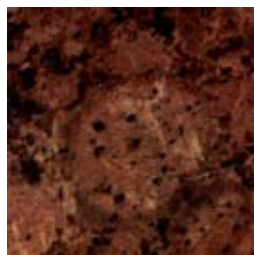
Граніт.  
Софіївське



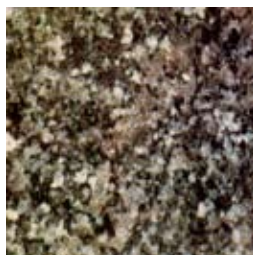
Граніт.  
Гайворонське



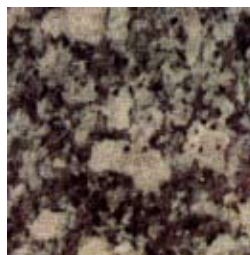
Граніт.  
Жежелівське



Граніт.  
Корсунь-Шевченківське



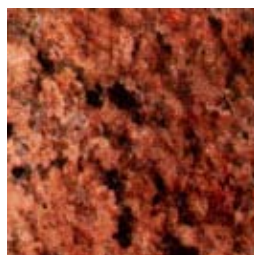
Граніт.  
Олександрівське



Граніт.  
Коростишівське



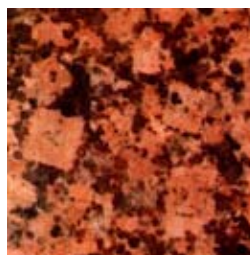
Граніт.  
Корнинське



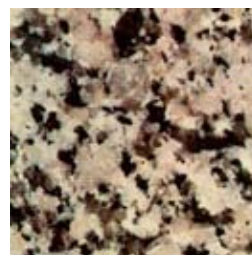
Граніт.  
Лезниківське



Граніт.  
Крошнянське



Граніт.  
Омелянівське



Граніт.  
Ольшаницьке



Таким чином, можна вважати, що основними фізико-механічними властивостями, загальними для даних груп каменів, що безпосередньо впливають на їх оброблюваність (енергоємність, трудомісткість), є: твердість за шкалою Мооса ( $T_M$ ), межа міцності при одноосному стисканні ( $R_{сж}$ ), мікротвердість ( $H$ ) та середня щільність породи ( $\rho_0$ ).

Серед цих фізико-механічних показників природного камення перші три ( $T_M$ ,  $R_{сж}$ ,  $H$ ) безпосередньо характеризують властивості їх міцності. Міцність – властивість матеріалів сприймати ті або інші силові дії за певних умов і у певних межах [3].

Щільність ( $\rho_0$ ), як вказувалось вище, не будучи фізичною величиною для гірських порід (конгломератів полікристалічних систем), є лише одним з показників якості матеріалу (каменю) [8].

Виходячи з викладеного, можна стверджувати, що основні показники, які характеризують об-

роблюваність (енергоємність та трудомісткість обробки) природного камення даних груп, пов'язані з вибраними показниками міцності та якісними властивостями цих каменів:

$$Q, N = f (T_M, \rho_0, R_{сж}, H)$$

Таким чином, дослідження оброблюваності різних видів природного камення разом з вивченням їх фізико-механічних властивостей та хімічного складу створить основу для достовірного визначення технологічних параметрів (продуктивності, трудомісткості, енергоємності) обробки каменю та виготовлення виробів з нього в каменеобробному виробництві.



#### Література

1. Андерсон Б. Определение драгоценных камней. Пер. с англ. Булгака Л.В. – М.: Мир, 1983. – 456 с.
2. Індутна Т.В. Напівдорогоцінне каміння // Метод. посіб. по діагностиці та експертизі. – Київ: Вид. ДГЦ МФУ. – 1997. – 43 с.
3. Лидин Г.Д., Воронина Л.Д., Каплунов Д.Р. Горное дело. Терминологический словарь. – М.: Недра, 1990. – 694 с.
4. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного камення – об'єктивна основа його класифікації. Частина 1. Системи класифікації природного камення // Коштовне та декоративне каміння. – Київ: Вид-во ДГЦ МФУ. – 2009. –№ 2 (56). – С. 8 – 11.
5. Добыча и обработка природного камня. Справочник / Под. ред. Смирнова. А.Г. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
6. ГОСТ 30629-99. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний. Введ. 01.01.2001.
7. ГОСТ 28840-90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические условия. Введ. 01.01.93.
8. ДСТУ Б В.2.7-16-95. Будівельні матеріали. Матеріали стінні кам'яні. Номенклатура показників якості.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 27.07.94 р. № 512 «Про загальну вартість та оцінку вартості природного камення».