

УДК 544.72:667.281:665.58

[https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1\(55\)-2295-2306](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2026-1(55)-2295-2306)

Кучерук Сніжана Василівна доктор філософії з галузі Хімічна та біоінженерія, доцент, доцент кафедри хімії, вчитель хімії Наукового ліцею, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0002-5978-487X>

Камінський Олександр Миколайович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, вчитель хімії вищої категорії Наукового ліцею, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0003-1971-8437>

Денисюк Роман Олександрович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0003-3077-3795>

Чайка Микола Володимирович кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0001-5356-9856>

Авдєєв Сергій Володимирович старший викладач кафедри хімії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0009-0001-0340-3150>

ВПЛИВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ТИТАНВМІСНИХ КОСМЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ НА АДСОРБЦІЮ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЬОГО

Анотація. У роботі досліджено вплив хімічного складу титанвмісних косметичних засобів декоративної косметики (компактних пудр) на процеси адсорбції катіонного барвника метиленового синього з водних розчинів. Актуальність дослідження обумовлена широким застосуванням сполук титану, зокрема діоксиду титану (TiO_2), у косметичній промисловості як пігментів, наповнювачів та фізичних ультрафіолетових фільтрів, а також необхідністю комплексної оцінки їх фізико-хімічних та адсорбційних властивостей з позицій ефективності й безпечності для споживача.

Об'єктами дослідження були зразки чистого титан діоксиду та три зразки титанвмісних косметичних пудр різних виробників, що відрізняються якісним

і кількісним складом основних та допоміжних компонентів. Для моделювання процесів адсорбції використано метиленовий синій як типову модельну органічну сполуку.

Концентрацію барвника до та після адсорбції визначали фотометричним методом за довжини хвилі 670 нм із застосуванням калібрувальних залежностей. Проведено кінетичні дослідження процесу адсорбції та побудовано ізотерми адсорбції метиленового синього.

Встановлено, що ступінь вилучення барвника поверхнею чистого TiO_2 досягає 42,24 % за 60 хв контакту, тоді як для титанвмісних пудр цей показник становить 42,77; 62,92 та 69,20 % відповідно для зразків 1–3. Показано, що адсорбційна рівновага для косметичних зразків встановлюється значно швидше (протягом перших 10 хв), ніж для чистого діоксиду титану, що може бути зумовлено синергічним впливом допоміжних компонентів пудр. Розраховані адсорбційні ємності становлять 1,46; 2,15 та 2,37 мг/г відповідно. Аналіз ізотерм адсорбції показав, що їх форма залежить від складу адсорбента та вмісту TiO_2 .

Одержані результати підтверджують істотний вплив хімічного складу титанвмісних косметичних засобів на їх адсорбційні характеристики та можуть бути використані для наукового обґрунтування складу й оцінки функціональних властивостей засобів декоративної косметики.

Ключові слова: титан діоксид, косметичні пудри, адсорбція, метиленовий синій, фотометрія, ізотерми адсорбції.

Kucheruk Snizhana Vasylivna Doctor of Philosophy Degree Field of Study Chemical and bioengineering, an associate professor, an associate professor of the Chemistry department, teacher of chemistry at the Scientific Lyceum, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0002-5978-487X>

Kaminskyi Oleksandr Mykolaiovych Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), an associate professor, an associate professor of the Chemistry department, teacher of chemistry at the Scientific Lyceum, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0003-1971-8437>

Denysiuk Roman Oleksandrovyh Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), an associate professor, an associate professor of the Chemistry department, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0003-3077-3795>

Chayka Mykola Volodymyrovych Candidate of Chemical Sciences (Ph. D.), an associate professor, an associate professor of the Chemistry department, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0001-5356-9856>

Avdieiev Sergiy Volodymyrovych Senior lecturer of the Chemistry department, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0001-6550-0776>

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF TITANIUM-CONTAINING COSMETIC PRODUCTS ON THE ADSORPTION OF METHYLENE BLUE

Abstract. This study investigates the influence of the chemical composition of titanium-containing decorative cosmetic products (compact powders) on the adsorption of the cationic dye methylene blue from aqueous solutions. The relevance of the study is due to the widespread use of titanium compounds, particularly titanium dioxide (TiO_2), in the cosmetic industry as pigments, fillers, and physical ultraviolet filters, as well as the need for a comprehensive assessment of their physicochemical and adsorption properties in terms of efficiency and consumer safety.

The objects of the study were samples of pure titanium dioxide and three titanium-containing cosmetic powders from different manufacturers, which differ in the qualitative and quantitative composition of their main and auxiliary components. Methylene blue was used as a model organic compound to simulate adsorption processes.

The concentration of the dye before and after adsorption was determined by a photometric method at a wavelength of 670 nm using calibration curves. Kinetic studies of the adsorption process were carried out, and adsorption isotherms of methylene blue were constructed.

It was established that the degree of dye removal by the surface of pure TiO_2 reaches 42.24% after 60 min of contact, whereas for titanium-containing cosmetic powders this value is 42.77%, 62.92%, and 69.20% for samples 1–3, respectively. It was shown that adsorption equilibrium for cosmetic samples is achieved significantly faster (within the first 10 min) compared to pure titanium dioxide, which may be attributed to the synergistic effect of additional components present in the powder formulations.

The calculated adsorption capacities were 1.46, 2.15, and 2.37 mg/g, respectively. Analysis of the adsorption isotherms demonstrated that their shape depends on the nature of the adsorbent and the TiO_2 content.

The obtained results confirm the significant influence of the chemical composition of titanium-containing cosmetic products on their adsorption characteristics and can be used for the scientific justification of formulation design and for evaluating the functional properties of decorative cosmetic products.

Keywords: non-alcoholic carbonated beverages; chemical composition; acidity; sugar content; refractometry.

Постановка проблеми. Сполуки Титану знаходять широке застосування в косметичній промисловості завдяки своїм унікальним фізико-хімічним властивостям. Титан діоксид (TiO_2), зокрема, використовується як основний компонент у сонцезахисних кремах, тональних основах і пудрах через його здатність відбивати ультрафіолетове випромінювання та створювати ефект освітлення шкіри. Водночас хімічний склад титановмісних косметичних засобів може впливати на їхні адсорбційні властивості, що є важливим фактором для оцінки їхньої ефективності та безпечності.

Одним із ключових аспектів дослідження титановмісних косметичних засобів є їх здатність адсорбувати органічні речовини, зокрема барвники, які можуть імітувати забруднення або залишки косметики на шкірі. У цьому контексті метиленовий синій (МС) є зручним маркером, який дозволяє оцінити адсорбційну здатність матеріалів. Дослідження взаємодії метиленового синього з титановмісними поверхнями дозволяє глибше зрозуміти механізми адсорбції та оптимізувати хімічний склад косметичних продуктів з метою досягнення максимального ефекту.

Метиленовий синій – основний тіазиновий барвник, який широко використовується для фарбування тканин, шовку. Він інтенсивно забарвлює деякі тканини живого організму, тому його використовують як забарвлювальну речовину в мікроскопії. Цей катіонний барвник також використовують в аналітичній хімії для визначення іонів ClO_3^- , ClO_4^- , Sn^{2+} , Hg^{2+} , Ti^{4+} , аналізу сечі тощо [1]. Проте з іншого боку, даний барвник може спричиняти такі шкідливі ефекти на організм людини як: прискорене серцебиття, шок, блювоту, жовтяницю та некроз деяких тканин тощо [1, 2].

Актуальність дослідження обумовлена зростаючою зацікавленістю споживачів у безпеці косметичних продуктів, зокрема їх хімічного складу. Відомо, що титановмісні сполуки широко використовуються в косметичці як фізичні сонцезахисні фільтри та пігменти. Однак, їх взаємодія між собою та з іншими компонентами засобів декоративної косметики може призводити до непередбачуваних ефектів, наприклад адсорбції пігментів, контакт з якими здатний викликати алергічні реакції шкіри.

З іншого боку, титановмісні косметичні засоби здатні проявляти адсорбційну активність без безпосереднього контакту зі шкірою, тому дослідження адсорбції, наприклад барвників, дозволить краще зрозуміти можливість взаємодії між компонентами засобів декоративної косметики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Історія косметології сягає найдавніших часів. Первісні люди прагнули пом'якшувати шкіру, захищати її від сонця та вітру і прикрашати зовнішність. Батьківщиною косметики вважають Стародавній Схід. Ідеалом жіночої краси Стародавнього Єгипту була Нефертіті – дружина фараона Ехнатона.

Використання пудри як косметичного засобу відоме з 2000–1200 рр. до н.е. Її склад включав свинець, який забезпечував відбілюючий ефект, а археологічні знахідки містили банки з кайялом та контейнери для пудри, що слугували як для прикраси, так і для оберігання краси в потойбіччі [3].

Давньоєгипетські методи краси поширилися по Середземномор'ю, вплинули на Грецію та Рим. Стародавні греки використовували кіновар для рум'ян і білий свинець для освітлення обличчя, що відповідало соціальному статусу та ідеалам краси [4,5]. У Римі бліда шкіра також вважалася ознакою високого соціального статусу та здоров'я; для цього застосовували церусу, крохмаль, попіл і шафран [6].

У Стародавньому Китаї пудру виготовляли з подрібненого рису, свинцю та перлів для створення перлинного порошку, що вирівнював тон шкіри та використовувався як лікувальний засіб [5]. Китайська імператриця У Цзетянь застосовувала перловий порошок для сяючої шкіри.

У середньовіччі та епоху Відродження бліда шкіра свідчила про здоров'я і соціальний статус. Порошки на основі свинцю використовувалися знатними особами, включно з королевою Єлизаветою I [7]. У XVII–XVIII століттях популярними були пудрені перуки та рисова пудра, яка залишалася домінуючою до Великої французької революції. У вікторіанську епоху в моді була природна бліда шкіра, для підтримки якої застосовувалися оксиди цинку та рисовий крохмаль [7].

Сучасні косметичні пудри містять крохмаль, оксид заліза, силікати алюмінію, оксид цинку, каолін, тальк, титан діоксид, стеарат цинку, барвники та парфумерні віддушки [8–11]. Функції основних компонентів:

- Fe_2O_3 , Fe_3O_4 – надають відтінки від світло-бежевого до коричневого;
- ZnO – антисептик та УФ-захист;
- TiO_2 – освітлювач, УФ-фільтр, вирівнює шкіру;
- Силікати алюмінію, тальк, каолін – поглинають жир і вологу, розгладжують шкіру;
- Алмазна пудра – відбиває світло, створює природне сяйво;
- Крохмаль – матує шкіру, поглинає піт.

Додаткові мінерали (цитрин, аметист, аквамарин, турмалін) та барвники надають пудрі відтінок, розгладжують нерівності, покращують циркуляцію крові у верхніх шарах шкіри, а віддушки забезпечують приємний аромат [8–11].

Мета статті – дослідження процесів адсорбції барвника метиленового синього з водних розчинів поверхнями титан діоксиду та титанвмісних косметичних засобів (пудр).

Виклад основного матеріалу. Об'єктами дослідження в даній роботі є зразки косметичних пудр, що містять сполуки титану. Вибір саме цих продуктів

зумовлений їхньою популярністю серед споживачів, а також наявністю у складі титан діоксиду (TiO_2), який є ключовим компонентом для надання пудрі специфічних властивостей, таких як матовий ефект, захист від ультрафіолетового випромінювання та поліпшення текстури.

Для аналізу було обрано зразки різних виробників, які представляють різні цінові категорії та мають різний заявлений склад. Це дозволило охопити широкий спектр продуктів, порівняти їхній хімічний склад, що зазначений виробником, і дослідити взаємозв'язок між вмістом титанвмісних компонентів та здатністю пудри до адсорбції барвників.

Номер зразку	Назва	Склад	Зображення
1	Компактна пудра для обличчя LAMEL Make Up Smart Skin Silk Cover Powder	Talc, Mica, Silica, Aluminum Starch Octenylsuccinate, Dimethicone, Magnesium Stearate, Caprylic/ Capric Triglyceride, Ethylhexyl Palmitate. Phenoxyethanol Bis-diglyceryl Polyacyladipate-2, Alumina Magnesium Metasilicate, Ethylhexylglycerin, Tocopheryl Acetate, Hyaluronic Acid, Manganese Violet (ci 77742), ultramarines (ci 77007), Ferric Ferrocyanide (ci 77510) Titanium Dioxide (ci 77891), Blue 1 Lake (ci 42090), Carmine (ci 75470), Red 7 Lake (ci 15850), Red 6 (ci 15850), Red 40 (ci 16035), Iron Oxides (ci 77499, Ci 77491, Ci 77492), Yellow 5 Lake (ci 19140).	
2	Компактна пудра для обличчя Maybelline New York Fit Me Matte Poreless Powder	Talc, Perlite, Triisostearin, Phenyl Trimethicone, Magnesium Stearate, Caprylyl Glycol[+/- May Contain CI 77891/Titanium Dioxide, CI 77491, CI 77492, CI 77499/Iron Oxides	
3	Компактна пудра для обличчя Isabelle Dupont Vamp Mattifying Powder	Talc, Mica, Ci 77891(Titanium Dioxide), Octyldodecyl Stearoyl Stearate, Isodecyl Neopentanoate, Caprylic/Capric Triglyceride, Phenoxyethanol, Allantoin, Parfume, Ethylhexylglycerin. May Contain: Ci 77491 (Iron Oxide Red), Ci 77492 (Yellow Iron Oxide), Ci 77499 (Iron Oxide Black).	

З метою вивчення процесів адсорбції поверхнями титан діоксиду та титанвмісних косметичних засобів у якості об'єкту досліджень було використано: катіонний барвник метиленовий синій.

Розчини відповідних барвників з концентраціями 2, 4, 6 та 8 мг/л готували з маточних розчинів $C_0 = 50$ мг/г, шляхом відбирання необхідного об'єму розчину мірною піпеткою та доведення його до мітки дистильованою водою в мірній колбі на 100 мл.

Концентрацію барвника до та після проведення адсорбційних досліджень визначали за допомогою фотоколориметра КФК-2 за довжини хвилі 670 нм з товщиною кварцевої кювети 2 см.

Для проведення кінетичних досліджень відважували на електронних вагах по 0,05 г зразків, додавали 25 мл розчину барвника з $C_0 = 6$ мг/л та перемішували на шейкері. Діапазон часу контакту між розчином та адсорбентом становив: 5, 10, 30 та 60 хв. Температура, при якій проводилось дослідження, становила 293К.

У роботі використано масу адсорбенту 0,05 г, об'єм розчину 25 мл, час контакту речовин – 60 хв. Кількість адсорбованої речовини на поверхнях зразків визначали вимірюванням концентрації барвника контактних розчинів до та після адсорбції. Концентрацію вимірювали за допомогою КФК-2 та за калібрувальними графіками.

Ємність адсорбенту A , мг/г розраховували за формулою:

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m}, \quad (1)$$

де C_0 і C_p – концентрація вихідного розчину та розчину після адсорбції (мг/л), V – об'єм розчину (л), m – наважка адсорбенту (г).

Ступінь вилучення R , % метиленового синього з водних розчинів визначали за формулою:

$$R = \frac{(C_0 - C_p)}{C_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

де C_0 і C_p – концентрація вихідного розчину та розчину після адсорбції (мг/л).

Кінетика процесу вилучення метиленового синього з розчину

З метою порівняння адсорбційних властивостей використано зразки чистого титан діоксиду та титанвмісні пудри. Для визначення оптимального часу адсорбції барвника побудовано залежності ступеня вилучення барвника від часу контакту.

На рисунку 3.1. зображено графік залежності ступеня вилучення від часу контакту барвника метиленового синього з поверхнею титан діоксиду ($C_0 = 6$ мг/л; $m(\text{TiO}_2) = 0,05$ г; температура дослідів 293 К; V (розчину) = 25 мл).

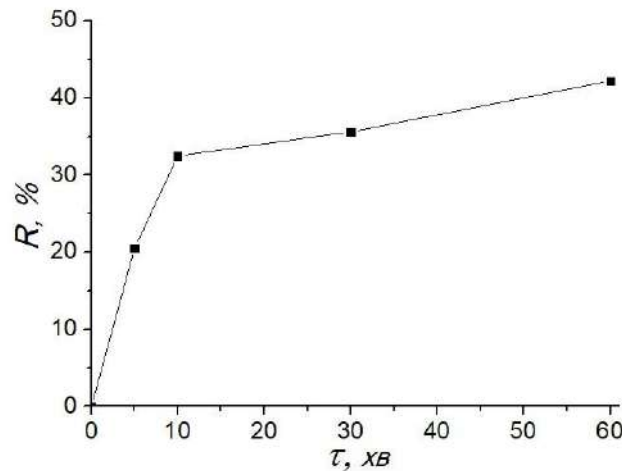


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення барвника від часу контакту розчину з поверхнею TiO_2

Встановлено, що ступінь вилучення барвника 42,24 % досягається за 60 хвилин від початку адсорбції. Адсорбційна рівновага настає після 30 хвилин від початку взаємодії адсорбат – адсорбент на межі поділу фаз.

На рисунку 2. зображено графіки залежності ступеня вилучення від часу контакту барвника метиленового синього з поверхнями титанвмісних пудр ($C_0 = 6$ мг/л; m (зразок) = 0,05 г; температура дослідів 293 К; V (розчину) = 25 мл).

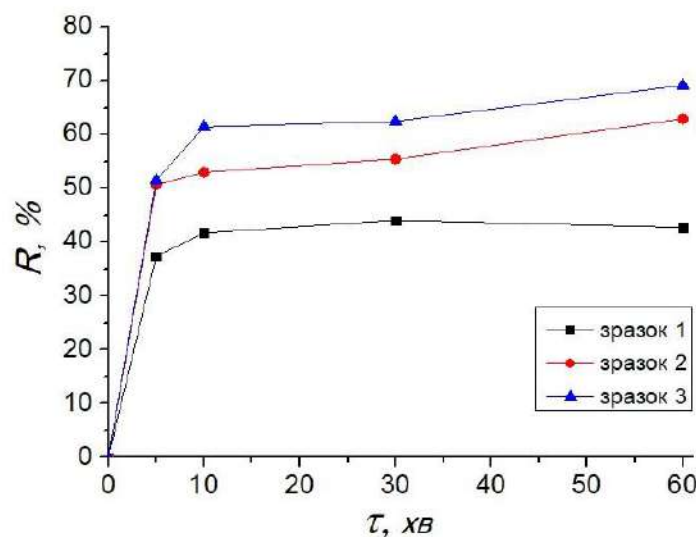


Рис. 2. Залежність ступеня вилучення барвника від часу контакту розчину з поверхнями титанвмісних пудр

Встановлено, що ступінь вилучення барвника 42,77, 62,92 та 69,20 % відповідно зразкам пудри 1, 2 та 3 досягається за 60 хвилин від початку адсорбції. Адсорбційна рівновага настає після 10 хвилин від початку взаємодії адсорбат – адсорбент на межі поділу фаз. Зменшення часу встановлення рівноваги у порівнянні з чистим титан діоксидом можливо пояснити впливом додаткових компонентів, що входять до складу пудр.

На рис. 3 зображено ізотеру адсорбції метиленового синього поверхнею титан діоксиду.

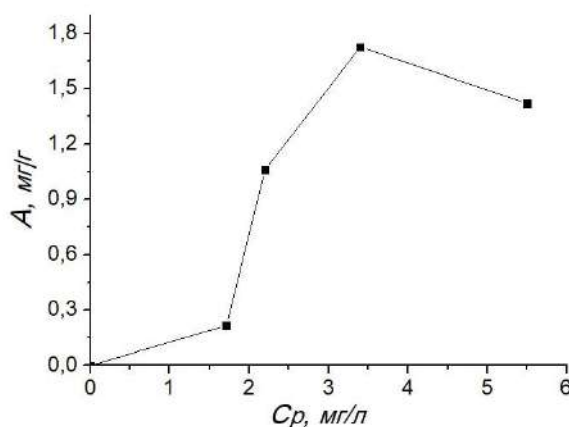


Рис. 3. Ізотерна адсорбції метиленового синього поверхнею титан діоксиду

Розраховано, що адсорбційна ємність (A) становить 1,72 мг/г, а ступінь вилучення (R) становить 50,4 % ($C_0 = 6$ мг/л). Характер кривої ізотерми нагадує криві ізоTERM Ленгмюра (L4 – тип) відповідно до класифікації Гільса, що має максимум. Такий тип ізоTERM вказує на те, що в розчині можлива асоціація молекул барвника. На рис. 4 зображено ізоТЕРМИ адсорбції метиленового синього поверхнями зразків пудр.

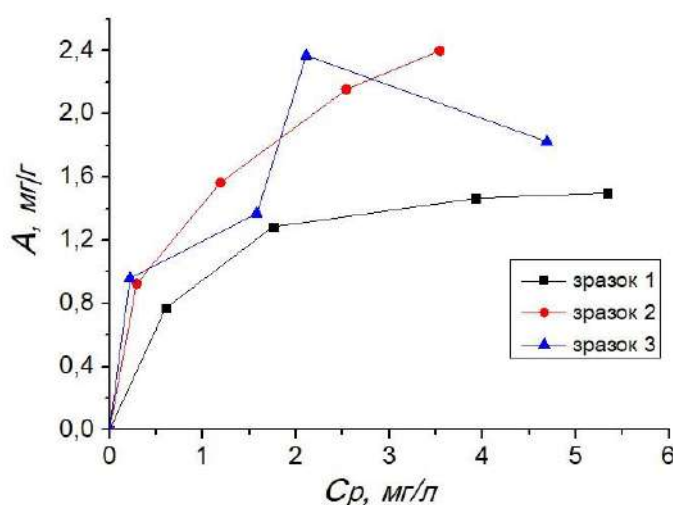


Рис. 4. ІзоТЕРМИ адсорбції метиленового синього поверхнями зразків пудр

Розраховано, що адсорбційні ємності (A) зразків становлять 1,46; 2,15 та 2,37 мг/г відповідно зразкам пудри 1, 2 та 3, а ступені вилучення (R) становлять 42,8; 62,9 та 69,2 % відповідно ($C_0 = 6$ мг/л). Характер кривих ізотерм першого та другого зразку нагадує криві ізотерм Ленгмюра (L2 – тип) відповідно до класифікації Гільса, що мають вихід на насичення, а ізотерма адсорбції поверхнею третього зразку належить до L4 – типу, що має максимум. Подібність кривої ізотерми зразку 3 до ізотерми титан діоксиду може свідчити про високий вміст TiO_2 в даному зразку.

Висновки. У роботі здійснено комплексний аналіз літературних джерел щодо історії створення та використання косметичних пудр, їх основних компонентів та сучасних тенденцій у складі декоративних косметичних засобів. Проведено кінетичні дослідження процесів адсорбції катіонного барвника метиленового синього з модельних водних розчинів на поверхнях чистого діоксиду титану та зразків титанвмісних косметичних пудр.

Встановлено, що ступінь вилучення барвника з розчинів становить 42,77 %, 62,92 % та 69,20 % відповідно для зразків пудр 1, 2 та 3 за 60 хвилин від початку адсорбції.

Адсорбційна рівновага на межі поділу фаз досягається протягом перших 10 хвилин взаємодії адсорбату з адсорбентом.

Розраховано адсорбційні ємності зразків, які становлять 1,46, 2,15 та 2,37 мг/г для пудр 1, 2 та 3 відповідно, а ступені вилучення барвника (R) – 42,8 %, 62,9 % та 69,2 % при початковій концентрації метиленового синього 6 мг/л. Аналіз ізотерм адсорбції показав, що криві для зразків 1 та 2 відповідають типу L2 ізотерм Ленгмюра за класифікацією Гільса, що характеризуються виходом на насичення. Ізотерма адсорбції третього зразка належить до L4-типу, який має чітко виражений максимум, і її форма близька до ізотерми чистого діоксиду титану, що свідчить про високий вміст TiO_2 у даному зразку.

Отримані дані дозволяють визначити залежність адсорбційної активності зразків пудр щодо метиленового синього: зразок 1 < зразок 2 < зразок 3. Це підтверджує, що хімічний склад та кількісний вміст діоксиду титану у складі косметичних засобів істотно впливають на їх адсорбційні властивості, що має важливе значення для оцінки функціональних характеристик декоративної косметики та оптимізації її складу.

Література:

1. Tichapondwa S. M., Newman J. P., Kubheka O. Effect of TiO_2 phase on the photocatalytic degradation of methylene blue dye / S. M. Tichapondwa, J. P. Newman, O. Kubheka // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. – 2020. – Vol. 118–119. – P. 102900. – DOI: 10.1016/j.pce.2020.102900.

2. Метиленовий синій [Електронний ресурс] // Назва з екрану. – Режим доступу: <http://surl.li/nptco>.

3. Jain N., Chaudhri S. History of cosmetics / N. Jain, S. Chaudhri // *Asian Journal of Pharmaceutics*. – 2009. – Vol. 3, № 3. – P. 164. – DOI: 10.4103/0973-8398.56292.
4. Scott D. A. A review of ancient Egyptian pigments and cosmetics / D. A. Scott // *Studies in Conservation*. – 2016. – Vol. 61, № 4. – P. 185–202. – DOI: 10.1179/2047058414y.0000000162.
5. Nayak M., Ligade V. S. History of Cosmetic in Egypt, India, and China / M. Nayak, V. S. Ligade // *J Cosmet Sci*. – 2021. – Vol. 72, № 4. – P. 432–441.
6. Parish L. C., Crissey J. T. Cosmetics: A historical review / L. C. Parish, J. T. Crissey // *Clinics in Dermatology*. – 1988. – Vol. 6, № 3. – P. 1–4. – DOI: 10.1016/0738-081x(88)90024-7.
7. González-Minero F., Bravo-Díaz L. The Use of Plants in Skin-Care Products, Cosmetics and Fragrances: Past and Present / F. González-Minero, L. Bravo-Díaz // *Cosmetics*. – 2018. – Vol. 5, № 3. – P. 50. – DOI: 10.3390/cosmetics5030050.
8. Fytianos G., Rahdar A., Kyzas G. Z. Nanomaterials in Cosmetics: Recent Updates / G. Fytianos, A. Rahdar, G. Z. Kyzas // *Nanomaterials*. – 2020. – Vol. 10, № 5. – P. 979. – DOI: 10.3390/nano10050979.
9. Haider A. J., Jameel Z. N., Al-Hussaini I. H. M. Review on: Titanium Dioxide Applications / A. J. Haider, Z. N. Jameel, I. H. M. Al-Hussaini // *Energy Procedia*. – 2019. – Vol. 157. – P. 17–29. – DOI: 10.1016/j.egypro.2018.11.159.
10. Makeup and Cosmetic Coloring Book: Bilingual Coloring Book. – Independently Published, 2022.
11. Lu P.-J., Huang S.-C., Chen Y.-P., Chiueh L.-C., Shih D. Y.-C. Analysis of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in cosmetics / P.-J. Lu, S.-C. Huang, Y.-P. Chen, L.-C. Chiueh, D. Y.-C. Shih // *Journal of Food and Drug Analysis*. – 2015. – Vol. 23, № 3. – P. 587–594. – DOI: 10.1016/j.jfda.2015.02.009.

References:

1. Tichapondwa S. M., Newman J. P., Kubheka O. Effect of TiO₂ phase on the photocatalytic degradation of methylene blue dye. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. 2020;118–119:102900. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102900>
2. Metilenovyi synii [Internet]. Nazva z ekranu. Available from: <http://surl.li/nptco>
3. Jain N., Chaudhri S. History of cosmetics. *Asian Journal of Pharmaceutics*. 2009; 3(3):164. <https://doi.org/10.4103/0973-8398.56292>
4. Scott D. A. A review of ancient Egyptian pigments and cosmetics. *Studies in Conservation*. 2016;61(4):185–202. <https://doi.org/10.1179/2047058414y.0000000162>
5. Nayak M., Ligade V. S. History of Cosmetic in Egypt, India, and China. *J Cosmet Sci*. 2021;72(4):432–441
6. Parish L. C., Crissey J. T. Cosmetics: A historical review. *Clinics in Dermatology*. 1988;6(3):1–4. [https://doi.org/10.1016/0738-081x\(88\)90024-7](https://doi.org/10.1016/0738-081x(88)90024-7)
7. Gonzalez-Minero F., Bravo-Diaz L. The Use of Plants in Skin-Care Products, Cosmetics and Fragrances: Past and Present. *Cosmetics*. 2018;5(3):50. <https://doi.org/10.3390/cosmetics5030050>
8. Fytianos G., Rahdar A., Kyzas G. Z. Nanomaterials in Cosmetics: Recent Updates. *Nanomaterials*. 2020;10(5):979. <https://doi.org/10.3390/nano10050979>
9. Haider A. J., Jameel Z. N., Al-Hussaini I. H. M. Review on: Titanium Dioxide Applications. *Energy Procedia*. 2019;157:17–29. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.159>
10. Makeup and Cosmetic Coloring Book: Bilingual Coloring Book. Independently Published. 2022

11. Lu P.-J., Huang S.-C., Chen Y.-P., Chiueh L.-C., Shih D. Y.-C. Analysis of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles in cosmetics. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2015;23(3):587–594. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2015.02.009>