

Міністерство освіти і науки України  
Житомирський державний технологічний університет

На правах рукопису

Шамрай Володимир Ігорович



УДК 622.027 + 679.8.02

**УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ГІРСЬКИХ  
ПОРІД НА ОСНОВІ ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ**

05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата  
технічних наук

Науковий керівник:  
Коробійчук Валентин Вацлавович,  
кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2017

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН КАМЕНЕДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ, МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Сучасний стан мінерально-сировинної бази природного облицювального каменю України.....	10
1.2. Аналіз напрямів використання декоративного каменю та визначення властивостей високоміцних гірських порід.....	15
1.3. Аналіз існуючих технологій полірування з використанням різного інструменту для полірування виробів з каменю.....	20
1.4. Вивчення стану питання.....	23
1.5. Постановка задач дослідження.....	26
Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ.....	30
2.1. Об’єктивні та суб’єктивні методи визначення якісних властивостей природного облицювального каменю .....	30
2.2. Вивчення та оцінка властивостей високоміцних гірських порід..	33
2.3. Чинники, що формують похибки при вимірюванні показників декоративності природного облицювального каменю.....	41
2.4. Визначення властивостей гірських порід із застосуванням цифрової обробки відеозображень.....	43
2.5. Розробка методики визначення кольорового тону природного облицювального каменю.....	46
Висновки до розділу 2.....	52

РОЗДІЛ 3. ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ДЕКОРАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ ВИДОБУВАННЯ ТА ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ.....	54
3.1. Визначення кольорового тону природного облицювального каменю за допомогою цифрової обробки зображень.....	54
3.2. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після обробки механічними методами.....	64
3.3. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після обробки хімічними просочувальними засобами.....	74
3.4. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після впливу хімічних розчинів.....	76
Висновки до розділу 3.....	88
РОЗДІЛ 4. УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ....	93
4.1. Управління декоративними властивостями природного облицювального каменю за допомогою механічної обробки.....	93
4.2. Управління декоративними властивостями природного облицювального каменю за допомогою хімічних просочувальних засобів.....	98
4.3. Збереження декоративних властивостей природного облицювального каменю після впливу хімічних розчинів.....	103
Висновки до розділу 4.....	110

РОЗДІЛ 5. ПІДСУМКОВА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	112
5.1. Аналіз розподілу декоративних показників у межах родовища..	112
5.2. Узагальнююча методика стандартизації товарної продукції, виготовленої з різних за кольоровим тоном блоків природного облицювального каменю.....	121
5.3. Техніко-економічна оцінка результатів дослідження на основі впровадження нових технологій на виробництві .....	124
Висновки до розділу 5.....	127
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	131
ДОДАТКИ.....	142
Додаток А.....	143
Додаток Б.....	144
Додаток В.....	145
Додаток Г.....	146
Додаток Д.....	147

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Природний декоративно-облицювальний камінь широко застосовується для внутрішнього і зовнішнього облицювання будівель та споруд, виготовлення кам'яної дорожньо-будівельної продукції, виготовлення ритуальних та архітектурно-будівельних виробів різного призначення. Зовнішнє облицювання споруд виконують, головним чином природною кам'яною продукцією з таких високоміцних гірських порід: граніти, гранодіорити, лабрадорити, габро, анортозити, діорити, габро-норити та ін. Одним з головних параметрів, що характеризує декоративність каменю, є колір (забарвлення), сприйняття якого обумовлено різним розподілом енергії по спектрах світлового потоку, що потрапляє в зоровий аналізатор. Колір породи має вирішальне значення при виборі сировини для виготовлення певних груп виробів, наприклад, для оздоблення будівель.

При облицюванні споруд природним каменем можуть спостерігатися відмінності у кольоровому тоні різних плиток, спричинені мінералогічним та хімічним складом каменю. Зміна забарвлення природного каменю може спостерігатися в межах не лише одного родовища, а навіть у межах однієї ділянки кар'єру. Ця проблема спостерігається при виготовленні великої партії облицювальної продукції з природного каменю. Характерною особливістю Покостівського гранодіориту (Grey Ukraine) є зміна світлості при незмінній текстурі каменю, яка сприймається зоровим аналізатором людини. Таким чином, при облицюванні споруд природним каменем, особливо коли такі роботи мають велику площу, виникає проблема із підбором однотонних плит.

При реставрації та відновленні пам'ятників та архітектурних об'єктів з природного каменю виникають суттєві проблеми з підбором природного каменю. Причина цього полягає в тому, що більшість родовищ, з яких брали природній камінь, або перестали існувати або в них почали розробляти інші горизонти природного каменю, декоративні показники яких суттєво відрізняються. Також слід пам'ятати, що під час тривалої експлуатації виробів з природного каменю внаслідок дії атмосферних чинників оброблена поверхня

каменю поступово втрачає початкові декоративні показники.

Отже, тема дисертаційної роботи є актуальною.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалась на кафедрі розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М. Т. Житомирського державного технологічного університету відповідно до плану держбюджетної тематики Міністерства освіти і науки України у рамках науково-дослідної теми «Розробка наукових основ технології супутнього видобування блоків природного каменю в умовах щелепного кар'єру», 2014 р., реєстраційний номер 0114U006144.

**Мета і задачі дослідження.** Оцінка впливу технологічних і природних чинників на декоративні властивості природного облицювального каменю.

Для досягнення сформульованої мети в дисертаційній роботі поставлені і вирішені такі завдання:

- визначити вплив механічних способів видобування та обробки природного облицювального каменю на його декоративні показники;
- визначити зміну декоративних показників поверхні декоративного каменю при дії на них хімічних просочувальних засобів;
- визначити зміну декоративних показників природного каменю, який був оброблений хімічними розчинами з різним рН;
- розробити методику визначення різних типів необроблених блоків з природного облицювального каменю за кольоровим тоном за допомогою цифрової обробки зображень при розробці родовищ корисних копалин;
- розробити класифікацію Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при його видобуванні та фактурній обробці;
- розробка методики управління декоративними властивостями природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці;
- визначити раціональний напрям ведення гірничих робіт для різних ділянок Наталіївського родовища за кольоровим тоном.

*Об'єкт дослідження* – процеси видобування та обробки декоративного облицювального каменю.

*Предмет дослідження* – способи управління показниками декоративності природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці.

**Методи дослідження.** У цій науковій роботі використовувались такі комплексні методи досліджень: аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень у галузі обробки облицювального декоративного каменю; математичний апарат теорії планування дослідів; методи та засоби теорії ймовірності та прикладної статистики; графоаналітичний та числовий аналіз; статистичне опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження; геометричний аналіз та методи комп'ютерної обробки зображень.

**Наукова новизна одержаних результатів,** що виноситься на захист, представлена науковими положеннями, у яких вперше:

– встановлено кореляційні залежності зміни світлості полірованих та необроблених зразків з природного облицювального каменю залежно від співвідношення площі білих до чорних мінералів при використанні механічних способів видобування та обробки природного каменю, що описуються степеневою та поліноміальною залежністю 3-го порядку відповідно;

– встановлено показники декоративності та залежності зміни світлості різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при видобуванні та обробці природного каменю механічними й хімічними способами;

– встановлено залежності зміни світлості поверхні зразків з Покостівського гранодіориту від впливу хімічних розчинів з різним рН, які описуються поліномами 3-го порядку.

**Практичне значення одержаних результатів** роботи полягає у тому, що:

- розроблено методику визначення різних типів необроблених блоків з природного облицювального каменю за кольоровим тоном за допомогою цифрової обробки зображень при розробці родовищ корисних копалин;
- розроблено класифікацію Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при його видобуванні та фактурній обробці;
- розроблено методику управління декоративними властивостями природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці;
- встановлено прогнозовані терміни зміни відповідності декоративних показників природного облицювального каменю, який оброблений хімічними та механічними методами під дією атмосферного середовища;
- визначено раціональний напрям ведення гірничих робіт для різних ділянок Наталіївського родовища за кольоровим тоном.

**Особистий внесок здобувача** у роботах, які написані у співавторстві, полягає у: [53] – розроблена класифікація типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном та встановлені закономірності зміни блиску та світлості залежно від впливу агресивного середовища; [7] – встановлено закономірності зміни блиску та світлості залежно від тривалості впливу агресивного середовища; [9] – розроблено методику визначення кольорового тону Покостівського гранодіориту, встановлено залежності зміни світлості необроблених зразків від співвідношення площі областей білих до чорних мінералів; [81] – визначено кількісні показники блиску та світлості при поліруванні оксидами хрому та алюмінію, а також при обробці хімічними просочувальними засобами; [52] – визначений вплив механічної обробки на якісні показники поверхні природного каменю; [14] – визначений вплив хімічних просочувальних засобів на світлість поверхні різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном; [79] – досліджений вплив агресивного середовища на поверхні механічно оброблених зразків з

Покостівського гранодіориту; [8] – визначений вплив хімічних просочувальних засобів на світлість поверхні різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном; [78] – досліджений вплив агресивного середовища на зміну якісних показників поверхні Покостівського гранодіориту при обробці хімічними просочувальними засобами; [10] – визначений вплив різних чинників на сприйняття відтінків поверхні каменю.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи та окремі її результати обговорювались на науково-технічних конференціях та семінарах, а саме: на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння» (м. Київ, 2014, 2015); на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Current Trends in Young Scientists' Researches» (м. Житомир, 2015, 2016); на Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, 2015); на 11-й Міжнародній конференції «Mechatronic systems and materials» (м. Каунас, Литва, 2015).

**Публікації.** За результатами виконаних дисертаційних досліджень здобувачем опубліковано 11 наукових праць, у тому числі – 5 у наукових фахових виданнях, що індексуються у наукометричних базах, 6 – у збірках матеріалів конференцій.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 84 найменувань і 5 додатків. Загальний обсяг дисертації – 148 сторінок і містить 73 рисунки та 23 таблиці.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН КАМЕНЕДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ, МЕТА, ЗАВДАННЯ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### **1.1. Сучасний стан мінерально-сировинної бази природного облицювального каменю України**

Природний камінь, як і раніше, привертає увагу споживачів, незважаючи на те, що в час високих технологій ринок будівельних матеріалів насичений значною кількістю штучних замінників. Перевага природного каменю полягає у тому, що геологічні умови, в яких відбувалося його утворення, забезпечили йому сукупність унікальних фізико-технічних і декоративних властивостей.

На території України сконцентровані значні запаси природного декоративно-облицювального каменю, які становлять понад 500 млн. м<sup>3</sup>.

На сьогодні у нашій державі розвідано та вивчено близько 300 родовищ та проявів природного облицювального каменю, з яких приблизно 164 експлуатують постійно чи тимчасово та на яких переважно видобувають блоки з гірських порід, що піддаються поліруванню: граніти, лабрадорити, габро, та інші (табл. 1.1).

Нині загальний обсяг видобування блоків природного каменю в Україні становлять близько 60–65 %, переважно це блоки з високоміцних порід. В Україні діє близько 800 підприємств різних форм власності по видобуванню і обробці природного облицювального каменю, які щорічно видобувають понад 150 тис. м<sup>3</sup> блоків та виготовляють приблизно 2–2,5 млн. м<sup>3</sup> облицювальних плит і виробів з каменю [50].

Встановлено, що наявні родовища декоративного каменю вкрай нерівномірно розподілені по території України. Основна частина від загальної кількості родовищ (близько 80 %) припадає на п'ять областей: Житомирську, Закарпатську, Кіровоградську, Миколаївську і Рівненську. На інші 20 областей припадає всього 20 % [69]. Слід також зазначити, що більша

частина родовищ (близько 70 %) припадає на гірські породи, віднесені до групи твердих порід: гранітоїди, габро та лабрадорити [31; 50; 69].

Чільне місце в галузі каменевидобування займає Житомирщина. Близько 35 % декоративного каменю від загальних запасів в Україні розташовано на території Житомирської області. Це пояснюється географічним її розташуванням, а саме – розміщенням у північно-західній частині Українського кристалічного щита.

Таблиця 1.1.

**Обсяги запасів облицювального каменю категорій А + В + С<sub>1</sub> і С<sub>2</sub>**

Порода	Запаси відповідно до категорій, тис. м <sup>3</sup>		% від загальних запасів відповідно до категорій	
	А + В + С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	А + В + С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>
1	2	3	4	5
Граніт	207867	16209	58,1	33,7
Граносієніт	2744	3391	0,8	7,0
Сієніт	5798	10648	1,6	22,1
Сієніт кварцовий	2397	–	0,7	–
Гранодіорит	5772	–	1,6	–
Граніт рапаківі	706	–	0,2	–
Чарнокіт	889	–	0,2	–
Монцоніт	150	–	0,0	–
Лабрадорит	36429	–	10,2	–
Габро	29927	2000	8,4	4,2
Габро-анортозит	730	–	0,2	–
Габро-діабаз	1370	–	0,4	–
Андезит	2465	–	0,7	–
Туф	7950	7627	2,2	15,8

1	2	3	4	5
Доломіт серпентизований	2433	–	0,7	–
Доломіт мармуризований	2982	–	0,8	–
Вапняк мармуризований	19452	4470	5,4	9,3
Гіпс	2316	–	0,6	–
Травертин	32	–	0,0	–
Мармур	10	3814	0,0	7,9
Доломіт	12467	–	3,5	–
<b>Загальні</b>	<b>358080</b>	<b>48159</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Житомирська область характеризується великим обсягом виходів кристалічних порід на денну поверхню та малою потужністю розкритих порід, що стало передумовою створення в цьому регіоні потужної мінерально-сировинної бази будівельного і облицювального каменю. У зв'язку з цим Житомирська область характеризується значними обсягами видобування і переробки на різноманітну продукцію гранітів, гранодіоритів, габро, лабрадоритів, порфіритів, гранітогнейсів та інших високоміцних кристалічних порід [69].

Мінерально-сировинний потенціал представлений більш ніж 220 родовищами різних корисних копалин. Із 160 родовищ декоративного каменю, які розробляються постійно чи тимчасово в Україні, врахованих Державним балансом запасів корисних копалин, у Житомирській області знаходиться 70, величина покладів яких становить 126 млн. м<sup>3</sup>, або 40 % запасів держави, та за кількістю різновидів високоміцного декоративного каменю Житомирщині належить 60 %. З 600 каменеобробних підприємств України 220 підприємств розташовані в Житомирській області, які разом

виготовляють близько 400 тис. м<sup>2</sup> кам'яної продукції. Щорічно Житомирська область експортує приблизно 1,5 тис. м<sup>3</sup> блочної сировини. На території області зосереджено 20 % запасів було-щебеневої сировини України, на базі яких створено значні виробничі потужності. Запаси декоративно каменю, а саме лабрадоритів і габро, які користуються великим попитом у нашій країні та за її межами, досить потужні і становлять більше 90% усіх покладів цього каменю в Україні [50; 69].

Усі розвідані родовища декоративного каменю області вирізняються сприятливими гірничотехнічними умовами і характеризуються наявністю виходів на поверхню і мінімальною (в середньому 10 м) потужністю розкривних порід, що створює сприятливі умови для розвитку промисловості з видобування декоративного каменю.

Розвідані родовища України характеризуються кольоровою гамою та декоративними властивостями, які не гірші від кращих закордонних аналогів, мають значні запаси та сприятливі гірничо-геологічні умови і з успіхом використовуються як цінний облицювально-декоративний та будівельний матеріал [24; 27; 28].

Світове визнання і власну торгову марку мають граніти, лабрадорити і габро більшості родовищ України. Основні родовища гранітоїдів України представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

### Основні родовища гранітної сировини України та їх торгові марки

Назва родовища (вітчизняна)	Назва родовища (європейська)	Торгова марка
Капустинське	Kapustynske	Rosso Santiago
Межиріцьке	Mezhyrytske	Flower of Ukraine
Дідковицьке	Didkovytske	Star of Ukraine
Ташлицьке	Tashlytske	Rosso Santiago
Войнівське	Voinivske	Moon's Night

Токівське	Tokivske	Caprazi
Крупське	Krupske	Karmin
Євдокимівське	Yevdokymivske	Rosso Pink
Богуславське	Boguslavske	Boguslavsky
Маславське	Maslavske	Verde Oliva
Човновське	Chovnovske	Chovnovsky
Омелянівське	Omelyanivske	Rosso Toledo
Лезниківське	Leznykivske	Maple Red
Мирнянське	Myrnyanske	Brown Ukraine
Покостівське	Pokostivske	Grey Ukraine
Корнинське	Korninske	Leopard
Горіхівське	Gorikhivske	Brown Nut
Новоданилівське	Novodanylivske	Withered
Янцівське	Yantsivske	Real Grey
Костянтинівське	Kostyantynivske	Kostyantynivsky
Північно-Танське	Pivnichno-Tanske	Greenish Tansky
Танське	Tanske	Tansky
Кудашівське	Kudashivske	Kudashivsky
Болтишське	Boltyshske	Tuman
Жежелівське	Zhezhelivske	Cardinal Grey
Софіївське	Sofiyvske	Sophiyvsky
Осмалинське	Osmalynske	Osmalynsky

Незважаючи на широкий асортимент та велику кількість торгових марок природного облицювального каменю України, багато родовищ потребують більш детального визначення їх якісних властивостей [49; 59].

## **1.2. Аналіз напрямів використання декоративного каменю та визначення властивостей високоміцних гірських порід**

Залежно від фізико-технічних і декоративних властивостей гірських порід виділяють такі напрями використання природного каміння:

1. Будівлі: адміністративні, культурно-побутового призначення (театри, будинки культури, кінотеатри, готелі, навчальні заклади, вокзали залізничного, повітряного, морського, річкового та автомобільного транспорту, промислові підприємства та ін.).

2. Споруди: станції метрополітенів, підземні переходи, фонтани і декоративні басейни, стадіони, підпори мостів, огорожі, набережні та ін.

3. Монументи та пам'ятники, скульптури, меморіальні дошки.

4. Дорожнє і садово-паркове будівництво.

5. Предмети народного споживання.

Різноманітна продукція каменеобробних підприємств чинною термінологією називається облицювальними виробами [37]. Це поняття узагальнене, що об'єднує як площинну, так і профільну продукцію з природного облицювального каменю: до першої належать різноманітні плити, сходи, парапети; до другої – колони, балясини, карнизи і т.п.

Облицювальні вироби можуть бути класифіковані за багатьма ознаками, головні з яких: вид, призначення, геологічне походження і мінералогічний склад вихідних гірських порід, основні властивості, спосіб виготовлення, характер обробки і ступінь декоративності каменю.

За видом виробів розрізняють облицювальні плити, архітектурно-будівельні вироби, облицювальні вироби додаткової номенклатури, вироби для дорожнього будівництва, підземних споруд і мостів, гідротехнічних споруд, предмети народного споживання, матеріали і вироби з каменю на зв'язці.

Облицювальні плити – основний масовий вид продукції каменеобробних підприємств, яка широко використовується в архітектурному, промисловому та інших будівництвах.

Архітектурно-будівельні вироби залежно від способу виготовлення поділяються на площинні пиляні, площинні колоті і профільні (або складно профільні). Серед площинних виробів розрізняють цокольні пиляні й колоті плити, накривні пиляні і колоті плити, підвіконні пиляні плити, цільні пиляні і колоті сходи, проступи пиляні, парапети прямокутні пиляні і колоті, парапети криволінійні колоті. До профільних виробів відносять колони, бази колон, карнизи, плінтуси, кулі, елементи балюстради (балясини, перила) і т.п.

Облицювальні вироби додаткової номенклатури – плити необроблені («кірки»), смуги облицювальні з фактурою «скеля», плитки облицювальні з піщанику, вироби з вапняку, плити накривні і бруски цокольні, плити орнаментовані та ін.

Вироби для дорожнього будівництва за призначенням поділяються на бортові камені, що використовуються для відділення проїзної частини вулиць від тротуарів і газонів, проїзної частини доріг від розділювальних смуг і т.п., і на брущаті камені, що використовуються для мощення доріг і міських площ.

Вироби для підземних споруд і мостів облицювальні камені і плити, залежно від призначення, поділяються на вироби для облицювання тунелів і надводних частин мостів і на вироби для облицювання підводних частин мостів.

Вироби для гідротехнічних споруд, залежно від призначення, поділяються на вироби для морських споруд і вироби для річкових споруд.

Предмети народного споживання за призначенням поділяються на такі види виробів: сувенірні, культурно-побутові, ритуальні і на будівельні матеріали.

Матеріали і вироби з каменю на зв'язці залежно від виду і призначення поділяються на щебінь і пісок декоративні, блоки штучні і плити декоративні на основі природного каменю.

До пиляних відносять вироби, які отримані випилюванням, а до колотих – виколюванням. Допускають виготовлення колених виробів з двома-чотирма гранями, що одержані випилюванням.

Плити і вироби повинні виготовлятися прямокутної або квадратної форми.

За погодженням виготовлювача зі споживачем допускається виготовлення плит і виробів косокутної форми, а також плит із необрізаними гранями.

Плити можуть виготовлятися модульними, а також, за погодженням виготовлювача зі споживачем, із фасками і пазами. Вироби за погодженням виготовлювача зі споживачем можуть виготовлятися криволінійними за замовленою специфікацією, а також із фаскою шириною до 5 мм, кріпильними отворами і пазами [37; 55].

Декоративність породи може бути досить повно оцінена трьома основними параметрами: кольором, текстурою й фактурою [54]. Плити і вироби із природного каменю повинні мати фактури, що передбачені в Табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

### Фактури лицьової поверхні природного каменю

Типи плит і виробів	Гірська порода за ГОСТ 9479	Фактура лицьової поверхні
Плити облицювальні пиляні	Всі види гірських порід	Полірована, гладка матова, шліфувана, пиляна, оброблена ультразвуком, термооброблена, точкова
Плити цокольні пиляні і колоті	Міцні породи, породи середньої і низької	Полірована, гладка матова, шліфувана, пиляна, оброблена

	міцності (крім пористого вапняку і доломіту, гіпсового каменю)	ультразвуком, термооброблена, точкова «скеля»
Плити накривні пиляні і колоті	Міцні породи, породи середньої і низької міцності (крім пористого вапняку і доломіту, гіпсового каменю)	Полірована, гладка матова, шліфована, пиляна, оброблена ультразвуком, термооброблена, точкова
Плити підвіконні пиляні	Міцні породи, породи середньої і низької міцності (крім пористого вапняку і доломіту, гіпсового каменю, черепашнику)	Полірована, гладка матова, шліфована
Проступи	Міцні породи, породи середньої і низької міцності (крім пористого вапняку і доломіту, гіпсового каменю, черепашнику, туфу)	Полірована, гладка матова, шліфована, пиляна, точкова термооброблена
Східці суцільні пиляні і колоті	Міцні породи, породи середньої і низької міцності (крім пористого вапняку і доломіту, гіпсового каменю, черепашнику, туфу)	Полірована, гладка матова, шліфована, пиляна, точкова термооброблена
Парапети пиляні і колоті	Міцні породи	Полірована, гладка матова, шліфована, пиляна, оброблена ультразвуком, точкова термооброблена

Плити і вироби повинні виготовлятися відповідно до вимог цього стандарту за технологічними регламентами, а вироби також за кресленнями,

що затверджені в установленому порядку. Профільні вироби (колони, бази колон, карнизи, деталі столів та камінів, плінтуси, парапети криволінійні, кулі, балясини, деталі мостів і набережних тощо) виготовляються за індивідуальними замовленнями. Плити і пиляні вироби з каменю всіх порід треба обрізати на всю товщину.

Фактури лицьової поверхні плит і виробів, залежно від способу оброблення, повинні відповідати зазначеним нижче вимогам:

- полірована – із дзеркальним блиском, чітким відображенням предметів, без слідів оброблення попередньої операції;
- гладка матова (лощена) – без слідів оброблення попередньої операції і з повним виявленням рисунку каменю;
- шліфувана – рівномірно шорстка зі слідами оброблення, одержаними тільки при шліфуванні, з висотою нерівностей рельєфу до 0,5 мм;
- пиляна – нерівномірно шорстка з висотою нерівностей рельєфу до 2 мм;
- оброблена ультразвуком – з виявленим кольором і малюнком каменю;
- термооброблена – шорстка зі слідами луцення з нерівностями рельєфу заввишки до 10 мм;
- точкова (бучардована) – рівномірно шорстка з нерівностями рельєфу заввишки до 5 мм;
- «скеля» – обколена з висотою нерівностей рельєфу від 50 до 200 мм без слідів інструменту.

Фактура – це параметр, що визначається характером і висотою рельєфу поверхні, отриманої після відповідної обробки. Необхідно враховувати, що фактура облицювальних матеріалів навіть із каменю одного й того ж різновиду може значно змінювати характер облицювання. Фактури обробки різко міняють як світлість, так і насиченість каменю, малюнок.

Ця властивість найчастіше використовується фахівцями для оформлення художніх написів і малюнків на камені, які найбільш чітко й оригінально виглядають на фоні полірованих поверхонь темноколірних дрібнозернистих каменів. Колір каменю особливо виявляється при полірованій фактурі і трохи знижується при лощеній.

Фактури сколювання знижують насиченість колірного тону ще більше. У переважній більшості оцінка декоративності каменю проводиться по зразках полірованої фактури, що найбільш повно виявляє колір і текстуру породи (різновиди, що не поліруються, оцінюються за лощеною фактурою).

Декоративністю каменю можна управляти, каменям можна надавати інший колір (підфарбовувати), на них можна наносити декоративно-захисні покриття різних типів (безбарвні й кольорові лаки, смоли, суміш гірського воску зі скипидаром й інші). Виробам із каменів, що не поліруються, можна штучно створювати квазіполіровані поверхні [45]. Декоративність каменю в сполученні з експлуатаційними характеристиками якості є споживчою властивістю, що визначає його цінність, тобто споживчу вартість природного каменю, на підставі чого можна визначити галузі його раціонального використання [59; 66].

Аналіз напрямів використання декоративного каменю та визначення декоративних властивостей природного облицювального каменю показує, що виникає потреба в більш якісній технологічній його обробці на всіх стадіях процесу, яка забезпечила б максимальну якість продукції. Також показує шляхи регулювання декоративними властивостями природного облицювального каменю.

### **1.3. Аналіз існуючих технологій полірування з використанням різного інструменту для полірування виробів з каменю**

Під час виготовлення виробів з природного облицювального каменю у переважній більшості випадків присутня операція полірування, яка має на

меті надати поверхням виробів з каменю відповідних якісних параметрів. Ця операція є завершальною (фінішною) серед інших процесів обробки природного облицювального каменю, і її трудомісткість складає близько 20–25% від загальної трудомісткості виготовлення таких виробів [58; 77].

Багато авторів прирівнюють процеси полірування та шліфування, які мають відмінності тільки у розмірах та видів використовуваних абразивів та конструкцій інструментів, що використовуються для таких операцій [58].

Але, крім використання абразивів, використовують й інші засоби для полірування поверхні природного облицювального каменю, основні з яких зображені на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Основні засоби та матеріали для полірування природного облицювального каменю

У якості інструменту для полірування служать абразиви у вільній формі, абразиви на зв'язці, а також у формі суспензій та паст [58; 77].

Абразивна здатність шліфувально-полірувальних матеріалів залежить від їх фізико-механічних і кристалографічних властивостей. Особливе значення має їх властивість розламуватися на гострокутні частини під час застосування. В алмазу ця здатність виявляється максимально. Вибір абразиву залежить від фізичних властивостей оброблюваного матеріалу, а також від стадії обробки (шліфування або полірування). Твердість абразиву має бути вищою за твердість оброблюваного матеріалу. Нині абразивні матеріали виготовляють штучно, причому деякі синтетичні матеріали є ефективнішими, ніж природні [58].

Основним критерієм якості полірування каменю служить його відбивна здатність (блиск). Відповідно до теорії полірування, чим менше нерівностей поверхні каменю, тим більший його блиск [35]. Це досягається такими шляхами – механічним поліруванням, заповненням нерівностей чим-небудь, що може блищати, або обробкою каменю хімічними просочувальними засобами [8; 12].

Найдавніший і простий спосіб зробити камінь блискучим – натерти його воском. У наш час на зміну воску прийшли парафін і силікон, які у різних комбінаціях складають основу більшості поліролей і полірувальних паст для каменю.

Після висихання розчинників і полімеризації основи на поверхні каменю його залишки знімають войлоком. Пори каменю залишаються заповненими пастою, а мікронерівності приховуються. Поки віск залишається в порах, поверхня здається полірованою.

Переваги хімічних просочувальних засобів на основі воску:

- низька вартість засобу;
- висока швидкість та низька трудомісткість процесу обробки природного облицювального каменю.

Недоліками таких засобів є:

- невелика стійкість засобу до різних атмосферних та механічних чинників;
- обмеження використання обробленої таким способом продукції.

Відповідно до рис. 1.1, окрім воскових, існують й інші хімічні просочувальні засоби для полірування природного облицювального каменю. Принцип дії цих засобів нічим не відрізняється від попередньо описаного, але мають такі переваги, серед яких: висока стійкість, значне покращення як декоративних, так і експлуатаційних властивостей природного облицювального каменю, низька вартість та праце місткість процесу обробки.

Аналіз наявних теорій полірування з використанням різного інструменту для полірування виробів з каменю показує, що для механічного полірування природного декоративного каменю найбільше використовують такі штучні абразиви – синтетичний алмаз на зв'язці, двоокис церію, а також оксиди хрому та алюмінію, які застосовують переважно у вигляді абразивної суспензії. У якості хімічних просочувальних засобів використовують різні комбінації основних хімічних речовин, що забезпечують високу корозійну стійкість, максимальне покращення декоративних та експлуатаційних властивостей. Наприклад, комбіновані засоби на основі воску та силікону, максимально покращують гідрофобні властивості природного каменю завдяки силікону, а також значно збільшують блиск каменю завдяки восковій основі [14].

#### **1.4. Вивчення стану питання**

Проблемами видобування природного облицювального каменю займались Бакка М. Т., Жуков С. О., Кальчук С. В., Стріха В. А., Коробійчук В. В., Ткачук К. К. та ін. Особливу увагу приділяли оцінці впливу технологій видобування на якісні показники гірських порід, так, в працях [6; 29; 47] визначено вплив алмазно-канатного випилювання на якість необроблених блоків природного каменю. Також досліджено вплив різних

технологій видобування на цілісність масиву природного каменю та вихід блоків природного каменю [36; 38; 39; 40].

Дослідженням визначення якісних показників природного каменю займались W. Dawei, C. Xianhua, O. Markus, S. Helge, S. Bernhard [3], A. Hideo, T. Hidetoshi, K. Seong-Woo, A. Natsuko, K. Koji, Y. Tsutomu, D. Toshiro [5], у працях яких були вивчені зміни мікро-текстури породоутворюючих мінералів при шліфуванні-поліруванні природного каменю за допомогою мікроскопії та спектрального аналізу та вплив розміру алмазного зерна на формування мікро-текстури мінералу. Також у [3] були експериментально досліджені процеси абразивної обробки природного каменю. H. Yavuz, T. Ozkahraman, S. Demirdag [22] дослідили зміну блиску залежно від шорсткості поверхні каменю, однак, при цьому, не були вивчені високоміцні природні камені. Також у працях [2; 21] досліджений механізм абразивного шліфування-полірування каменю.

Нині визначення естетичних показників проводять органолептичним методом, який є суб'єктивним. Але сучасність вимагає більш об'єктивних методів визначення декоративних показників якості продукції з каменю [59; 60; 63]. Стандартні колориметричні параметри – яскравість, насиченість основного тону кольору, довжину хвилі основного (домінуючого) кольорового тону дозволяють визначити в кількісному вигляді інформаційно-комп'ютерні технології. У роботі [59] запропонована методика, яка виключає суб'єктивне визначення декоративних властивостей гірських порід.

У роботі [11] досліджено вплив високих температур на зміну властивостей каменю за допомогою цифрової обробки зображень. Було встановлено, що із збільшенням температури камінь світлішає. Чорно-біла цифрова обробка зображення [16] використовувалась для виявлення висвітлених ділянок на поверхні природного каменю, при дослідженні впливу вивітрювання та дії солей на камінь. Відповідно праці [1], шорсткість каменю при поліруванні може впливати на колір поверхні каменю. В цій роботі було вивчено вплив не тільки полірування, але й вплив кислотного

середовища на вапняк та мрамур, яке в певною мірою збільшує шорсткість поверхні каменю, але ці зміни відбуваються неоднорідно. При цьому, на відміну від механічного полірування, колір поверхні каменю після впливу кислотного середовища залежить не тільки від шорсткості поверхні каменю, але й від мінеральних частинок, з яких складається гірська порода.

Методи цифрової обробки зображень, які базуються на вимірюванні в лабораторних умовах поверхневої яскравості та забрудненості поверхні каменю, що піддавався забрудненню в міському середовищі, були описані в працях [15; 16]. Згодом ця методика була удосконалена, що дозволило вимірювати кольорові координати [17; 18] і була встановлена процедура калібрування [19].

У роботі Гелети О. Л. [33] було визначено у чотирибальній напівкількісній шкалі значимість ознак декоративності, покликаючись на історико-культурні традиції, психологічне і органолептичне сприйняття людиною текстурно-колористичних властивостей. Також у його роботі була зроблена кількісна оцінка декоративності гранітів УЩ і проведена їх геолого-промислова класифікація [31]:

Ця класифікація дає змогу зіставити текстурно-колористичні різновиди гранітів з формаційними типами певних магматичних комплексів, що, у свою чергу, дозволяє окреслювати перспективні ділянки для створення системи нових каменевидавних підприємств.

Аналіз літературних джерел показує, що багато досліджень пов'язані із вивченням особливостей технологій видобування [41; 42; 72; 73; 74; 75] мікро-текстури каменю, впливу хімічних розчинів [30; 32], але не було досліджено зміну колірних ознак у межах родовища та регулювання таких ознак при видобуванні й обробці природного каменю. Також виникає проблема у розробці методики визначення якісних властивостей основних типів каменів, що відносяться до одного родовища і мають різні колірні ознаки в умовах каменеобробного підприємства для вибору технологічної схеми фактурної обробки різнотипних каменів.

### 1.5. Постановка задач дослідження

Виходячи зі сказаного вище, **мета цієї роботи** – оцінка впливу технологічних і природних чинників на декоративні властивості природного облицювального каменю, що дозволить підбирати камінь для зовнішнього облицювання, узгодити терміни експлуатації споруд і корозії каменю та створити нові ефективні методи для управління якісними показниками поверхні декоративного каменю.

При цьому необхідно:

- визначити вплив механічних способів видобування та обробки природного облицювального каменю на його декоративні показники;
- визначити зміну декоративних показників поверхні декоративного каменю при дії на них хімічних просочувальних засобів;
- визначити зміну декоративних показників природного каменю, який був оброблений хімічними розчинами з різним рН;
- розробити методику визначення різних типів необроблених блоків з природного облицювального каменю за кольоровим тоном за допомогою цифрової обробки зображень при розробці родовищ корисних копалин;
- розробити класифікацію Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при його видобуванні та фактурній обробці;
- розробка методики управління декоративними властивостями природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці;
- визначити раціональний напрям ведення гірничих робіт для різних ділянок Наталіївського родовища за кольоровим тоном.

Наведений у першому розділі критичний аналіз літературних джерел дозволив визначити конкретну область досліджень, яка раніше не знайшла відображення в інших авторів.

**Ідея роботи** – полягає у використанні цифрових зображень поверхонь зразків гранітоїдів, сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій для визначення і відображення кількісних параметрів якісних характеристик.

**Об'єкт дослідження** – процеси видобування та обробки декоративного облицювального каменю.

**Предмет дослідження** – способи управління показниками декоративності природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці.

Для досягнення поставленої мети та ефективного вирішення задач, що поставлені в роботі, були вибрані раціональні методи досліджень, які максимально враховують особливості об'єкта досліджень та забезпечують отримання нових наукових результатів, розробку експрес-методик визначення необхідних показників.

**Методи досліджень.** У нашій науковій роботі використовувались такі комплексні методи досліджень: аналіз та узагальнення науково-технічних досягнень у галузі обробки облицювального декоративного каменю; математичний апарат теорії планування дослідів; методи та засоби теорії ймовірності та прикладної статистики; графоаналітичний та числовий аналіз; статистичне опрацювання результатів із використанням засобів обчислювальної техніки; лабораторні дослідження; геометричний аналіз та методи комп'ютерної обробки зображень. Загальна методика виконання досліджень показана на рис. 1.2.

Виконання завдань, поставлених вище, має важливе народногосподарське значення, адже розвиток і освоєння нових методів оцінки стану виробів з декоративного каменю дозволить:

- значно знизити його собівартість;
- підвищити якість;
- зробити вітчизняну продукцію конкурентноспроможною на світовому ринку.

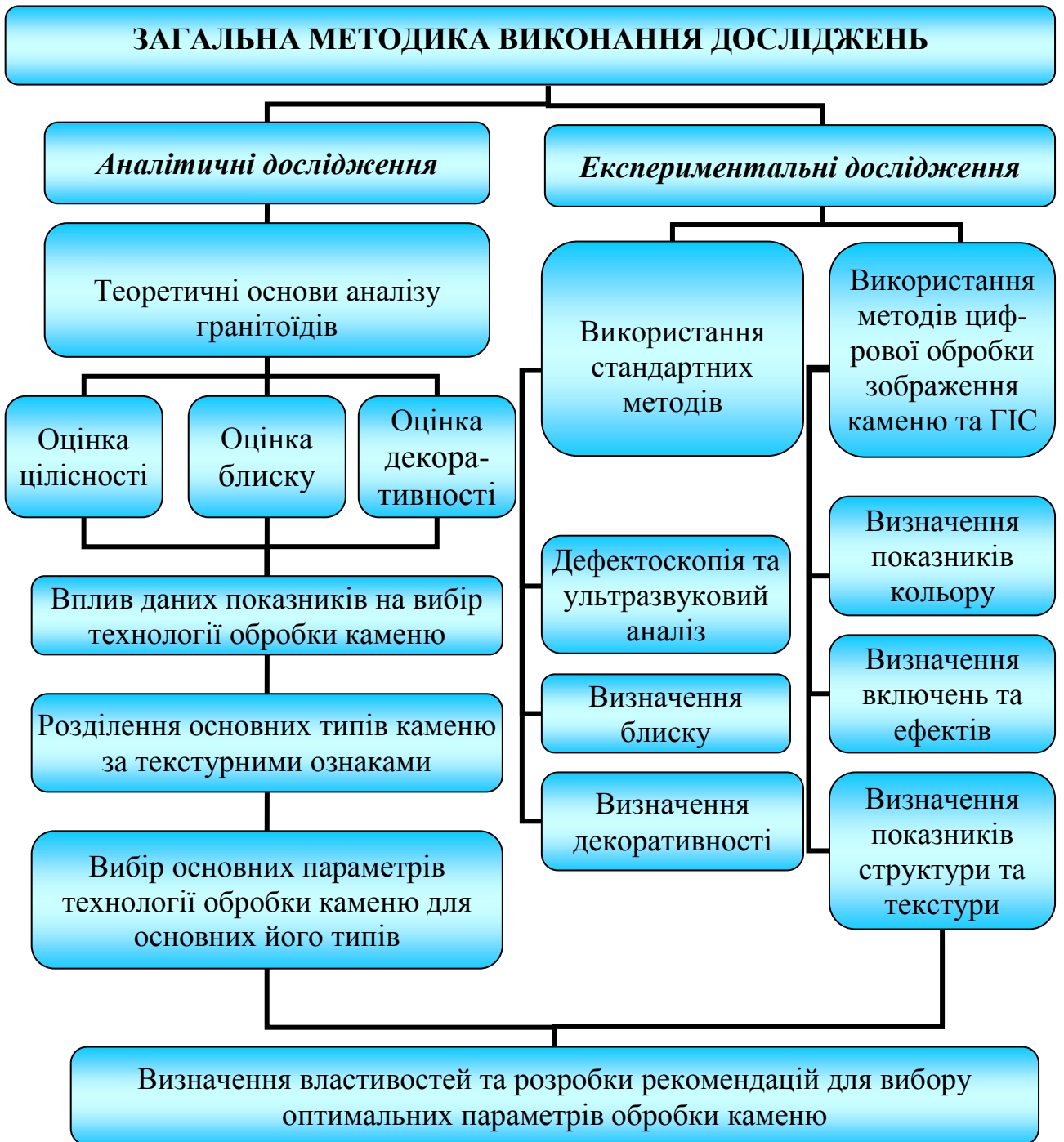


Рис. 1.2. Загальна методика виконання досліджень

## Висновки до розділу 1

1. Декоративний камінь є надзвичайно перспективною в економічному плані сировиною для створення потужних каменевидобувних і каменеобробних підприємств на території України. Незважаючи на широкий асортимент та велику кількість торгових марок природного облицювального каменю України, багато родовищ потребують більш детального визначення їх якісних властивостей.

2. Аналіз напрямів використання декоративного каменю та визначення декоративних властивостей природного облицювального каменю показав, що виникає потреба в більш якійсній технологічній її обробці на всіх стадіях процесу, яка забезпечила б максимальну якість продукції. Також показує шляхи регулювання декоративними властивостями природного облицювального каменю.

3. Аналіз наявних теорій полірування з використанням різного інструменту для полірування виробів з каменю показує, що для полірування природного декоративного каменю найбільше використовують такі штучні абразиви – синтетичний алмаз, двоокис церію та оптичний полірит, а також оксид хрому, які застосовують переважно у вигляді абразивної суспензії, або абразивні пасти для порошоків синтетичного алмазу та рідко у вигляді зв'язаного абразиву.

4. Дослідження робіт, присвячених оцінці зміни якісних показників готових виробів з декоративного каменю, дозволяє дійти висновку про відсутність методики визначення якісних властивостей основних типів каменів, що належать до одного родовища і мають різні колірні ознаки в умовах каменеобробного підприємства для вибору технологічної схеми фактурної обробки різнотипних каменів, а також відсутності рекомендацій щодо регулювання таких ознак при обробці природного каменю.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

#### 2.1. Об'єктивні та суб'єктивні методи визначення якісних властивостей природного облицювального каменю

Важливим якісним показником при виборі гірської породи є її декоративні властивості. Для їх визначення використовують методіку, яка розроблена Кольською філією Інституту [27]. Сутність методу полягає у кваліметричній оцінці зразків за такими 3-ма основними параметрами: 1) забарвлення; 2) текстура; 3) фактура. Ці параметри характеризуються підрозділами (рис. 2.1), що визначаються в балах експертами органолептичними (сприйняття органами чуття людини) та інструментальними методами [44; 54]. Така методіка стала основою для визначення декоративності гірських порід, і постійно удосконалювалася.

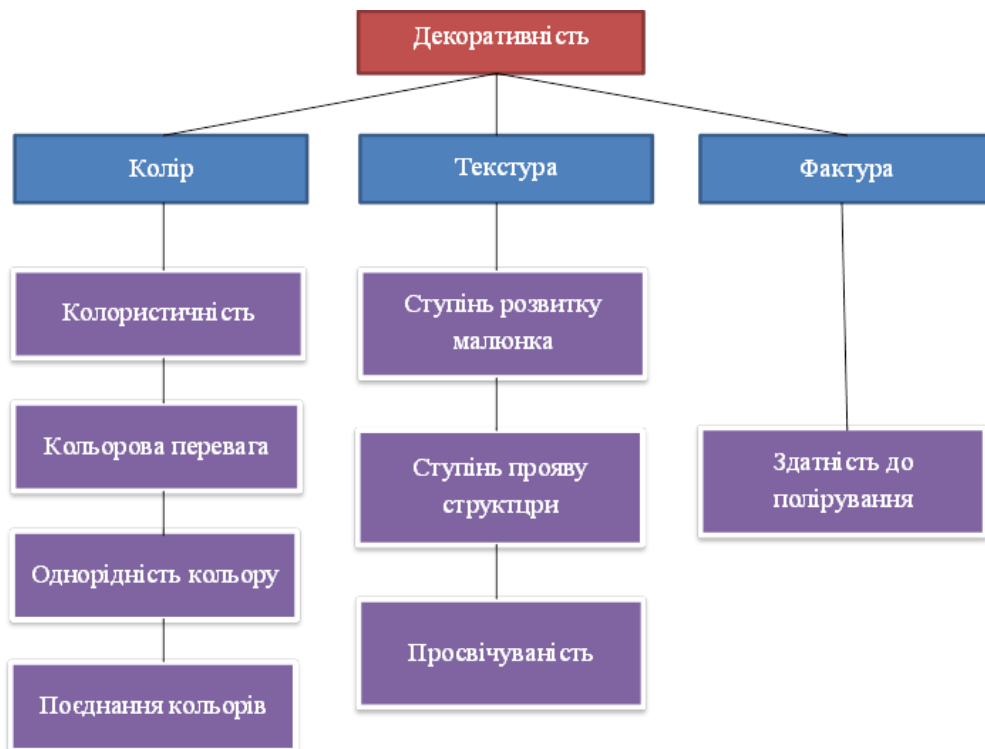


Рис. 2.1. Схема оцінки декоративності природного облицювального каменю за методікою [27]

Сучасність вимагає більш об'єктивних розрахункових методів визначення показників якості продукції з каменю. Нині велика кількість сучасних розрахункових методів базується на застосуванні інформаційно-комп'ютерних технологій. Це дозволяє прогнозувати стійкість каменю, визначати основні його параметри, створити базу даних для подальшого прогнозування, та бути основою для надання рекомендацій по захисту виробів з природного каменю. Також, враховуючи попередній досвід, А. О. Криворучко запропонував удосконалення даної методики і врахував багато ознак (колір, насиченість, яскравість, іризація, рудовміщення) на відміну від попередників за допомогою конкретних кількісних показників при використанні сучасних комп'ютерних технологій. Така методика виключає суб'єктивне визначення декоративних властивостей гірських порід і дає можливість одержувати великий обсяг даних про її властивості [56; 59]. Це дозволяє удосконалювати різні методи обробки, створювати різні цифрові додатки для каменевидавничої та каменеобробної галузей.

При порівнянні різнотипних каменів, що були видобуті на одному родовищі все ще користуються органолептичним методом, який базується на порівнянні контрольного зразка з серійним. Контрольний зразок – це необхідна кількість одиниць природного каменю, розмір яких достатній для того, щоб бути показовими щодо вигляду готового виробу. Для порівняння серійного і контрольного зразків контрольний прикладають до серійних й розглядають їх на відстані близько двох метрів при нормальному денному освітленні. Будь-які візуально помітні відхилення характеристик каменю записуються [4; 37]. Але не завжди можливо помітити відмінності у тоні каменю (рис. 2.2).

Відповідно до ДСТУ БВ 27-16-95 [37], до естетичних показників, що визначають якість декоративного та облицювального каменю, віднесені:

1.5.3. Відхилення показників зовнішнього вигляду (тріщини, сколи ребер та граней, відбитість та притупленість кутів і ребер та ін.).

1.5.4. Вид лицьових поверхонь.

1.5.5. Колір лицьових поверхонь;

1.5.6. Відхилення показників зовнішнього вигляду оздоблювального покриття (наколи, пузири, залисини, напливи, хвилястість та ін.).



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд поверхні природного облицювального каменю залежно від місця фотографування

Відхилення у кольоровому тоні різних плиток викликає певні проблеми при монтажі плит з природного облицювального каменю, що мають відмінності у естетичних показниках. Відповідно до цього виникає потреба у нових кількісних методах визначення декоративних характеристик природного каменю, що забезпечить стандартизацію різнотипних за кольоровим тоном блоків та виготовлених з них виробів [34; 51].

Також декоративність природного облицювального каменю пов'язана з їх стійкістю в процесі експлуатації, тобто погодостійкістю і довговічністю. Нині довговічність оцінюється за тривалістю служби в роках, до появи початкових та остаточних ознак руйнування. Ще у 1948 р. Інститутом геологічних наук АН СРСР була розроблена класифікація гірських порід за довговічністю (табл. 2.1). Недоліками цієї класифікації є її низька інформативність. Класифікація не містить у собі інформації про кількісні величини відхилень якісних показників природного облицювального каменю після дії атмосферних чинників.

Окрім виявлених недоліків класифікації за довговічністю є те, що різні породоутворюючі мінерали мають різну атмосферостійкість. Як було

зазначено вище, в межах родовища, спостерігаються коливання мінералогічного складу, що зумовлює відхилення у кольоровому тоні природного облицювального каменю. Відповідно до цього, різнотипні за кольоровим тоном камені будуть мати різну атмосферостійкість та довговічність і по різному змінювати якісні властивості під дією атмосферних чинників [46; 78; 79].

Таблиця 2.1.

### Класифікація природного каменю за довговічністю

№ П/П	Категорія довговічності каміння	Назва гірських порід	Термін служби, роки		
			початок руйнування	небезпечний стан	повне руйнування
1	Дуже довговічні (1 категорія)	Кварцит, граніт дрібно- і середньозернистий	500–650	Більше 1500	-
2	Довговічні (2 категорія)	Сієніт, грубозернистий граніт, лабрадорит, габро, вулканічний туф	220–350	650–1000	Більше 1500
3	Відносно довговічні (середньої довговічності) (3 категорія)	Білий мармур, щільний пісковик, щільний вапняк	75–150	200–400	1200
4	Недовговічні (пониженої довговічності) (4 категорія)	Кольорові мармури, пористі вапняк, гіпс і ангідрит	20–75	30–200	100–600

### 2.2. Вивчення та оцінка властивостей високоміцних гірських порід

Однією з важливих, крім фізико-механічних, властивостей високоміцних гірських порід в архітектурному будівництві є їх декоративність. Відповідно ДСТУ Б В.2.7-59-97, декоративність гірських порід визначається їхнім кольором, текстурою малюнка, структурою, просвічуваністю, а також ступенем полірування поверхні породи, що визначається показником відбивної здатності після полірування [35; 54].

Відбивна здатність поверхні гірської породи після полірування здійснюється за допомогою блискоміра «НІКС-БМ-3» (відповідно до пункту 7.17 ДСТУ Б В.2.7-59-97) або відповідно до ГОСТ 896 – блискоміром «ФБ-2» [37; 54]. Вимірювання відбивної здатності полірованої поверхні базується на зіставленні отриманих показників із блискоміра з показником еталонної поверхні.

Залежно від величини цього показника облицювальні камені поділяються на чотири категорії (Табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

### Класифікація каменю за відбивною здатністю після полірування

Категорія за відбивною здатністю (ГОСТ 9479-84)	Види каменю	Відбивна здатність після полірування	
		У % від еталону	У відносних одиницях до еталону
I (відмінне)	Мармури: Коелгінський (еталон), Уфалійський, Газганський, Ороктойський;	86–100	170–200
II (гарне)	Мармури: Рускеальський, Пуштулімський; Травертини: Шахтинський, Вединський; Кварцит: Шокшинський; Граніти: Янцівський, Жежелівський, Коростишівський, Токівський, Емільянівський, Богуславський, Новоданилівський, Капустинський, Кудашівський; Габро: Сліпчицьке, Головинське, Рікотське; Лабрадорит: Головинський	71–85	140–170
III (середнє)	Конгломерати: Кнорінгський, Куйбишевський, Сланець Нігозерський; Граніти: Корнинський, Громадський; базальти: Паракарський, Норський, Рівненський	36–70	70–140
IV (погане)		< 36	< 70

Відповідно до класифікації (табл. 2.2), більшість показників відбивної здатності після полірування визначені для родовищ з Росії. Крім того, в

межах одного родовища можуть спостерігатися різнотипні камені, які будуть мати відмінності не тільки у фізико-механічних властивостях, але й у декоративних, і мати різну відбивну здатність після полірування. Тому вивчення цього питання є досить актуальним, а результати важливими не тільки для науковців, а й для практиків.

Крім недостатнього вивчення ступеня полірування високоміцних гірських порід родовищ України, проблема полягає у використанні застарілого обладнання для вимірювання блиску. На рис. 2.3 зображений блискомір «ФБ-2», який має кілька недоліків при здійсненні вимірювань.

По-перше, це обладнання залежить від напруги, що подається з мережі. Тому її коливання, може спричинити серйозну похибку у вимірюваннях. Також це спричиняє певні незручності у його використанні в місцях, де немає мережі та напруги.

По-друге, пристрій має аналогову шкалу відображення показників вимірювання, при недостатньому освітленні, а також різному падінні світла, тінь, що буде падати від стрілки, може стати причиною похибки.

По-третє, відповідно до інструкції, блискомір «ФБ-2» має прогрітись протягом 30 хвилин, що спричиняє певні незручності його роботи у часі.



Рис. 2.3. Блискомір «ФБ-2»

Нині широко використовують блискоміри нового покоління, що відповідають міжнародним стандартам (ISO 2813), які визначають блиск поверхні у відносних величинах – як відношення інтенсивності світла, що відбите дзеркально, до інтенсивності світла, що відбите дифузно. Застосування таких блискомірів дозволяє уникнути похибок, які виникають внаслідок наявності поглинутого матеріалом світла [35; 55].

До таких типів блискомірів належить модель «БФ-5», що показаний на рис. 2.4. Крім вище перерахованих, він має такі переваги:

- Компактність;
- Цифрова шкала відображення показників блиску;
- Живлення від акумуляторних батарей;
- Невелика абсолютна похибка вимірювання блиску ( $\pm 2$ ).



Рис. 2.4. Блискомір «БФ-5»

Цей блискомір призначений для вимірювання блиску при кутах освітлення  $20^\circ/20^\circ$ ,  $45^\circ/45^\circ$ ,  $60^\circ/60^\circ$ ,  $85^\circ/85^\circ$  спрямованого світлового потоку різних поверхонь у видимій області спектра. Крім відбивної здатності поверхні гірської породи, також можливо визначити рівень його білизни.

Сутність визначення блиску (білизни) полягає у порівнянні відбивної здатності досліджуваної поверхні з полірованою поверхнею еталону чорного кольору – при визначенні блиску, білого – білизни. Результати вимірювання подають у міжнародних одиницях блиску – GU (gloss units, в перекладі – одиниці блиску), що відповідають при вимірюванні блискоміром відносним одиницям до еталону.

У порівнянні з «ФБ-2» сучасні блискоміри мають інший діапазон вимірювання, тому при порівнянні результатів дослідження з класифікацію (табл. 2.2) значення слід перетворювати в абсолютні величини (у % до еталону). Технічні характеристики блискомірів показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

### Технічні характеристики блискомірів БФ-5

Блискомір	Кут падіння освітлення	Діапазон вимірювання відбивної здатності	Похибка вимірювання відбивної здатності
БФ5–20/20	20°	0-100	±2
БФ5–60/60	60°	0-100	±2
БФ5–45/45	45°	0-70	±2
БФ5–85/85	85°	0-100	±2

Оцінка цілісності декоративного каменю може проводитися такими методами:

- 1) ультразвуковий метод;
- 2) макроскопічні дослідження зразків декоративного каміння щодо наявності сколів та дефектів після обробки декоративного каменю;
- 3) визначення дефектів поверхні каменю за допомогою проникаючо-проявних засобів (капілярних систем).

Сутність ультразвукового методу полягає у проходженні ультразвукових коливань у різних середовищах, що спричиняє певні зміни в показниках, оскільки швидкість проходження цих коливань у повітрі більша, ніж у гірських породах, будуть спостерігатися зміни амплітуди, форми коливань та ін. Для пошуку дефектів у матеріалі виробів ультразвуковим методом використовують ультразвуковий дефектоскоп (рис. 2.5). Такий спосіб застосовується при визначенні тріщинуватості масивів, блоків та монолітів гірських порід, і неможливо застосувати цей спосіб для визначення дефектів поверхонь природного каменю [54; 56].



Рис. 2.5. Ультразвуковий дефектоскоп

Макроскопічні дослідження зразків декоративного каменю виконують за допомогою мікроскопу, але нині ще немає загальної методики кількісного визначення площі дефектів природного каменю.

Визначення дефектів поверхні каменю за допомогою проникаючо-проявних засобів (капілярної системи) дозволяє відкривати поверхневі недоліки з виявленням до тисячних частин мм, незалежно від виду, використаного матеріалу і конфігурації поверхні (рис. 2.6). Капілярний контроль поверхні може застосовуватися лише у тому випадку, якщо недолік виходить на поверхню і вільний від забруднення, яке може заважати впровадженню пенетранту. Всі види забруднень – масла, жири, корозію і окалину – перед проведенням контролю потрібно видалити. Лише попереднє очищення площини гарантує достовірний результат контролювання.

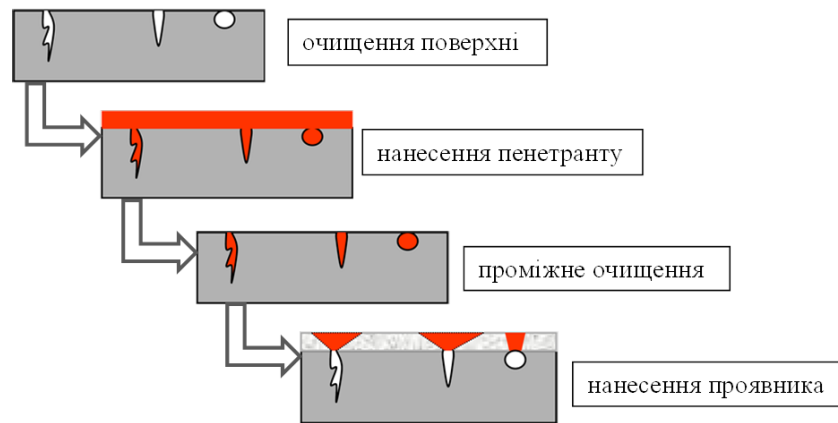


Рис. 2.6. Послідовність операцій при використанні проникаючо-проявних засобів (капілярному контролю)

У дослідженні використовується капілярна система NORD-TEST, інформація про яку показана в Табл. 2.4.

Таблиця 2.4.

#### Капілярна система NORD-TEST

Назва	Інформація
NORD-TEST Очищувач U 87	Екологічно безпечний очищувач на спиртовій основі, швидко випаровується, не залишаючи слідів.
NORD-TEST Kontrastrot U88 Пенетрант	Темно-червоний пенетрант, хороша змочувальна здатність, добре змивається водою, незначний запах.
NORD-TEST Проявник U 89	Дуже дрібнозернистий білий порошок на спиртовій основі, не містить ароматичних добавок, утворює рівномірний шар, має короткий час висихання.

Для капілярного контролю виконують такі операції:

1. За допомогою очищувача U 87 усуваються забруднення з поверхні каменю і очікується його повне висихання.
2. Покривається поверхня пенетрантом U88 і очікується, поки рідина повністю вбереться і висохне протягом 10 хв.

3. Пенетрант ретельно змивається водою і поверхня протирається чистою ганчіркою.

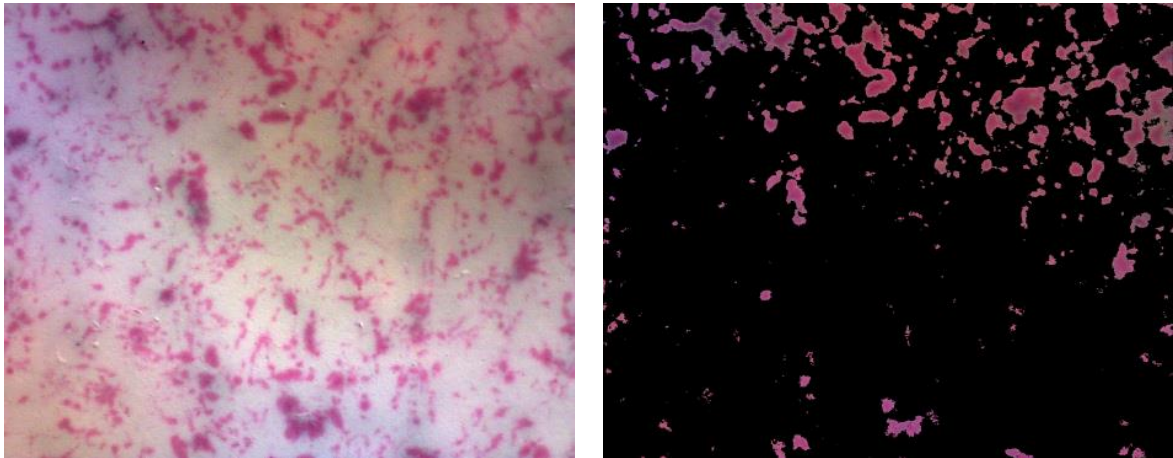
4. Покривається поверхня проявником U 89 і спостерігаються місця дефектів.

Методика кількісного визначення площі областей дефектів:

1. Отримання цифрового зображення поверхні каменю за допомогою цифрового мікроскопу (Рис. 2.7, а).

2. Сегментація зображення на об'єкти і фон (Рис. 2.7, б). У цьому випадку об'єкти – це області дефектів каменю, фон – частина поверхні каменю, що не має дефектів. Для сегментації зображення використовується метод кольорової сегментації. Для цього методу визначаються кількісні значення кольору в областях дефектів і поза межами цих областей.

4. Визначення геометричних ознак об'єктів на зображенні. Ці об'єкти відповідають областям дефектів.



а

б

Рис. 2.7. Визначення площі дефектів

5. Визначення загальної площі об'єктів на зображенні і відношення цієї площі до площі всього зображення. Визначене таким чином відношення є узагальненим показником, який характеризує дефектність каменю.

Оскільки природний камінь має різноманітну кольорову гаму, що спричинена різноманітними включеннями, мінеральним та хімічним складом

гірської породи, тому неможливо кількісно визначити площу дефектів природного каменю без використання проникаючих засобів.

### **2.3. Чинники, що формують похибки при вимірюванні показників декоративності природного облицювального каменю**

При вимірюванні декоративних показників природного облицювального каменю виникають різні похибки, що є інтегрованими від похибок вимірювальних систем. Внаслідок цього необхідно проводити системний аналіз та експериментальні дослідження вимірювальних систем, що використовуються при вимірюванні декоративних показників для їх визначення та планування шляхів їх усунення. Відомо, що всі наявні похибки поділяють на три категорії: методичні, інструментальні та випадкові. У дисертаційній роботі при виконанні експериментальних вимірювань випадкові похибки не враховувались, а при виникненні аномальних значень їх не включали до розрахунку. Основну увагу приділено інструментальним а також методичним похибкам, які характеризуються особливостями проведення досліджень та використанням вимірювальним обладнанням, класифікація яких зображена на рис. 2.8.

Основними інструментальними похибками при вимірюванні показників декоративності природного облицювального каменю є:

- освітлення об'єктів вимірювання, що виникає при отриманні макроскопічного зображення зразків поверхні природного облицювального каменю за допомогою цифрового мікроскопу. На похибки впливає як штучне, так і природне освітлення;

- розбіжності у значенні кольорових координат у системі LAB. При вимірюванні зразків можуть виникати незначні розбіжності між двома кольорами двох зразків [83; 84; 59];

- геометричні викривлення, що виникають в оптичній системі пристроїв, за допомогою яких формують цифрові зображення поверхонь природного облицювального каменю (похибка виникає при дослідженні

нерівних поверхонь природного облицювального каменю через різну фокусну відстань між технічними засобами (цифровий мікроскоп або камера) та елементами досліджуваних об'єктів);

- технічні характеристики інструментів та засобів вимірювання [82];
- параметри, за якими здійснюється вимірювання.



Рис. 2.8. Чинники, що формують похибки при вимірюванні показників декоративності природного каменю

Методичні похибки виникають при проведенні експериментальних досліджень, в основному при таких операціях:

- при виділенні однотипних об'єктів (при сегментації зображень на об'єкти та фон можлива як неповна сегментація об'єктів та фону, так і сегментація поза межами досліджуваних об'єктів);
- при встановленні кольорових масок (похибки виникають у зв'язку з неоднорідністю кольорового тону мінералу, на який наносять маску;
- при усуненні шумів (можливо усувати шуми зображення різними способами, за яскравістю (шуми яскравості) або за кольором (шуми кольору), що по-різному впливають на кольорові характеристики об'єктів, що досліджуються.
- при виборі кольорових систем (кожна кольорова система (модель) має різну похибку залежно від кольорових характеристик об'єктів, що досліджується) [67].

#### **2.4. Визначення властивостей гірських порід із застосуванням цифрової обробки зображень**

Зовнішній вигляд природного каменю залежить від багатьох чинників: структури, текстури, мінералогічного, хімічного складу, а також процесів його утворення. Можливість оцінки якісних властивостей декоративного каменю на основі визначення показників, які характеризують зовнішній вигляд поверхні було розглянуто у працях [25; 26; 59].

Існує багато програмних продуктів для цифрової обробки зображень. Такі програми як Adobe Photoshop, Corel Draw та інші призначені для перетворення та корегування зображень. Але ці програми не призначені для визначення кольорових координат, тому це спричиняє певні труднощі в роботі з ними або унеможливорює застосування цих програм у таких цілях. Незручним у таких програмах є їх інтерфейс. Тому для визначення та вимірювання параметрів потрібно розробити спеціалізовані програми, які будуть вирішувати поставлені виробничі задачі.

Прикладом такого програмного продукту є «Mdistones», яка дозволяє досліджувати та визначати кількісні значення властивостей гірських порід [60-62]. В її основу покладено визначення середніх значень показників яскравості і кольору при розбивці зображення поверхні гірської породи на зони. Застосування цієї програми призначене для оцінки якості промислової продукції, до якої висуваються підвищені вимоги щодо розбіжності кольору, текстури, відсутності плям, дефектів поверхні тощо (рис. 2.9).

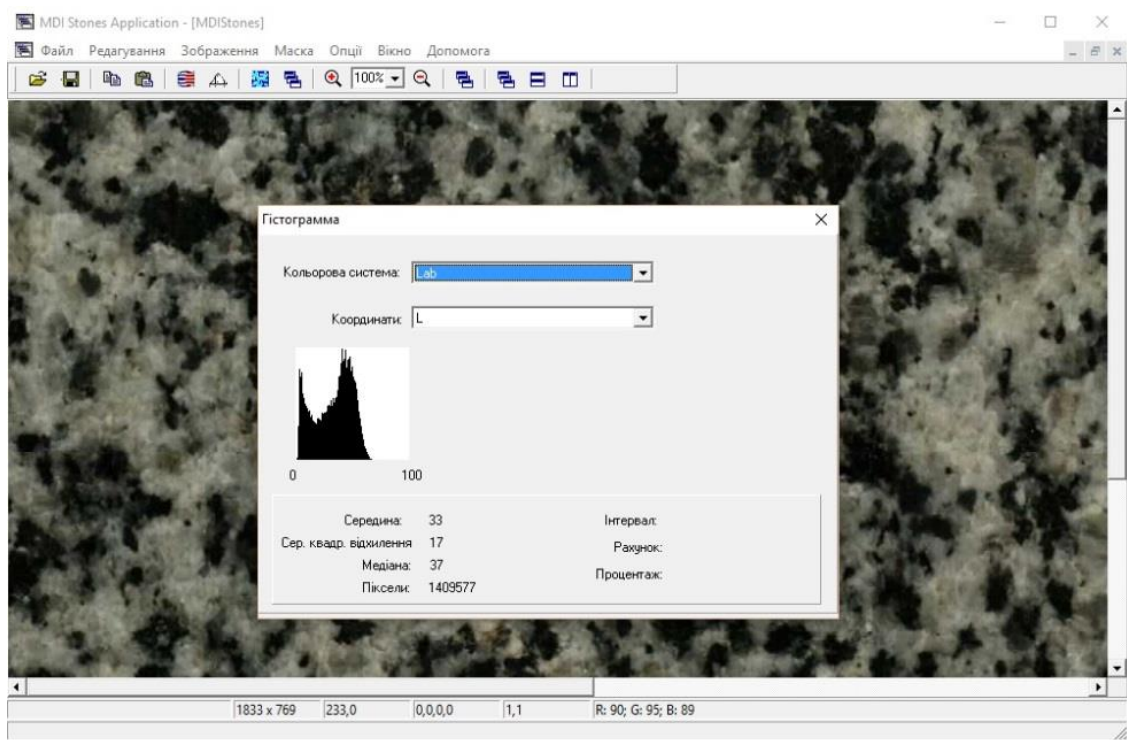


Рис. 2.9. Приклад кількісного визначення кольорових координат у програмі «Mdistones»

Крім визначення середніх значень показників кольору, можливе і визначення їх в окремих точках, з можливістю фіксації та збереження значень та перерахунку в різні колірні моделі (Рис 2.10).

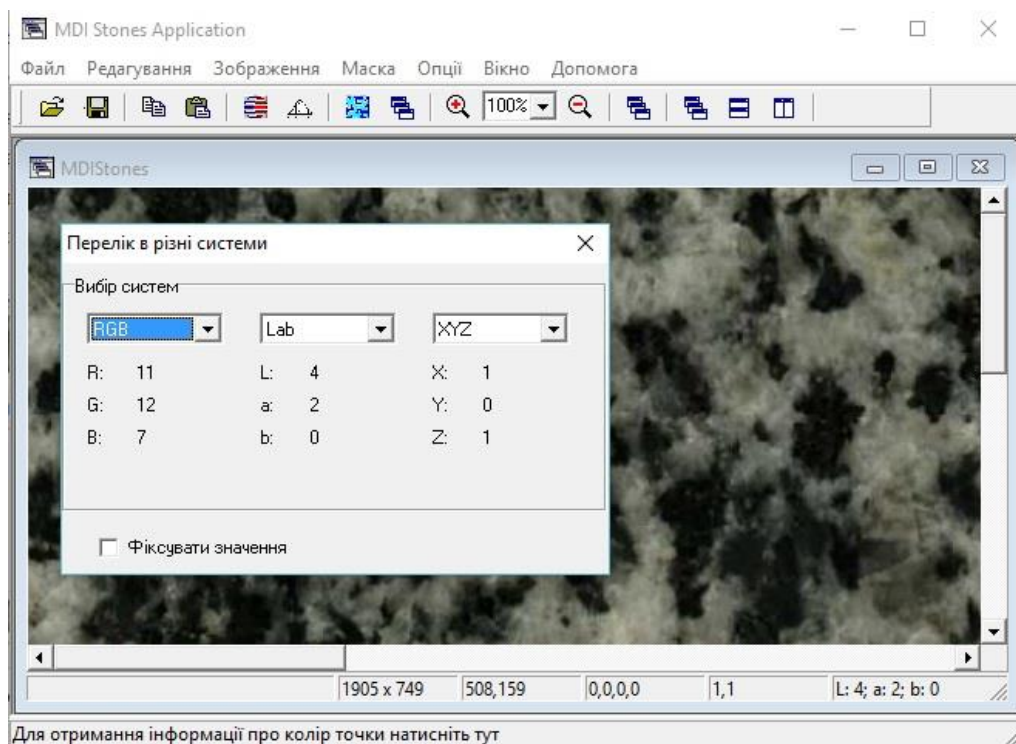


Рис. 2.10. Визначення окремих значень показників кольору та їх перерахунок у різні колірні моделі

Також цей програмний продукт дозволяє кількісно визначати площу окремих елементів за кольором, шляхом накладання маски на зображення (рис. 2.11).

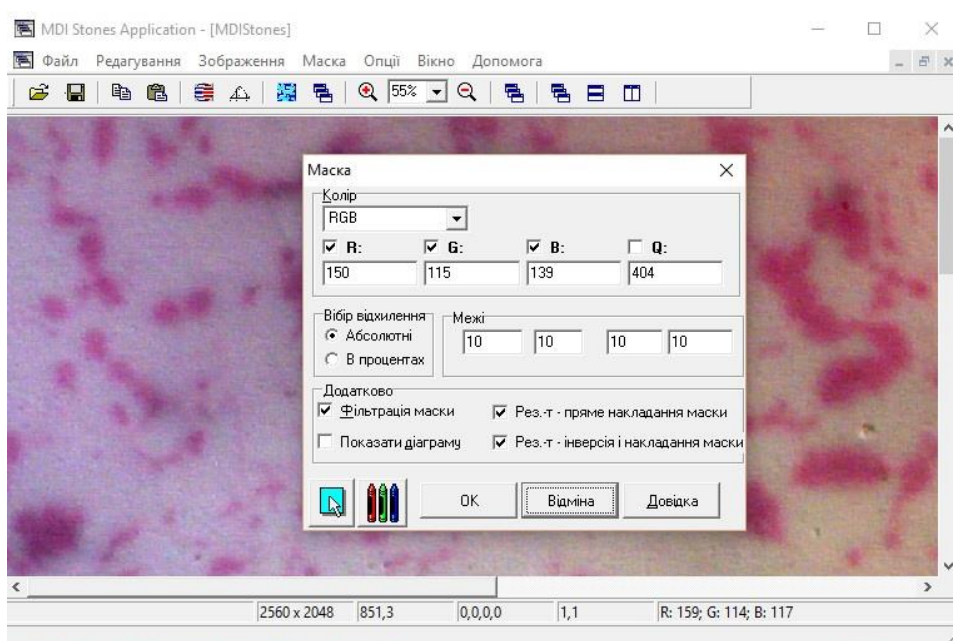


Рис. 2.11. Приклад накладання маски в програми «Mdistones»

При накладанні маски на зображення слід встановити певні межі відхилення, що дозволяють більш точно визначити площу кольорових координат на зображенні, що показана виділеною червоним прямокутником областю на Рис. 2.12.

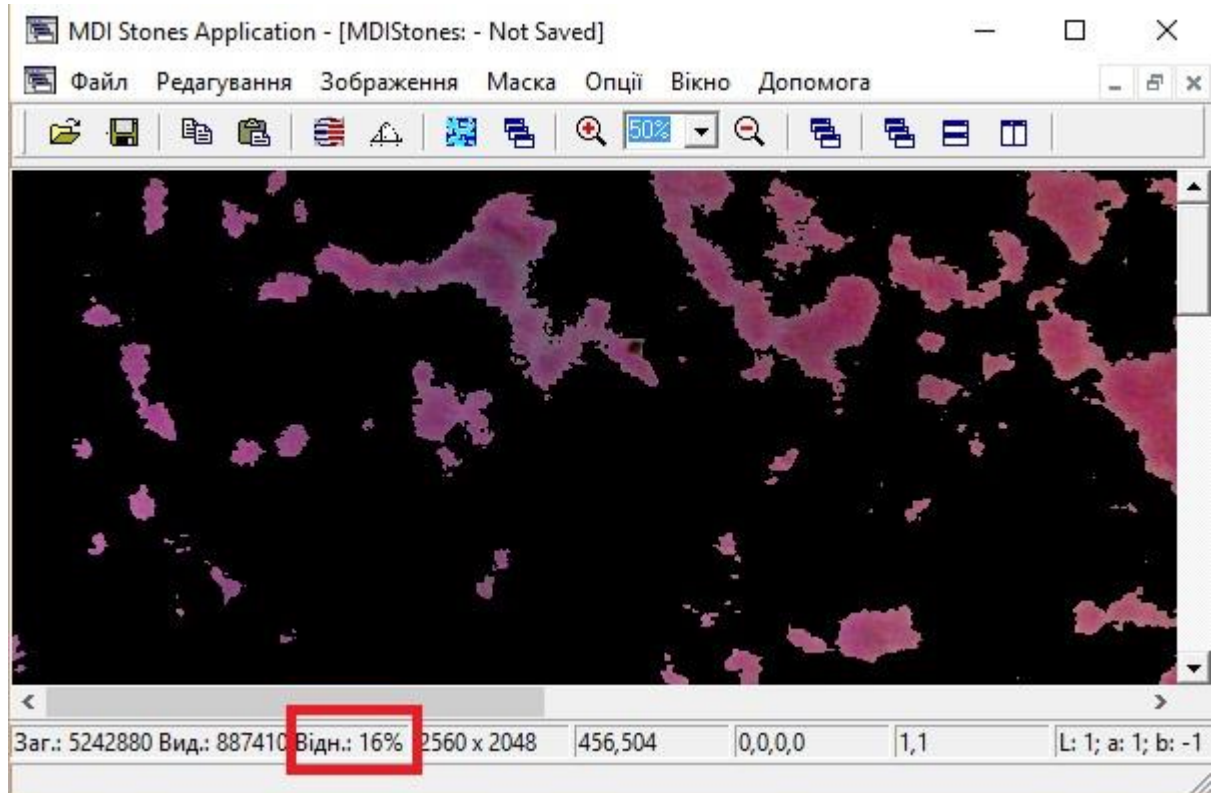


Рис. 2.12. Визначення площі кольорових ознак на зображенні в програмі «Mdistones»

## 2.5. Розробка методики визначення кольорового тону природного облицювального каменю

Методика визначення кольорових відтінків природного облицювального каменю полягає у використанні цифрових зображень поверхні природного облицювального каменю та виконання його обробки засобами сучасної обчислювальної техніки [60–62].

Методика визначення кольорового тону природного облицювального каменю полягає у такому:

- відбираються зразки природного облицювального каменю в межах родовища розмірами 20×20×20 см;
- виконується полірування поверхонь зразків природного облицювального каменю;
- зразки висушують та виконують сканування оброблених поверхні;
- отримане зображення опрацьовується в програмі Mdistones (рис. 2.13);

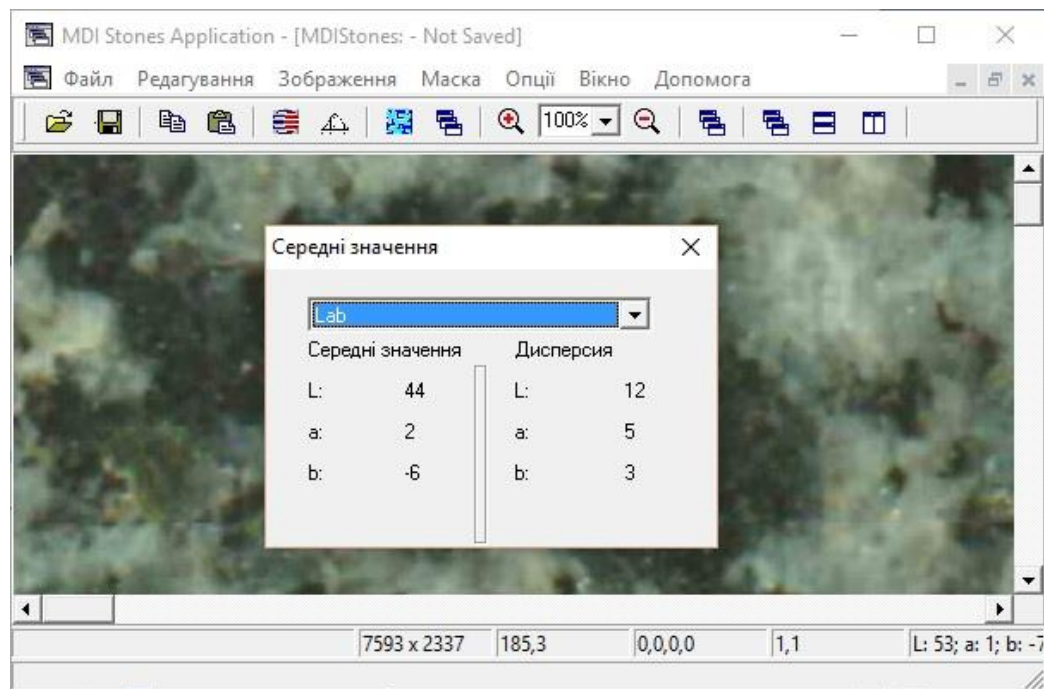


Рис. 2.13. Опрацювання зображення поверхні зразка в програмі Mdistones

- визначаються середні показники світлості L в системі LAB для кожного отриманого зображення полірованих поверхонь зразків;
- за допомогою функції обробки кольорів в програмі Mdistones проводимо корекцію кольору, а саме – підвищення його насиченості (+255) (рис. 2.14);

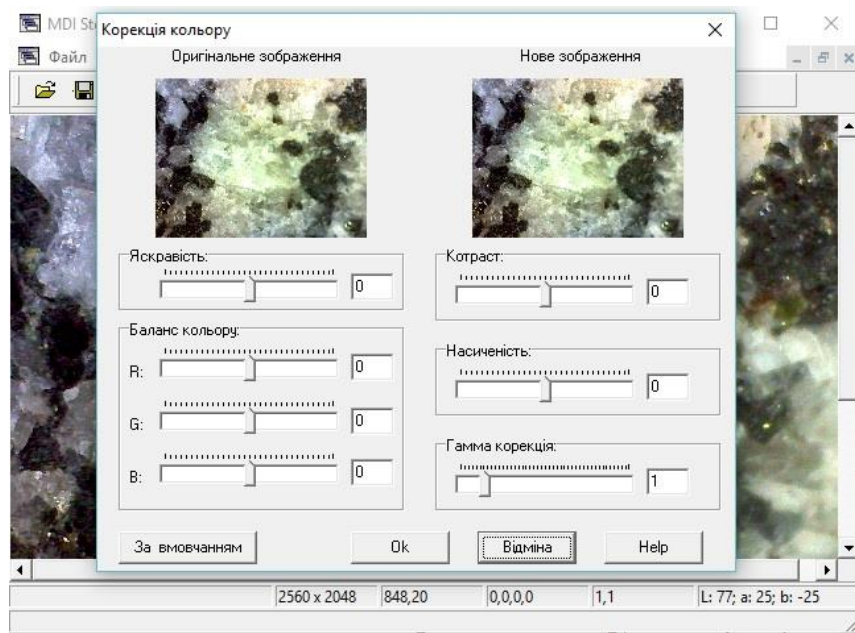


Рис. 2.14. Обробка кольору в програмі Mdistones

– визначаємо середні параметри кольорових координат А та В в системі LAB для кожного одержаного зображення полірованих поверхонь зразків.

Значення кольорових координат та різновиди Покостівського гранодіориту за відтінками кольору показані на рис. 2.15 – 2.17.

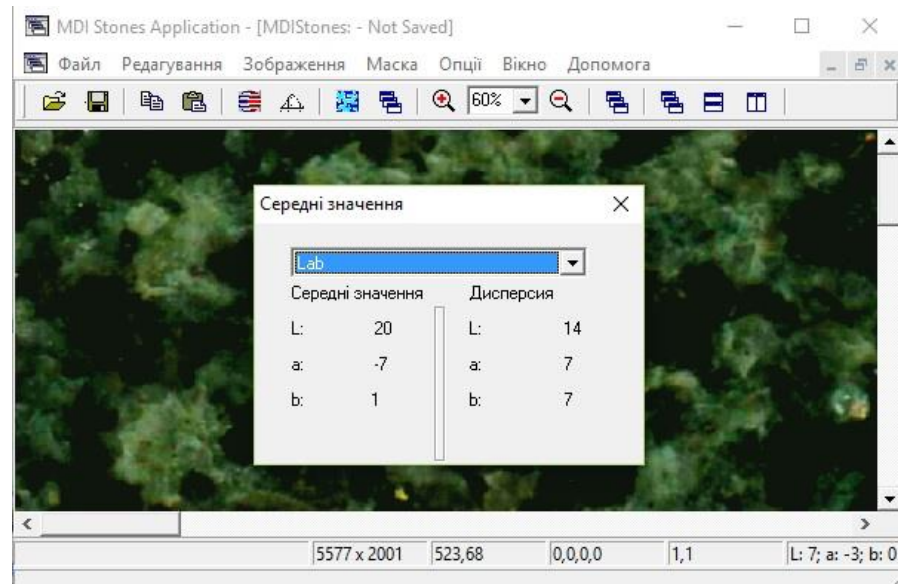


Рис. 2.15. Характеристика полірованих зразків з Покостівського гранодіориту із зеленим відтінком (де L – світлість; a – значення червоно-зеленої компоненти в кольорі, що аналізується; b – значення жовто-синьої компоненти)

Значущість компонент А та В спостерігається, коли вона перевищує  $\pm 5$ . При менших показниках вони майже не впливають на кольоровий тон.

Кольорові відтінки для природного облицювального каменю визначаються такими показниками:

$A=[+5; +120]$  – червоний відтінок;

$A=[-5; -120]$  – зелений відтінок;

$B=[+5; +120]$  – жовтий відтінок;

$B=[-5; -120]$  – синій відтінок.

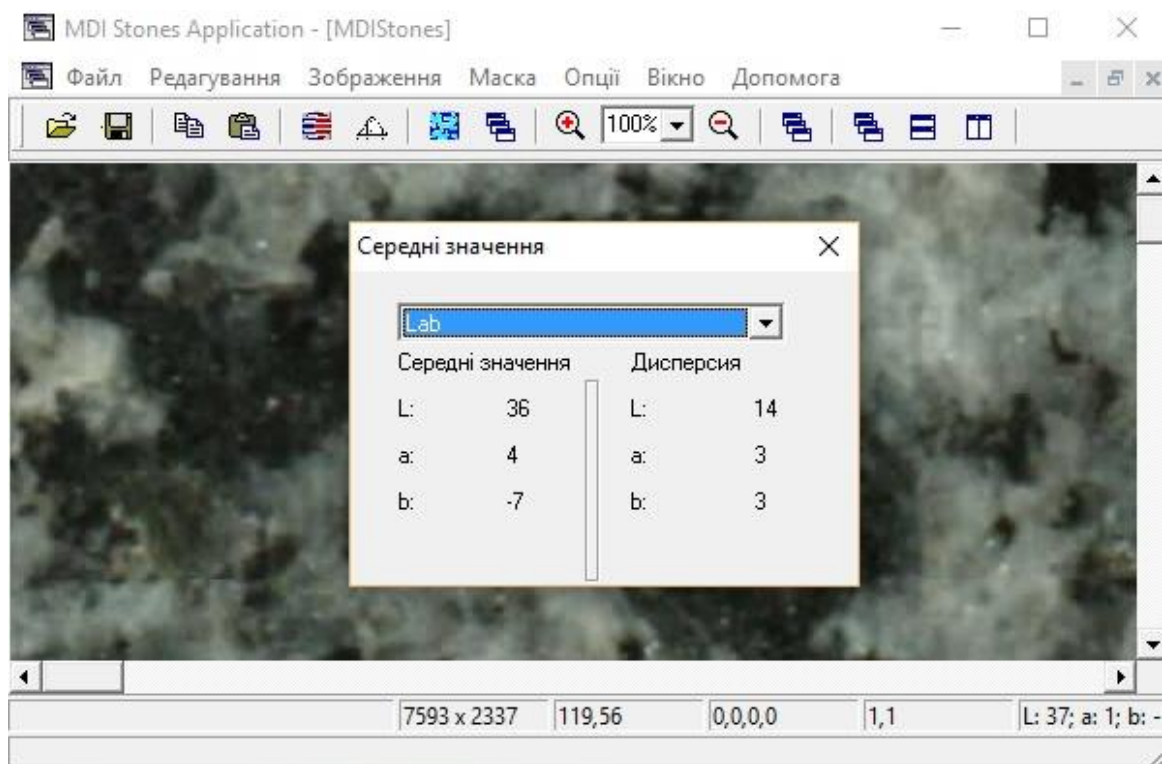


Рис. 2.16. Характеристика полірованих зразків з Покостівського гранодіориту із синім відтінком (де L – світлість; a – значення червоно-зеленої компоненти в кольорі, що аналізується; b – значення жовто-синьої компоненти)

Якщо значення А та В незначні, кольоровий відтінок визначається координатою, модуль якої більший. Наприклад, визначені середні параметри поверхні зразка каменю:  $L=30$ ;  $A=-10$ ;  $B=5$ , з яких видно, що модуль компоненти А більший за значення компоненти В. Тому визначення відтінку

проводиться по цій координаті. У цьому випадку буде спостерігатися зелений відтінок.



Рис. 2.17. Характеристика полірованих зразків з Покостівського гранодіориту із червоним відтінком (де L – світлість; a – значення червоно-зеленої компоненти в кольорі, що аналізується; b – значення жовто-синьої компоненти)

- поліровані зразки з природного облицювального каменю розколюють на частини;
- отримується макроскопічне зображення колотої поверхні зразків за допомогою цифрового мікроскопа;
- зображення переводять у чорно-білий формат;
- проводиться сегментація зображення на об'єкти і фон (рис. 2.18). У такому випадку об'єкти – це області мінералів (світлі або чорні), що визначаються, фон – області інших мінералів каменю. Для сегментації зображення використовується метод кольорової сегментації;

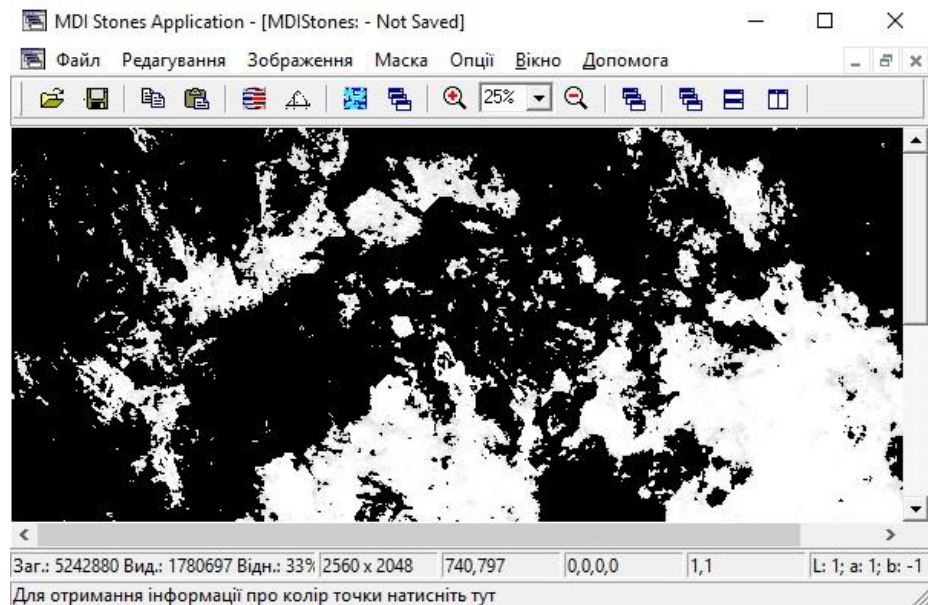


Рис. 2.18. Сегментація зображення на об'єкти і фон

– визначається загальна площа об'єктів на зображенні і відношення до площі всього зображення. Визначене таким чином відношення є узагальненим показником, який характеризує кількість темноколірних та світлих мінералів;

– створюється класифікація типів природного облицювального каменю за кольоровим тоном за такими визначеними показниками:

1.  $L$  – світлість полірованих зразків, %;
2. Кольорова координата полірованих зразків  $A$ , од.;
3. Кольорова координата полірованих зразків  $B$ , од.;
4. Площа світлих мінералів необроблених (колотих) зразків  $S_6$ , %;
5. Площа чорних мінералів необроблених (колотих) зразків  $S_ч$ , %;
6. Площа інших мінералів необроблених (колотих) зразків  $S_i$ , %.

Проаналізувавши отримані чисельні значення показників кольору та геометричних характеристик структурних елементів поверхні зразків, можна дійти висновків щодо структурних особливостей, генезису природного облицювального каменю та створити основи для аналізу показників декоративності. Характеристики, названі вище, змінюються по площі і за розрізом як в зразку, так і в масиві, що і дає підстави виділення різновидів

природного облицювального каменю [9].

Визначення кольорових відтінків проводять й іншими методами. Використання методу спектроскопії, проведенні спектрального аналізу. Суть полягає у визначенні хімічного складу гірської породи. Цей метод базується на пропусканні рентгенівських променів через подрібнену гірську породу. Такий метод відображає більш фундаментальні фізичні властивості об'єкта, на які не впливають такі умови зовнішнього середовища: освітлення, індивідуальність сприйняття кожного з глядачів і різниці в методах трактування кольору. Знання цих умов дозволяє на основі спектральних характеристик визначити трикомпонентні координати (однозначне зворотне перерахування неможливе). Однак, дорожня апаратура та скрутність проведення дослідження спектральних характеристик є сприятливою мотивацією до створення нових методів, що базуються на цифровій обробці зображень[59].

## **Висновки до розділу 2**

1. Проаналізувавши методи визначення декоративності, можемо сказати, що багато з них базується на суб'єктивному визначенні колірних ознак, але застосування цифрової обробки зображень дозволяє об'єктивно визначати властивості гірських порід.

2. Застосування сучасного обладнання, яке базується на нових методах визначення властивостей гірських порід, дозволяє проводити вимірювання зі значно меншою похибкою, виключаючи дію зовнішніх чинників.

3. Використання капілярних систем дозволяє проводити кількісне визначення площі дефектів поверхні природного каменю, оскільки він має різноманітну кольорову гаму, що спричинена різноманітними включеннями, мінеральним та хімічним складом гірської породи, і не дозволяє кількісно визначити площу дефектів природного каменю без використання проникаючих засобів.

4. Визначення властивостей гірських порід із застосуванням цифрової обробки зображень базується на вимірюванні колориметричних характеристик поверхні зразків гірських порід та готової продукції з природного каменю. Результати таких вимірювань дають можливість для створення нових методик, що дозволяють вирішувати поставлені задачі без застосування дорогого обладнання, а також швидкого їх вирішення.

5. Розробка методики визначення властивостей гірських порід може базуватися як на вивчені текстурних (ознак кольору), так і структурних ознак. При цьому визначення властивостей гірських порід повинно включати дослідження вказаних вище ознак як у готовому, так і в необробленому стані.

## РОЗДІЛ 3

### ВИВЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗМІНИ ДЕКОРАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ

#### 3.1. Визначення кольорового тону природного облицювального каменю за допомогою цифрової обробки зображень

Під структурою каменю розуміють будову каменю, яка обумовлена формою, величиною і кількісним співвідношенням мінералів, що складають гірську породу. Оскільки Покостівський гранодіорит є монохромним типом каменю, значення світлості буде залежати від вмісту темноколірних або світлих мінералів [9]. Характеристика структурних ознак різних типів Покостівського гранодіориту за відтінками світлості показана на рис. 3.1.

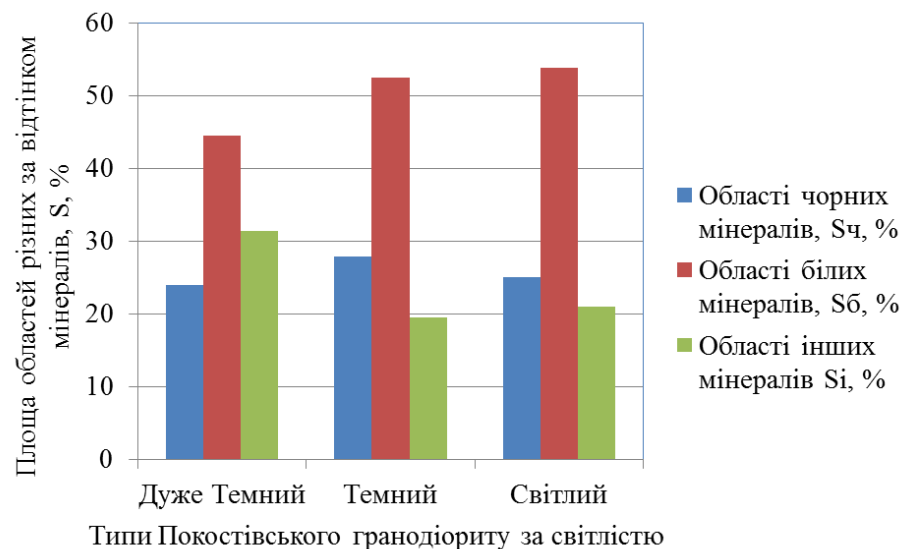


Рис. 3.1. Характеристика структурних ознак необроблених різних типів Покостівського гранодіориту за відтінками світлості

З рис. 3.1 видно, що типи Покостівського гранодіориту різні за відтінками світлості, характеризуються різним значенням площі областей темноколірних та світлих мінералів, які зображені в табл. 3.1.

**Характеристика необроблених блоків з різних типів Покостівського гранодіориту за світлістю, видобутих гідроклиновим способом**

Тип каменю за світлістю	Області чорних мінералів, $S_{\text{ч}}, \%$	Області білих мінералів, $S_{\text{б}}, \%$	Області інших мінералів, $S_{\text{і}}, \%$	Частка білих мінералів $S_{\text{б}}/(S_{\text{ч}}+S_{\text{б}}), \%$	Середня світлість $L_{\text{сер}}, \%$
Дуже темний	27	45	28	62	58,8
Темний	27	53	20	65	59
Світлий	25	54	21	68	59,5

Також із збільшенням площі областей світлих мінералів збільшується світлість поверхні каменю. При цьому була досліджена поверхня колотих необроблених зразків Покостівського гранодіориту за допомогою цифрового мікроскопа, в результаті чого був побудований графік залежності зміни світлості необробленого каменю від частки білих мінералів (рис. 3.2).

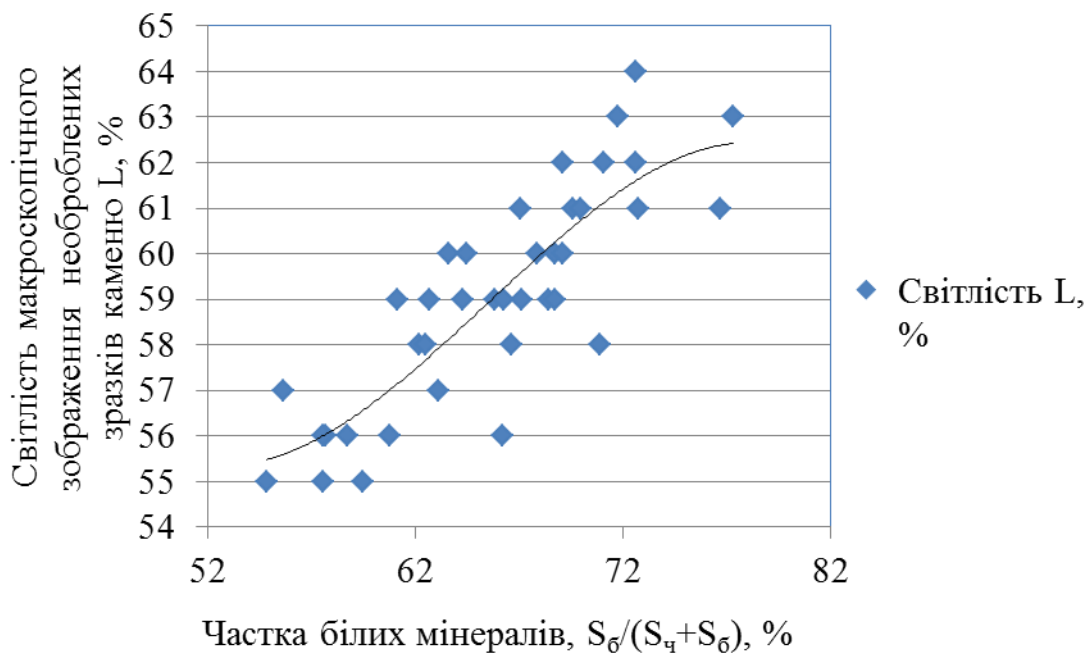


Рис. 3.2. Графік залежності зміни світлості необробленого каменю від частки білих мінералів

Залежно від площі областей світлих мінералів, світлість  $L$  для Покоствівського гранодіориту описується поліноміальною залежністю 3-го порядку:

$$L = -901,06 \left( \frac{S_{\delta}}{S_{\gamma} + S_{\delta}} \right)^3 + 1769,7 \left( \frac{S_{\delta}}{S_{\gamma} + S_{\delta}} \right)^2 - 1116,3 \frac{S_{\delta}}{S_{\gamma} + S_{\delta}} + 284,01 \quad (3.1)$$

де  $L$  – світлість, %;  $S_{\delta}$  – площа областей білих мінералів, %;  $S_{\gamma}$  – площа областей чорних мінералів, %.

Характеристика структурних показників необроблених зразків з різних типів Покоствівського гранодіориту за світлістю показані в Табл. 3.1 – 3.3.

Таблиця 3.2

### Характеристика світлого типу Покоствівського гранодіориту

№ п/п	Області чорних мінералів, $S_{\gamma}$ , %	Області білих мінералів, $S_{\delta}$ , %	Області інших мінералів, $S_i$ , %	Світлість, $L$ , %	Частка білих мінералів, $S_{\delta}/(S_{\gamma} + S_{\delta})$ , %
1	25	52	23	56	66,23%
2	25	60	15	63	71,76%
3	25	55	20	59	68,75%
4	21	56	23	61	72,73%
5	23	56	21	58	70,89%
6	25	51	24	60	64,47%
7	25	52	23	60	63,64%
8	24	56	20	59	66,25%
9	24	55	21	59	69,34%
10	23	61	16	62	70,89%
11	25	57	18	60	70,11%
12	21	58	21	62	71,25%

Світлі типи Покоствівського гранодіориту мають велику частку білих мінералів (область білих мінералів,  $S_{\delta} \geq 50$  %), а також мають малу кількість чорних мінералів (область чорних мінералів,  $S_{\gamma} \leq 25$  %). Хроматичні

мінерали з незначною насиченістю надають певний кольоровий відтінок поверхні каменю, макроскопічне зображення якого показано на Рис. 3.3.

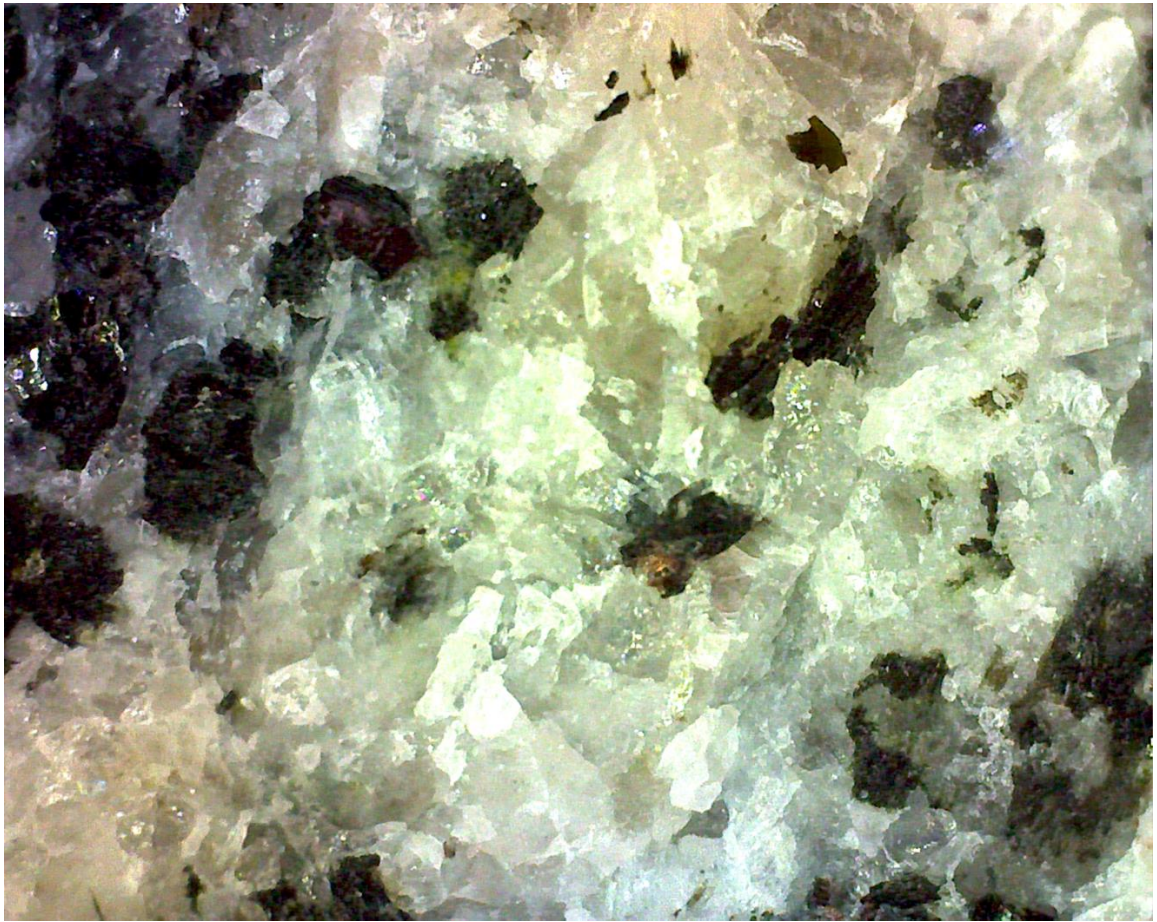


Рис. 3.3. Макроскопічне зображення необробленого світлого типу Покоствіського гранодіориту

Таблиця 3.3.

Характеристика темного типу Покоствіського гранодіориту

№ п/п	Області чорних мінералів, $S_{ч}$ , %	Області білих мінералів, $S_{б}$ , %	Області інших мінералів, $S_{і}$ , %	Світлість, L, %	Частка білих мінералів, $S_{б}/(S_{ч} + S_{б})$ , %
1	24	52	24	59	68,42%
2	25	56	19	62	69,14%
3	31	48	21	56	60,76%
4	30	54	16	59	64,29%
5	25	55	20	60	68,75%

6	31	51	18	58	62,20%
7	23	61	16	64	72,62%
8	26	52	22	58	66,67%
9	33	47	20	56	58,75%
10	39	49	12	57	55,68%
11	17	56	27	61	76,71%
12	28	54	18	59	65,85%

Темні типи Покостівського гранодіориту мають подібну до світлих типів каменю частку білих мінералів, але мають більшу кількість чорних мінералів (середня площа областей чорних мінералів складає близько 30 %). Хроматичні мінерали з незначною насиченістю надають певний кольоровий відтінок поверхні каменю, макроскопічне зображення якого показано на рис. 3.4.

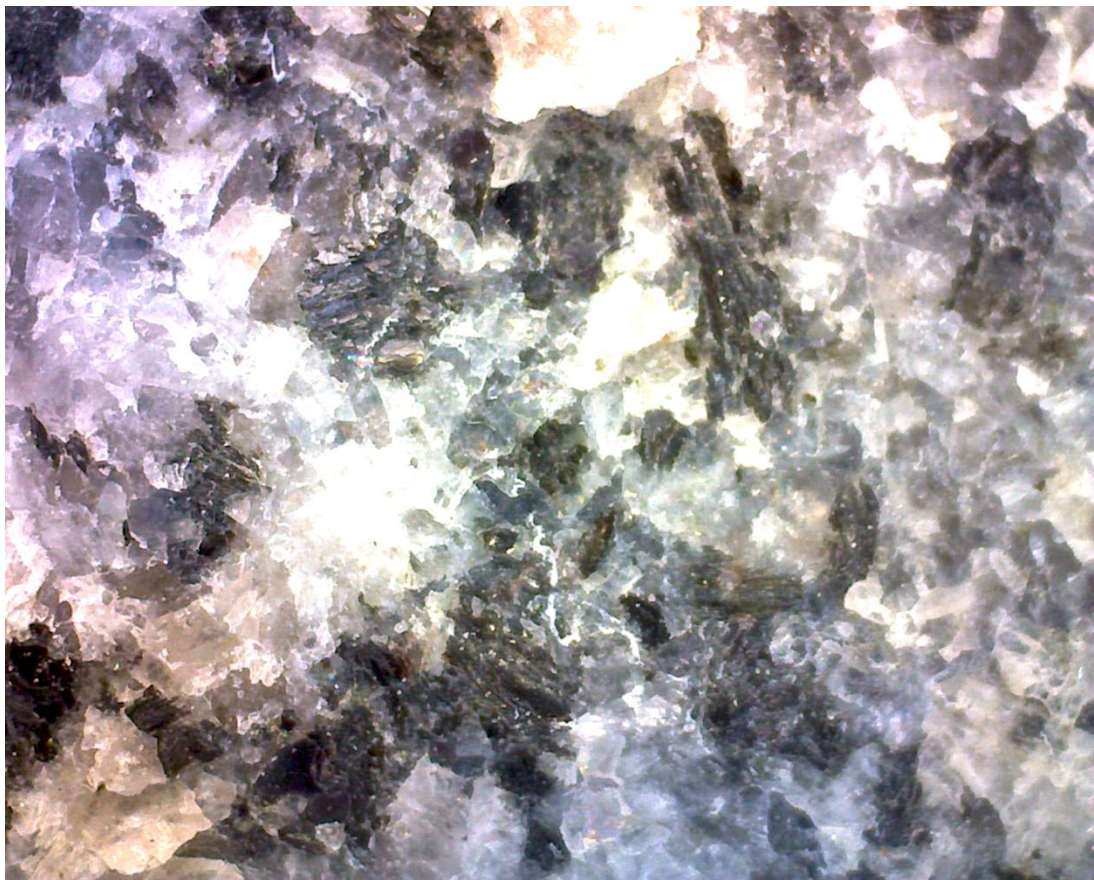


Рис. 3.4. Макроскопічне зображення необробленого темного типу  
Покостівського гранодіориту

**Характеристика дуже темного типу Покостівського гранодіориту**

№ п/п	Області чорних мінералів, $S_{\text{ч}}$ , %	Області білих мінералів, $S_{\text{б}}$ , %	Області інших мінералів, $S_{\text{і}}$ , %	Світлість, L, %	Частка білих мінералів, $S_{\text{б}}/(S_{\text{ч}}+S_{\text{б}})$ , %
1	21	49	30	61	70,00%
2	27	45	28	58	62,50%
3	28	38	34	55	57,58%
4	20	50	30	62	72,60%
5	22	45	33	59	67,16%
6	21	47	32	60	69,12%
7	25	42	33	59	62,69%
8	28	38	34	56	57,58%
9	30	36	34	56	56,85%
10	29	39	32	57	60,01%
11	27	40	33	58	61,15%
12	28	35	37	55	58,29%

Дуже темні типи Покостівського гранодіориту мають малу кількість білих мінералів (область білих мінералів,  $S_{\text{б}} \leq 50$  %), та мають подібну кількість чорних мінералів, як у темного типу (середня площа областей чорних мінералів складає до 30 %). У цьому типі каменю найбільша кількість хроматичних мінералів, що надають йому певний кольоровий відтінок поверхні каменю, макроскопічне зображення якого показано на рис. 3.5.

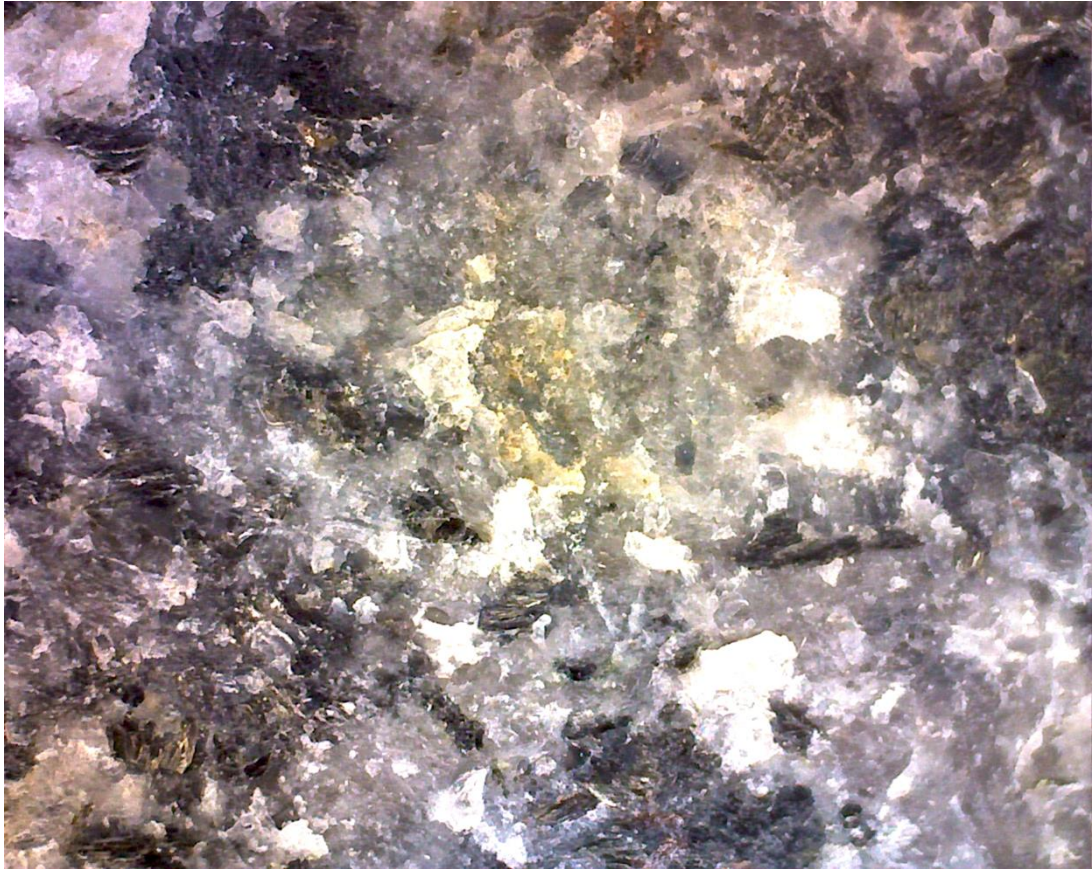
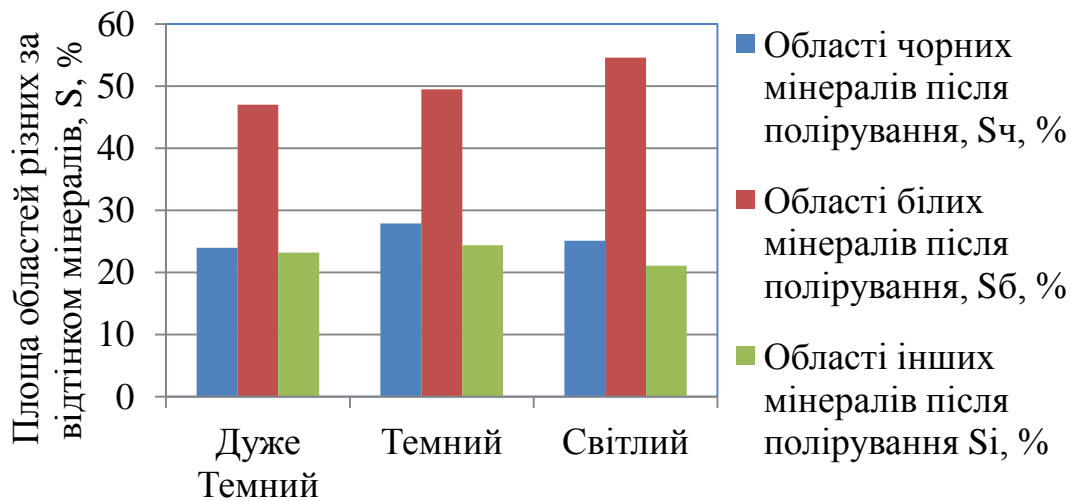


Рис. 3.5. Макроскопічне зображення необробленого дуже темного типу Покостівського гранодіориту

Відомо, що при поліруванні декоративного каменю покращуються його декоративні властивості, а саме – підкреслюється його текстура та структура. Також змінюється світлість каменю та інші його експлуатаційні властивості. Тому було досліджено структурні властивості не тільки необробленого каменю, а й полірованого.

З рис. 3.6 видно, що типи Покостівського гранодіориту, різні за відтінками світлості, характеризуються різним значенням площі областей темноколірних та світлих мінералів, які зображені в табл. 3.5.



### Типи Покостівського гранодіориту за світлістю

Рис. 3.6. Характеристика структурних ознак полірованих зразків з різних типів Покостівського гранодіориту за світлістю

Також, порівнюючи значення середньої світлості різних типів Покостівського гранодіориту необроблених та полірованих зразків, можна сказати, що неможливо визначити відмінності у світлості необробленого каменю, оскільки крім чорних та білих мінералів існують і кольорові, які характеризуються певною світлістю. Тому визначення типів Покостівського гранодіориту за відтінками світлості базується на співвідношенні чорних та світлих мінералів [9].

Таблиця 3.5

### Характеристика полірованих зразків з різних типів Покостівського гранодіориту за світлістю

Тип каменю за світлістю	Області чорних мінералів, $S_{\text{ч}}$ , %	Області білих мінералів, $S_{\text{б}}$ , %	Області інших мінералів, $S_{\text{і}}$ , %	Частка білих мінералів $S_{\text{б}}/(S_{\text{ч}}+S_{\text{б}})$ , %	Середня світлість $L_{\text{сер}}$ , %
Дуже темний	30	47	23	61	61,16
Темний	26	50	24	64	65,52
Світлий	24	55	21	69	69,32

Після полірування природного каменю його світлість також залежить від частки білих мінералів, із збільшенням площі областей світлих мінералів збільшується світлість поверхні каменю.

Був побудований графік залежності зміни світлості полірованих зразків каменю від співвідношення площі областей білих до чорних мінералів (рис. 3.7).

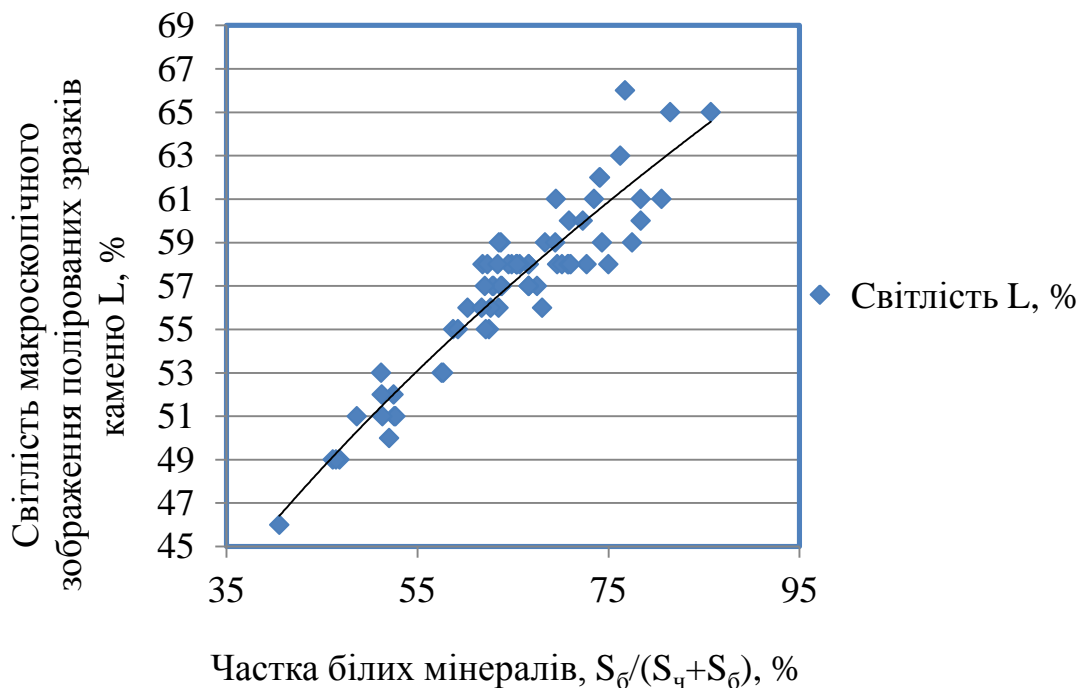


Рис. 3.7. Графік залежності зміни світлості полірованого каменю від частки білих мінералів

Залежно від частки білих мінералів, світлість  $L$  для Покостівського гранодіориту описується степеневою залежністю:

$$L = 70,145 \left( \frac{S_b}{S_q + S_b} \right)^{0,4651} \quad (3.2)$$

де  $L$  – світлість, %;  $S_b$  – площа областей білих мінералів, %;  $S_q$  – площа областей чорних мінералів, %.

При цьому величина достовірності апроксимації складає:  $R^2=0,8916$ .

У результаті отриманих кількісних значень структурних ознак зразків з різних типів Покостівського гранодіориту за відтінками світлості, а також на основі раніше проведених досліджень складена узагальнена характеристика різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном (рис. 3.8).

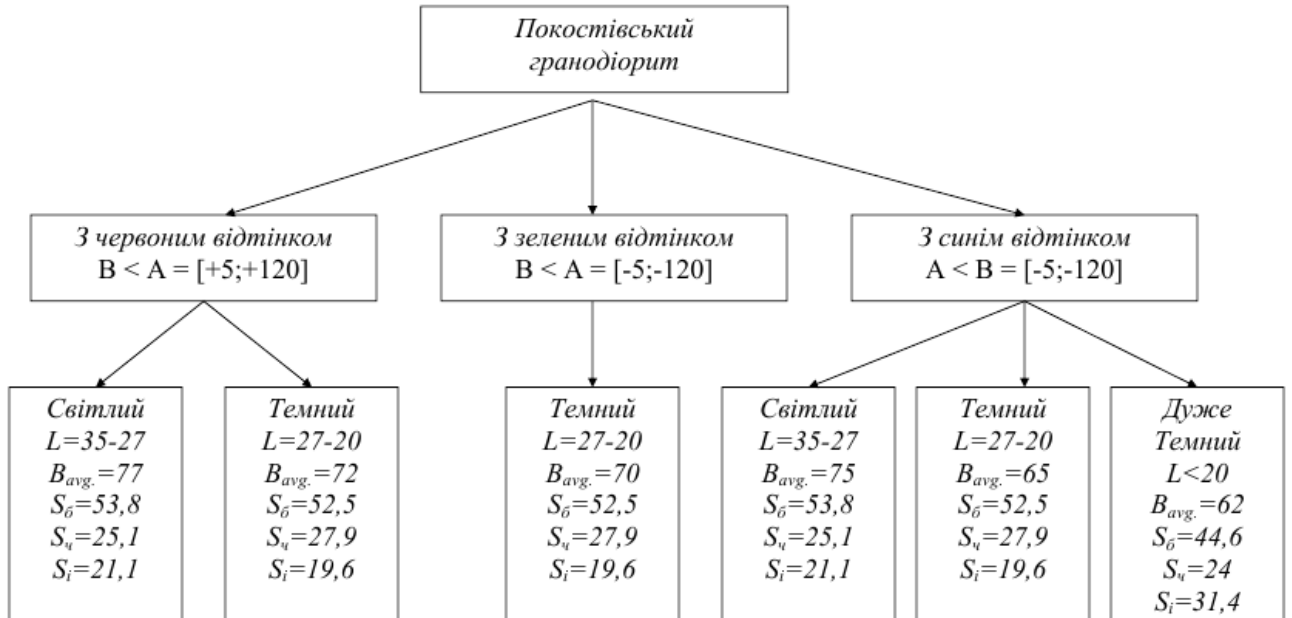


Рис. 3.8. Характеристика основних типів Покостівського гранодіориту: де  $L$  – світлість поверхні каменю після механічного полірування, %;  $A$ ,  $B$  – кольорові координати зразків поверхні каменю, од.;  $B_{avg}$  – середній блиск поверхні зразків каменю, GU;  $S_b$  – площа областей білих мінералів до полірування, %;  $S_c$  – площа областей чорних мінералів до полірування, %;  $S_i$  – площа областей інших мінералів до полірування, %

Отже, складена узагальнена характеристика різних типів Покостівського гранодіориту дасть можливість визначати різні за кольоровим тоном блоки за допомогою створеної методики, для вибору технології обробки каменю, що забезпечить мінімальну відмінність у світлості між різними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном.

### 3.2. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після обробки механічними методами

Характерною особливістю Покостівського гранодіориту є те, що він має різне забарвлення. Покостівський гранодіорит видобувається на 5 кар'єрах, що мають відмінності у хімічному, мінералогічному складі, а також мають вміст різних домішок, які впливають на його забарвлення. Блакитні відтінки утворюються завдяки наявності наддрібних мінеральних (рутил, ільменіт) і газорідних включень. Калієві польові шпати (мікроклін і плагіоклаз) надають гранітоїдам червоні і рожеві кольори, рідше – кремові, білі і світло-сірі. Плагіоклази надають гранітоїдам білі, світло-сірі і сірі до чорного кольори, іноді – зеленуватий, жовтувато- і сірувато-зелений відтінок (через мікрівключення зелених залізовмісних силікатів), це пов'язано з вторинними змінами плагіоклазів – утворенням хлориту, епідоту. Темноколірні мінерали – біотит, рогова обманка, піроксен – практично не впливають на загальне сприйняття забарвлення гранітоїдів і лише при їх вмісті 15–20 % породи отримують сірий або темно-сірий колір [52; 53]. Класифікація Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном зображена на рис. 3.10.

Для обробки плит використовувався плоскошліфувальний верстат з такими технічними характеристиками (табл. 3.6).

Таблиця 3.6.

#### Технічні характеристики плоскошліфувального верстату

Технічні характеристики	Значення
Витрата води	30 л/хв.
Швидкість обертання робочої головки	1460 об./хв.
Швидкість підймання головки	1,98 м/хв.
Швидкість переміщення каретки	3,96 м/хв.

У якості алмазного інструменту використовувались фікerti з номерами та зернистістю, які показані в Табл. 3.7. Також показана кількість проходжень цими номерами. Така схема використання алмазного інструменту дозволяє отримати якісну поверхню каменю і забезпечити її блиск. Блиск Покостівського гранодіориту відповідає другій категорії за відбивною здатністю (ГОСТ 9479-84) і забезпечується відповідно такою фактурною обробкою.

Таблиця 3.7.

#### Характеристика використовуваного алмазного інструменту

К-ть проходжень	Номери інструменту	Зернистість, мкм
1	№ 240	200/160
4	№ 400	80/63
2	№ 600	60/40
2	№ 800	40/28
2	№ 1200	28/20
1	Полірувальний	1/0

Для вирішення завдань аналізу зовнішнього виду поверхні необхідно сформувати цифрове зображення поверхні облицювального каменю і виконати його обробку засобами сучасної обчислювальної техніки [13; 20; 23, 43; 53].

Приклад визначення кольорових координат Lab в програмі Mdistones наведено на Рис. 3.9.

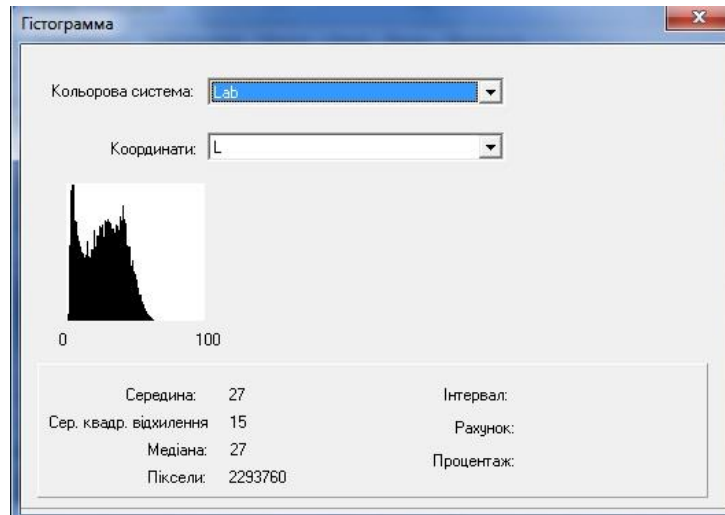


Рис. 3.9. Опрацювання зображення поверхні зразка в програмі Mdistones

Методика дослідження полягає у такому:

- виконується фактурна обробка заготовки фікертми різних номерів на плоскошліфувальному верстаті;
- після проходження кожним номером вирізається зразок каменю без плям та дефектів;
- виконується фактурна обробка поверхні каменю за допомогою оксидів хрому та алюмінію;
- фіксується час полірування оксидами хрому та алюмінію;
- на підготовлені зразки наносять хімічні просочувальні засоби для природного каменю;
- отримані зразки висушують та виконують сканування обробленої поверхні;
- отримане зображення опрацьовується в програмі Mdistones;
- визначаються середні показники світлості L в системі Lab для кожного отриманого зображення

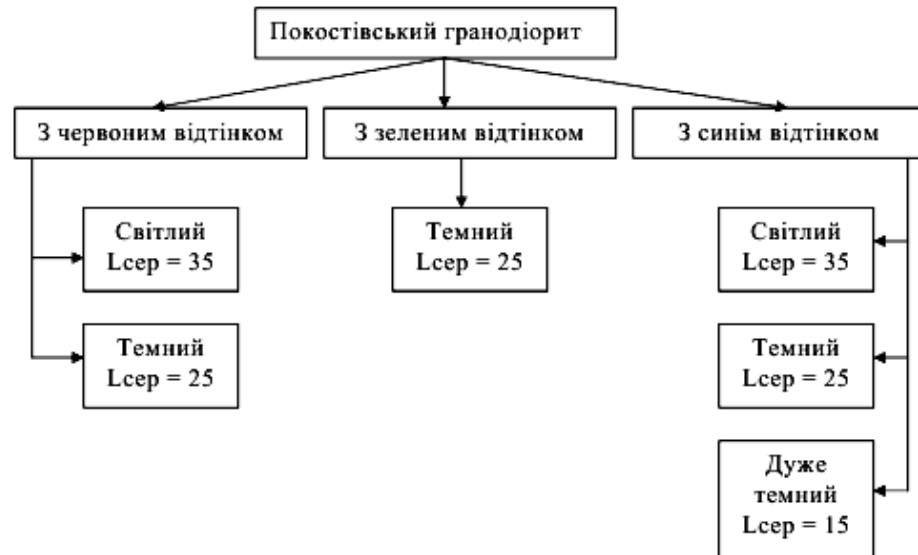


Рис. 3.10. Класифікація Покостівського гранодіориту за забарвленням та світлістю;  $L_{сер}$  – компонента системи Lab, яка відповідає за світлоту тону, %

При шліфуванні плит з природного каменю різними номерами інструменту спостерігається зміна його світлості. Залежно від шорсткості поверхні каменю, був побудований графік зміни світлості (рис. 3.11).

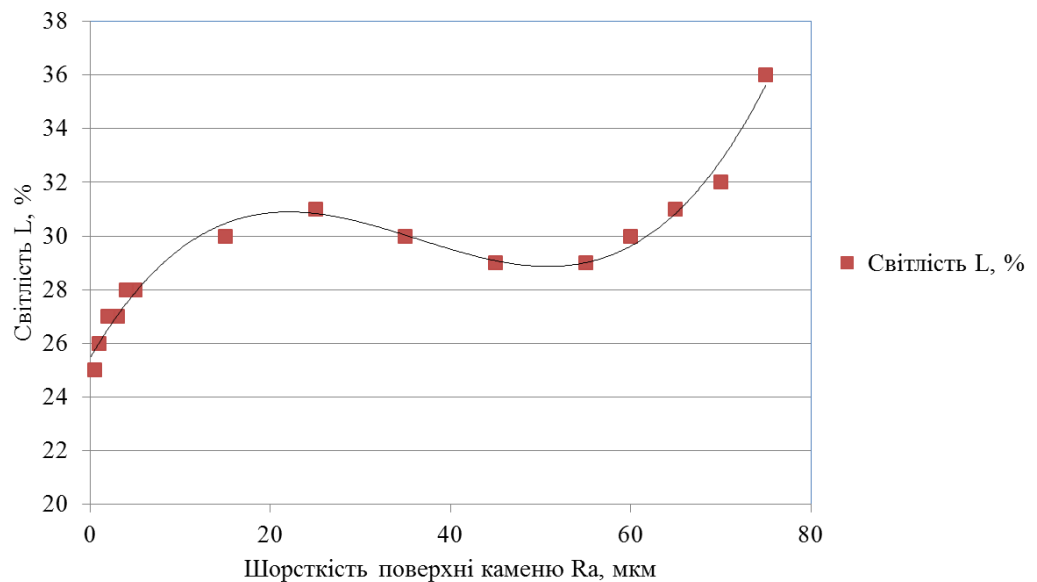


Рис. 3.11. Графік зміни світлості плитки з Покостівського гранодіориту залежно від шорсткості поверхні каменю

Як видно з Рис. 3.11, існує чітка тенденція до зменшення світлості із зменшенням шорсткості поверхні каменю, що характеризує рівномірність зміни тону та покращення декоративності каменю

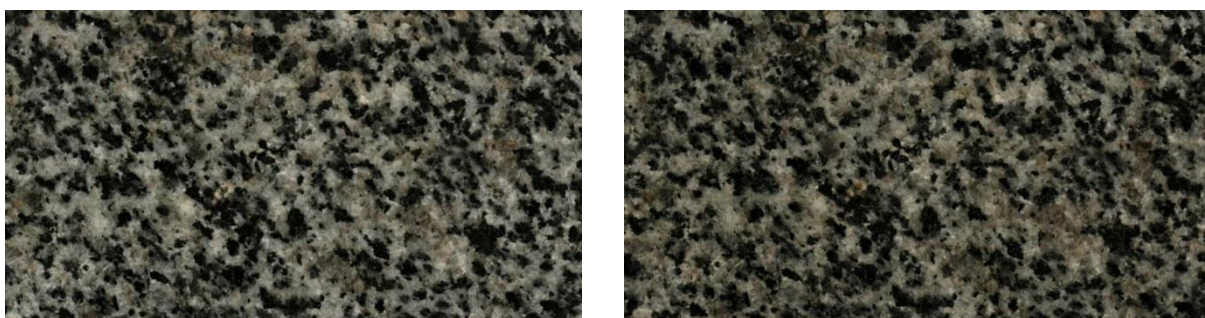
Залежно від шорсткості поверхні каменю, світлість  $L$  для Покостівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за наступною формулою:

$$L = -0,0002R_a^3 - 0,0187R_a^2 + 0,5765R_a + 25,457, \% \quad (3.3)$$

де  $L$  – світлість, %;

$R_a$  – шорсткість поверхні каменю, мкм.

Для того, щоб забезпечити однакову світлість полірованої плитки з Покостівського гранодіориту різних з початковою світлістю плит та однаковим забарвленням, темніший камінь слід обробляти номерами, що вказані в табл. 3.7. Для світлого каменю продовжують шліфування номерами з малою зернистістю, в цьому експерименті були використані № 1500 (зернистість – 20/14), № 2000 (зернистість – 10/7), № 3000 (зернистість – 5/3). На рис. 3.12 показаний світлий Покостівський гранодіорит з червоним відтінком при звичайній обробці та після додаткової обробки, яка зменшує світлість каменю. Також показана зміна світлоти залежно від шорсткості поверхні каменю при додатковій обробці (Рис. 3.13).



а

б

Рис. 3.12. Відмінність у світлості (система Lab) після полірування світлого Покостівського гранодіориту з червоним відтінком: а – вигляд полірованої поверхні каменю при звичайній обробці ( $L = 32$ ;  $a = 9$ ;  $b = -5$ ); б – вигляд полірованої поверхні каменю з використанням додаткових номерів малої зернистості ( $L = 27$ ;  $a = 9$ ;  $b = -4$ )

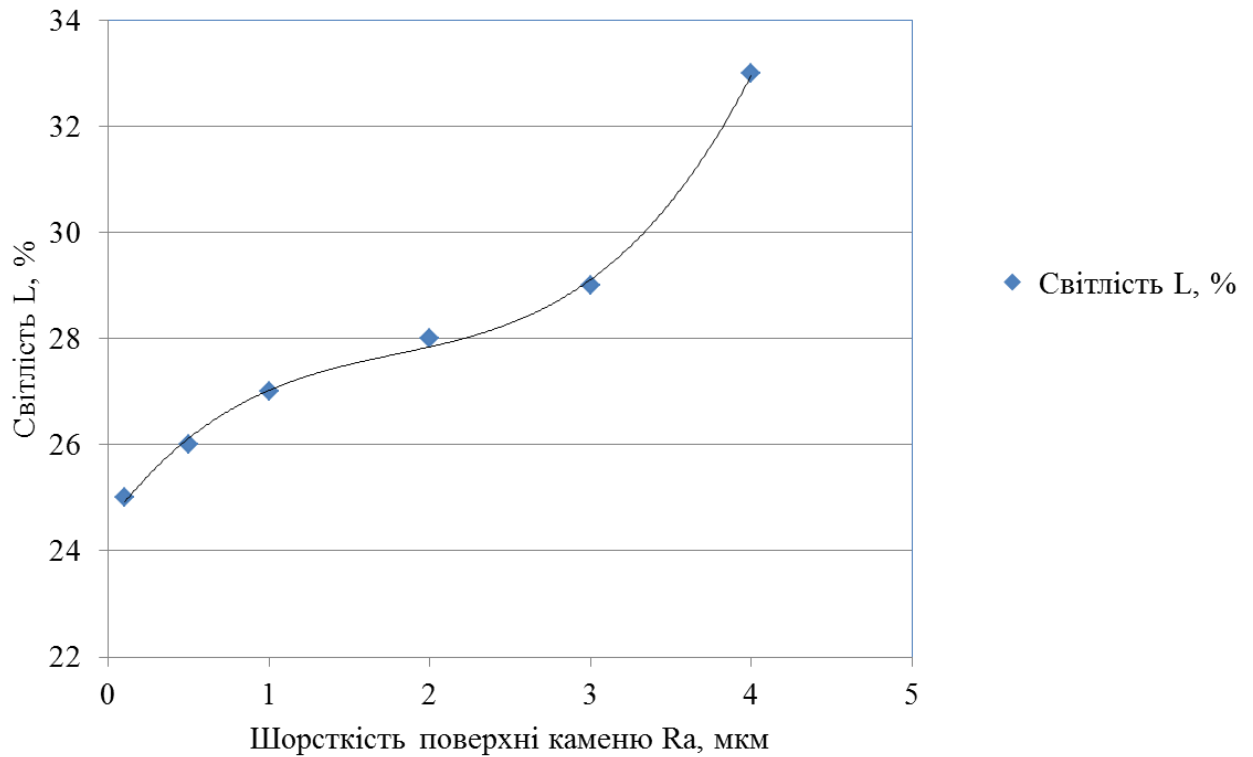


Рис. 3.13. Зміна світлості каменю при додатковій обробці дрібнозернистими номерами алмазного інструменту

Залежно від шорсткості поверхні каменю, світлість L для Покоствівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за наступною формулою:

$$L = 0,5Ra^3 - 3Ra^2 + 6,5Ra + 23, \text{ од.} \quad (3.4)$$

Основним якісним показником полірованої поверхні є блиск. Залежно від шорсткості поверхні каменю, був побудований графік зміни блиску (рис. 3.14).

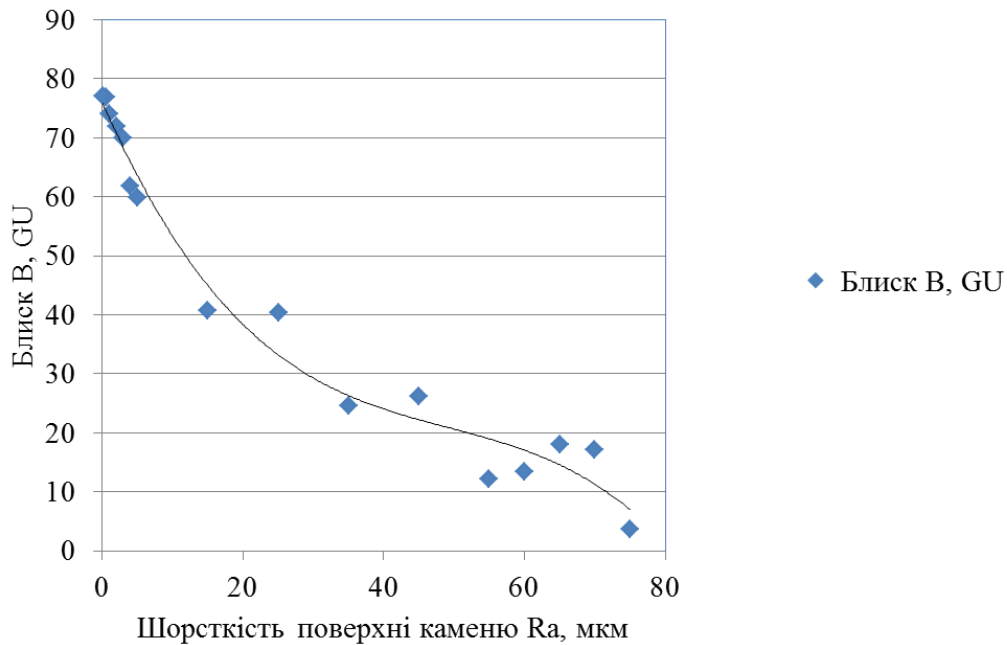


Рис. 3.14. Графік набуття блиску плити з Покоствівського гранодіориту залежно від шорсткості поверхні каменю

Залежно від шорсткості поверхні каменю, блиск В для Покоствівського гранодіориту описується кубічною залежністю та можна розрахувати за такою формулою:

$$B = -0,0003Ra^3 + 0,0492Ra^2 - 2,7364Ra + 76,067, \text{ GU} \quad (3.5)$$

де В – блиск, GU;

Ra – шорсткість поверхні каменю, мкм.

Крім автоматизованої механічної обробки поверхонь Покоствівського гранодіориту, були застосовані полірувальні порошки – оксиди хрому та алюмінію. Залежно від часу полірування поверхні каменю, був сформований графік залежності набуття блиску від часу полірування оксидом хрому та оксидом алюмінію (рис. 3.15).

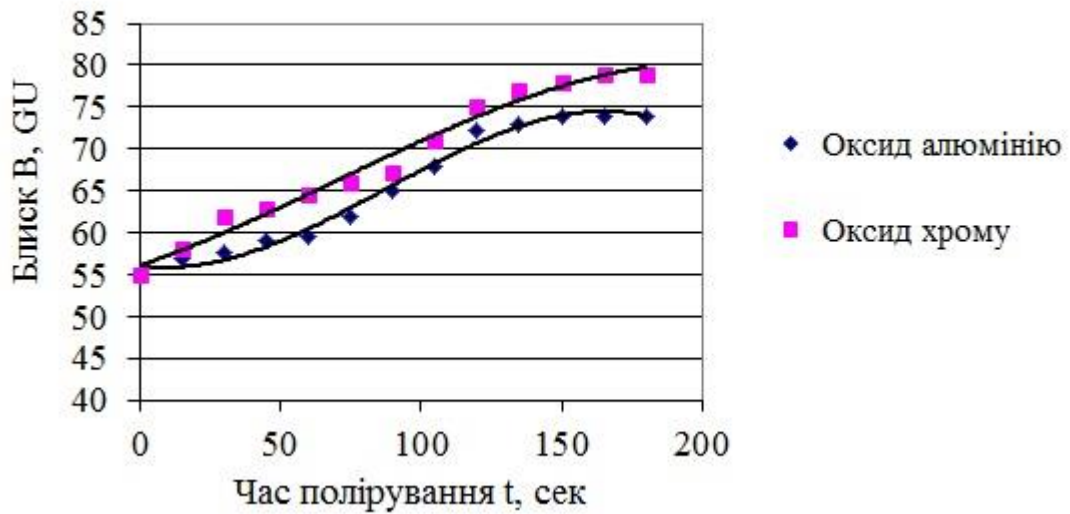


Рис. 3.15. Графік залежності набуття блиску Покоствіського гранодіориту від часу полірування оксидами хрому та алюмінію

З графіку видно, що Покоствіський гранодіорит краще полірується оксидом хрому. При цьому досягається граничний блиск каменю всього за 165 сек. Поверхня каменю, що полірується оксидом алюмінію, має менший блиск і не змінюється після 150 сек полірування. Залежно від часу полірування оксидами хрому (3.6) та алюмінію (3.7), набуття блиску  $V$  можна описати такими залежностями:

$$V = -3 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 + 0.0007t^2 + 0.114t + 56.071 \quad (3.6);$$

$$V = -10^{-5} \cdot t^3 + 0.0026t^2 - 0.0466t + 56.075 \quad (3.7),$$

де  $V$  – блиск, відн. од.;

$t$  – час полірування, с.

Залежно від часу полірування поверхні каменю, був сформований графік залежності зміни світлості від часу полірування оксидом хрому та оксидом алюмінію (Рис. 3.16).

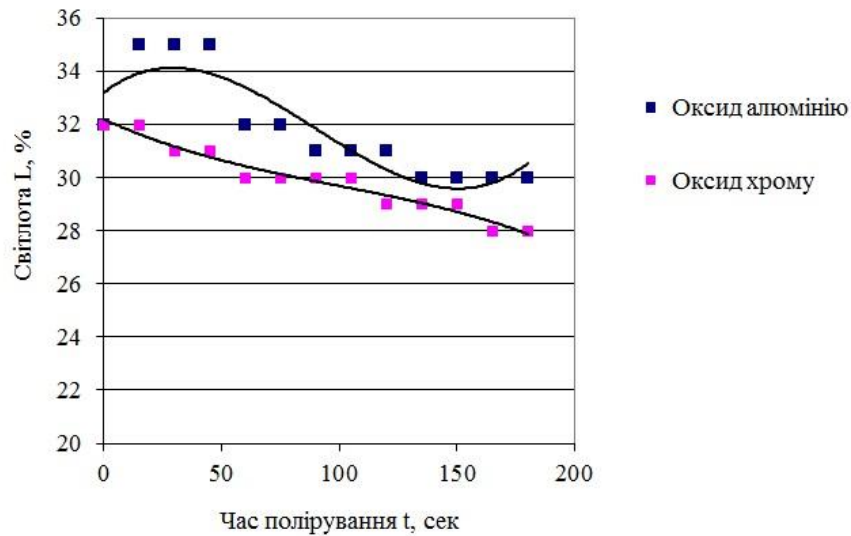


Рис. 3.16. Графік залежності зміни світлості Покоствівського гранодіориту від часу полірування оксидами хрому та алюмінію

З графіку видно, що при поліруванні Покоствівського гранодіориту оксидами камінь темніє. При цьому, спочатку оксид алюмінію надає каменю світлий відтінок. Це пояснюється тим, що при попаданні порошку білого кольору (оксид алюмінію) в мікронерівності каменю, він надає йому світлий відтінок, згодом нерівність полірованої поверхні каменю зменшується і оксид алюмінію вимивається з мікронерівностей [14]. При поліруванні оксидом хрому камінь поступово темніє, іноді спостерігаються зелені відтінки на поверхні каменю через зелене забарвлення порошку (оксид хрому). Залежно від часу полірування оксидами хрому (3.8) та алюмінію (3.9), зміну світлості  $L$  можна описати такими залежностями:

$$L = -8 \cdot 10^{-7} \cdot t^3 + 0.0002t^2 - 0.0405t + 32.184 \quad (3.8);$$

$$L = 5 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 0.0014t^2 + 0.0673t + 33.195 \quad (3.9),$$

де  $L$  – світлість каменю, од.;

$t$  – час полірування, с.

### 3.3. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після обробки хімічними просочувальними засобами

Враховуючи різноманітність Покостівського гранодіориту, а також виходячи із запропонованої класифікації каменю за забарвленням та світлістю, були виміряні значення блиску полірованих поверхонь каменю при механічному поліруванні залежно від типів Покостівського гранодіориту (рис. 3.10).

Як видно з рис. 3.18, різні типи Покостівського гранодіориту мають різні якісні показники. Найбільше значення блиску мають світлі типи каменів, а менше – темні. Відповідно до цього, було вирішено обробити поліровану поверхню каменю хімічними просочувальними засобами, які широко розповсюджені на ринку для каменю, та дослідити їх вплив на блиск поверхонь каменів (рис. 3.17). Для цього на поліровані поверхні однаково оброблених зразків каменю були нанесені просочувальні засоби. Для вірогідності результатів було відібрано по 5 зразків на один просочувальний засіб [8; 81].



Рис. 3.17. Використовувані хімічні просочувальні засоби

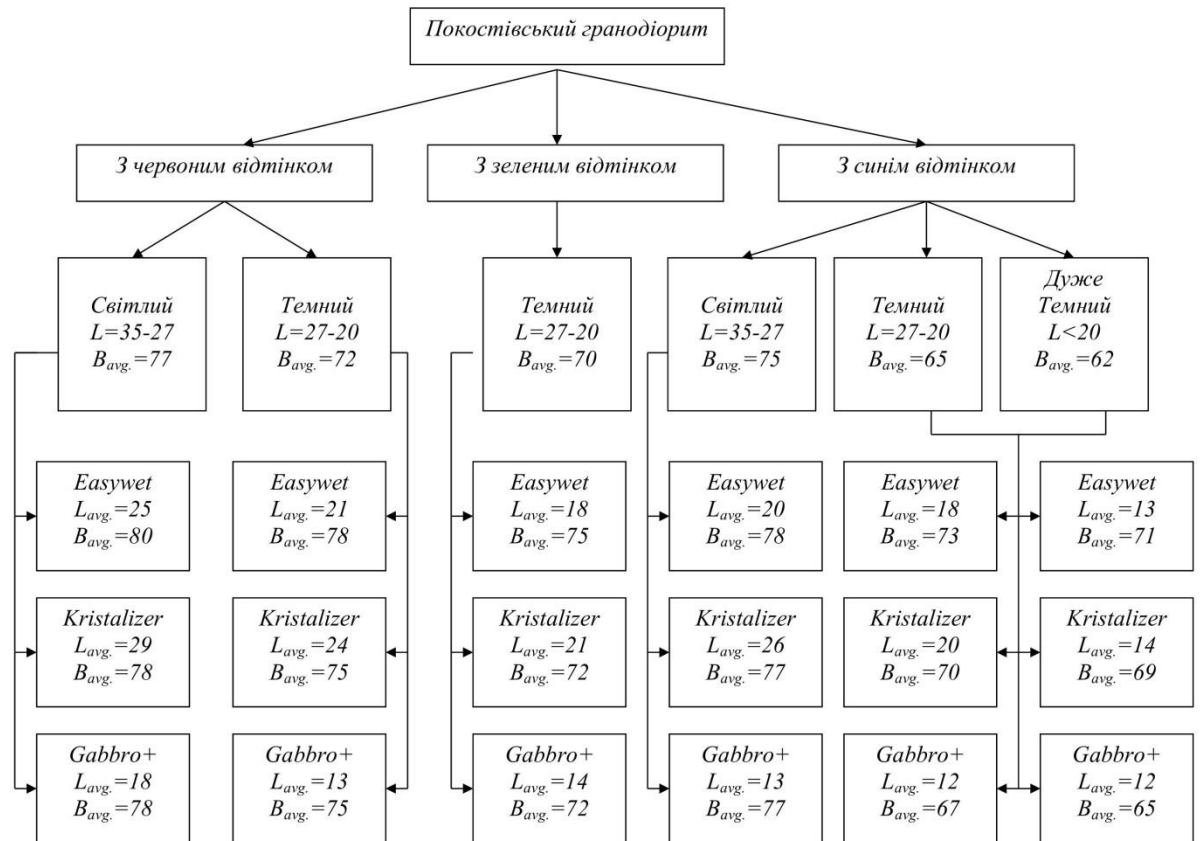


Рис. 3.18. Характеристика основних типів Покоствівського гранодіориту при обробці хімічними просочувальними засобами: де  $B_{avg}$  – середній блиск зразків каменю, відн. од.  $L$  – компонента системи Lab, яка відповідає за світлоту тону, од.;  $L_{avg}$  – середня світлість зразків каменю, од.

Уякості хімічних просочувальних засобів використовувалися: засіб для імпрегнації італійської фірми Tenax Easywet, який надає поверхні ефект мокрого каменю, та серед всіх хімічних засобів показав найкращий результат (рис. 3.19, 3.20); польський кристалізатор – Kristalizer, на основі розчину силікатів, теж покращує блиск; кристалізатор чорного кольору – Gabbro+, на основі розчину силікатів з чорними домішками незначно покращує блиск.

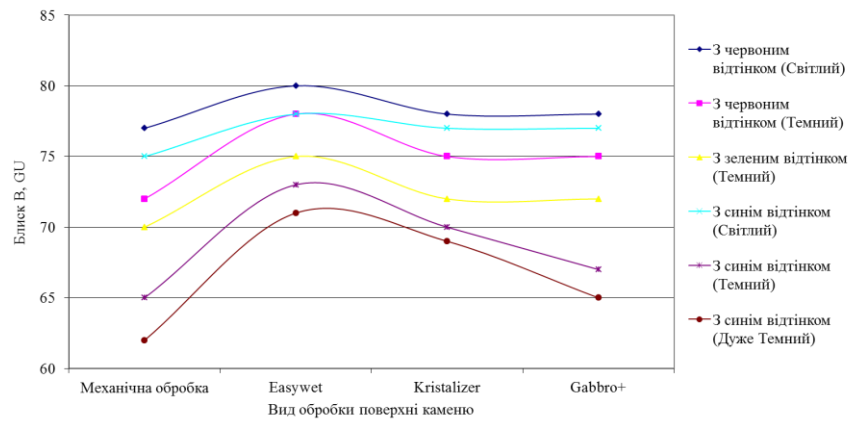


Рис. 3.19. Аналіз дії хімічних просочувальних речовин на блиск каменю залежно від типів Покоствівського гранодіориту

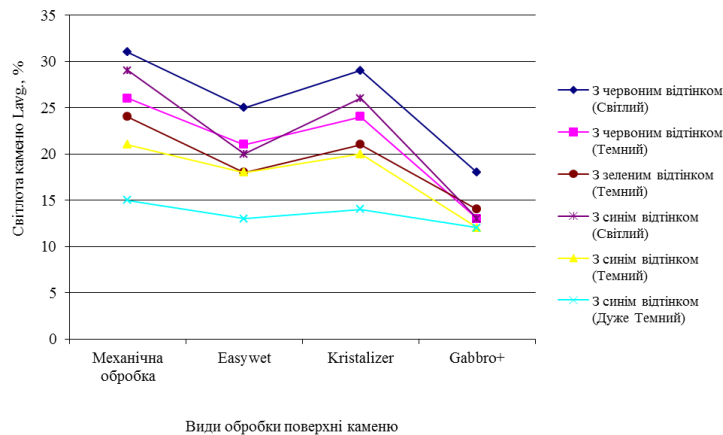


Рис. 3.20. Аналіз дії хімічних просочувальних речовин на світлість каменю залежно від типів Покоствівського гранодіориту

Як видно з рис. 3.20, хімічні просочувальні засоби по різному впливають на різні за світлістю та кольором типи Покоствівського гранодіориту. Всі хімічні просочувальні засоби надають каменю темнішого відтінку. Серед них найбільш ефективним засобом для затемнення є чорний кристалізатор Gabbro+. Терах Easywet затемнює поверхню каменю вдвічі менше, ніж чорний кристалізатор, а прозорий кристалізатор змінює світлість всіх типів Покоствівського гранодіориту на незначну величину. Найбільша зміна світлості поверхонь каменів відбувається на світлих типах Покоствівського гранодіориту, найменша – на темних.

### 3.4. Вивчення закономірностей зміни декоративних властивостей природного облицювального каменю після впливу хімічних розчинів

Існують такі найбільш поширені дефекти облицювального каменю [62]:

- висоли на граніті – один з найпоширеніших дефектів облицювання, що є наслідком поганої гідроізоляції швів, низької якості розчину, а також присутність у ньому протиморозних добавок (нітрату натрію);
- відшаровування елементів облицювання з вапняку з руйнуванням окремих деталей – наслідок зафарбовування лицьової поверхні каменю;
- поступове знебарвлення каменю та потемніння поверхні виробу – виникають внаслідок дії світла та дії агресивних опадів, які з кожним роком стають ще агресивнішими через забруднення атмосфери міст агресивними газами, підвищується температура, що дає розвиток бактеріям, які також впливають на корозію каменю;
- іржаві плями на граніті (на парапетах, плитах мощення, бруківці і т.п.) можуть виникнути в результаті різних причин, головна з яких – брак розпилювання, що підлягає усуненню на каменеобробному заводі (відповідно до вимог стандарту на архітектурно-будівельні вироби, поверхня пиляних плит повинна бути ретельно очищена від слідів металевого пилу, оксидів і т. п.).

На основі аналізу стану хімічних розчинів Житомирської області (дощової води та повітря) [71], було прийнято рішення помістити зразки природного каменю в такі розчини:

I.  $\text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 6,1;

II.  $\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 6,7;

III.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 7,3;

IV.  $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 2.

Усі дані були занесені до таблиць, були обчислені середні значення між графіками. Зміна показників блиску від тривалості впливу хімічних розчинів показана в табл. 3.8.

Таблиця 3.8.

**Зміна усереднених показників блиску Покоствівського гранодіориту  
при різній тривалості впливу хімічних розчинів**

		Розчин №1, рН=6,1									
Тривалість впливу хімічних розчинів t, діб		0	20	40	60	80	100	120	140	160	180
Блиск В, відн. од.	Механічна обробка	68	70	67	64	61	56	55	55	48	48,4
	Kristalizer	60	59	56	54	52	51	51	50	50	49
	Tenax Easywet	75	71	72	71	70	69	69	68	68	65
	Gabbro+	50	49	48	47	49	48	47	45	44	42

Залежно від тривалості впливу хімічних розчинів, були сформовані графіки залежності зміни блиску (рис. 3.21) та світлості (рис. 3.22) від тривалості дії розчинів з рН = 6,1.

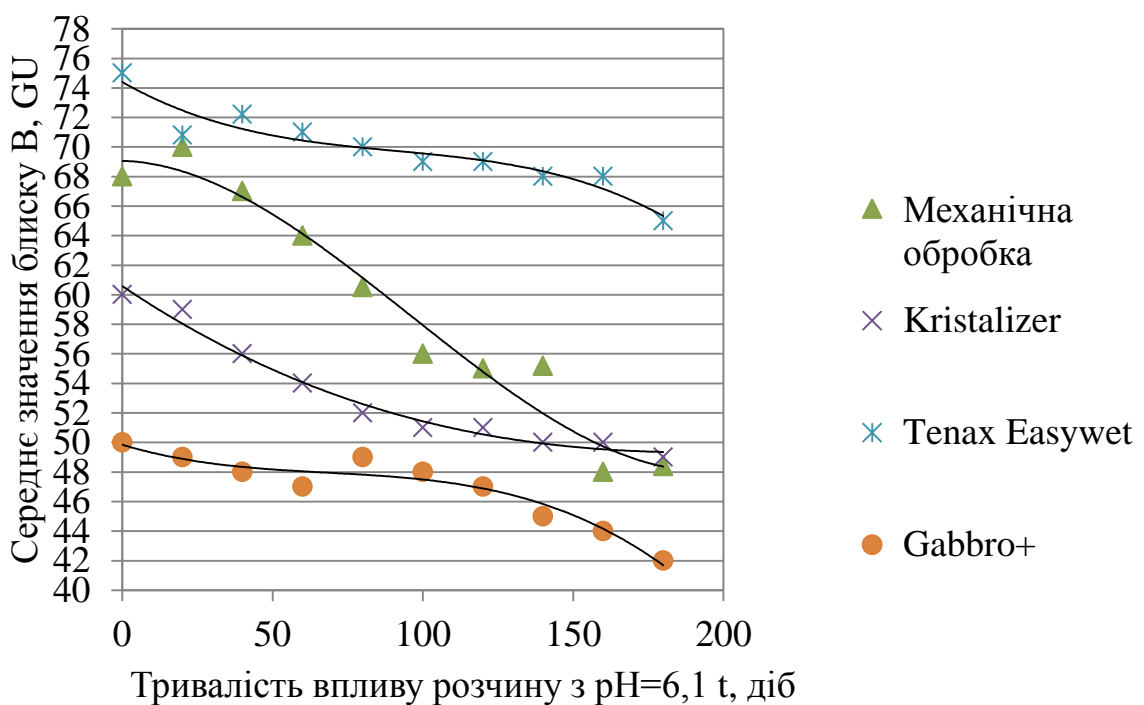


Рис. 3.21. Графік залежності зміни блиску Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 6,1

Із графіка видно, що при механічній обробці (3.10) спостерігається зменшення блиску найбільше, і складає 19,6 відносних одиниць. При покритті прозорим кристалізатором Kristalizer (3.11) блиск зменшується на 11 відн. од., при Tenax Easywet (3.12) – на 10 відн. од. та Gabbro+ (3.13) на найменшу величину – 8 відн. од.

Залежно від тривалості дії розчину з рН=6,1, зміну блиску В можна описати такими залежностями:

$$B = 6 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,0016t^2 - 0,0054t + 69,065; \quad (3.10)$$

$$B = -5 \cdot 10^{-7} t^3 + 0,0005t^2 - 0,1371t + 60,585; \quad (3.11)$$

$$B = -4 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0011t^2 - 0,1156t + 74,399; \quad (3.12)$$

$$B = -4 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0007t^2 - 0,0614t + 49,848; \quad (3.13)$$

де В – блиск, відн. од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

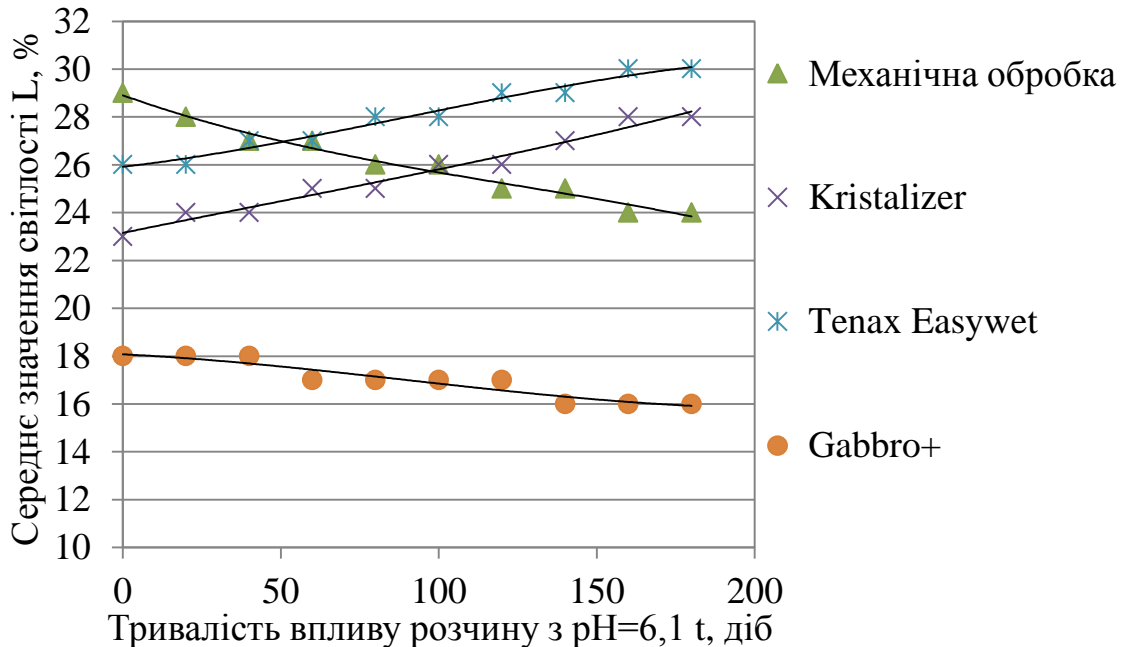


Рис.

3.22. Графік залежності зміни світлості Покостівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 6,1

З графіка видно, що зразки з Покостівського гранодіориту, який оброблений хімічними просочувальними засобами – Tenax Easywet (3.16) та

Kristalizer (3.15), при впливі хімічних розчинів світлішають на 4 та 5 одиниць відповідно, а зразки, які оброблені темним кристалізатором Gabbro+ (3.17) та механічно (3.14) темнішають відповідно на 2 та 5 одиниць. Залежно від тривалості дії розчину з рН = 6,1, зміну світлості L можна описати такими залежностями:

$$L = -5 \cdot 10^{-7} t^3 + 0,0002t^2 - 0,047t + 28,908; \quad (3.14)$$

$$L = 10^{-7} t^3 - 2 \cdot 10^{-5} t^2 + 0,0272t + 23,152; \quad (3.15)$$

$$L = -5 \cdot 10^{-7} t^3 + 0,0001t^2 + 0,0153t + 25,916; \quad (3.16)$$

$$L = 3 \cdot 10^{-7} t^3 - 9 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,0065t + 18,077; \quad (3.17)$$

де L – світлість, од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

Залежно від тривалості впливу розчинів з рН = 6,7, були сформовані графіки залежності зміни блиску (рис. 3.23) та світлості (рис. 3.24).

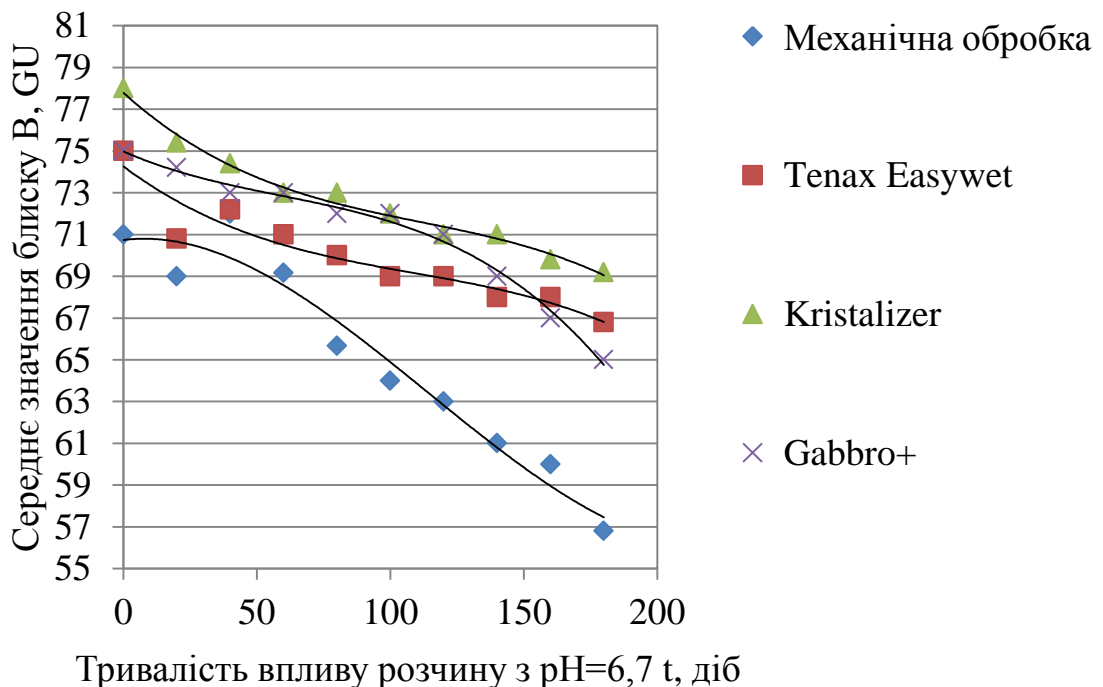


Рис. 3.23. Графік залежності зміни блиску Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 6,7

Із графіка видно, що при механічній обробці (3.18) спостерігається зменшення блиску найбільше, і складає 14,2 відносних одиниць. При покритті прозорим кристалізатором Kristalizer (3.20) блиск зменшується на 8,8 відн. од., при Gabbro+ (3.21) на 10 відн. од. та при Tenax Easywet (3.19) на найменшу величину – 8,2 відн. од.

Залежно від тривалості дії розчину з рН = 6,7, зміну блиску В можна описати такими залежностями:

$$B = 3 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,001t^2 + 0,0155t + 70,739 ; \quad (3.18)$$

$$B = -2 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0007t^2 - 0,0953t + 74,258 ; \quad (3.19)$$

$$B = -2 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0008t^2 - 0,1147t + 77,781 ; \quad (3.20)$$

$$B = -3 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0005t^2 - 0,0559t + 74,977 ; \quad (3.21)$$

де В – блиск, відн. од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

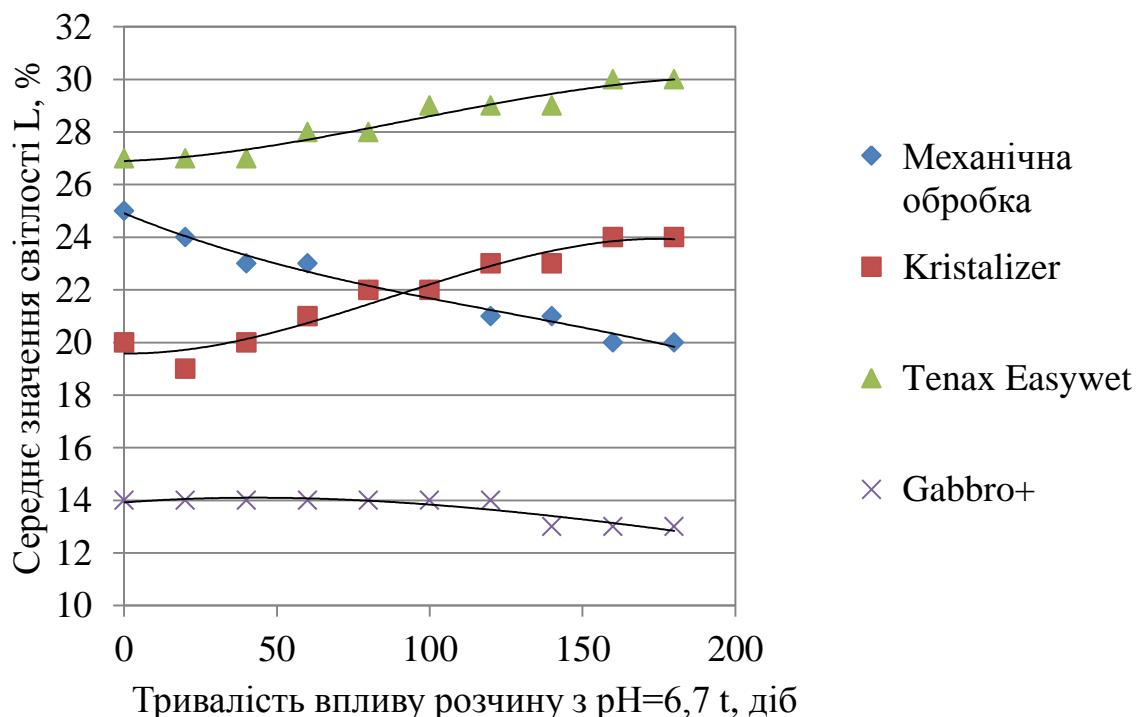


Рис. 3.24. Графік залежності зміни світлості Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 6,7

З графіка видно, що зразки з Покостівського гранодіориту, які оброблені хімічними просочувальними засобами – Tenax Easywet (3.24) та Kristalizer (3.23), при впливі хімічних розчинів світлішають на 3 та 4 одиниць відповідно, а зразки, які оброблені темним кристалізатором Gabbro+ (3.25) та механічно (3.22) темнішають відповідно на 1 та 5 одиниць. Залежно від тривалості дії розчину з рН=6,7, зміну світлості L можна описати такими залежностями:

$$L = -5 \cdot 10^{-7} t^3 + 0,0002 t^2 - 0,047 t + 24,908 ; \quad (3.22)$$

$$L = -2 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0004 t^2 - 0,0013 t + 19,583 ; \quad (3.23)$$

$$L = -7 \cdot 10^{-7} t^3 + 0,0002 t^2 + 0,0041 t + 26,897 ; \quad (3.24)$$

$$L = 2 \cdot 10^{-7} t^3 - 0,0001 t^2 + 0,0087 t + 13,92 ; \quad (3.25)$$

де L – світлість, од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

Залежно від тривалості впливу розчину з рН=7,3, були сформовані графіки залежності зміни блиску (рис. 3.25) та світлості (рис. 3.26).

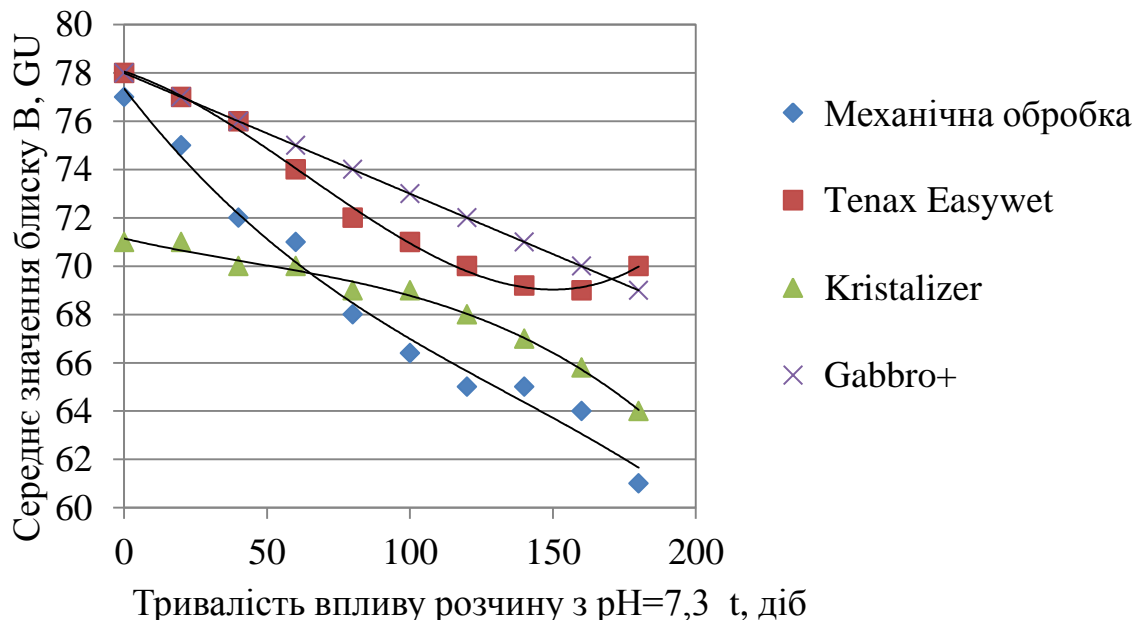


Рис. 3.25. Графік залежності зміни блиску Покостівського гранодіориту від тривалості дії хімічних розчинів при рН = 7,3

З графіка видно, що при механічній обробці (3.26) спостерігається зменшення блиску найбільше, і складає 16 відносних одиниць. При покритті Tenax Easywet (3.27) блиск зменшується на 8 відн. од., при Gabbro+ (3.29) – на 9 відн. од. та при покритті прозорим кристалізатором Kristalizer (3.28) на найменшу величину – 7 відн. од.

Залежно від тривалості дії розчину з рН=7,3, зміну блиску В можна описати такими залежностями:

$$B = -2 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0007 t^2 - 0,1538 t + 77,352 \quad (3.26)$$

$$B = 4 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,0007 t^2 - 0,0384 t + 78,058 \quad (3.27)$$

$$B = -10^{-6} t^3 + 0,0002 t^2 - 0,0277 t + 71,147 \quad (3.28)$$

$$B = -9 \cdot 10^{-19} t^3 - 0,05 t + 78 \quad (3.29)$$

де В – блиск, відн. од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

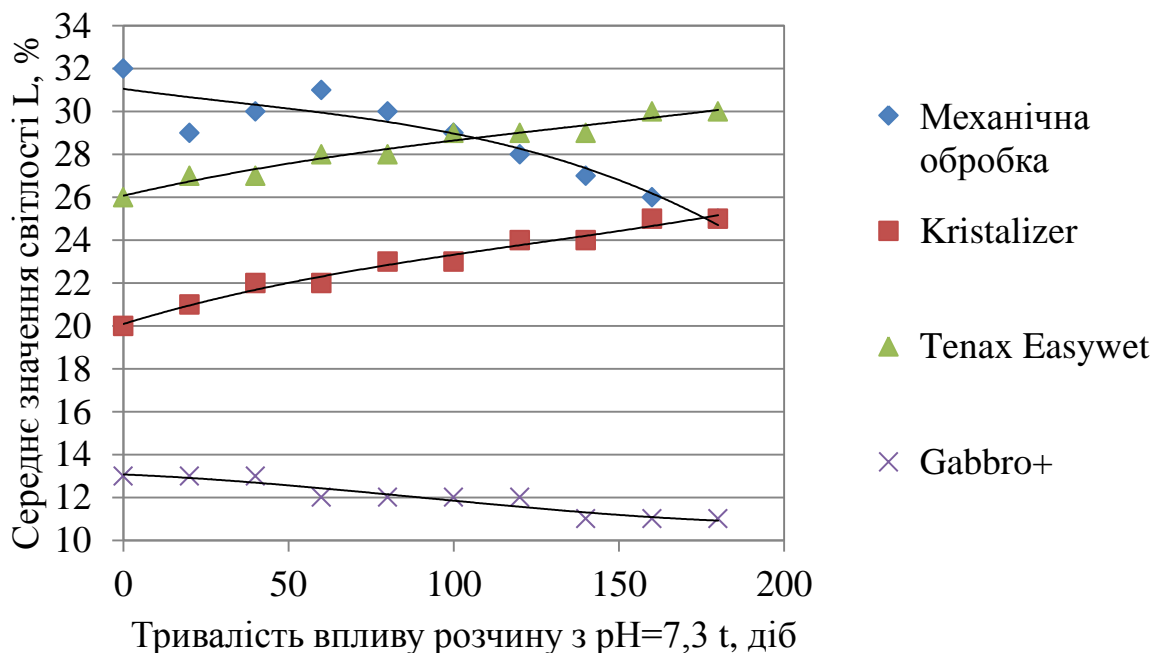


Рис. 3.26. Графік залежності зміни світлості Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 7,3

З графіка видно, що зразки з Покоствівського гранодіориту, який оброблений хімічними просочувальними засобами – Tenax Easywet (3.32) та

Kristalizer (3.31), при впливі хімічних розчинів світлішають на 4 та 5 одиниць відповідно, а зразки, які оброблені темним кристалізатором Gabbro+ (3.33) та механічно (3.30) темнішають відповідно на 2 та 7 одиниць. Залежно від тривалості дії розчину, зміну світлості  $L$  можна описати такими залежностями:

$$L = -10^{-6}t^3 + 0,0001t^2 - 0,0212t + 31,06 ; \quad (3.30)$$

$$L = 5 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0002t^2 + 0,047t + 20,092 ; \quad (3.31)$$

$$L = 3 \cdot 10^{-7}t^3 - 0,0001t^2 + 0,0359t + 26,073 ; \quad (3.32)$$

$$L = 3 \cdot 10^{-7}t^3 - 9 \cdot 10^{-5}t^2 - 0,0065t + 13,077 ; \quad (3.33)$$

де  $L$  – світлість, од.;

$t$  – тривалість дії розчину, діб.

Також було вирішено помістити різнооброблені зразки з Покоствівського гранодіориту у водний розчин з підвищеною концентрацією кислот для перевірки стійкості покриттів (рис. 3.27, 3.28), у порівнянні зі звичайною механічною обробкою, оскільки кислотні розчини мають найбільший негативний вплив на камінь [9].

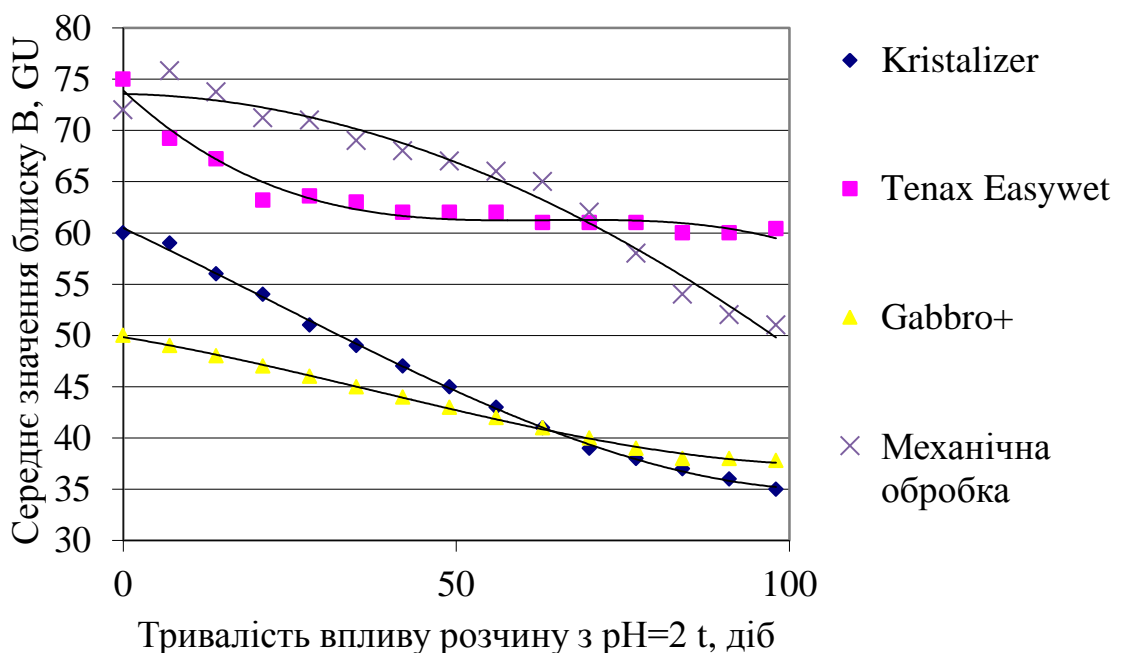


Рис. 3.27. Графік залежності зміни блиску Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 2,0

З графіка видно, що при покритті прозорим кристалізатором Kristalizer (3.34) спостерігається найбільше зменшення блиску, і складає 25 відносних одиниць. При механічній обробці (3.37) блиск зменшується на 21 відн. од., при Tenax Easywet (3.35) на 14,6 відн. од. та при Gabbro+ (3.36) на найменшу величину – 12,2 відн. од.

Залежно від тривалості дії розчину з рН=2, зміну блиску В можна описати такими залежностями:

$$B = 2 \cdot 10^{-5} t^3 - 0,001t^2 - 0,3062t + 60,479 ; \quad (3.34)$$

$$B = -5 \cdot 10^{-5} t^3 + 0,0095t^2 - 0,6033t + 73,889 ; \quad (3.35)$$

$$B = 10^{-5} t^3 - 0,0012t^2 - 0,1081t + 49,846 ; \quad (3.36)$$

$$B = 2 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,0026t^2 - 0,0098t + 73,558 ; \quad (3.37)$$

де В – блиск, відн. од.;

t – тривалість дії розчину, діб.

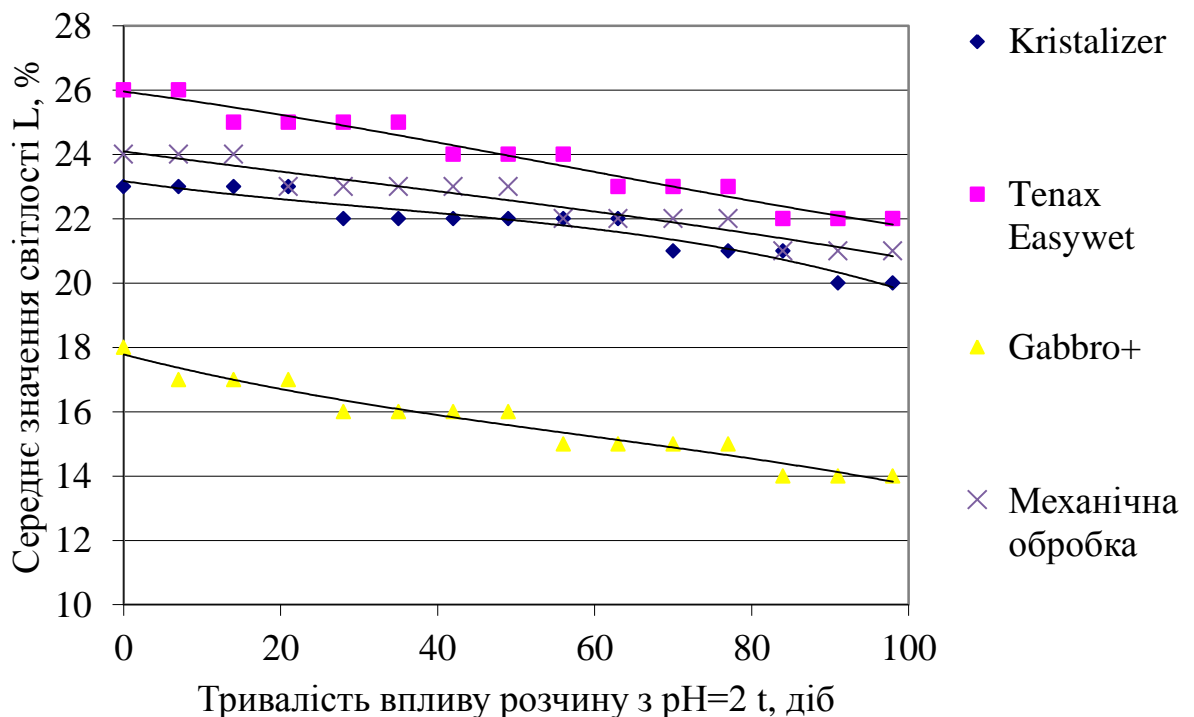


Рис. 3.28. Графік залежності зміни світлості Покоствівського гранодіориту від тривалості дії розчину з рН = 2,0

З графіка видно, що всі зразки з Покостівського гранодіориту, які по-різному були оброблені, при впливі хімічних розчинів темнішають, при цьому зміна світлості при механічній обробці (3.41) та при обробці прозорим кристалізатором Kristalizer (3.38) складає 3 одиниці, а зразки, які оброблені темним кристалізатором Gabbro+ (3.40) та Tenax Easywet (3.39) темнішають на 4 одиниці. Залежно від тривалості дії хімічних розчинів, зміну світлості  $L$  можна описати такими залежностями:

$$L = -4 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0004t^2 - 0,0343t + 23,169 ; \quad (3.38)$$

$$L = 2 \cdot 10^{-6} t^3 - 0,0003t^2 - 0,0318t + 25,955 ; \quad (3.39)$$

$$L = -3 \cdot 10^{-6} t^3 + 0,0005t^2 - 0,0625t + 17,779 ; \quad (3.40)$$

$$L = -7 \cdot 10^{-7} t^3 + 6 \cdot 10^{-5} t^2 - 0,0322t + 24,092 ; \quad (3.41)$$

де  $L$  – світлість, од.;

$t$  – тривалість дії розчину, діб.

Відповідно до даних міністерства екології та природних ресурсів України (табл. 3.9), концентрації шкідливих речовин в атмосфері Житомирської області (Північний регіон) мають незначні перевищення ГДК, відповідно до яких були змодельовані агресивні середовища, але залежно від регіону України, концентрації шкідливих речовин можуть бути в декілька разів більшими, тому слід обирати методи обробки, які найменше піддаються шкідливому впливу для кожного з хімічних розчинів [7].

Середньодобові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин приймаються відповідно до ГОСТ 12.1.007-76 і мають такі значення:

Пил – 0,15 мг/куб. м;

Оксиди азоту ( $\text{NO}_2$ ) – 0,04 мг/куб. м;

Оксиди вуглецю ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) - 1,0; 3,0 мг/куб. м;

Діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ) – мг/куб. м;

Формальдегід ( $\text{H}_2\text{CO}$ ) – 0,003 мг/куб. м;

Оксиди заліза ( $\text{FeO}$ ) – 0,04 мг/куб. м;

Хлор ( $\text{Cl}_2$ ) – 0,03 мг/куб. м;

**Середньодобові концентрації шкідливих речовин у різних регіонах  
України**

Шкідливі речовини	ГДК, мг/куб. м	Північний регіон	Західний регіон	Центральний регіон	Південний регіон	Східний регіон
Пил	0,15	0,95 ГДК	1,7 ГДК	1,8 ГДК	1,0 ГДК	2,2 ГДК
NO <sub>2</sub>	0,04	1,8 ГДК	2,5 ГДК	1,7 ГДК	4,3 ГДК	1,37 ГДК
CO <sub>2</sub>	3,0	1,0 ГДК	1,2 ГДК	0,96 ГДК	1,0 ГДК	2,19 ГДК
SO <sub>2</sub>	0,05	1,05 ГДК	1,1 ГДК	1,4 ГДК	1,5 ГДК	1,9 ГДК
H <sub>2</sub> CO	0,003	0,85 ГДК	4,6 ГДК	2,1 ГДК	4,3 ГДК	1,0 ГДК
FeO	0,15	0,98 ГДК	1,1 ГДК	4,3 ГДК	1,78 ГДК	1,47 ГДК
Cl <sub>2</sub>	0,001	0,98 ГДК	1,0 ГДК	1,3 ГДК	1,2 ГДК	1,47 ГДК

Було побудовано діаграми загальної втрати блиску (рис. 3.29) та зміни світлості (рис. 3.30) зразків поверхні каменю залежно від рівня рН хімічних розчинів.

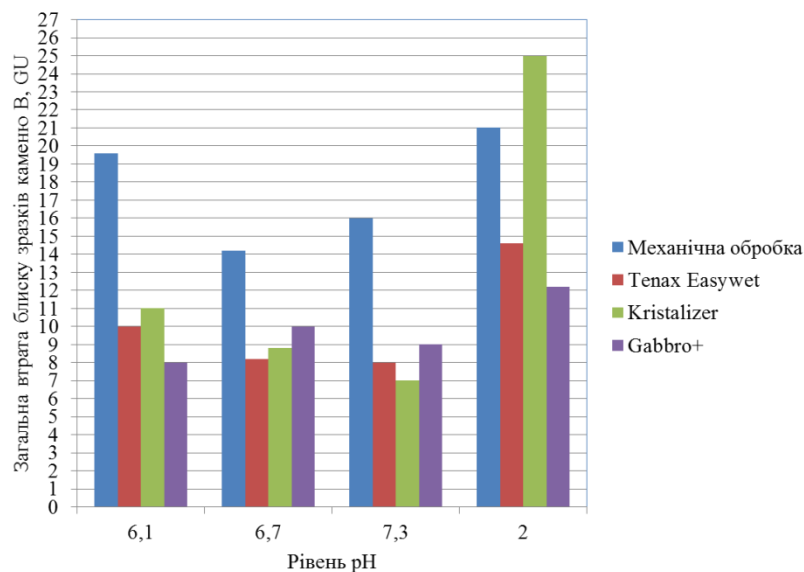


Рис. 3.29. Діаграма загальної втрати блиску зразків поверхні каменю залежно від рівня рН хімічних розчинів

З діаграми видно (рис. 3.29), що в різних середовищах зразки каменю, що оброблені різними методами, по різному втрачають блиск. Тому для кожного з хімічних розчинів для більшої ефективності використовуваного методу слід обирати вид обробки індивідуально. Так, для першого та четвертого розчинів з рН = 6,1 та 2, ефективним буде використання чорного кристалізатора Gabbro+, для розчину № 2 з рН = 6,7 – Tenax Easywet, для розчину № 3 з рН = 7,3 – прозорий кристалізатор – Kristalizer.

Внаслідок дії хімічних розчинів на природний облицювальний камінь, що оброблений механічно, руйнується його породоутворюючий мінерал мікроклін, що призводить до потемніння поверхні каменю. Також руйнується буроватозелений біотит, але значно гірше від мікрокліну. Оскільки вміст біотиту в Покостівському гранодіориті незначний, його слабе руйнування майже не впливає на зміну кольорового тону.

При обробці поверхні хімічними просочувальними засобами було виявлено, що вони по-різному взаємодіють із породоутворюючими мінералами Покостівського гранодіориту. Так, Gabbro+, що належить до категорії засобів на основі рідких силікатів з чорними домішками, добре взаємодіє з мінералами плагіоклазу і захищає його від руйнування. Це пояснює зміну світлості після впливу хімічних розчинів на поверхню облицювального каменю (рис. 3.30). З мінералами мікрокліну взаємодіє значно гірше, внаслідок чого відбувається його руйнування та потемніння каменю.

Зовсім інша взаємодія відбувається при покритті засобами Kristalizer (комбінація на основі рідкого воску та силікону), Tenax Easywet (на основі лаків). Так, ці засоби взаємодіють краще з біотитом та мікрокліном, ніж з плагіоклазом. Внаслідок цього відбувається руйнування плагіоклазу та поверхня каменю світлішає (рис. 3.30).

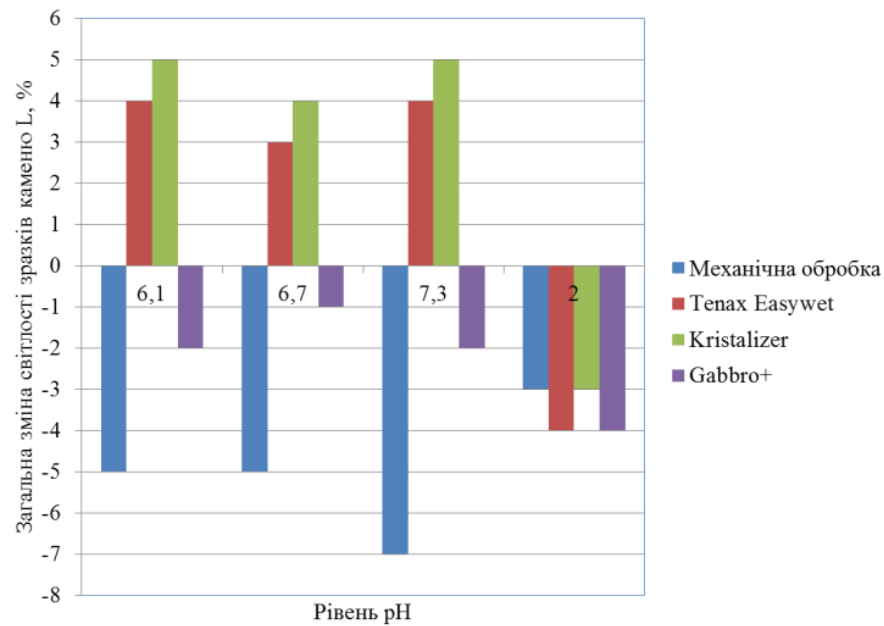


Рис. 3.30. Діаграма загальної зміни світлості зразків поверхні каменю залежно від рівня pH хімічних розчинів

З діаграми видно (рис. 3.30), що в різних середовищах зразки каменю, що оброблені різними методами, світлішають або темнішають. Для розчинів з pH = 6,1; 6,7; 7,3 ефективною є обробка чорним кристалізатором Gabbro+, при дії розчинів, зразки каменю темнішають на незначну величину. Також з урахуванням втрати блиску (рис. 3.29) при дії кислотного середовища (розчин № 4, pH = 2), ефективним буде використання Gabbro+, при цьому різнооброблені зразки майже однаково темнішають.

### Висновки до розділу 3

У результаті проведеного експерименту були виявлені такі особливості:

1. Встановлені закономірності зміни світлості необроблених та полірованих зразків з різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном від співвідношення площі областей білих до чорних мінералів, що описуються відповідно поліноміальною та степеневою залежностями. Для необроблених зразків зміна компоненти L (системи Lab) коливається в межах 55–64, для полірованих зразків – 46–66.

Керування декоративними показниками природного облицювального каменю базується на паспортизації блоків природного каменю, де зазначаються структурні та колористичні характеристики як обробленого, так і необробленого декоративного каменю. Основним критерієм поділу декоративного каменю на типи за світлістю є частка білих мінералів. Різні типи каменю за світлістю виділяються при зміні частки білих мінералів більше, ніж на 3 %, оскільки їх світлість значно змінюється після полірування.

2. Граничний блиск Покостівського гранодіориту (79 відн. од.) досягається при поліруванні оксидом хрому всього за 165 секунд, на відміну від оксиду хрому, полірування оксидом алюмінію надає поверхні менший блиск (74 відн. од.), при цьому час, необхідний для досягнення граничного блиску, складає 150 сек. Також, при поліруванні оксидом хрому, камінь поступово темнішає (світлість каменю зменшується на 4 одиниці (з 32 до 28 од.)) за 180 секунд полірування, іноді спостерігаються зелені відтінки на поверхні каменю через зелене забарвлення порошку (оксид хрому). Оксид алюмінію на початку надає каменю світлий відтінок (світлість каменю зростає на 3 одиниці (з 32 до 35 од.)). Це пояснюється тим, що при попаданні порошку білого кольору (оксид алюмінію) в мікронерівності каменю, він надає йому світлого відтінку, згодом нерівність полірованої поверхні каменю зменшується (з 35 до 30 од.) і оксид алюмінію вимивається з мікронерівностей. Загалом кінцева зміна світлості при поліруванні оксидом алюмінію складає 2 одиниці (з 32 до 30 од.) за 180 секунд полірування. При подальшому поліруванні оксидами хрому та алюмінію зміна світлості не відбувалась.

3. Серед усіх типів Покостівського гранодіориту, при однаковій фактурній обробці, найбільший блиск мають світлі типи каменів (з червоним ( $B_{avg}=77$ ) та синім відтінком ( $B_{avg}=75$ )), а найменший – дуже темний – із синім відтінком ( $B_{avg}=62$ ). Якість полірованої поверхні, насамперед, залежить від

здатності каменю до полірування, і, таким чином, залежить від мінералогічного складу, який формує забарвлення та відтінок каменю.

4. Найефективніше використання хімічних просочувальних засобів спостерігається для Покостівського гранодіориту з синім відтінком (темного та дуже темного), а також для каменю з червоним відтінком (темного). Так, значення блиску для дуже темного Покостівського гранодіориту з синім відтінком при покритті просочувальним засобом Tenax Easywet збільшилося на 9 од. (з 62 до 71 одиниць); при покритті польським прозорим кристалізатором – Kristalizer блиск збільшився на 7 од. (з 62 до 69 одиниць); найменший результат показав чорний кристалізатор Gabbro+, за допомогою якого блиск збільшився на 3 одиниці (з 62 до 65 одиниць), але серед усіх застосувань на дуже темному типіві Покостівського гранодіориту із синім відтінком зміна блиску була найбільшою. При цьому найефективнішим серед просочувальних засобів був засіб Tenax Easywet. Ефективність дії хімічних просочувальних засобів залежить від мінерального складу каменю, який надає йому певний кольоровий відтінок та світлоту.

При впливі хімічних розчинів на камінь зменшується його блиск. При цьому найбільша зміна відбувається на зразках, які оброблені механічно (на 19,6 од. при рН = 6,1; на 14,2 од. при рН = 6,7; на 16 од. при рН = 7,3). Поверхні зразків каменю, що оброблені хімічними просочувальними засобами, теж втрачають блиск: ті, що оброблені імпрегнуючим засобом Tenax Easywet (на 10 од. при рН = 6,1; на 8,2 од. при рН = 6,7; на 8 од. при рН = 7,3), ті, що оброблені прозорим кристалізатором Kristalizer (на 11 од. при рН = 6,1; на 8,8 од. при рН = 6,7; на 7 од. при рН = 7,3), ті, що оброблені чорним кристалізатором Gabbro+ (на 8 од. при рН = 6,1; на 10 од. при рН = 6,7; на 9 од. при рН = 7,3). При впливі кислотного середовища (рН = 2) при покритті прозорим кристалізатором Kristalizer спостерігається найбільше зменшення блиску і складає 25 відносних одиниць. При механічній обробці блиск зменшується на 21 відн. од., при Tenax Easywet – на 14,6 відн. од. та

при Gabbro+ – на найменшу величину – 12,2 відн. од. При впливі хімічних розчинів різнооброблені зразки каменю темніюшать майже однаково.

5. Застосування хімічних просочувальних засобів призводить до потемніння каменю. Найбільша зміна світлості каменю спостерігається при використанні чорного кристалізатора Gabbro+. Найефективніше використання хімічних просочувальних засобів спостерігається для Покостівського гранодіориту з синім відтінком (світлого), а також для каменю з червоним відтінком (світлого та темного). Так, значення світлості для світлого Покостівського гранодіориту з синім відтінком при покритті просочувальним засобом Gabbro+ зменшилося на 16 од. (з 29 до 13 одиниць); при покритті польським прозорим кристалізатором – Tenax Easywet світлість поверхні каменю зменшилася на 9 од. (з 29 до 20 одиниць); найменший результат показав прозорий кристалізатор Kristalizer, за допомогою якого світлість каменю зменшилася на 3 одиниці (з 29 до 26 одиниць), але серед усіх його застосувань на світлому та темному типіві Покостівського гранодіориту з синім відтінком зміна світлості була найбільшою. Зразки, які оброблені механічно, темніюшать (світлість змінюється на -5 од. при рН = 6,1; 6,7 та на -7 од. при рН = 7,3) та при обробці чорним кристалізатором Gabbro+ також темніюшать (світлість змінюється на -2 од. при рН = 6,1; 7,3 та на -1 од. при рН = 6,7), а при обробці прозорим кристалізатором Kristalizer світліють (світлість змінюється на +5 од. при рН = 6,1; 7,3 та на +4 од. при рН = 6,7) також при обробці імпрегнуючим засобом Tenax Easywet зразки світліють (світлість змінюється на +4 од. при рН = 6,1; 7,3 та на +3 од. при рН = 6,7) при впливі хімічних розчинів.

6. У різних середовищах зразки каменю, що оброблені різними методами, по різному втрачають блиск та світлоту. Тому, для кожного з хімічних розчинів, для більшої ефективності використовуюваного методу, слід обирати вид обробки індивідуально. Для розчинів з рН = 6,1; 2 ефективним є використання чорного кристалізатора Gabbro+; для розчину з рН = 6,7 – Tenax Easywet, для розчину № 3 з рН = 7,3 – прозорий кристалізатор –

Kristalizer без урахування зміни світлості поверхні каменю. Для найменшої відмінності у світлості після впливу хімічних розчинів, слід застосовувати чорний кристалізатор Gabbro+.

7. Для різних регіонів України, у зв'язку з більшою концентрацією окремих шкідливих речовин, слід використовувати різні методи обробки поверхні каменю: для Північного регіону (підвищений вміст діоксиду азоту, характеризує розчин № 4) – Gabbro+; для Західного (підвищений вміст формальдегіду та оксидів вуглецю та пилу, характеризує розчин № 3) – Kristalizer; для Центрального (підвищений вміст оксидів заліза, характеризує розчин № 2) – Tenax Easywet; для Південного та Східного (підвищений вміст діоксидів азоту, формальдегіду, діоксиду сірки та хлору характеризує кислотний розчин № 4) – Gabbro+.

## РОЗДІЛ 4

### УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗНИХ МЕТОДІВ ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ

#### **4.1. Управління декоративними властивостями природного облицювального каменю за допомогою механічної обробки**

Колір, текстура і фактура поверхні каменю – головні художні засоби, які використовуються при виготовленні різноманітних виробів з каменю та проектуванні будівель різного призначення [76].

Колір і обробка в процесі естетичного конструювання – поняття близькі, вони визначають характер поверхневої обробки виробів з декоративними й технічними цілями. У процесі фактурної обробки поверхні каменю одержують свій остаточний варіант естетичного вираження, тобто кольорове рішення є завершальним етапом естетичного конструювання. Колір та фізико-механічні властивості облицювальних матеріалів обираються шляхом вивчення [76]:

- функціональних вимог, поставлених до виробу;
- призначення виробу;
- місця виробу у навколишньому середовищі, інтер'єрі або екстер'єрі;
- переліку технологічних і експлуатаційних властивостей виробу;
- економічної ефективності експлуатації виробу.

Облицювання природним каменем надає особливого зовнішнього вигляду як фасадам будівель, так і внутрішнім поверхням конструкції, а також здатний служити в якості захисту від різних негативних впливів. Облицювальний камінь виготовляється для внутрішніх і зовнішніх облицювальних робіт [80].

Є дуже велика кількість процесів, що можуть впливати на зовнішній вигляд декоративного каменю.

Під видом каменю розуміється його фактура лицевої поверхні, малюнок, колір, структура гірської породи.

Естетичний вигляд каменю залежить не тільки від початкового вигляду каменю, але і від інших факторів (Рис. 4.1). Першочергово, технологія обробки природного облицювального каменю найбільш позитивно впливає на якісний вигляд каменю, а саме: підкреслює структуру та малюнок природного каменю, насичує його колір. У свою чергу, технологія обробки залежить від напряму використання природного каменю, що забезпечує певну фактуру лицевої поверхні каменю, що визначає вплив технологічних факторів на якісний вигляд каменю [10].

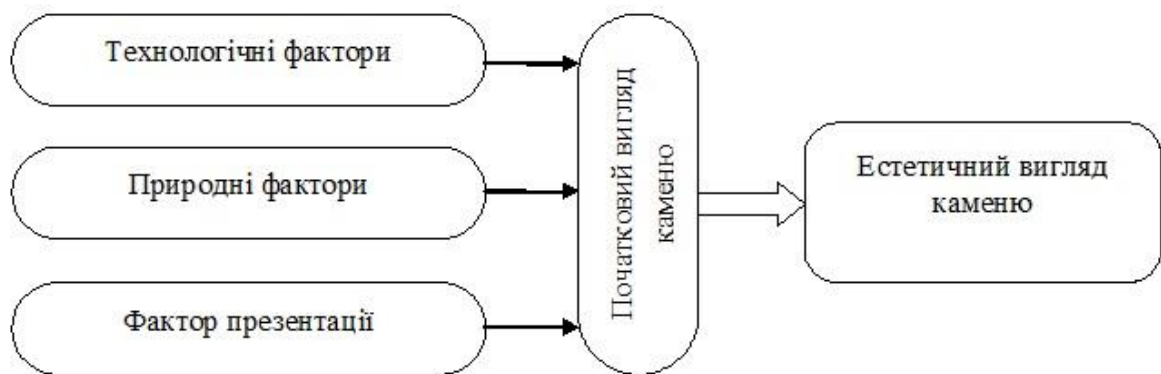


Рис. 4.1. Вплив різних факторів на естетичний вигляд облицювального каменю

Природні фактори, пов'язані з температурою, вологістю, запиленістю повітря, опадами у вигляді дощу, снігу, ударними впливами та ін.

Фактор презентації включає в себе місце розташування, вид і освітлення споруди, що облицьовується.

Природні і технологічні фактори, а також початковий вигляд каменю на сьогодні є більш вивчені. Фактор презентації потребує більш детального

дослідження, оскільки залежність естетичного зовнішнього вигляду облицювального каменю від розташування, висота, вид та освітлення споруди є досить значною [10].

Виходячи із раніше запропонованої авторами класифікації Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном та отриманих закономірностей, були встановлені межі керування відтінками світлості Покостівського гранодіориту при його механічній обробці.

У якості алмазного інструменту використовувались фікертти з номерами та зернистістю, які показані в табл. 4.1. Також показано кількість проходжень цими номерами.

Таблиця 4.1.

#### Характеристика використовуваного алмазного інструменту

К-ть проходжень	Номери інструменту	Зернистість, мкм
-	№ 00 (алмазний)	710/600
1	№ 24	500/400
1	№ 240	200/160
4	№ 400	80/63
2	№ 600	60/40
2	№ 800	40/28
2	№ 1200	28/20
2	№ 1500	20/14
2	№ 2000	10/7
2	№ 3000	5/3
1	Полірувальний	1/0

При механічній обробці природного каменю, залежно від шорсткості поверхні каменю, можливо досягти матової або глянцевої поверхні каменю. Експериментально доведено, що глянцева поверхня каменю забезпечується

при обробці каменю від № 1200 із зернистістю 28/20 мкм. При подальшому поліруванні блиск каменю зростає та зменшується світлість каменю.

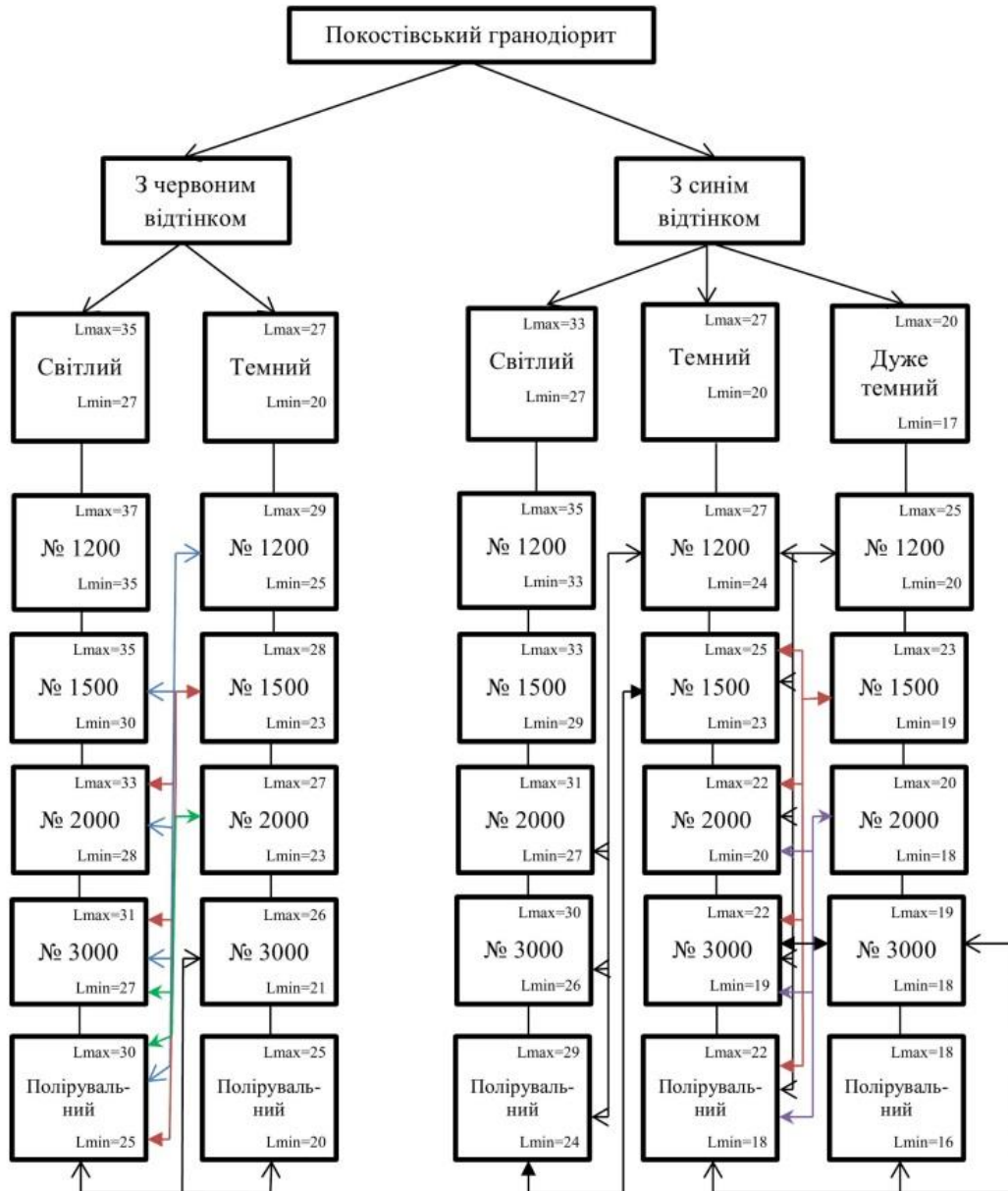


Рис. 4.2. Керування відтінками світлості Покоствіського гранодіориту за допомогою механічної обробки фінішними номерами, де  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  – відповідно максимальна та мінімальна світлість тону

Як видно з Рис. 4.2, керування відтінками світлості відбувається між типами Покоствіського гранодіориту з однаковим відтінком, від світлого до

темного, а також від темного до дуже темного, шляхом застосування різної технології механічної обробки природного каменю з послідовним використанням різного алмазного інструменту (табл. 4.1). На цьому рисунку стрілками показано відповідність світлості різних типів Покостівського гранодіориту після обробки певними номерами алмазного інструменту. Так, набуття темного тону можливе при використанні технології механічного полірування до № 1500 алмазного інструменту, що відповідає обробці № 1200 темного типу каменю і забезпечує глянцеvu поверхню каменю. Приклад керування світлістю за допомогою механічного полірування показаний на рис. 4.3.

Були знайдені такі відповідності у світлості Покостівського гранодіориту з червоним відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю) за допомогою механічної обробки фінішними номерами:

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:
  - № 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;
  - № 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1500;
  - № 3000, «Полірувальний» – № 2000;
  - «Полірувальний» – № 3000.

Також встановлені відповідності у світлості Покостівського гранодіориту з синім відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю):

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:
  - № 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;
  - «Полірувальний» – № 1500.
2. Від темного до дуже темного типу Покостівського гранодіориту:
  - № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1200;
  - № 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – № 1500;
  - № 2000, 3000, «Полірувальний» – № 2000;
  - «Полірувальний» – № 3000.

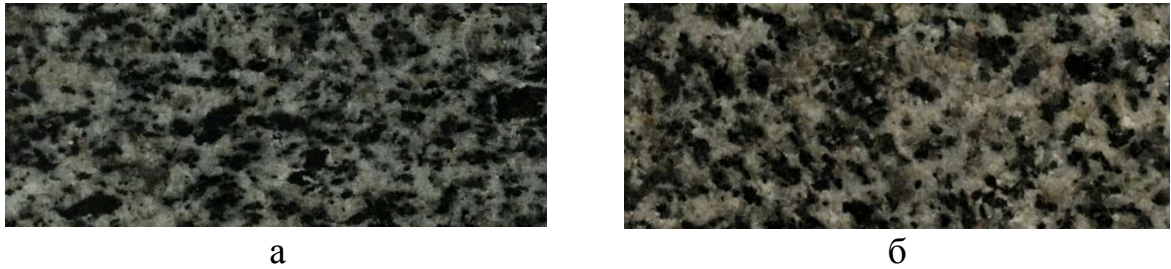


Рис. 4.3. Мінімальна відмінність у світлості L (система Lab) після полірування Покостівського гранодіориту: а – вигляд полірованої поверхні каменю темного типу каменю при обробці фінішними номерами № 1200 ( $L = 25$ ); б – вигляд полірованої поверхні каменю світлого типу каменю при обробці Полірувальним інструментом ( $L = 27$ )

#### **4.2. Управління декоративними властивостями природного облицювального каменю за допомогою хімічних просочувальних засобів**

Крім механічної обробки можливо надати певний відтінок каменю штучно [45; 70]. Виділяють два основні способи дії на природний камінь з метою зміни його забарвлення:

1. Зміна кольору мінералів породи шляхом нагрівання, випалення, опромінення – без введення жодних сторонніх речовин.
2. Фарбування/підфарбовування з використанням барвників.

Нині існує багато пігментів з широкою кольоровою палітрою, які можуть бути використані для підфарбовування природного каменю, що додаються у воски, лаки та інші хімічні просочувальні засоби, але їх стійкість у різних агресивних середовищах не завжди є задовільною.

Керування тоном природного каменю можливе за допомогою хімічних просочувальних засобів, які, в свою чергу, покращують його якісні показники і захищають від негативного впливу хімічних розчинів. Попередньо було доведено, що всі просочувальні засоби надають каменю

темніший відтінок. Тому для керування тоном каменю, засоби слід наносити на світліші типи каменів [80].

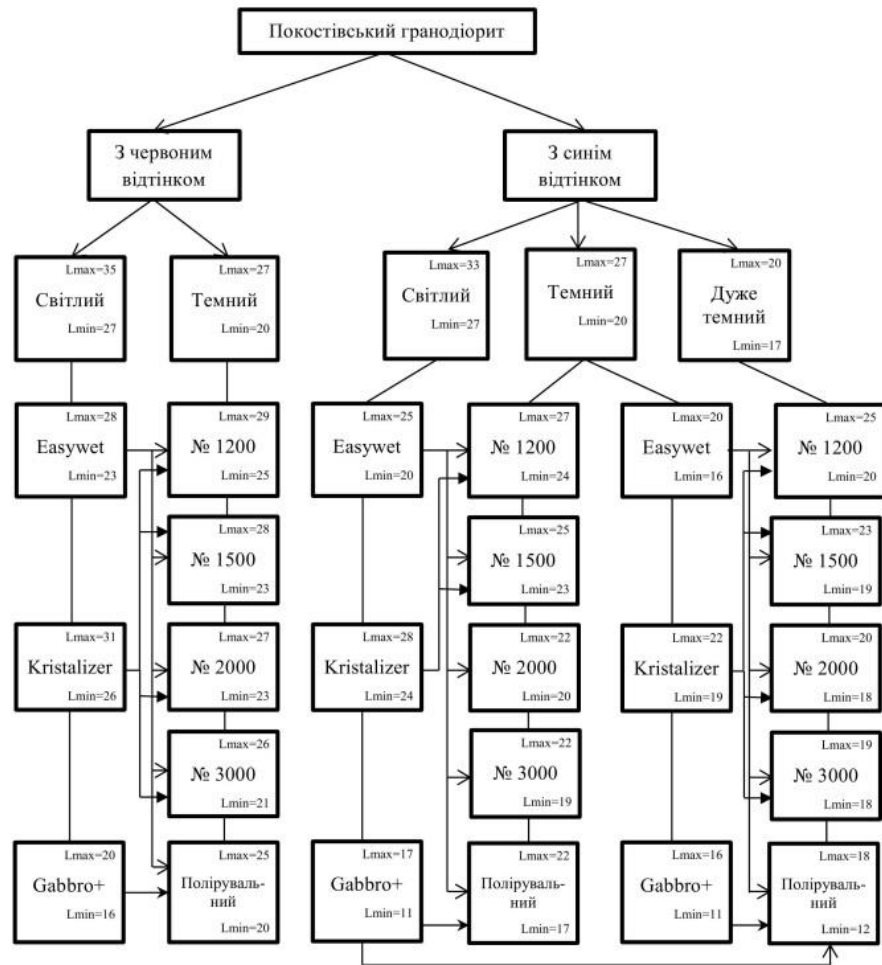


Рис. 4.4. Керування відтінками світлості Покостівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів відповідно до механічної обробки фінішними номерами, де  $L_{max}$ ,  $L_{min}$  – відповідно максимальна та мінімальна світлість тону

Були знайдені такі відповідності у світлості Покостівського гранодіориту з червоним відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю) за допомогою хімічних просочувальних засобів відповідно до механічної обробки фінішними номерами:

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:
  - Засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний»;

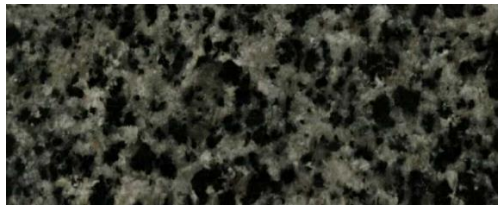
- Засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500, 2000, 3000;
- Засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».

Також встановлені відповідності у світлості Покостівського гранодіориту із синім відтінком (керування відбувається обробкою світліших типів каменю):

1. Від світлого до темного типу Покостівського гранодіориту:
  - Засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний»;
  - Засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500;
  - Засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».
2. Від темного до дуже темного типу Покостівського гранодіориту:
  - Засіб «Easywet» – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний»;
  - Засіб «Kristalizer» – № 1200, 1500, 2000, 3000;
  - Засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».
3. Від світлого до дуже темного типу Покостівського гранодіориту:  
Засіб «Gabbro+» – «Полірувальний».

Як видно з Рис. 4.4, керування відтінками світлості Покостівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів можливе за умови обробки світліших каменів, які будуть відповідати світлості тону механічно оброблених темніших каменів. Так, при обробці світлого типу каменю засобом Tenax Easywet можливо досягти відповідності у тоні темного типу Покостівського гранодіориту, який оброблений алмазним інструментом, починаючи від № 1200 до полірувального. Прозорий кристалізатор Kristalizer змінює відтінки світлості різних типів каменю на невелику величину. Відповідно до цього, можливе керування з меншим діапазоном, ніж при використанні Tenax Easywet. Чорний кристалізатор Gabbro+ значно затемнює усі типи каменю, ним можливо досягнути відтінок темного каменю, що забезпечується алмазним інструментом «полірувальний» з найменшою зернистістю абразиву – 1/0, що забезпечує найменшу шорсткість поверхні каменю при механічній обробці. Приклад

керування світлістю за допомогою хімічних просочувальних засобів показаний на рис. 4.5.



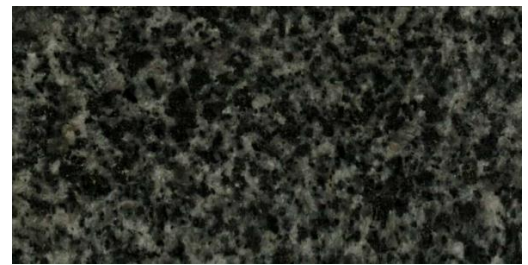
Світлий, Easywet (L=24)



Темний, № 1200 (L=25)



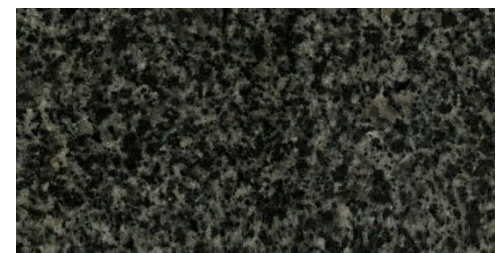
Темний, Kristalizer (L=19)



Дуже темний, № 2000 (L=20)



Світлий, Gabbro+ (L=18)



Темний, Полірувальний  
(L=20)

Рис. 4.5. Мінімальна відмінність у світлості L (система Lab) після обробки Покостівського гранодіориту хімічними просочувальними засобами

Для наочності результатів дослідження авторами запропонована градація відтінків світлості різних типів Покостівського гранодіориту, між якими відбувається керування тоном каменю за допомогою механічної обробки та обробки хімічними просочувальними засобами (Рис. 4.6). Також була обрахована похибка вимірювання, яка складає 11 %.

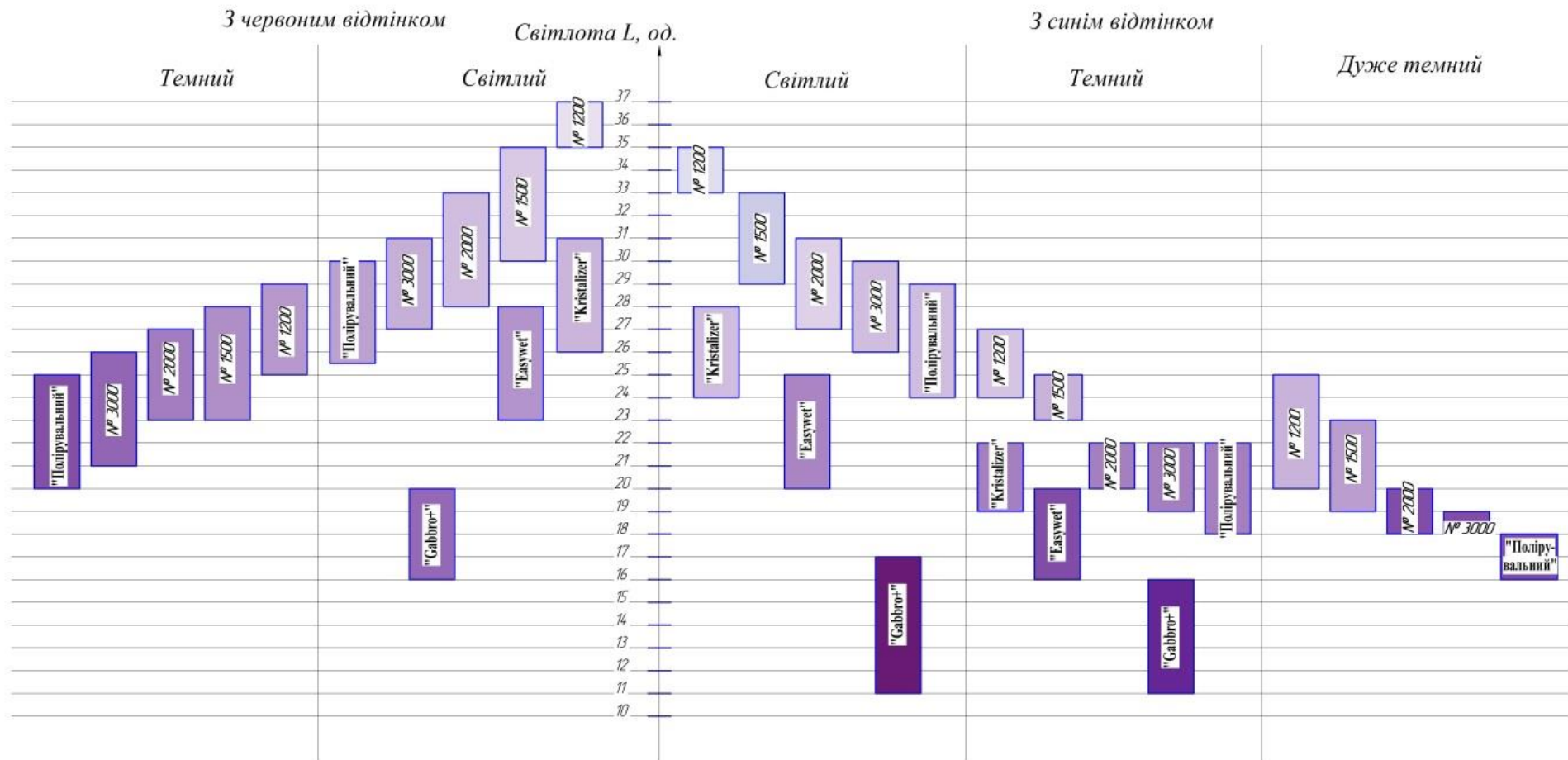


Рис. 4.6. Градація різних типів Покоствіського гранодіориту за кольоровим тоном після механічної обробки та обробки хімічними просочувальними засобами

### 4.3. Збереження декоративних властивостей природного облицювального каменю після впливу хімічних розчинів

Під час тривалої експлуатації виробів з природного каменю під дією атмосферних опадів, вітру, агресивних сполук, що містяться в атмосфері, оброблена поверхня каменю поступово втрачає початкові естетичні характеристики. На основі проведених раніше досліджень, які характеризують різні регіони України, слід встановити термін збереження якісних показників з допустимою різницею відмінностей для різних типів Покостівського гранодіориту, хімічний склад якого показаний в табл. 4.2 [80].

Таблиця 4.2.

Хімічний склад Покостівського гранодіориту

Компоненти	Зміна складу компонентів, %		Середній вміст компонентів, %
	Від	До	
SiO <sub>2</sub>	62.92	64.35	63.46
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.42	14.45	13.97
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.67	6.71	6.14
TiO <sub>2</sub>	0.65	0.89	0.73
SO <sub>3</sub>	0.10	0.10	0.10
CaO	3.13	4.09	3.42
MnO	2.59	4.17	3.05
інші	0.21	0.38	0.26

Попередньо був досліджений вплив розчинів, що характеризують агресивність атмосферного повітря певних регіонів України, на відтінки світлості та блиск:

I. CaCl<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O; рН = 6,1 – Східний регіон;

II. FeSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O; рН = 6,7 – Центральний регіон;

III.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 7,3 – Західний регіон;

IV.  $\text{HNO}_3 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ; pH = 2 – Північний та Південний регіони.

Слід зазначити, що механічно оброблені зразки, які оброблені різними номерами, в одному і тому ж навколишньому середовищі майже однаково змінюють свої відтінки. Тому порівняння має відбуватися між механічно обробленими зразками та тими, що оброблені хімічними просочувальними засобами. При pH = 6,1; 6,7; 7,3 механічно оброблені зразки темнішають, а ті, що оброблені хімічними просочувальними засобами – світлішають. При pH = 2 різнооброблені зразки темніють майже однаково, тому керування відтінками відбувається при виборі обробки, що максимально захищає камінь від впливу хімічних розчинів [7; 48; 80]. Дія хімічних розчинів на різнооброблені зразки показана на Рис. 4.7.

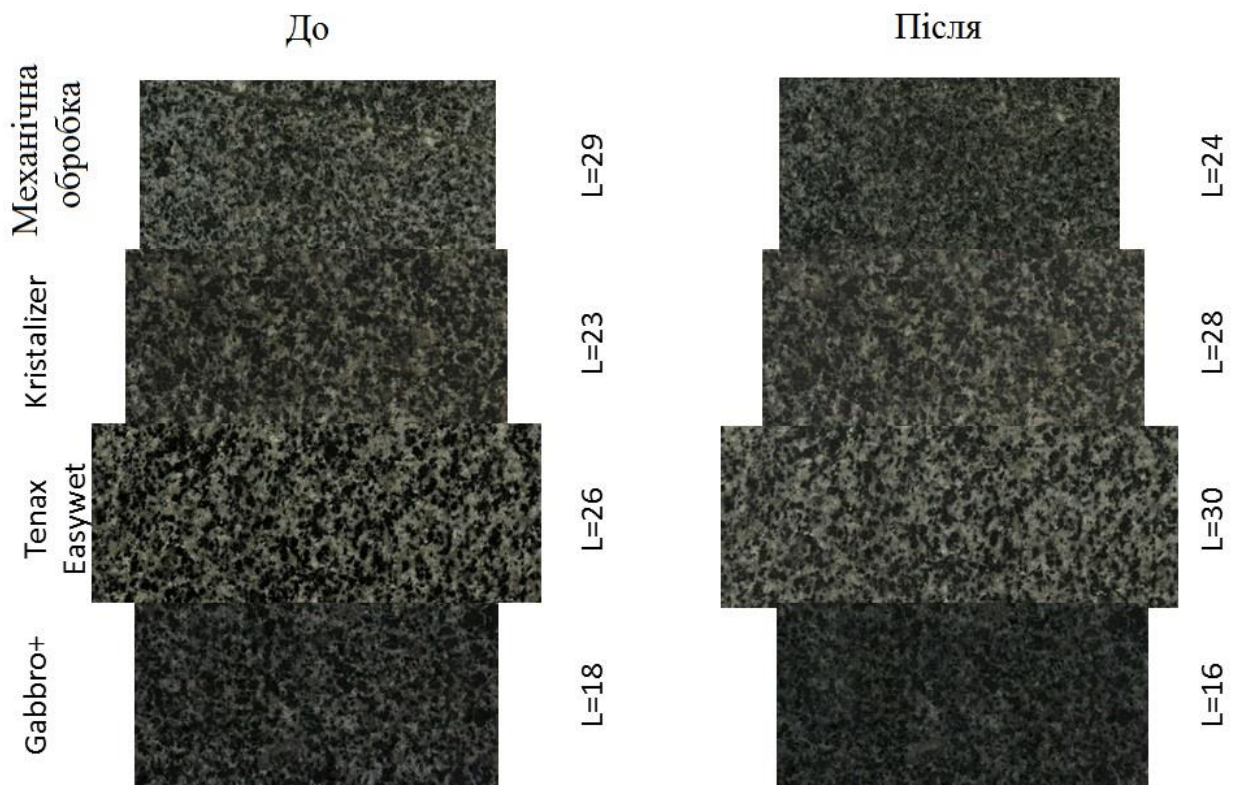


Рис. 4.7. Різнооброблені зразки з Покостівського гранодіориту до та після впливу хімічних розчинів

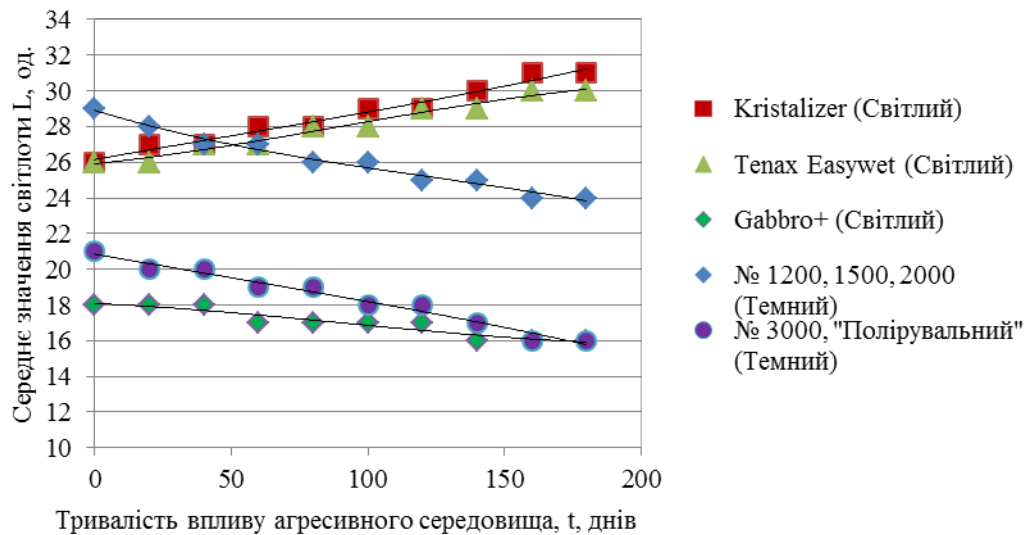


Рис. 4.8. Зміна світлості світлих зразків з Покостівського гранодіориту, що оброблені хімічними просочувальними засобами, відносно механічно оброблених темних типів каменю залежно від тривалості впливу хімічних розчинів при рН = 6,1; 6,7; 7,3

Відповідно до Рис. 4.4, на якому зображено відповідність різних типів Покостівського гранодіориту після певного виду обробки, враховуючи вплив хімічних розчинів був побудований графік зміни світлості світлих зразків з Покостівського гранодіориту, що оброблені хімічними просочувальними засобами, відносно механічно оброблених темних типів каменю залежно від тривалості впливу хімічних розчинів, між якими відбувається керування тоном каменю (Рис. 4.8).

Зміна відтінків світлості після різної обробки Покостівського гранодіориту протягом 180 днів впливу хімічних розчинів становить («-» – камінь темнішає; «+» – камінь світлішає):

- № 1200, 1500, 2000 (Dark) – +17 %;
- Kristalizer (Light) – -19 %;
- Tenax Easywet (Light) – -15 %;
- Gabbro+ (Light) – +11 %;
- № 3000, «Полірувальний» (Dark) – +24 %.

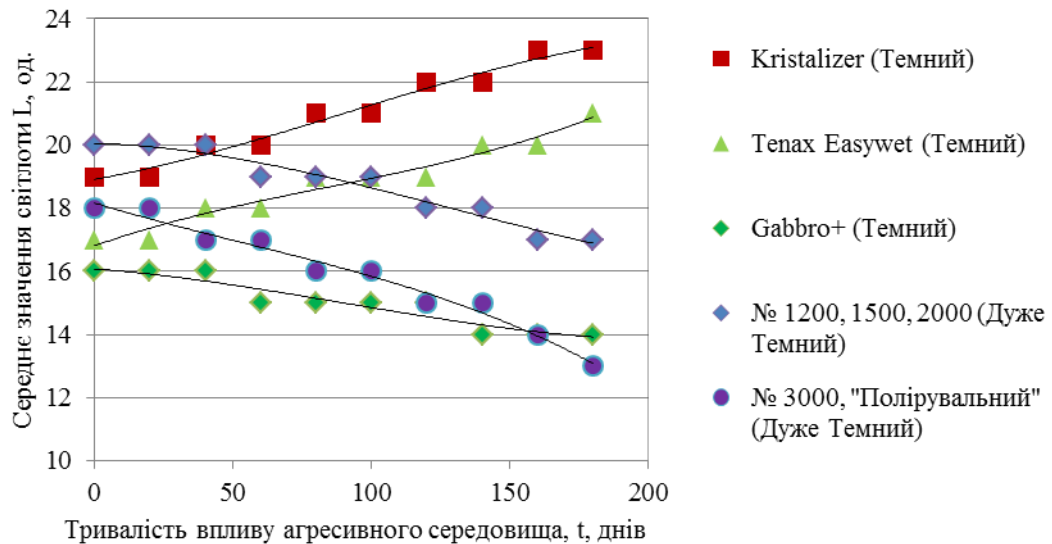


Рис. 4.9. Зміна світлості темних зразків з Покостівського гранодіориту, що оброблені хімічними просочувальними засобами, відносно механічно оброблених дуже темних типів каменю залежно від тривалості впливу хімічних розчинів при рН = 6,1; 6,7; 7,3

Також для темних та дуже темних типів Покостівського гранодіориту (Рис. 4.9), між якими відбувається керування тоном, зміна світлості протягом 180 днів впливу хімічних розчинів становить («-» – камінь темнішає; «+» – камінь світлішає):

- № 1200, 1500, 2000 (Very Dark) – +15 %;
- Kristalizer (Dark) – -21 %;
- Tenax Easywet (Dark) – -18 %;
- Gabbro+ (Dark) – +13 %;
- № 3000, «Полірувальний» (Very Dark) – +22 %.

Оскільки концентрації хімічних розчинів є більшими, ніж при дії шкідливих речовин, що знаходяться в атмосфері, тривалість зміни естетичних властивостей буде більшою. Зміна температур, вологість повітря, середня кількість опадів та інші природні явища впливають на зміну властивостей природного облицювального каменю [48].

На основі проведених досліджень, внаслідок отриманих залежностей були сформовані графіки залежностей прогнозованої зміни світлості різнооброблених зразків залежно від тривалості впливу атмосферних чинників, які показують прогнозовану зміну відповідності світлості між механічно обробленими темними та світлими типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними просочувальними засобами (рис. 4.10). А також показують прогнозовану зміну відповідності світлості між механічно обробленими дуже темними та темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними просочувальними засобами (рис. 4.11).

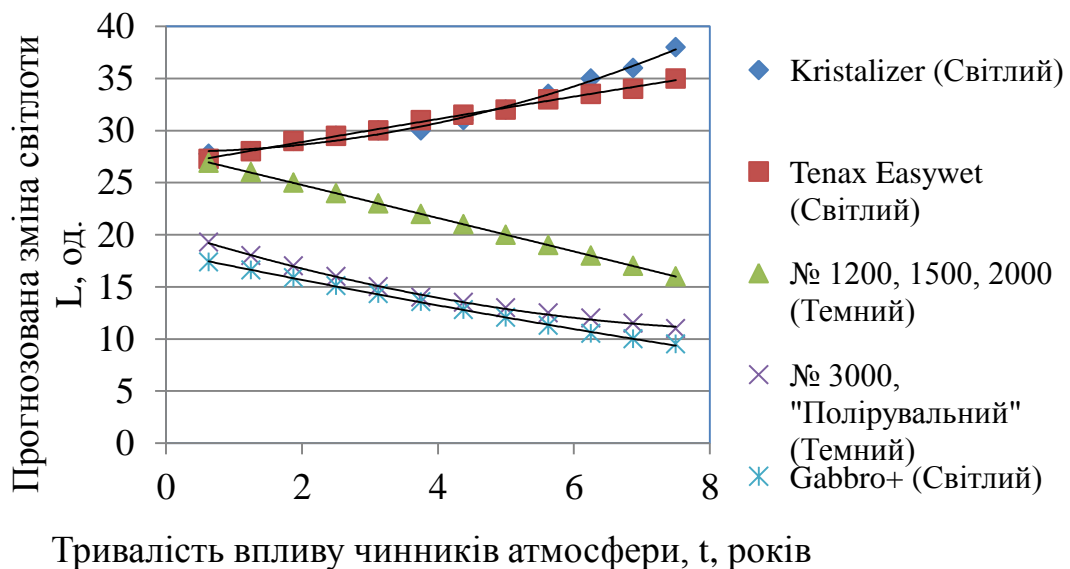


Рис. 4.10. Прогнозована зміна відповідності світлості світлих зразків з Покостівського гранодіориту, що оброблені хімічними просочувальними засобами, відносно механічно оброблених темних типів каменю залежно від тривалості впливу атмосферних чинників

З графіка 4.10 видно, що відповідність світлості Покостівського гранодіориту зберігається між такими видами обробки природного каменю:

1. Між світлими типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними засобами «Kristalizer» та «Tenax Easywet», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами

алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000 темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном– до 2 років. При цьому різниця світлості складає 3 одиниці (10 %) та не впливає на візуальне сприйняття людиною. Після 2 років впливу атмосферних чинників, прогнозована максимальна різниця світлості між зразками, що мають відповідну обробку, складає від 6 одиниць (20 %) і більше та впливає на візуальне сприйняття зоревим аналізатором людини.

2. Між світлими типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними засобами «Gabbro+», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 3000, «Полірувальний» темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном – протягом прогнозованого терміну (до 8 років). При цьому максимальна різниця світлості складає 1,5 одиниці (7,5 %) і також не впливає на візуальне сприйняття людиною.

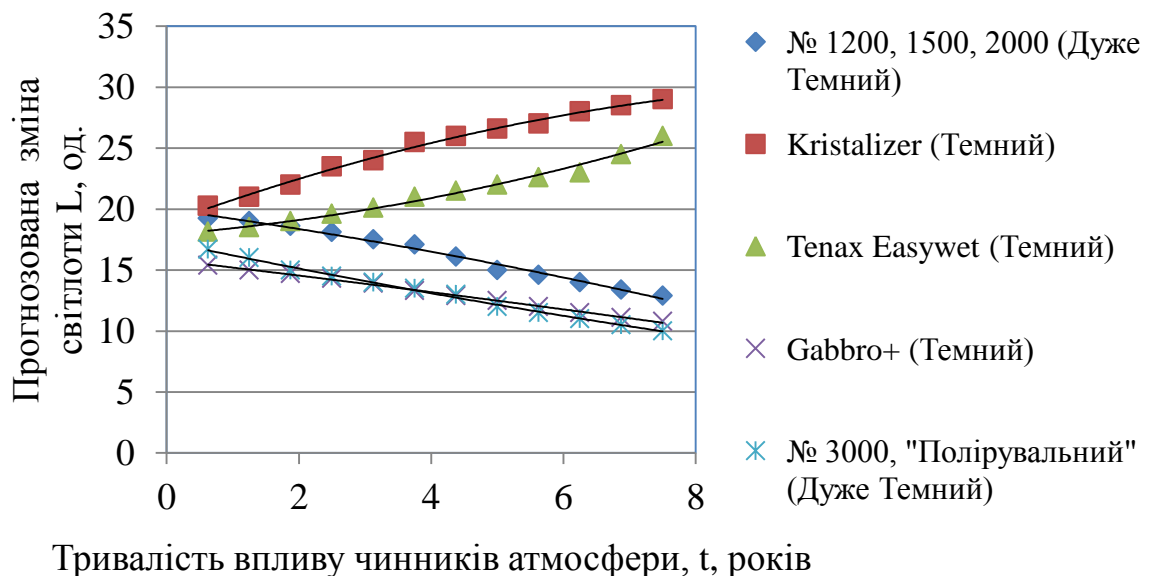


Рис. 4.11. Прогнозована зміна відповідності світлості світлих зразків з Покостівського гранодіориту, що оброблені хімічними просочувальними, засобами відносно механічно оброблених темних типів каменю залежно від тривалості впливу атмосферних чинників

З графіку 4.11 видно, що відповідність світлості Покостівського гранодіориту зберігається між такими видами обробки природного каменю:

1. Між темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічним засобом «Kristalizer», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000 дуже темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном – до 2 років. При цьому максимальна різниця світлості складає 4 одиниці (13 %) та не впливає на візуальне сприйняття людиною.

2. Між темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічним засобом «Tenax Easywet», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000 дуже темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном – до 4 років. При цьому максимальна різниця світлості складає 5 одиниць (16 %) та не впливає на візуальне сприйняття людиною.

3. Між темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними засобами «Gabbro+», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 3000, «Полірувальний» дуже темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном – протягом прогнозованого терміну (до 8 років). При цьому максимальна різниця світлості складає 1,5 одиниці (7,5 %) і не впливає на візуальне сприйняття людиною.

4. Між темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном, що оброблені хімічними засобами «Gabbro+», та механічно обробленими фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000 дуже темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном – протягом прогнозованого терміну (до 8

років). При цьому максимальна різниця світлості складає 5 одиниць (16 %) та не впливає на візуальне сприйняття людиною.

#### **Висновки до розділу 4**

У результаті проведеного дослідження було виявлено, що:

1. Керування відтінками світлості Покостівського гранодіориту за допомогою механічної обробки відбувається шляхом зміни шорсткості поверхні каменю при використанні різних номерів алмазного інструменту. Відтінками Покостівського гранодіориту можна керувати зі збереженням глянцевої поверхні між світлими та темними, а також між темними до дуже темними типами каменю.

2. Керування відтінками світлості Покостівського гранодіориту за допомогою хімічних просочувальних засобів відбувається між хімічно та механічно обробленими зразками. Мінімальна відмінність забезпечується між світлими та темними, темними та дуже темними, а також світлими та дуже темними (за умови використання «Gabbro+») типами каменів.

3. Термін збереження відповідності якісних показників готової продукції з Покостівського гранодіориту залежить від хімічних розчинів. Порівняння здійснюється між механічно обробленими та зразками, що оброблені хімічними просочувальними засобами. Відповідно до проведеного аналізу, протягом 180 днів у Східному, Центральному та Західному регіоні України (рН = 6,1; 6,7; 7,3) зразки змінюють відтінки світлості в середньому на  $\pm 20\%$ . У Північному та Південному регіоні (рН = 2) зміна якісних показників Покостівського гранодіориту відбувається майже однаково, тому термін збереження відповідності якісних показників готової продукції з Покостівського гранодіориту буде відповідати терміну, за який потрібно виконувати демонтаж виробів. Оскільки зразки змінюють свою світлоту на незначну величину, тому автори планують продовжити досліджувати корозійну стійкість різнооброблених зразків Покостівського гранодіориту з більшим терміном впливу на них хімічних розчинів.

4. Залежно від тривалості впливу атмосферних чинників зміна відповідності світлості між різнообробленими світлими та темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном складає 2 роки – при обробці хімічними просочувальними засобами «Kristalizer» та «Tenax Easywet» та механічній обробці фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000. При обробці «Gabbro+» та механічній обробці фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 3000, «Полірувальний» – протягом прогнозованого терміну дії атмосферних чинників (8 років).

Між різнообробленими темними та дуже темними типами Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном складає 2 роки – при обробці хімічним просочувальним засобом «Kristalizer» та механічній обробці фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000. При обробці «Tenax Easywet» та механічній обробці фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000 – 4 роки. При обробці «Gabbro+» та механічній обробці фінішними полірувальними номерами алмазного інструменту – № 1200, 1500, 2000, 3000, «Полірувальний» – протягом прогнозованого терміну дії атмосферних чинників (8 років).

## РОЗДІЛ 5

### ПІДСУМКОВА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ДЕКОРАТИВНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПРИРОДНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ

#### **5.1. Аналіз розподілу декоративних показників природного каменю в межах родовища**

У межах одного геологічного тіла можуть знаходитись корисні копалини, ідентичні чи дуже близькі за мінералогічним та хімічним складом, фізико-механічними властивостями, але з різними декоративними властивостями (завдяки текстурно-колористичним особливостям, а також різного ступеня поширення недоліків, що знижуючих декоративність), що може змінювати комерційну вартість кожного з таких декоративних різновидів облицювального каменю. Коливання мінералогічного складу породи і зміна забарвлення мінералів у межах родовища також може вплинути на декоративність каменю [59; 61].

Окрім того, звичайно споживачу потрібні блоки зі сталими декоративними (текстурно-колористичними) властивостями і невиконання цієї умови може призвести до погіршення репутації постачальника і навіть розірвання контракту. Тому виникає потреба у проведенні геометризації декоративності родовища і побудові розрізів (Рис. 5.2) і планів ізодекоративності (планів декоративності в ізолініях) для кожного горизонту (Рис. 5.3), що дозволить видобувати корисну копалину з заданими декоративними (текстурно-колористичними) ознаками [44; 57; 59].

Під час ведення гірничих робіт важливе значення має одержання достовірної інформації, що характеризує стан, будову і склад масиву природного облицювального каменю та її відображення на відповідних планах, картах та таблицях. Переважно, досліджують тріщинуватість масиву та структурні елементи гірських порід, при цьому багато інших якісних

показників не враховується. Відповідно до цього, основною проблемою процесу ведення гірничих робіт є відсутність повної інформації про якісні показники для різних ділянок кар'єру [64; 65].

Розробка експрес-методів визначення декоративних показників декоративного каменю та зображення їх в просторі родовища має важливе значення для паспортизації сировини, обґрунтування торгових марок, та створення можливостей для видобування природного каменю із заданими характеристиками із визначенням оптимальних технологічних комплексів для розробки різних ділянок родовища [59].

Як уже було розглянуто раніше, якість блочної сировини визначається її дефектністю, декоративністю і корозійною стійкістю виробів, що будуть вироблені з неї. Відповідно до методики визначення різних типів природного облицювального каменю за кольоровим тоном, за основу беруть як оброблені поліровані, так і необроблені зразки каменю.

Для оцінки просторової зміни декоративних характеристик виконується обов'язкове маркування відібраних зразків за допомогою фарби та визначення координат місця відбору проби за допомогою теодоліта Т30 та мірної стрічки або нівелірної рейки РН-3. Відстань між відібраними пробами залежить від однорідності масиву, наявності певних дефектів і масштабу креслення. Враховуючи очікувану точність отриманих координат точок та точність нанесення їх на план, відстань між місцями відбору проб знаходиться в межах від 5 м до 35 м.

Схема відбору проб для умов Наталіївського родовища гранодіоритів наведена на рис. 5.1.

Геометризація декоративності виконана за такою методикою: по всій площі родовища на горизонті +195 м були відібрані зразки гранодіориту 20×20×20 см та визначені координати місця відбору проб, їх декоративні показники (табл. 5.1).

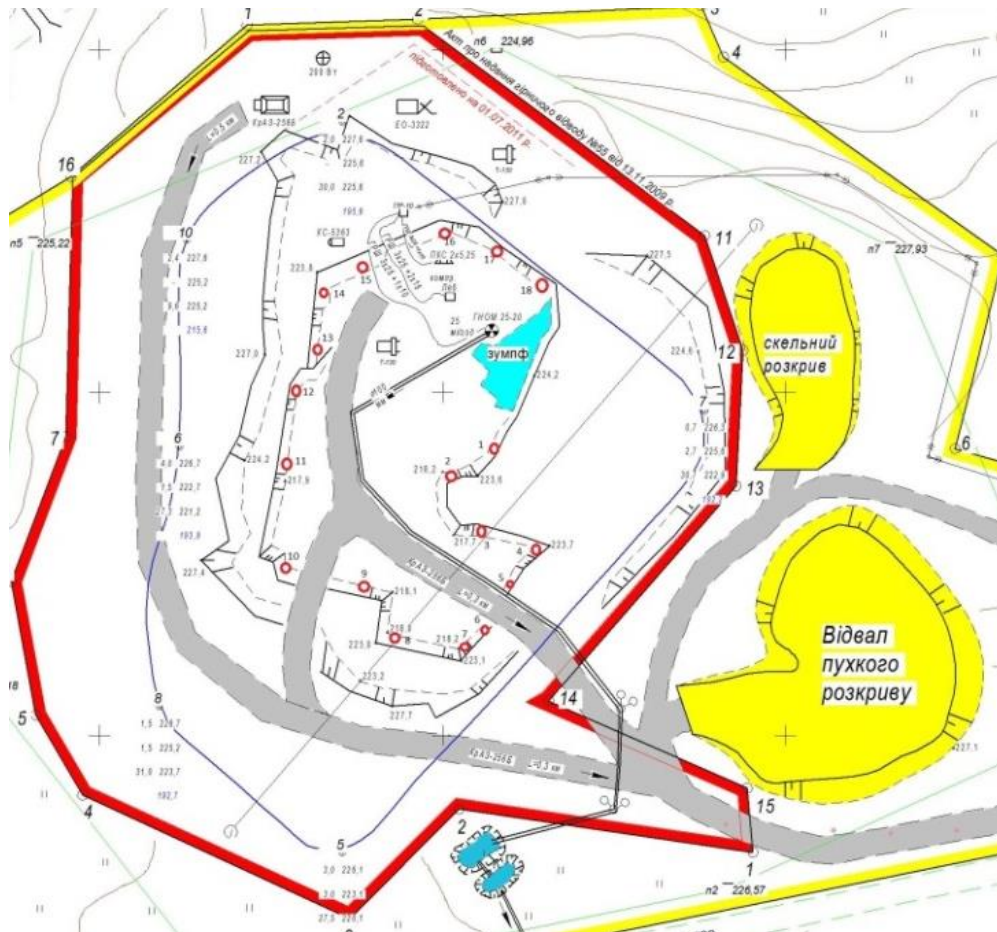


Рис. 5.1. Схема відбору проб для оцінки якості блочної сировини

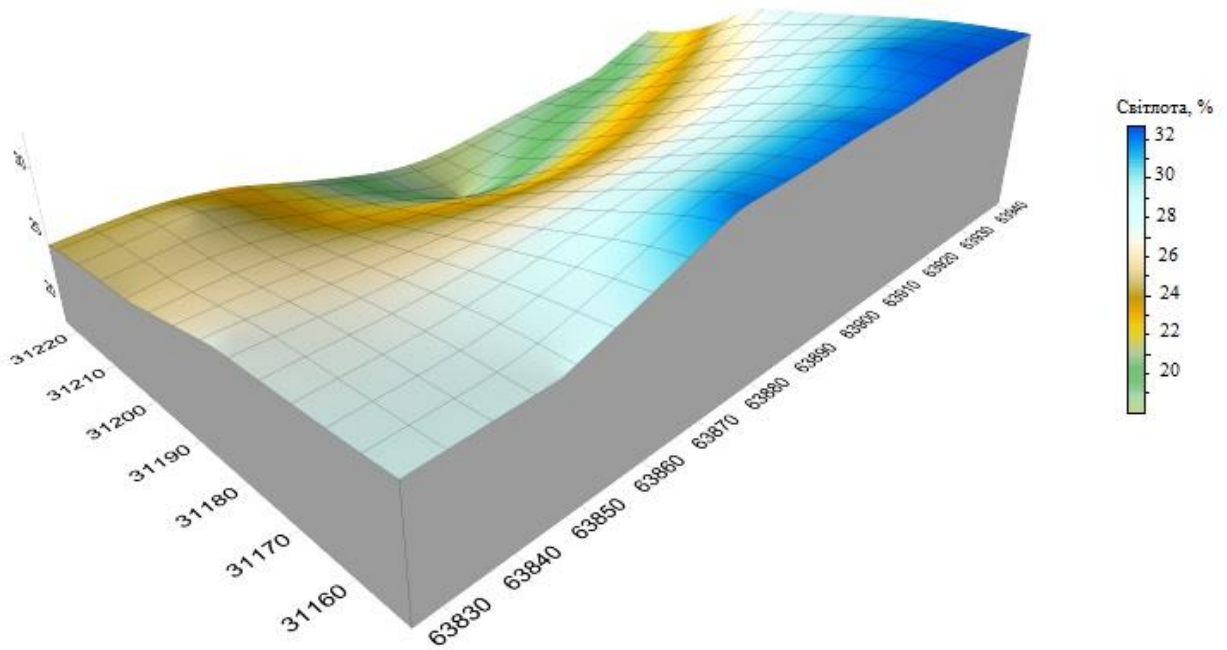
Таблиця 5.1

**Характеристика відібраних зразків після полірування**

Номер точки	X	Y	Світлість L, %	Кольоровий відтінок
1	31210	63884	18	Синій
2	31201	63874	22	Синій
3	31207	63857	23	Зелений
4	31222	63853	23	Синій
5	31214	63842	25	Синій
6	31207	63829	25	Синій
7	31203	63826	25	Синій
8	31183	63827	27	Червоний
9	31174	63842	27	Червоний
10	31151	63847	28	Синій
11	31153	63875	32	Синій
12	31155	63900	32	Синій
13	31160	63908	31	Червоний
14	31163	63923	32	Червоний

За кольоровим тоном і координатами місць відбору зразків була виконана геометризація декоративності за світлістю та кольоровим відтінком в програмному середовищі Surfer 8 з використанням найбільш оптимального для даного розподілу локально-стохастичного методу просторової інтерполяції – крайгінга (Рис. 5.2).

а)



б)

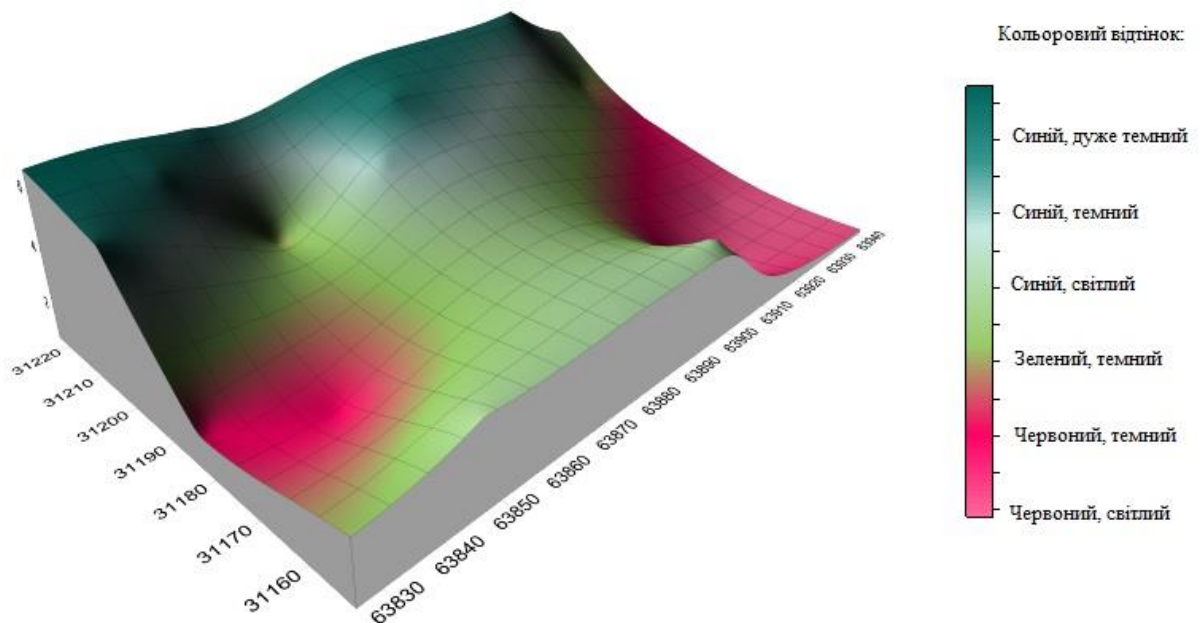


Рис. 5.2. Геометризація Наталіївського родовища гранодіоритів за декоративними показниками: а) за світлістю; б) кольоровими відтінками

Така геометризація родовища за кольоровим тоном дозволяє розбити родовища природного облицювального каменю на ділянки, тим самим розробляючи певний тип природного облицювального каменю за кольоровим тоном. Таким чином забезпечується керування кольоровим тоном природного облицювального каменю на стадії його видобування.

Також можливе створення геометризації родовища в ізолініях (Рис. 5.3) та подальше накладання його на плани ведення гірничих робіт.

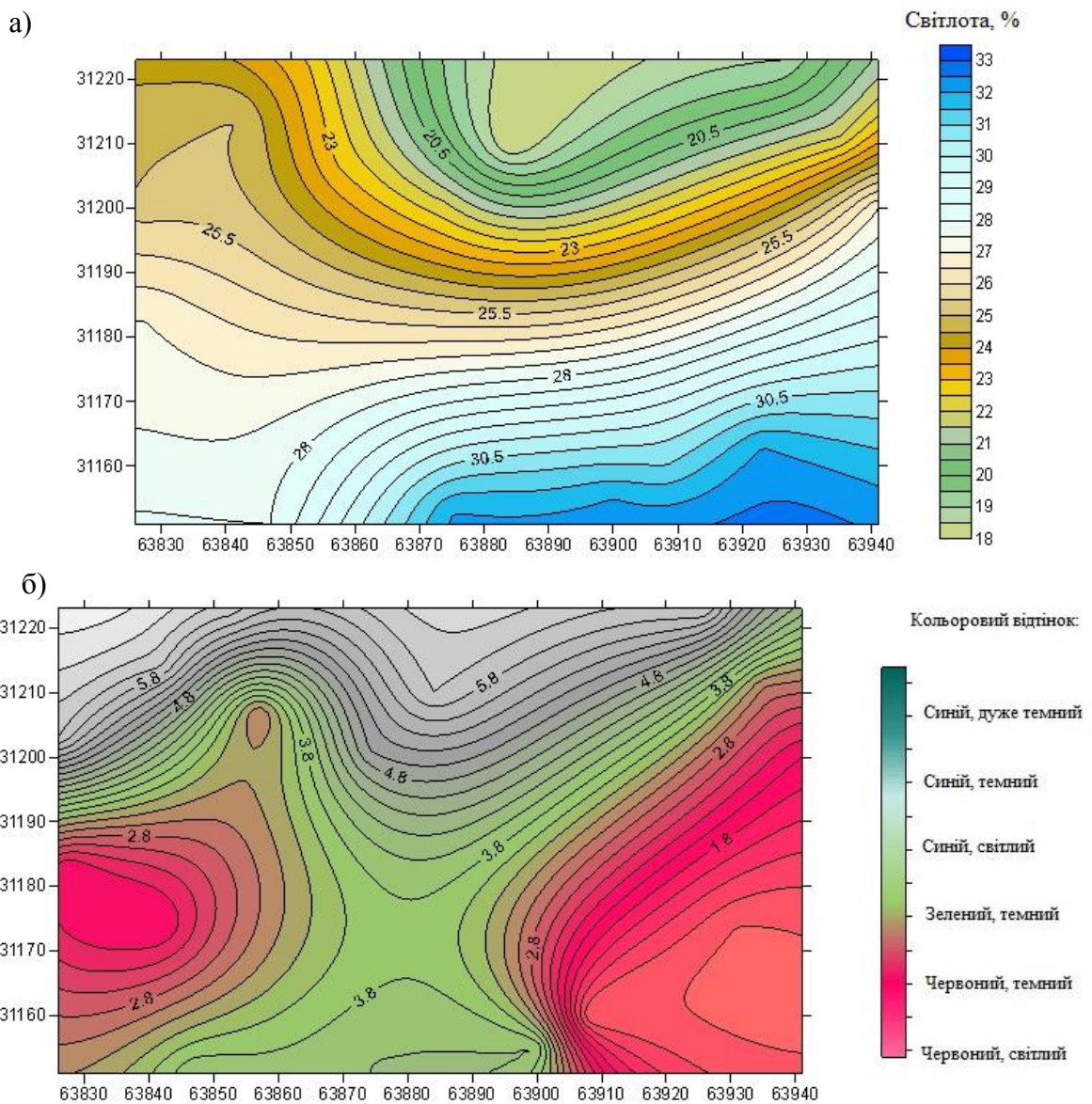


Рис. 5.3. Геометризація Наталіївського родовища гранодіоритів за декоративними показниками в ізолініях: а) за світлістю; б) кольоровими відтінками

Відповідно до моделі геометризації Наталіївського родовища, було побудовано схему розміщення запасів за основними типами Покоствівського гранодіориту за кольоровим тоном (Рис. 5.4).

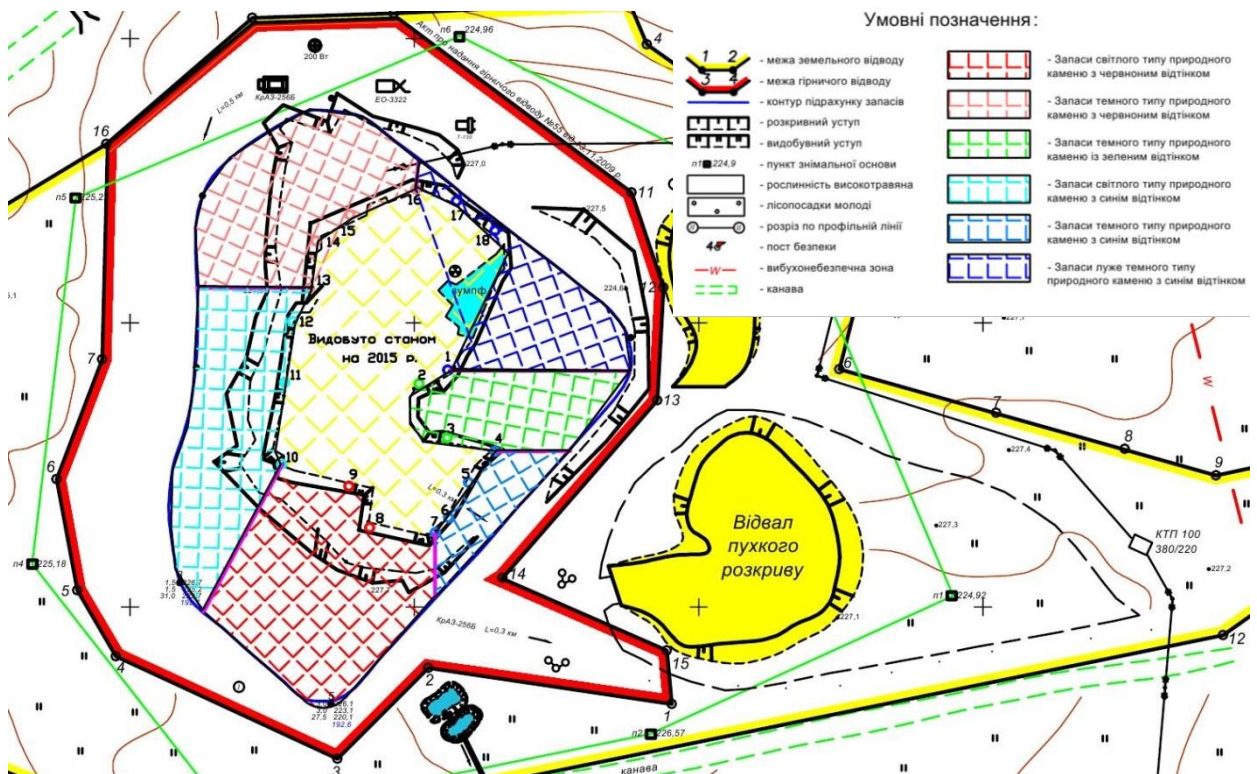


Рис. 5.4. Запаси природного облицювального каменю різного за кольоровим тоном

Потужність основної корисної копалини в межах підрахунку запасів категорії В до горизонту +195 м складає 25,5 м. Величина запасів різних типів природного каменю за кольоровим тоном розрахована графоаналітичним методом і зображена в Табл. 5.2.

Таблиця 5.2.

#### Дані підрахунку промислових запасів у межах кар'єрного поля

Загальні балансові геологічні запаси, тис.м <sup>3</sup>	Запаси різних типів природного каменю за кольоровим тоном, тис. м <sup>3</sup>					
	Світлий з червоним відтінком	Темний з червоним відтінком	Темний із зеленим відтінком	Світлий з синім відтінком	Темний з синім відтінком	Дуже темний з синім відтінком
438,0	80,32	132,52	38,72	83,32	33,94	69,18

Гранодіорити Наталіївського родовища мають слабку тріщинуватість.

У них розвинуті переважно три системи тріщинуватості (Рис. 5.5):

1. Північно-західного простягання  $315\text{--}350^\circ$  із кутами падіння  $75\text{--}90^\circ$
2. Північно-східного простягання  $35\text{--}90^\circ$  із кутами падіння  $75\text{--}90^\circ$
3. Пологі тріщини з кутами падіння  $0\text{--}25^\circ$  та кутами простягання  $75\text{--}90^\circ$ .

На 10 погонних метрів спостерігається 2–3 системних тріщини, як по вертикалі, так і по горизонталі.

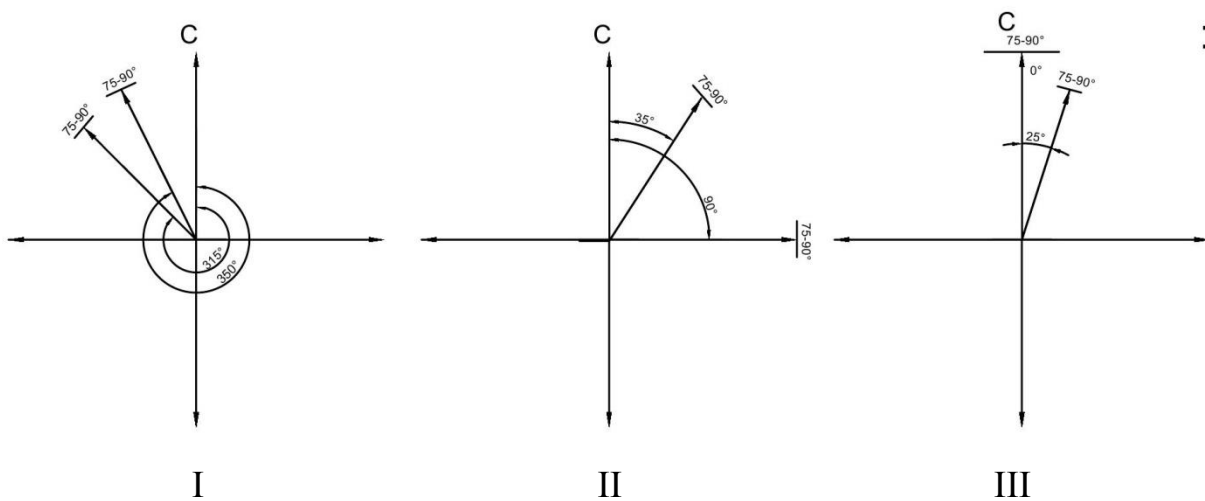


Рис. 5.5. Системи тріщин Наталіївського родовища гранодіоритів

Вихід кондиційних блоків залежить не тільки від природного стану масиву, зумовленого генетикою родовища, але й від певних технологічних чинників, якими можливо керувати.

Дослідження, що проведені на Наталіївському родовищі гранодіоритів, яке розробляє родовище блочного каменю, показали, що вихід блоків із масиву значною мірою залежить від прийнятого способу видобування та напрямку фронту гірничих робіт.

Проаналізувавши системи природної тріщинуватості Наталіївського родовища, можна зробити висновок, що основними є I та II системи з азимутами простягання  $315\text{--}350^\circ$  та  $35\text{--}90^\circ$  з кутом падіння  $75\text{--}90^\circ$ . Виходячи з цього, фронт гірничих робіт на родовищі природного каменю повинен бути

направлений по простяганню двох основних систем тріщинуватості або перпендикулярно до них. Крім того, розробка повинна проводитись похилими уступами під кутом  $0-25^\circ$ , для максимального використання природної тріщинуватості (рис. 5.6).

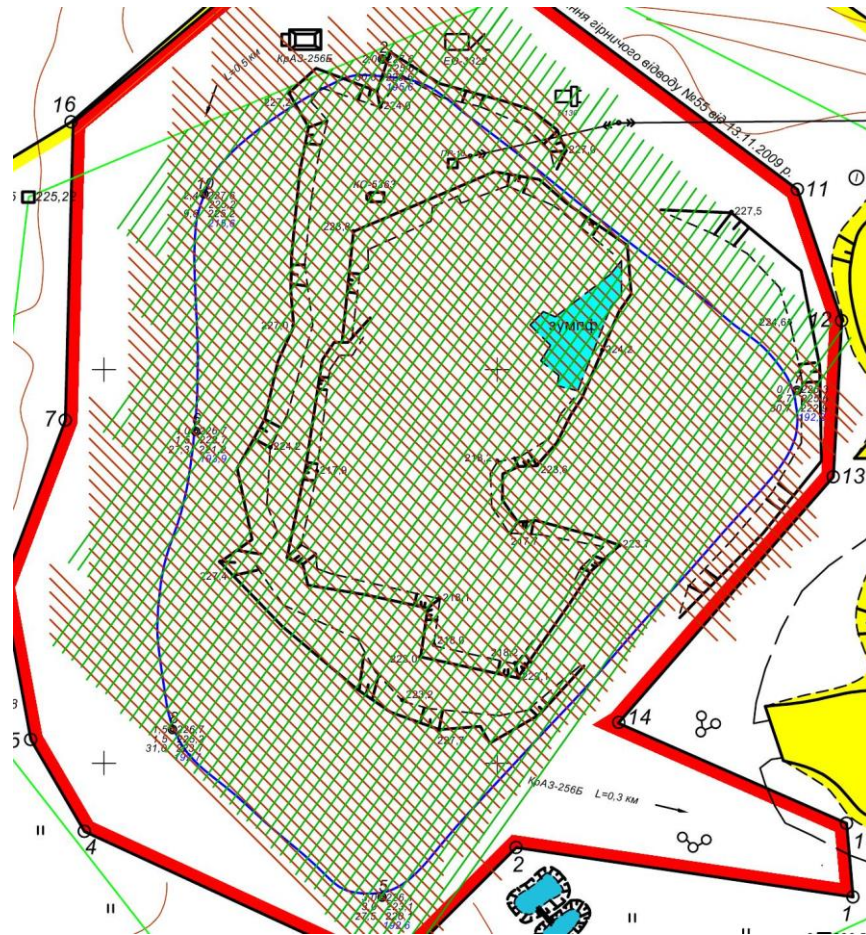


Рис. 5.6. План поверхневої природної тріщинуватості Наталіївського родовища

Визначення оптимального фронту гірничих робіт базується на блочному підході, основним завданням якого є отримання максимальної кількості блоків вищих категорій, які мають найбільшу вартість [59]. Для визначення оптимального напрямку ведення гірничих робіт пропонується визначити коефіцієнти виходу блоків природного каменю за дійсним та рекомендованим напрямком фронту гірничих робіт по різних ділянках родовища, які розробляють запаси каменю з різними декоративними показниками (табл. 5.3).

**Підрахунок коефіцієнта виходу блоків природного каменю за дійсним та рекомендованим напрямком фронту гірничих робіт по різних ділянках родовища, які розробляють запаси каменю з різними декоративними показниками**

Ділянки родовища, з різними декоративними показниками	Коефіцієнт виходу блоків за дійсним напрямком ведення гірничих робіт, $K_{вих}$	Коефіцієнт виходу блоків за рекомендованим напрямком ведення гірничих робіт, $K_{вих}$
Світлий з червоним відтінком	0,508	0,745
Темний з червоним відтінком	0,385	0,575
Темний із зеленим відтінком	0,495	0,651
Світлий з синім відтінком	0,440	0,640
Темний з синім відтінком	0,688	0,712
Дуже темний з синім відтінком	0,399	0,561

Отже, відповідно до проведених розрахунків, за допомогою зміни напрямку ведення гірничих робіт (Рис. 5.7) досягається збільшення коефіцієнта виходу блоків природного каменю на різних ділянках родовища, які розробляють запаси каменю з різними декоративними показниками.

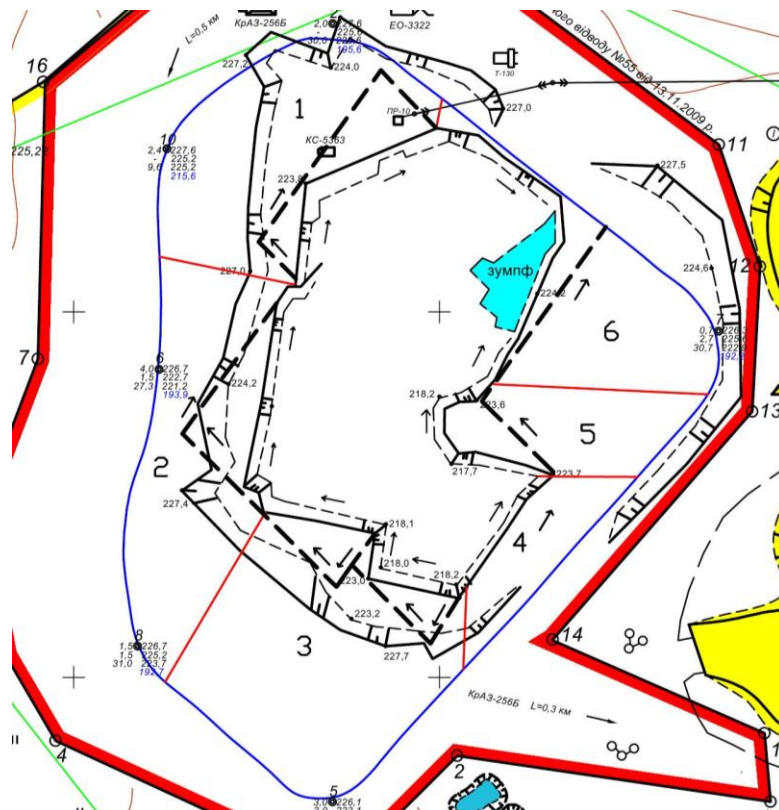


Рис. 5.7. Зміна напрямку ведення гірничих робіт

Відповідно до Рис. 5.7, рекомендується розробляти ділянки родовища у напрямку, що вказані стрілками, паралельно до контуру зміненого фронту гірничих робіт, що показаний штриховою лінією.

У підсумку, рекомендована зміна напрямку ведення гірничих робіт зумовлює:

- підвищення якості блоків з природного облицювального каменю за рахунок його розділення на різні типи за кольоровим тоном;
- підвищення раціональності використання сировини та ефективності використання видобувного обладнання за рахунок зменшення блочних втрат та витрат на алмазний інструмент.

## **5.2. Узагальнююча методика стандартизації товарної продукції, виготовленої з різних за кольоровим тоном блоків природного облицювального каменю**

Насамперед, для виготовлення стандартизованої продукції з природного облицювального каменю необхідно підбирати блоки з однаковими декоративними властивостями [68]. Це можливо при виконанні таких умов:

- Проведення геометризації родовища природного облицювального каменю за усіма якісними показниками;
- Маркування та повна характеристика видобутих блоків за всіма визначеними якісними показниками;
- Створення класифікації (паспорта) природного облицювального каменю за якісними показниками (за кольоровим тоном).

У роботі чітко описана методика визначення різних типів природного облицювального каменю за кольоровим тоном. Виходячи з цього, стандартизація товарної продукції, виготовленої з різних за кольоровим тоном блоків природного облицювального каменю, відбувається вже на стадії його видобування (рис. 5.8).

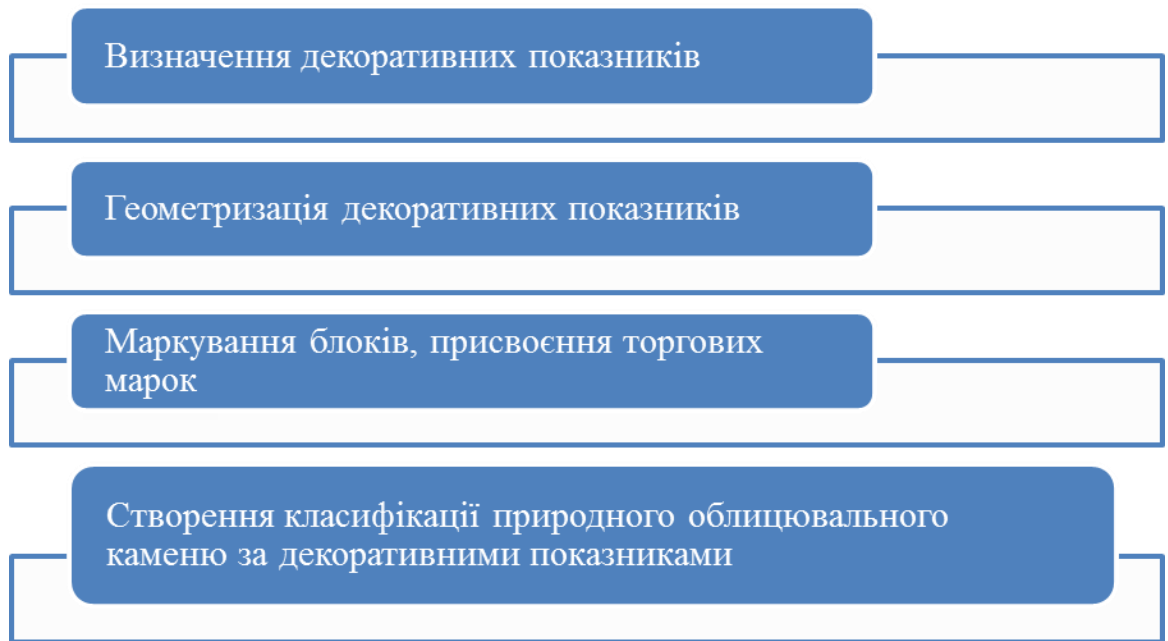


Рис. 5.8. Керування якісними показниками товарної продукції, виготовленої з природного облицювального каменю на стадії його видобування

Кожне з родовищ природного облицювального каменю характеризується власними якісними показниками та є унікальними. Підприємства можуть мати на балансі як одне, так і декілька розташованих поряд родовищ природного облицювального каменю, які мають подібні якісні характеристики. В Україні існує багато торгових марок природного облицювального каменю, які містять в собі інформацію про якісні характеристики гірської породи. Але існують типи природного каменю, яким не присвоєні торгові марки, оскільки такі роботи проводять на замовлення підприємств на платній основі. Крім того, з часом, підприємства починають розробляти інші горизонти та ділянки природного облицювального каменю, якісні показники якого суттєво відрізняються, і потребують подальшого вивчення, маркування та присвоєння торгових марок.

В Україні існує декілька родовищ природного облицювального каменю, які мають подібну структуру, але мають різний кольоровий тон (табл. 5.4).

**Основні родовища природного облицювального каменю, що мають відмінності у його кольоровому тоні**

Назва основного родовища, та їх торгова марка	Схожі види каменів, що видобуваються, їх торгова марка	Місце розташування
Покостівське родовище гранодіоритів «GG2 Grey Ukraine»	Різномітні камені мають одну торгову марку	Житомирська обл. Житомирський р-н с. Покостівка
Капустинське родовище гранітів «GR1 Rosso Santiago»	«GR2 Rosso Santiago»	Кіровоградська обл. Новоукраїнський р-н с. Плетений Ташлик
	«GR18 Anastasia Red (Rosso Santiago Extra)»	Кіровоградська обл. Маловисківський р-н с. Анастасіївка
	«GR14 Rosso Santiago»	Кіровоградська обл. Новоукраїнський р-н с.Войнівка
Корнинське родовище гранітів «GG1 Leopard»	«GG1a Leopard»	Житомирська обл. Попільнянський р-н смт. Корнин
Танське родовище гранітів «GG9 Greenish Tansky»	«GG10 Tansky»	Черкаська обл. Уманський р-н с. Танське

Отримати стандартизовану продукцію, що виготовляється з різних за кольоровим тоном можливо і на каменеобробному підприємстві. При цьому це вирішується наступними операціями:

- Сортуванням виготовленої продукції;
- Технологією фактурної обробки природного каменю.

Відповідно до методики управління кольоровим тоном природного облицювального каменю, основна ідея є зміна світлості за допомогою різної технології обробки природного каменю. Природний облицювальний камінь можливо поділити на 3 типи за світлістю: світлий, темний та дуже темний. Відповідно до цього, керувати світлістю можливо за допомогою механічної обробки та обробки хімічними просочувальними засобами за наступною схемою (Рис. 5.9).

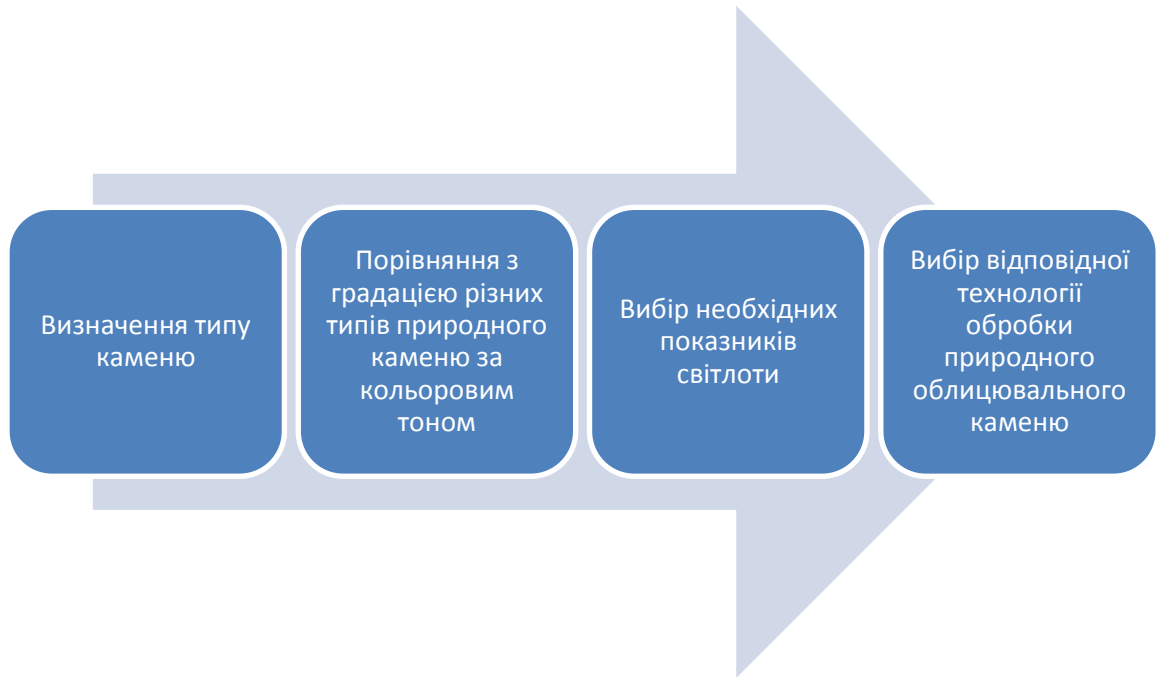


Рис. 5.9. Алгоритм керування світлістю природного облицювального каменю

На рис. 5.9 зображений алгоритм керування світлістю природного облицювального каменю, за допомогою якого можливо змінювати кольоровий тон обробленої поверхні, відповідно до розроблених методик.

### **5.3. Техніко-економічна оцінка результатів дослідження на основі впровадження нових технологій на виробництві**

Практичні результати досліджень реалізовані в технологічних процесах ТОВ «Спецгран» та ПМП «Граніт».

Основною товарною продукцією підприємства ТОВ «Спецгран» є поліровані плити з природного облицювального каменю, деталі пам'ятників, сувеніри і різноманітні архітектурно-будівельні вироби. Середньорічний обсяг виготовленої полірованої продукції складає 200 м<sup>2</sup>.

Розрахунок річного економічного ефекту від застосування нової технології проводився за формулою 5.3.1:

$$E = (C_1 - C_2) \cdot O, \quad (5.1)$$

де  $E$  – річний економічний ефект, грн.;

$C_1, C_2$  – собівартості одиниці продукції, виготовленої відповідно за базовою та новою технологіями, грн.;

$O$  – річний обсяг виробництва полірованої продукції за новою технологією в розрахунковому році, м<sup>2</sup>.

Таблиця 5.5.

**Вартість алмазного інструменту (фікертів) для  
шліфування-полірування каменю**

К-ть проходжень	Номери інструменту	Зернистість, мкм	Ціна за 1 шт., грн
-	№ 00 (алмазний)	710/600	2470
2	№ 24	500/400	40
2	№ 240	200/160	42
2	№ 400	80/63	42
2	№ 600	60/40	54
2	№ 800	40/28	54
2	№ 1200	28/20	64
2	№ 1500	20/14	64
2	№ 2000	10/7	66
2	№ 3000	5/3	70
2	Полірувальний	1/0	300

Розрахунок собівартості 1 м<sup>2</sup> продукції, виготовленої за базовою технологією:

$$C_1 = \sum P_i \cdot n_i / q_i, \quad (5.2)$$

Де  $C_1$  – собівартість одиниці продукції, виготовленої за базовою технологією, грн/м<sup>2</sup>;

$P_i$  – вартість алмазного інструменту, грн;

$n_i$  – кількість інструменту необхідного для роботи верстату, шт;

$q_i$  – обсяг полірованої продукції, що забезпечується цією технологією, м<sup>2</sup>.

**Вартість хімічних просочувальних засобів для обробки поверхонь  
декоративного облицювального каменю**

Назва засобу	Об'єм засобу, л	Витрата засобу, л/м <sup>2</sup>	Ціна, грн
Tenax Easywet	0,25	0,02	395
Kristalizer	0,33	0,02	120
Gabro+	0,25	0,01	500

Розрахунок собівартості 1 м<sup>2</sup> продукції, виготовленої за новою технологією:

$$C_2 = \sum P_i \cdot n_i / q_i + \frac{q_3}{V_3} P_3, \quad (5.3)$$

Де  $C_1$  – собівартість одиниці продукції, виготовленої за базовою технологією, грн/м<sup>2</sup>;

$P_i$  – вартість алмазного інструменту, грн;

$n_i$  – кількість інструменту необхідного для роботи верстату, шт;

$q_i$  – обсяг полірованої продукції, що забезпечується даною технологією, м<sup>2</sup>;

$q_3$  – витрата хімічного просочувального засобу, л/м<sup>2</sup>;

$V_3$  – об'єм хімічного просочувального засобу, л;

$P_3$  – ціна хімічного просочувального засобу, грн.

Сумарний економічний ефект, за даними підприємства, склав 26,08 тис. грн. по підприємству ТОВ «Спецгран».

Основною товарною продукцією підприємства ПМП «Граніт» є необроблені блоки з природного облицювального каменю. Середньорічний обсяг товарної продукції складає 1000 м<sup>3</sup>.

Розрахунок річного економічного ефекту від застосування нової технології проводився за формулою (5.11):

$$E = [(C_3 + E_H \cdot K_1) - (C_4 + E_H \cdot K_2)] \cdot A_2, \quad (5.4)$$

де  $E$  – річний економічний ефект, грн.;

$C_3, C_4$  – собівартості  $1 \text{ м}^3$  продукції, видобутої відповідно за базовою та новою технологіями, грн.;

$K_1, K_2$  – питомі капітальні вкладення у виробничі фонди для виробництва продукції відповідно за базовою та новою технологіями ( $K_1=K_2$ );

$E_H$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, 0,2;

$A_2$  – річний обсяг виробництва продукції за новою технологією в розрахунковому році, натуральні одиниці.

$$E = [(132506 + 0,2 \cdot 100000) - (80007 + 0,2 \cdot 100000)] \cdot 1000 = 52499, \quad (5.5)$$

Сумарний економічний ефект склав 52,5 тис. грн. по каменевидобувному підприємстві ПМП “Граніт”.

Крім того, використання результатів дисертаційної роботи дає можливість:

- збільшити продуктивність технологічного комплексу на 20–30 %;
- виготовляти стандартизовану продукцію з різних за кольоровим тоном блоків природного облицювального каменю;
- збільшити корозійну стійкість виготовленої продукції;
- максимально зберегти та покращити декоративні властивості природного облицювального каменю;
- зменшити трудомісткість процесу видобування та полірування природного облицювального каменю.

## **Висновки до розділу 5**

1. Геометризація родовища за кольоровим тоном дозволяє розбити родовища природного облицювального каменю на ділянки. Відповідно до цього, дає змогу розробляти певний тип природного облицювального каменю за кольоровим тоном. Тим самим забезпечується керування кольоровим тоном природного облицювального каменю на стадії його видобування.

2. Запропонований алгоритм керування світлістю природного облицювального каменю дозволяє швидко визначати методи фактурної

обробки природного облицювального каменю, за допомогою яких забезпечується мінімальна відмінність обробленої поверхні між різними типами каменів за кольоровим тоном.

3. Використання результатів дисертаційної роботи дає можливість: зменшити працемісткість процесу полірування природного облицювального каменю; покращити його якісні показники; виготовляти стандартизовану продукцію з різних за кольоровим тоном типів природного облицювального каменю.

4. Використання результатів дослідження забезпечить річний економічний ефект на каменевидобувному підприємстві ПМП «Граніт» з річною продуктивністю у 1000 м<sup>3</sup> блоків природного каменю у розмірі 52,5 тис. грн та на каменеобробному підприємстві ТОВ «Спецгран» з річною продуктивністю 200 м<sup>2</sup> у розмірі 26,08 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій, на основі вперше встановлених закономірностей щодо визначення та оцінки властивостей гірських порід із застосуванням сучасних комп'ютерно-інформаційних технологій вирішено актуальну науково-практичну задачу управління декоративними властивостями гірських порід при його видобуванні та фактурній обробці, що надасть змогу видобувати природний облицювальний камінь з однаковими декоративними показниками.

Виконані дослідження дали підставу отримати такі наукові висновки та рекомендації:

1. Встановлено закономірності зміни світлості полірованих та необроблених зразків з природного облицювального каменю залежно від співвідношення площі білих до чорних мінералів при видобуванні та обробці природного каменю, що описуються степеневою та поліноміальною залежністю 3-го порядку відповідно.

2. Встановлено показники та поліноміальні закономірності зміни світлості різних типів Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при видобуванні та обробці природного каменю механічними та хімічними способами.

3. Розроблено методику визначення різних типів необроблених блоків з природного облицювального каменю за кольоровим тоном за допомогою цифрової обробки зображень при розробці родовищ корисних копалин.

4. Розроблено класифікацію Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при його видобуванні та фактурній обробці.

5. Виявлено поліноміальні закономірності зміни світлості природного облицювального каменю, який був оброблений хімічними розчинами з різним рН.

6. Встановлено прогнозовані терміни зміни відповідності декоративних показників природного облицювального каменю, який оброблений хімічними та механічними методами під дією атмосферного середовища.

7. Розроблено методику управління декоративними властивостями природного облицювального каменю при його видобуванні та фактурній обробці.

8. Визначено раціональний напрям ведення гірничих робіт для різних ділянок Наталіївського родовища за кольоровим тоном.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Benavente D. Influence of surface roughness on color changes in building stones / D. Benavente, F. Martínez-Verdú, A. Bernabeu, V. Viqueira, R. Fort, M. García del Cura, S. Ordóñez // *Color Research & Application*, – 2003. – Vol. 28, Issue 5. – P. 343-351.
2. Brown N.J. Some speculations on the mechanisms of abrasive grinding and polishing / N.J. Brown // *Precis. Eng.* – 1987. – Vol. 9. – P. 129–138.
3. Dawei W. Study of micro-texture and skid resistance change of granite slabs during the polishing with the Aachen Polishing Machine / W. Dawei, C. Xianhua, O. Markus, S. Helge, S. Bernhard // *Wear*. – 2014. – Vol. 318, Issue 1–2. – P. 1–11.
4. EN 1469:2004, IDT. Natural stone products – Slabs for cladding – Requirements
5. Hideo A. Evaluation of subsurface damage in GaN substrate induced by mechanical polishing with diamond abrasives / A. Hideo, T. Hidetoshi, K. Seong-Woo, A. Natsuko, K. Koji, Y. Tsutomu, D. Toshiro // *Applied Surface Science*. – 2014. – Vol. 292. – P. 531–536.
6. Korobiichuk I. Peculiarities of natural stone extraction technology with the help of diamond wire machines / Igor Korobiichuk, Valentyn Korobiichuk, Sergii Iskov, Michal Nowicki, Roman Szewczyk // *16 th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining, Book 1*. – 2016. – Vol. 2. – P. 649-657.
7. Korobiichuk I. The study of corrosion resistance of Pokostivskiy granodiorites after processing by various chemical and mechanical methods / I. Korobiichuk, V. Korobiychuk, M. Nowicki, V. Shamrai, G. Skyba, R. Szewczyk // *Construction & Building Materials*. – 2016. – Vol. 114. – P. 241–247.
8. Korobiichuk I. The study of the influence of natural stone surfaces polishing by different methods on the hues of lightness / I. Korobiichuk,

V. Shamrai, V. Korobiychuk, M. Nowicki, R. Szewczyk // 11th International Conference «Mechatronic systems and materials». – Kaunas, Lithuania – 2015. – P. 105–106.

9. Korobiichuk V. Definition of hue of different types of pokostivskiy granodiorite using digital image processing / V. Korobiichuk, V. Shamrai, O. Iziyomova, O. Tolkach, R. Sobolevskiy // Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 4(5(82)). – P. 52–57.

10. Kovalchuk Y. The study of various processes influence on the perception of natural facing stone exterior / Y. Kovalchuk, V. Shamrai, S. Sukhovetska // All Ukrainian Scientific and Practical Conference «Current Trends in Young Scientists' Researches». – Zhytomyr. – 2016. – P. 44–46.

11. Ozguven A. Investigation of some property changes of natural building stones exposed to fire and high heat / A. Ozguven, Y. Ozelik // Construction and Building Materials. – 2013. – Vol. 38. – P. 813–821.

12. Quagliarini E. TiO<sub>2</sub>-based nanocoatings for preserving architectural stone surfaces: An overview / E. Quagliarini, G. Battista Goffredo, P. Munafò // Construction and Building Materials. – 2015. – Vol. 84 – P. 201–218.

13. Schlick C. A survey of shading and reflectance models / C. Schlick // In Computer Graphics Forum. – 1994. – Vol. 13, No. 2. – P. 121–131.

14. Shamray V. I. The study of the influence of polishing by different methods on the quality indicators of natural stone surfaces / V. I. Shamray, V. V. Korobiychuk, S. K. Kobzar // All Ukrainian Scientific and Practical Conference “Current Trends in Young Scientists' Researches”. – Zhytomyr. – 2015. – P. 77 – 80.

15. Thornbush M. J. Integrated Digital Photography and Image Processing for the Quantification of Colouration on Soiled Surfaces in Oxford, England / M. J. Thornbush, H. A. Viles // Journal of Cultural Heritage. – 2003. – Vol. 5. – P. 285–290.

16. Thornbush M. J. Grayscale Calibration of Outdoor Photographic Surveys of Historical Stone Walls in Oxford, England / M. J. Thornbush // *Color Research and Application*. – 2008. – Vol. 33. – P. 61-67.

17. Thornbush M. J. Photo-Based Decay Mapping of Replaced Stone Blocks on the Boundary Wall of Worcester College, Oxford / M. J. Thornbush, H. A. Viles // In: Přikryl, R. and Smith, B. J., Eds., *Building Stone Decay: From Diagnosis to Conservation*, Geological Society. – London. – 2007. – P. 69–75.

18. Thornbush M. J. Photographic Monitoring of Soiling and Decay of Roadside Walls in Oxford, England / M.J. Thornbush, H.A. Viles // *Environmental Geology*. – 2008. – Vol. 56. – P. 777–787.

19. Thornbush M. J. Surface Soiling Pattern Detected by Integrated Digital Photography and Image Processing of Exposed Limestone in Oxford, England / M. J. Thornbush, H. A. Viles // In: Saiz-Jimenez, C., Ed., *Air Pollution and Cultural Heritage*, A. A. Balkema Publishers. – London. – 2004. – P. 221–224.

20. Vazquez M. Digital image processing of weathered stone caused by efflorescences: A fool for mapping and evaluation of stone decay / M. Vazquez, E. Galan, M. Guerrero, P. Ortiz // *Construction and Building Materials*. – 2011. – Vol. 25, Issue 4. – P. 1603–1611.

21. Xie J. Parameterization of Micro-Hardness Distribution in Granite Related to Abrasive Machining Performance / J. Xie, J. Tamaki // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2007. – Vol. 186, Issue 1–3. – P. 253–258.

22. Yavuz H. Polishing experiments on surface quality of building stone tiles / H. Yavuz, T. Ozkahraman, S. Demirdag // *Construction and Building Materials*. – 2011. – Vol. 25, Issue 4. – P. 1707–1711.

23. Бакка М. Т. Визначення показників кольору та геометричних характеристик текстури облицювального каменю / М. Т. Бакка, О. О. Ремезова, А. О. Криворучко, Є. С. Купкін, Ю. О. Подчашинський // *Сборник научных трудов Национального горного университета*. – 2004. – № 19. – Том 1. – С. 23–30.

24. Бакка М. Т. Проблеми техногенної безпеки і ресурсозбереження

України та шляхи їх вирішення / М. Т. Бакка // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 12. – С. 243–247.

25. Бакка М. . Цифрова обробка зображень – спосіб визначення показників якості декоративного каменю / М. Т. Бакка, А. О. Криворучко, Є. С. Купкін, Ю. О. Подчашинський // Академічний вісник. Міжнародна Академія комп'ютерних наук і систем. – Кривий Ріг. – 2004. – № 13.– С. 34–38.

26. Бакка М. Т. Визначення показників іризації декоративного каменю / М. Т. Бакка, А. О. Криворучко, Є. С. Купкін, Ю. О. Подчашинський, О. О. Ремезова // Геолого-мінералогічний вісник Криворізького технічного університету. – 2004. – № 1 (11). – С. 19–25.

27. Бакка Н. Т. Облицовочный камень. Геолого-промышленная и технологическая оценка месторождений: Справочник / Н. Т. Бакка, И. В. Ильченко. – М. : Недра, 1992. – 303 с.

28. Бакка Н. Т. Характеристика месторождений строительных пород Житомирско-кировоградского интрузивного комплекса по естественной радиоактивности / Н. Т. Бакка, С. А. Федоренко, С. О. Жуков // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг. – 2005. – Вип. 7. – С. 21–26.

29. Башинський С. І. Обґрунтування технологічних параметрів видобування блоків габроїдних порід із застосуванням алмазних канатних установок : дис. канд. техн. наук / С. І. Башинський– Київ. – 2015. – 192 с.

30. Гелета О. Л. Вплив процесів вивітрювання на збереженість архітектурних пам'яток з природного каміння у східній та південній частинах України / О. Л. Гелета, І. А. Сергієнко, Н. В. Зуєвська, В. М. Загнітко, А. М. Кічняєв, О. В. Горобчишин, В. І. Ляшок, А. М. Ткаленко, В. В. Шунько // Коштовне та декоративне каміння. – 2014. – № 4. – С. 25–28.

31. Гелета О. Л. Геолого-промислові типи декоративних гранітів УЩ. / О. Л. Гелета, І. А. Сергієнко // Коштовне та декоративне каміння. – 2010. – № 4. – С. 16–21.

32. Гелета О. Л. Особливості вивітрювання виробів з декоративного каміння у північній та західній частинах України / О. Л. Гелета, І. А. Сергієнко, А. М. Кічняєв, О. В. Горобчишин, В. І. Ляшок, А. М. Ткаленко // Коштовне та декоративне каміння. – 2014. – № 2. – С. 8–11.

33. Гелета О. Л. Оцінка декоративної якості гірських порід при геолого-розвідувальних роботах на родовищах Українського щита ...дисс. канд. геолог. наук. / О. Л. Гелега. – К. – 2001. – 155 с.

34. Гелета О. Л. Художньо-естетичні якості декоративного каміння і їх прогнозне значення / О. Л. Гелета // Коштовне та декоративне каміння. – 2000. – № 3 (21). – С. 23–26.

35. Гелета О. Л. Оцінка блиску полірованої поверхні декоративного каміння / О. Л. Гелета, І. А. Сергієнко, О. В. Горобчишин // Коштовне та декоративне каміння. – 2011. – № 3. – С. 12–15.

36. Горбулев И. Н. Выход стандартного камня и метод его определения / И. Н. Горбулев, С. А. Фаталиев // Объединенная научная сессия институтов строительных материалов и сооружений Закавказских республик. – Баку. – 1958. – С. 249–256.

37. ДСТУ Б EN 1467:2007 «Будівельні матеріали. Камінь природний. Блоки необроблені. Вимоги». – К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Національний стандарт України. – 2008. – 17 с.

38. Жуков С. А. Напряженно-деформированное состояние массива горных пород карьеров блочного облицовочного камня / С. А. Жуков, С. В. Кальчук // Научно-техническое обеспечение горного производства. Труды. – Алматы. – 2014. – Т. 86. – С. 52–58.

39. Жуков С. О. Математичне моделювання спрямованого руйнування природного каменю в субдинамічному режимі / С. О. Жуков, В. І. Кляцький, С. В. Кальчук // Вісник Криворізького національного університету. – 2014. – № 36. – С. 40–44.

40. Жуков С. О. Розробка технології видобутку природного каменя як попутної сировини в діючих кар'єрах: автореф. дис. на здобуття наук.

ступеня док. техн. наук: спец. 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин / Кривий Ріг. – 1998. – 35 с.

41. Жуков С. О. Теоретические основы динамики процесса откола камня шпуровыми методами в карьере / С. О. Жуков, С. В. Кальчук // Сборник научных трудов «Добыча, обработка и применение природного камня». – 2015. – № 15. – С. 100–104.

42. Зубченко О. А. Дослідження впливу технологічних параметрів гідромолоту DAEWOO DOOSAN на його продуктивність / О. А. Зубченко, В. В. Коробійчук, В. І. Шамрай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – 2/7 (68). – С. 41–46.

43. Іванов О. В. Комп'ютерна програма визначення естетичних показників якості декоративного каменю / О. В. Іванов, Є. С. Купкін // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2004. – № 4(31). – С. 201–208.

44. Іськов С. С. Геометризація якісних показників покладів гранітоїдних і габроїдних декоративних каменів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.01 – маркшейдерія / С. І. Іськов. – Кривий Ріг. – 2009. – 20 с.

45. Іськов С. С. Формування забарвлення декоративного каменю. Частина 2. Штучне забарвлення кам'яних виробів / С. С. Іськов, А. О. Криворучко, В. В. Коробійчук, Г. М. Ломаков // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. – 2011. – Vol. 1(56). – С. 100–108.

46. Кальчук С. В. Дослідження впливу агресивного навколишнього середовища на зміну насиченості кольору поверхні декоративного каменю / С. В. Кальчук, О. В. Камських, С. О. Чехута // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2009. – № 1 (48). – С. 196–201.

47. Кальчук С. В. Обґрунтування параметрів пасирування блоків природного каменю квазістатичними методами / С. В. Кальчук, В. О. Шлапак, В. А. Стріха // Вісник НУВГП, Збірник наукових праць. – 2014. – № 2(66). – С. 338–343.

48. Камських О.В. Дослідження технології захисту виробів з природного каменю твердіючими композиціями / О.В. Камських, А.В. Панасюк, А.М. Махно // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – Vol. 2 (61). – С. 164–170.
49. Киевленко Е. Я. Геология самоцветов / Е. Я. Киевленко. – М.: Ассоциация Экоств. – 2001. – 580 с.
50. Козленко С. П. Реалії та можливості ринку українського декоративного каменю / С. П. Козленко // Камінь. – 2004. – №3. – С. 8–12.
51. Коробійчук В. В. Особенности горной экспертной кваліметрії / В. В. Коробійчук, Е. А. Зубченко // Добыча, обработка и применение природного камня. – Магнитогорск. – 2006. – С. 270–274.
52. Коробійчук В. В. Вплив фактурної обробки природного каменю на його декоративність / В. В. Коробійчук, В. І. Шамрай // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння». – Київ. – 2014. – С. 53–55.
53. Коробійчук В. В. Дослідження впливу шліфування-полірування природного каменю на його блиск та відтінки світлості / В. В. Коробійчук, В. І. Шамрай // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – № 5/5 (71). – С. 56–60.
54. Коробійчук В. В. Оцінка якості блочної сировини та облицювальної продукції з природного каменю. Ч. I : навч. посібник / В. В. Коробійчук, А. О. Криворучко, Н. С. Ремез К. К. Ткачук Р. В. Соболевський. – Житомир : ЖДТУ. – 2012. – 188 с.
55. Коробійчук В. В. Оцінка якості блочної сировини та облицювальної продукції з природного каменю. Ч. II. : навч. посібник / В. В. Коробійчук, С. О. Жуков, Н. В. Зуєвська, В. В. Бойко – Житомир : ЖДТУ. – 2013. – 152 с.

56. Коробійчук В. В. Управління якістю блоків декоративного каменю за допомогою кваліметричних та інформаційно-комп'ютерних технологій: дис. канд. техн. наук / В. В. Коробійчук. – Київ. – 2008. – 188 с.

57. Котенко В. В. Розробка методики оцінки кількісних і якісних параметрів лабрадоритових покладів з метою їх геометризації : дис. канд. техн. наук / В.В. Котенко. – Кривий Ріг. – 2007. – 219 с.

58. Крамар В. Г. Закономірності полірування каменя і декоративних ситалів інструментами на основі оксидів алюмінію та церію: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.03.01 – процеси механічної обробки, верстати та інструменти / В. Г. Крамар. – Київ. – 2004. – 20 с.

59. Криворучко А. О. Визначення кількісних показників якісних параметрів родовищ габроїдних порід для їх геометризації : дис. канд. техн. наук / А. О. Криворучко. – Кривий Ріг. – 2005. – 181 с.

60. Криворучко А. О. Дослідження впливу фактурної обробки на декоративність виробів з природного каменю / А. О. Криворучко, О. В. Камських, Г. М. Ломаков // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2011. – Vol. 2(57). – С. 141–145.

61. Криворучко А. О. Дослідження зміни декоративності в масивах природного каменю. / А. О. Криворучко, Г. М. Ломаков // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – Vol. 2 (61). – С. 174–180.

62. Криворучко А. О. Дослідження стійкості природного каменю в агресивному середовищі / А. О. Криворучко, В. В. Котенко, О. В. Камських // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2015. – Vol. 1 (90), Частина 1. – С. 133–138.

63. Криворучко А. О. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій обробки відеоінформації в гірничо-геологічній галузі / А. О. Криворучко, Є. С. Купкін Ю. О. Подчашинський, О. О. Ремезова // Вісник ЖДТУ Серія: Технічні науки. – 2005. – № 1 (32). – С. 107–116.

64. Криворучко А. О. Розробка методики геометризації якісних параметрів масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища / А. О. Криворучко, О. В. Камських, Г. В. Скиба, Г. М. Ломаков // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2016. – Vol. 1 (96). – С. 43–50.

65. Криворучко А. О. Розробка узагальненої методики геометризації масивів природного каменю з метою отримання комплексної моделі родовища. / А. О. Криворучко, В. В. Коробійчук, С. С. Іськов // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – Vol. 4(63). – С. 191–202.

66. Криворучко А. О. Формування забарвлення декоративного каменю Частина 1. Природне забарвлення каменів. / А. О. Криворучко, С. С. Іськов, Г. М. Ломаков // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2009. Vol. 2(49). – С. 122–129.

67. Купкін Є. С. Цифрова обробка зображень – шлях до визначення естетичних показників якості декоративного каменю. Колір // Вісник ЖІТІ. – 2002. – № 4(23). – С. 104–110.

68. Левицький В. Г. Управління якістю і паспортизація блочної продукції на кар'єрах декоративного каменю на основі наземної цифрової фототеодолітної зйомки. / В. Г. Левицький // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2012. – № 3(62). – С. 126–137.

69. Мінеральні ресурси України – К. : Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України». – 2014. – 270 с.

70. Передрій О. І. Комплексна оцінка якості захисних силіційорганічних покриттів / О. І. Передрій // Вісник ДонУет: науковий журнал. – 2011. – № 1(49). – С. 187–194.

71. Стан довкілля в Україні. Інформаційно-аналітичний огляд. Міністерство екології та природних ресурсів України. – 2 квартал 2014 р. – 36 с.

72. Стріха В. А. Аналіз і удосконалення технологічних процесів й інформаційного супроводу видобування та зневоднювання паливного торфу / В. А. Стріха, С. О. Жуков, М. О. Наумова // Гірничий вісник КНУ, науково-технічний збірник. – 2015. – № 100. – С. 116–121.

73. Стріха В. А. Щодо оцінки пилоутворення при переробці сировини і відвантаженню продукції нерудних кар'єрів / В. А. Стріха, В. І. Симоненко, О. О. Анісімов, Б. В. Руденко // Вісник НУВГП, Збірник наукових праць. – 2014. – № 1(65). – С. 163–171.

74. Сычев Ю. И. Патология природного камня. – М. : Полет Камня и Мы. – 2009. – 284 с.

75. Ткачук К. К. Разработка эффективных методов добычи гранитных блоков: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. техн. наук: спец. 05.15.03 – відкрита розробка родовищ корисних копалин / К. К. Ткачук. – Кривой Рог. – 1995. – 32 с.

76. Трегуб Н. Є. Результати експериментів з кількісної оцінки формоутворюючої дії кольору в об'єктах архітектури і дизайну в контексті візуальної комфортності міського середовища / Н. Є. Трегуб // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – № 69. – С. 363–368.

77. Філатов Ю. Д. Підвищення ефективності фактурної алмазно-абразивної обробки природного каменю / Ю. Д. Філатов, В. Д. Курілович, С. В. Ковальов // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2012. – № 64. – С. 106–112.

78. Шамрай В. І. Вплив агресивного середовища на зміну якісних показників Покостівського гранодіориту після обробки різними методами / В. І. Шамрай, О. М. Чала // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та особливості видобутку, обробки і використання природного каміння». – Київ. – 2015. – С. 45–46.

79. Шамрай В. І. Вплив навколишнього агресивного середовища на декоративність Покостівського гранодіориту при його механічному поліруванні / В. І. Шамрай, Є. С. Ковальчук // Тези всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Житомир. – 2015. – С. 37–39.

80. Шамрай В. І. Керування якістю готової продукції з гранодіориту за допомогою різних методів полірування каменю / В. І. Шамрай // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2015. – Vol. 4(75). – С. 137–144.

81. Шамрай В. І. Оцінка зміни декоративних показників природного облицювального каменю при обробці хімічними та механічними способами каменю / В. І. Шамрай, В. О. Шлапак, Б. Ю. Собко // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2016. – № 3(78). – С. 184–191.

82. Шарыгин М. Е. Сканеры и цифровые камеры / М. Е. Шарыгин. – С-Пб.: ВHV – Санкт-Петербург, 2000. – 384 с.

83. Шлихт Г. Ю. Цифровая обработка цветных изображений / Г. Ю. Шлихт. – М.: ЭКОМ. – 1997. – 336 с.

84. Яншин В. В. Анализ и обработка изображений: принципы и алгоритмы / В. В. Яншин. – М.: Машиностроение. – 1995. – 112 с.

## ДОДАТКИ

Характеристика необроблених блоків з різних типів Покостівського  
гранодіориту за світлістю, видобутих алмазно-канатним різанням

Тип каменю за світлістю	Області чорних мінералів, $S_{\text{ч}}, \%$	Області білих мінералів, $S_{\text{б}}, \%$	Області інших мінералів $S_{\text{і}}, \%$	Частка білих мінералів $S_{\text{б}}/(S_{\text{ч}}+S_{\text{б}}), \%$	Середня світлість $L_{\text{сер}}, \%$
Дуже темний	27	48	25	64	59,2
Темний	27	55	18	67	59,8
Світлий	25	57	18	70	60

Характеристика необроблених блоків з різних типів Покостівського  
гранодіориту за світлістю, видобутих термічним різанням

Тип каменю за світлістю	Області чорних мінералів, $S_{\text{ч}}, \%$	Області білих мінералів, $S_{\text{б}}, \%$	Області інших мінералів $S_{\text{і}}, \%$	Частка білих мінералів $S_{\text{б}}/(S_{\text{ч}}+S_{\text{б}}), \%$	Середня світлість $L_{\text{сер}}, \%$
Дуже темний	25	49	26	66	60,5
Темний	24	57	19	69	61,2
Світлий	23	58	19	72	61,5



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
 Ministry of Education and Science of Ukraine, Zhytomyr State Technological University

вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, 10005  
 Chudnivska str., 103, Zhytomyr, 10005, Ukraine  
 tel./fax (0412) 24-14-22, 24-14-23, e-mail: rector@ztu.edu.ua, код ЄДРПОУ 05407870

Від 21 серпня 2016 № 44-45/1004  
 На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

**ДОВІДКА**  
**про впровадження результатів дисертаційного дослідження**  
**Шамрая Володимира Ігоровича**

Засвідчую, що наукові та практичні результати здобувача кафедри розробки родовищ корисних копалин ім. проф. Бакка М.Т. Шамрая В.І., які стосуються питання управління декоративними властивостями гірських порід, впроваджені в організацію навчального процесу Житомирського державного технологічного університету в таких формах:

1) при складанні навчальних (робочих) програм та викладанні таких дисциплін: «Технологія та механізація розпилювання каменю», «Оцінка якості блочної сировини та облицювальної продукції», «Технологія розробки стінового каменю і блоків»;

2) у наукових виданнях, які використовувалися у навчальному процесі та знаходяться у бібліотеці Житомирського державного технологічного університету:

1. Шамрай В.І. Керування якістю готової продукції з гранодіориту за допомогою різних методів полірування каменю / В.І. Шамрай // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2015. – № 4(75). – С. 137-144.

2. Шамрай В.І. Оцінка зміни декоративних показників природного облицювального каменю при обробці хімічними та механічними способами каменю / В.І. Шамрай, В.О. Шлапак, Б.Ю. Собко // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – 2016. – № 3(78). – С. 184-191.

Перший проректор  
 доктор економічних наук  
 професор



О.В. Олійник

Довідка про практичне використання в навчальному процесі  
у ДВНЗ «Кам'янець-Подільський індустріальний коледж» результатів  
дисертаційної роботи

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Директор ДВНЗ «Кам'янець-  
Подільський індустріальний коледж»  
  
М.В. Недошитко  
«19» травня 2016 р.

**ДОВІДКА**

**про практичне використання в навчальному процесі результатів  
кандидатської дисертаційної роботи Шамрая В.І. “Управління  
декоративними властивостями гірських порід на основі фактурної  
обробки”**

Основні положення та теоретичні обґрунтування кандидатської дисертаційної роботи Шамрая В.І. використовуються викладачами ДВНЗ «Кам'янець-Подільський індустріальний коледж» в навчальних дисциплінах: «Технологія розробки родовищ стінового каменю і блоків», «Технологія обробки каменю», які викладаються студентам спеціальності 184 «Гірництво».

Запропоновані Шамраєм В.І. методичні розробки по оцінці якості блоків декоративного каменю за допомогою кваліметричних та інформаційно-комп'ютерних технологій використовується студентами напряму підготовки 184 «Гірництво» під час виробничої практики та курсового проектування.

Завідувач відділення геотехнологій



С.Б. Олексійчук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ПМП «Граніт»

Єсауленко О.О.



серпень 2016 р.

**ДОВІДКА**

**про впровадження наукових результатів дисертаційної роботи Шамрая Володимира Ігоровича на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук «Управління декоративними властивостями гірських порід на основі фактурної обробки»**

Результати наукових досліджень Шамрая Володимира Ігоровича використовуються в діяльності ПМП «Граніт» для підвищення якості продукції з природного облицювального каменю. Особливо важливими для практичного використання є:

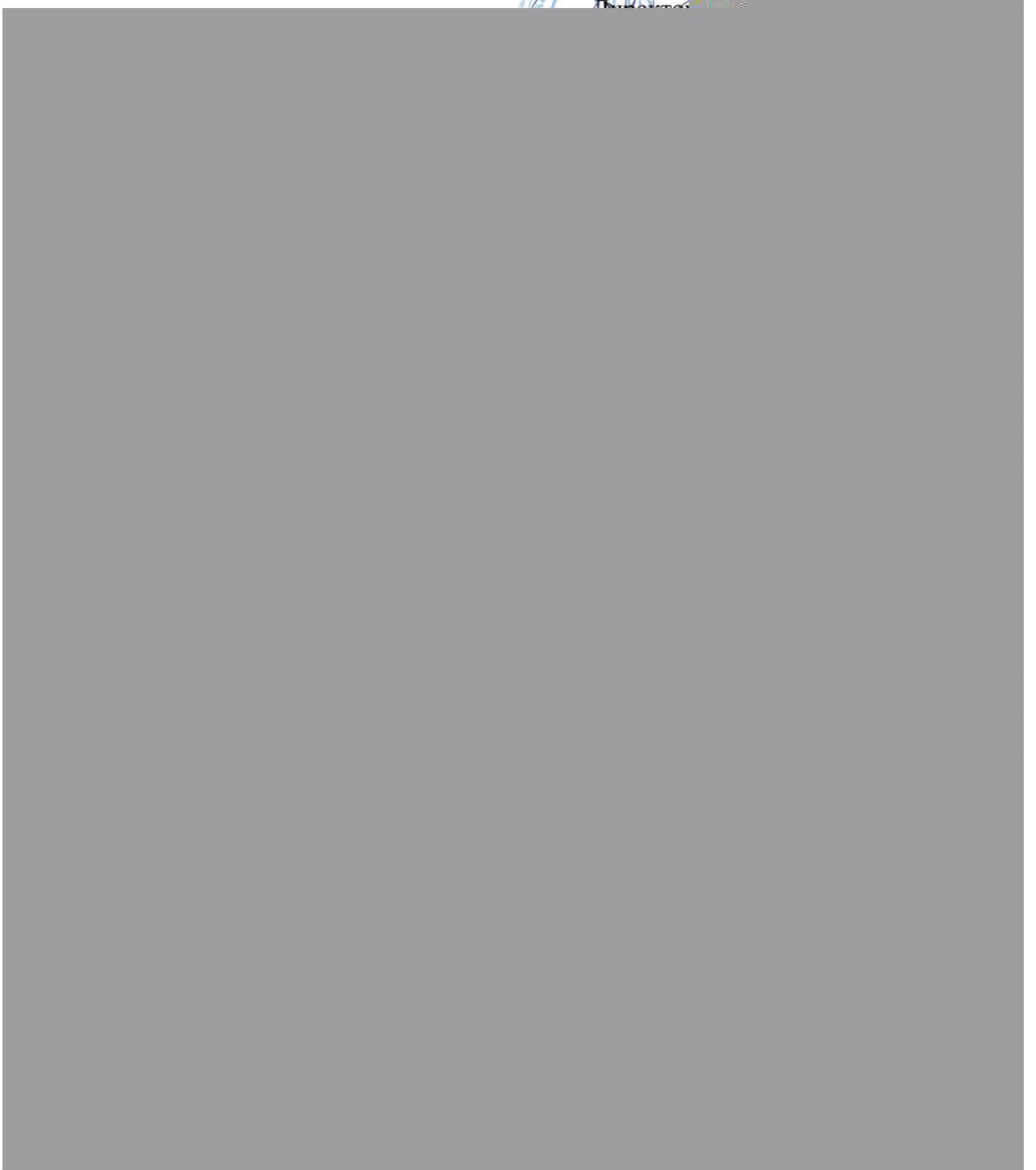
- 1) методика визначення різних типів необроблених блоків з природного облицювального каменю за кольоровим тоном за допомогою цифрової обробки зображень при розробці родовищ корисних копалин;
- 2) класифікація Покостівського гранодіориту за кольоровим тоном при його видобуванні;
- 3) методика управління декоративними властивостями природного облицювального каменю при його видобуванні.

Використання результатів дисертаційної роботи дозволяє підвищити якість блоків з природного облицювального каменю, підвищити раціональність використання сировини та ефективність використання видобувного обладнання.

Очікуваний річний розрахунковий економічний ефект на ПМП «Граніт» при прийнятті до впровадження результатів дисертаційних досліджень Шамрая Володимира Ігоровича «Управління декоративними властивостями гірських порід на основі фактурної обробки» становить 52,5 тис. грн.

Отримана практична цінність результатів впровадження автора дисертаційної роботи дозволяє рекомендувати їх до використання іншими підприємствами, які розробляють поклади природного облицювального каменю.

  
  
**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**  
Директор



Обсяг впровадження результатів був визначений на основі науково-дослідних робіт, які виконуються на кафедрі розробки родовищ ім.

