

РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 679.861+553.612

Соболевський Р. В., к.т.н., доцент, Ващук О. М., аспірант
(Житомирський державний технологічний університет),
Стріха В. А., к.т.н., доцент (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ БІЛИЗНИ ПЕРВИННИХ КАОЛІНІВ

Виконано експериментальні дослідження по визначенню білизни за запропонованою методикою, а також створено програму для визначення білизни каоліну по відсканованому зображенню зразка за кольоровими координатами RGB.

Ключові слова: первинні каоліни, визначення білизни, кольорова система RGB.

Вступ. Важливим завданням на підприємствах з видобутку і переробки каоліну є визначення його білизни, яка характеризує ступінь наближення до білого по силі його яскравості, високої розсіючої здібності і мінімального колірною відтінку [1]. Більшість приладів, які використовуються для визначення білизни на підприємствах часто характеризуються невисокою швидкістю визначення білизни зразка, похибкою визначення білизни зумовленою людським фактором, мінімальною можливістю автоматизації процесу вимірювання і невисокою вартістю. Сучасні прилади характеризуються високою точністю визначення білизни, швидкістю, але водночас і високою вартістю. Враховуючи те, що сортність каоліну залежить від білизни, то достовірність її оцінки і виконане на основі її просторового розподілу календарне планування гірничих робіт визначатиме економічну ефективність роботи підприємства. Тому розробка методики об'єктивного та продуктивного визначення білизни первинних каолінів, яка б поєднала в собі високу продуктивність, незначну ціну і прийнятну точність, є актуальною науково-прикладною задачею.

Аналіз літературних джерел. При аналізі вітчизняних літературних джерел науковців по визначенню білизни каоліну методами відмінними від [2] виявлено не було. Але Сорокін Д.О., Шерстобітова А.С., Якимчук О.Д. займалися питанням визначення білизни у інших галузях. Наприклад, Сорокін Д.О. у своїй роботі [3] розробив градацію

шкали білизни Wiso, яка використовується для оцінки рівня якості фарфорових виробів, а також запропонував технологію побудови експертних систем ідентифікації продукції та багатовимірної градації інформації вимірювань за кількісними та якісними шкалами для порівняння фарфорових виробів. Шерстобітова А.С. у [4] запропонувала залишити в оптико-спектральному датчику для вимірювання білизни один канал вимірювань на довжинах хвиль в фіолетово-синій області спектра і довела, що використання додаткових оптичних каналів на довжинах хвиль $\lambda = 630$ нм і $\lambda = 1100$ нм дозволяє частково компенсувати дію деяких зовнішніх чинників, які спотворюють значення дійсної білизни. Якимчук О.Д. у [5] зменшив похибку визначення білизни зразків тканини на 4-7% за запропонованою комп'ютерною методикою у порівнянні з традиційною методикою визначення білизни зразків тканини.

Такі науковці, як Гордюхіна С.С., Булгучев Р.М., Ребриков Д.І., Ложкін Л.Д. у своїх роботах розглядали використання кольорових систем координат для визначення різних промислових задач. Наприклад, Гордюхіна С.С. у своїй роботі [6] розробила методiku визначення кольорових координат фізіологічної системи на основі обробки результатів експериментальних досліджень порогів виявлення монохроматичних випромінювань на білому фоні. Булгучев Р.М. у [7] в процесі виконання наукових експериментальних досліджень створив і дослідив макет пристрою для оцінки кольорових координат продукції, а також створив і використав в наукових експериментах і промислових розробках датчики для контролю і сортування об'єктів за кольором. Ребриков Д.І. у [8] винайшов метод моделювання цифрового зображення представленого в координатах кольорової моделі HSL з використанням зважених сум рішень диференціального рівняння Пірсона, що дозволяє формалізувати параметри моделі з показниками якості хлібобулочного виробу, що надає можливість визначення кольорових показників якості хлібобулочних виробів методом аналізу цифрових зображень для створення автоматизованих систем управління в хлібопекарському виробництві. Ложкін Л.Д. у [9] запропонував прилад, заснований на спектрально-колориметричному методі вимірювання координат кольору і кольоровості. Запропоновано дві схеми колориметрів, що реалізують запропонований спектрально-колориметричний метод.

Викладення матеріалу та результати. Принцип дії сучасних приладів для вимірювання білизни заснований на вимірюванні освітленості, створюваної на фотоприймачі у вимірювальному каналі потоком випромінювання, відбитим від ущільненої згладженої поверхні зразка, і освітленості, створеної на фотоприймачі в опорному каналі, з

подальшим обчисленням відношення результатів у двох каналах.

Грунтуючись на принципі дії існуючих технологій для визначення білизни досліджено можливість використання планшетного сканера з подальшою обробкою кольорових координат пікселів зображення для визначення білизни зразка.

При обробці відсканованого зображення суттєвим чинником, який визначає ефективність даного процесу, є обрана система кольорових координат. На сьогоднішній день існує велика кількість кольорових моделей, такі як CMYK, RGB, Lab, HSB, XYZ, CMY, xyY, LCH_{ab}, Luv, LCH_{uv}.

На основі аналізу [10-15] для обробки відсканованого зображення була обрана кольорова модель RGB, переваги якої пояснюються наочністю, широким кольоровим обхватом, простотою апаратної реалізації, зображення в оперативній пам'яті комп'ютера і на диску займає невеликий об'єм, в комп'ютерній графіці основний пристрій виведення інформації працює саме в цій системі, дана модель побудована на основі будови ока. Деякі сучасні прилади в результаті обробки даних отримують кольорові координати в еталонній кольоровій системі XYZ [13], які пов'язані з одиничними кольорами системи RGB наступними перетвореннями (1) [11]:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r & X_g & X_b \\ Y_r & Y_g & Y_b \\ Z_r & Z_g & Z_b \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де X_r, Y_r, Z_r – кольори для отримання координати одиничного основного кольору R , аналогічно і для G і B .

Визначення білизни в системі координат RGB повинно враховувати ступінь наближення зображення зразка до білого по силі його яскравості, високої розсіюючої здібності і мінімального колірною відтінку. В деяких прикладних програмах і для кращого розуміння вважають, що значення координат r, g і b належать відрізьку $[0,1]$, що представляє простір RGB у вигляді куба із сторонами $1 \times 1 \times 1$ (Рис. 1, а), а ділянка одиничної площини, всередині трикутника, являє собою кольоровий обхват даної системи координат і називається трикутником Максвелла (Рис. 1, б) [12, 13]. Вершини цього трикутника являють собою кольоровості $(R), (G), (B)$ основних кольорів R, G, B . Положення точки білого кольору в трикутнику кольоровості задається координатами кольоровості r, g, b , які визначаються як відношення координат кольору до їх суми (2):

$$r = \frac{R'}{R'+G'+B'}; g = \frac{G'}{R'+G'+B'}; b = \frac{B'}{R'+G'+B'} \quad (2)$$

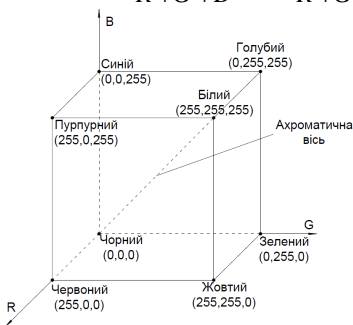


Рис. 1, а. Простір кольорової системи RGB у вигляді куба

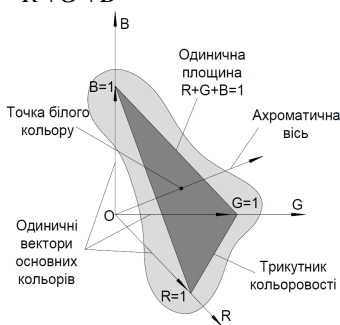


Рис. 1, б. Ділянка одиничної площини

Зважаючи на (2) білизну W зображення відсканованого зразка пропонується обчислювати за формулою (3):

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{3}R + \frac{1}{3}G + \frac{1}{3}B \right) \cdot k}{\sum_{j=1}^k (R_{\max} + G_{\max} + B_{\max}) \cdot n} \cdot 100\% , \quad (3)$$

де R, G, B – значення кольорових координат в системі RGB; $R_{\max}, G_{\max}, B_{\max}$ – максимальні значення кольорових координат; k – кількість елементів кольорової системи координат; n – кількість пікселів, білизна яких визначається.

Зв'язок визначених значень білизни з дійсними підтверджується коефіцієнтом кореляції, який становить $r_{xy}=0.88$, а аналітично ця залежність описується рівнянням лінійної парної регресії, яке має вигляд (4) [16]:

$$y = 2,0388x - 110,1439 . \quad (4)$$

Кореляційне поле залежності дійсного значення білизни від білизни, визначеної за кольоровими RGB координатами представлено на рис. 2.

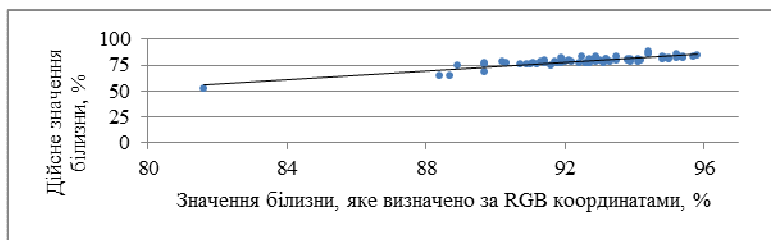


Рис. 2. Кореляційне поле залежності дійсного значення білизни від білизни, визначеної за RGB координатами

Виконавши статистичну обробку експериментальних даних, можна зробити висновок, що регресійна модель є надійною і статистично значимою, що показує фактичне значення F-критерія Фішера у порівнянні з табличним $F_{\text{факт}} = 210,733 > F_{\text{крит}} = 3,998$, а також випадкові похибки параметрів a, b рівняння парної лінійної регресії і коефіцієнта кореляції r_{xy} , які становлять відповідно $m_a \approx 0,1404$, $m_b \approx 13,0017$, $m_{rxy} \approx 0,0607$.

Важливим параметром при оцінці якості зображення є роздільна здатність, яка визначається заданням кількості точок (dpi) або пікселів (ppi) на дюйм. Беручи це до уваги, було виконано дослідження на предмет впливу роздільної здатності на точність та продуктивність визначення білизни зразка. З цією метою було виконано сканування зразків каоліну планшетним сканером Epson Perfection V200 Photo. Зразки каоліну у вигляді спресованих таблеток діаметром 50 мм розташовуються на скануючій поверхні сканера у кількості 20 штук. Далі виконувалось сканування одних і тих же зразків каоліну з роздільною здатністю від 300 до 1800 пікселів на дюйм з кроком 100. Далі із відсканованого зображення розміром формату A4 було вирізано окремі зразки каоліну і кожен збережено, як окреме зображення. Наступним етапом було завантаження зображень зразків в програму «Білизна», де і було визначено значення їх білизни за кольоровими координатами RGB і обраховано за раніше визначеним рівнянням регресії дійсне значення білизни.

Ефективність запропонованої методики визначення білизни каоліну буде визначатися продуктивністю. Виконавши експериментальні дослідження і взявши до уваги вищенаведені дані, було обраховано продуктивність методики визначення білизни для випадків сканування з різною заданою кількістю пікселів на дюйм за формулою (5):

$$П = \frac{60 \cdot N_{зр}}{t_{вс} + t_{ск} + t_{вир} + t_{зав} + t_{обр}} \left(\frac{шт}{хв} \right), \quad (5)$$

де $N_{зр}$ – кількість зразків, шт; $t_{вс}$ – час викладення зразків на сканер, с; $t_{ск}$ – час, що затрачається на сканування зразків, с; $t_{вир}$ – час, що затрачається на вирізання зображень зразків із відсканованого зображення, с; $t_{зав}$ – час, що затрачається на завантаження в програму, с; $t_{обр}$ – час, що затрачається на обробку зображень у програмі, с.

Таблиця 1

Зведені параметри сканування зразків

К-ість пікселів на дюйм (ррі)	Час сканування, с	Білизна RGB, %	Дійсна білизна, %	Розмір одного зразка, Мб	Максимальна кількість зразків за одне сканування, шт	Час обробки одного зразка в програмі, с	Продуктивність, шт/хв
300	11	93,7	80,9	0,5	20	0,9	7,0
400	14	93,8	81,1	0,9	20	1,5	6,5
500	26	93,7	80,9	1,4	20	2,3	5,6
600	26	93,7	80,9	2,1	20	3,4	5,1
700	72	93,8	81,1	2,7	20	4,3	4,0
800	76	93,7	80,9	3,5	20	5,6	3,6
900	96	93,7	80,9	4,9	20	7,8	3,1
1000	96	93,7	80,9	5,4	20	8,6	2,9
1100	96	93,7	80,9	6,3	20	10,0	2,7
1200	96	93,7	80,9	8,3	20	13,1	2,4
1300	237	93,9	81,3	9,8	15	15,5	1,6
1400	237	93,9	81,3	10,7	15	16,9	1,5
1500	236	94	81,5	13,6	15	21,5	1,3
1600	237	93,9	81,3	15,1	15	23,8	1,3
1700	322	93,9	81,3	16,4	15	25,9	1,1
1800	322	93,9	81,3	17,9	10	28,2	0,9

Із табл. 1 видно, що значення визначеної білизни при скануванні із заданням від 300 до 1200 пікселів на дюйм і понад 1300 пікселів на дюйм збільшується відповідно на 0,1-0,2%, при цьому тенденції до зростання значень білизни із збільшенням задання роздільної здатності не спостерігається. Тому слід зазначити, що сканування завжди потрібно виконувати з однією і тією ж обраною роздільною здатністю.

Аналізуючи табл. 1 і рис. 3, оптимальну роздільну здатність у налаштуваннях сканера було обрано 600 ррі, оскільки сканування з та-

кою роздільною здатністю займає небагато часу, відскановане зображення займає небагато місця на диску, кількість пікселів зображення одного відсканованого зразка, яка становить понад 720000, достатня для статистичної обробки і продуктивність визначення білизни при цьому становить 5,1 зразка за хвилину. Обираючи налаштування сканера, потрібно зазначити, що такі параметри як, підвищення різкості, видалення растру, відновлення кольору, корекція фону, видалення дефектів та інші параметри, які будь-яким чином змінюють оригінальне зображення мають бути вимкнені.

Вище описана методика полягла в основу створення алгоритму програми «Білизна» для визначення білизни каоліну за відсканованим зображенням зразка, структурна схема роботи і основне вікно якої зображена відповідно на рис. 4 і рис. 5. Вихідний код програми написаний на високорівневій мові програмування загального призначення Python.

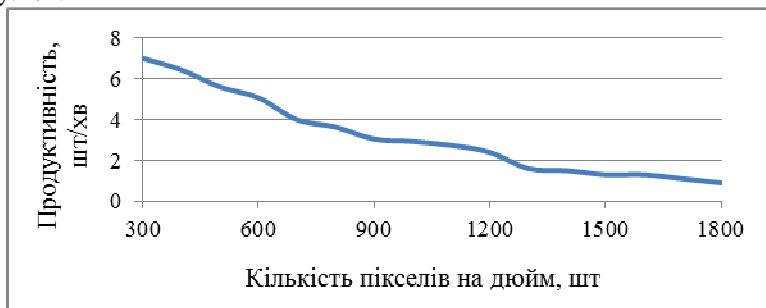


Рис. 3. Залежність продуктивності визначення білизни зразків від заданої кількості пікселів на дюйм

Висновок. Запропоновано методику використання планшетного сканера з подальшою обробкою кольорових координат пікселів відсканованого зображення для визначення білизни зразка каоліну. Виконано експериментальні дослідження по визначенню білизни за запропонованою методикою, виконано апроксимацію і статистичну обробку отриманих даних, в результаті яких було отримано рівняння парної регресії між визначеною білизнаю за кольоровими координатами RGB і дійсною білизнаю, яке має вигляд $y = 2,0388x - 110,1439$. Визначено оптимальну роздільну здатність сканування для максимальної продуктивності і якісного визначення білизни, яка становить 600 пікселів на дюйм. Продуктивність визначення білизни зразків каоліну при заданій роздільній здатності становить 5,1 зразка за хвилину. На основі виконаних досліджень створено програму для визначення білизни каоліну

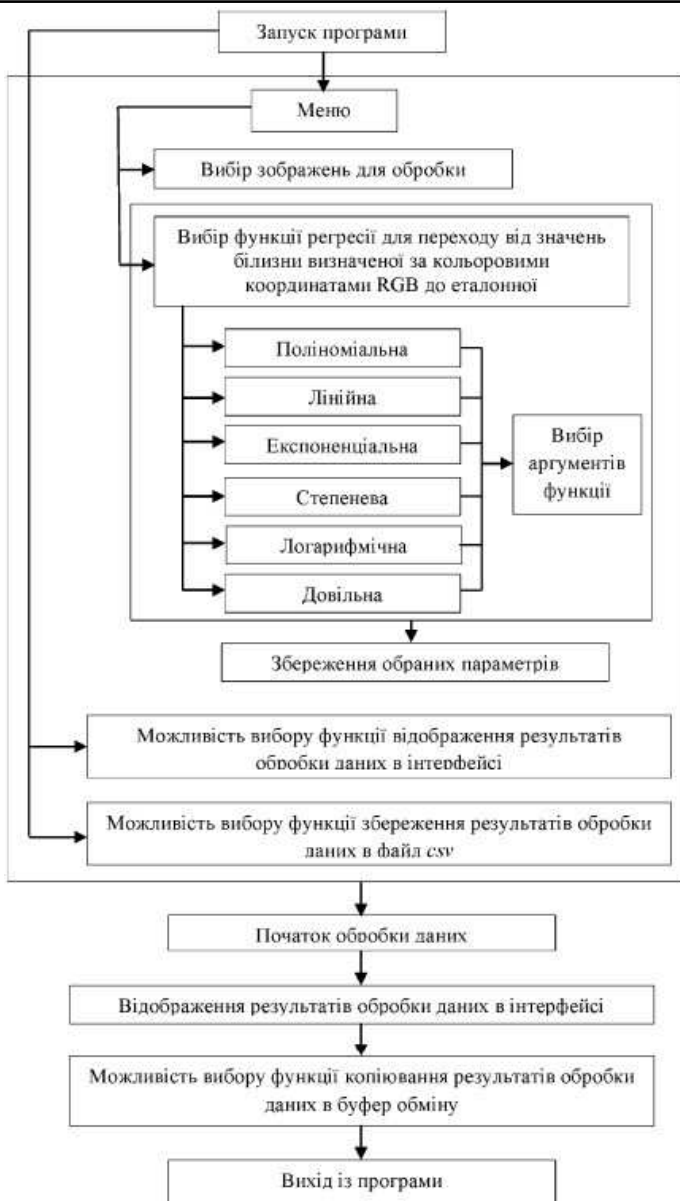


Рис. 4. Структурна схема алгоритму роботи програми «Білизна»

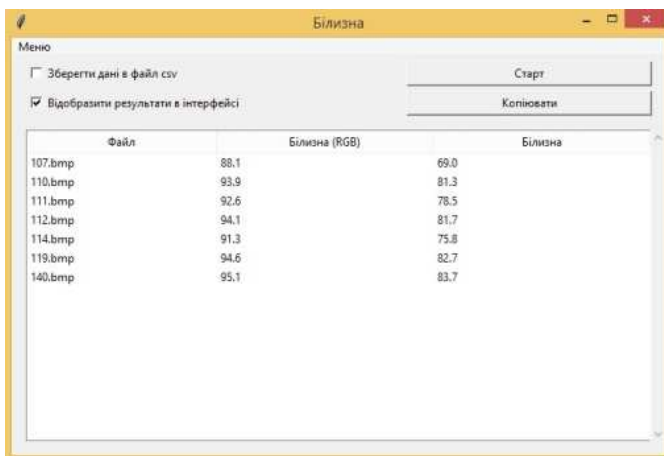


Рис. 5. Основне вікно програми «Білизна»

по відсканованому зображенню зразка за кольоровими координатами RGB.

1. Определение термина «Белизна бумаги» – Режим доступу: [<http://www.artwebmedia.ru/glossary/definit/whiteness-paper/?q=352&n=488>] – Назва з контейнера. **2.** ГОСТ 16680-79. Каолин обогащенный. Метод определения белизны. – Москва : ИПК Изд-во стандартов, 1991. – 4 с. **3.** Сорокин Д. А. Градация цветового различия и идентификация фарфора методами многомерного шкалирования: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.19.08 «Товароведение промышленных товаров и сырья легкой промышленности» / Сорокин Дмитрий Александрович; Российская экономическая академия имени Г.В. Плеханова. – Москва, 2009. – 23 с. **4.** Шерстобитова А. С. Оптико-спектральные методы и средства диагностики и контроля процессов хлорной отбелки целлюлозы: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.11.07 «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» / Шерстобитова Александра Сергеевна; Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики – Санкт-Петербург, 2011. – 16 с. **5.** Якимчук О. Д. Исследование мощного действия композиций на основе алкилбензолсульфоната натрия: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 02.00.11 «Коллоидная химия и физико-химическая механика» / Якимчук Оксана Дмитриевна; Санкт-Петербургский государственный технологический институт – Санкт-Петербург, 2004. – 20 с. **6.** Гордюхина С. С. Разработка методики определения удельных координат цвета физиологической системы: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.09.07 «Светотехника» / Гордюхина Светлана Сергеевна; Московский энергетический институт – Москва, 2011. – 20 с. **7.** Булгучев Р. М. Разработка и исследование методов контро-

ля цветовых характеристик объектов в производственных условиях: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.12.17 «Радиотехнические и телевизионные системы и устройства» / Булгучев Руслан Магомедович; Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникация им. проф. М.А. Бонч-Бруевича – Санкт-Петербург, 1999. – 16 с. **8.** Ребриков Д. И. Автоматизация контроля цветовых показателей качества хлебобулочных изделий с применением спектральной квалитметрии: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» / Ребриков Дмитрий Иванович; Воронежская государственная технологическая академия – Воронеж, 2009. – 22 с. **9.** Ложкин Л. Д. Анализ и разработка систем объективной колориметрии в цветном телевидении: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения» / Ложкин Леонид Дидимович; Поволжский государственный университет телекоммуникация и информатики – Самара, 2009. – 16 с. **10.** A. Ajovalasit, G. Petrucci, M. Scafidi. 2015. Review of RGB photoelasticity. Elsevier, May 2015, Volume 68, Pages 58–73. **11.** Википедия: цетовая модель – Режим доступу: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Цветовая_модель] – Назва з контейнера. **12.** Adapting display color for low luminance conditions – Режим доступу: [<http://www.google.com/patents/EP2526688A1?cl=en>] – Назва з контейнера. **13.** Материал из Википедии — свободной энциклопедии: RGB – Режим доступу: [<https://ru.wikipedia.org/wiki/RGB>] – Назва з контейнера. **14.** Гергель А. В. Векторная графика в подготовке лекций и научных публикаций: учебно-методический материал по программе повышения квалификации / Гергель А. В., Турлапов В. Е. – Нижний Новгород, 2007. – 82 с. **15.** A. Manickavasagan, N. K. Al-Mezeini, H. N. Al-Shekaili. 2014. RGB color imaging technique for grading of dates. Elsevier, 15 August 2014, – Volume 175. – Pages 87–94. **16.** John C. Davis. Statistics and Data Analysis in Geology. Edition: 3rd, Kansas Geological Survey The University of Kansas, 2002. – 656 p.

Рецензент: д.т.н., професор Маланчук З. Р. (НУВГП)

Sobolevskiy R. V., Candidate of Engineering, Associate Professor, Vaschyk O. M., Post-graduate Student (Zhytomyr State Technological University), Striha V. A., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

DEVELOPMENT OF METHODOLOGIES DEFINITIONS WHITENESS OF PRIMARY KAOLIN

Experimental studies on the whiteness of the proposed method, and created a program to determine the whiteness of kaolin for the scanned image of the sample color coordinates RGB.

Keywords: primary kaolin, definitions whiteness, sample color coordinates RGB.

Соболевский Р. В., к.т.н., доцент, Вашук А. Н., аспирант
(Житомирский государственный технологический университет),
Стриха В. А., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БЕЛИЗНЫ ПЕРВИЧНЫХ КАОЛИНОВ

Выполнены экспериментальные исследования по определению белизны по предложенной методике, а также создана программа для определения белизны каолина по отсканированному изображению образца по цветным координатам RGB.

Ключевые слова: первичные каолины, определение белизны, цветовая система RGB.
