

# Порівняльна оцінка поверхневої шорсткості та мікроструктури різних мікрогібридних фотополімерних композитних матеріалів залежно від способу їх полімеризації

## Comparative Assessment of Various Microhybrid Photopolymer Composite Materials Surface Roughness and Microstructure According to the way of their Polymerization

Макеев В.Ф.<sup>1</sup>, Готра З.Ю.<sup>2</sup>,  
Микуєвич Н.І.<sup>1</sup>, Чучмай І.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний медичний університет ім. Данила Галицького, каф. ортопедичної стоматології (зав. – проф. В. Ф. Макеев)

<sup>2</sup>Львівський національний політехнічний університет, каф. електронних приладів (зав. – проф. З. Ю. Готра)  
V.F. Makeyev, Z.Yu. Gotra,  
N.I. Mykuyevych, I.G. Chuchmaj

**Резюме** У роботі методом атомно-силової мікроскопії досліджено поверхневу мікроструктуру фотополімерних композитних матеріалів Filtek Z 250, Charisma, Dipol. Показано, що вкладка Charisma характеризується найнижчою шорсткістю та найменшим розподілом частинок за висотою.

**Summary** Surface microstructures of photopolymer composite materials Filtek Z 250, Charisma, Dipol were investigated by using atomic force microscopy and scanning electron microscopy. It was shown that dental inlay Charisma characterized by the smoothest surface and small spread of the height distribution.

**Ключові слова** фотополімерний композитний матеріал, атомно-силова мікроскопія, скануюча електронна мікроскопія, поверхнева мікроструктура

**Key words** photopolymer composite material, atomic force microscopy, scanning electron microscopy, surface microstructure

Одним з основних методів відновлення порушених структур коронки зуба є пряма реставрація різними видами пломбувальних матеріалів [5, 11].

Сьогодні застосовують і непряму техніку виготовлення реставрацій, яка, маючи низку конструктивно-технологічних переваг порівняно з прямими реставраціями, базується на використанні у процесі полімеризації матеріалу не тільки УФ-опромінення, а й температурного чинника [3, 4, 14].

Сьогодні для реставрації зруйнованих структур зуба широко застосовують фотополімерні композитні матеріали, які дають можливість, на думку багатьох авторів, повноцінно відновити анато-

мічну та функціональну цілісність зуба [2, 6, 12].

Одним з важливих параметрів, що визначають термін функціонування фотополімерних композитних реставрацій, є поверхнева мікроструктура, яка впливає на їх зносостійкість, тобто технологія виготовлення реставрацій та їх обробки повинна забезпечити максимально гладку, без мікровиступів, поверхневу мікроструктуру [9, 10, 13].

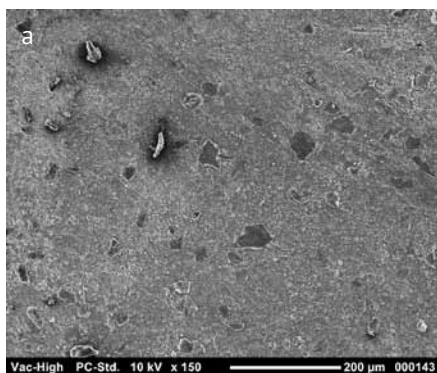
Постійне вдосконалення фізико-механічних властивостей фотополімерних композитних матеріалів за рахунок зменшення розмірів частинок наповнювача та збільшення їх кількості забезпечує можливість покращення глад-

кості поверхні композитів за допомогою полірування [1, 7, 8].

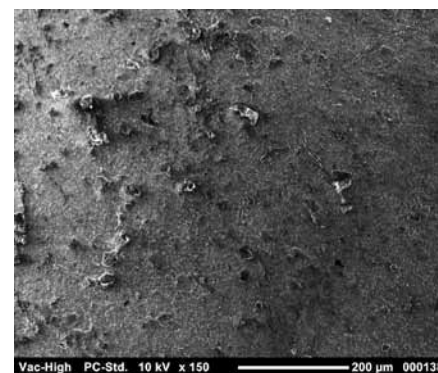
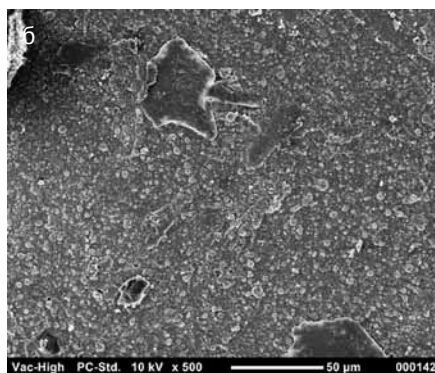
Мета дослідження – порівняльне визначення поверхневої шорсткості та мікроструктури різних мікрогібридних фотополімерних композитних матеріалів, полімеризація яких здійснювалась УФ-опроміненням (пряма реставрація) або УФ-опроміненням та під дією температурного чинника (непряма реставрація).

### Матеріали та методи дослідження

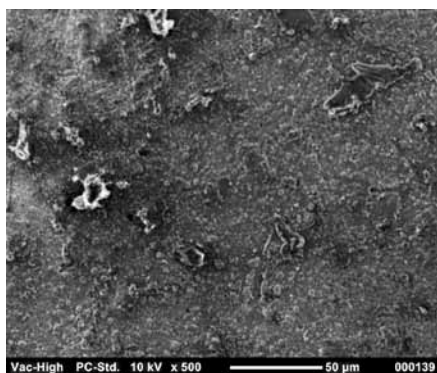
Дослідження поверхневої мікроструктури здійснено із застосуванням фото-



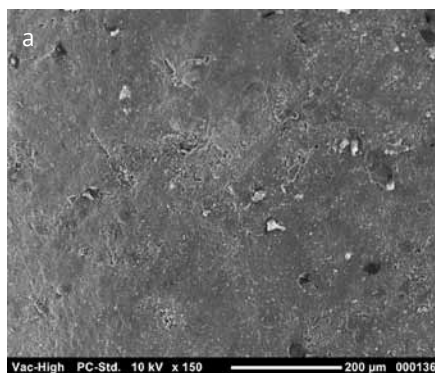
**Мал. 1.** Мікроструктура поверхні прямої реставрації з Filtek Z 250 при збільшенні 10×150 (а) та 10×500 (б)



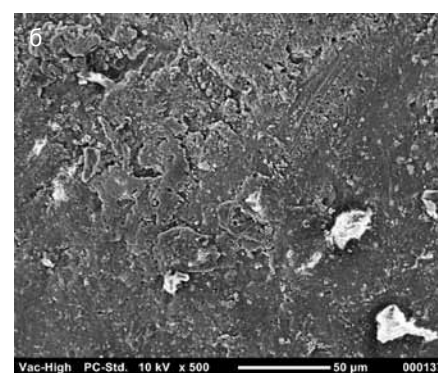
**Мал. 2а.** Мікроструктура поверхні непрямой реставрації з Filtek Z 250 при збільшенні 10×50



**Мал. 2б.** Мікроструктура поверхні непрямой реставрації з Filtek Z 250 при збільшенні 10×500



**Мал. 3.** Мікроструктура поверхні прямої реставрації з Dipol при збільшенні 10×50 (а) та 10×500 (б)



полімерних композитних матеріалів Filtek Z 250 («3М», Німеччина), Charisma («Heraeus Kulzer», Німеччина), Dipol («Оксомат-Т», Україна).

Для дослідження взірці фотополімерних композитних матеріалів виготовляли пошарово по 2 мм у формі пластин завтовшки 4 мм подвійною пошаровою УФ-полімеризацією протягом 20 секунд та додатково піддавали термообробці в апараті Cure Lite Plus («Pentron», США) при температурі 120°C протягом 10 хвилин.

Визначення мікроструктури поверхні фотополімерних композитних матеріалів здійснено методами скануючої електронної мікроскопії та атомно-силової мікроскопії.

Дослідження поверхневої мікроструктури проводили, застосовуючи настільний скануючий електронний мікроскоп JCM-5000 NeoScore («JOEL»).

Перед початком роботи досліджувані взірці поміщали в автоматизовану уста-

новку для наплення JEOL JFS-1600, у якій упродовж 3 хвилин методом термічного наплення у вакуумі наносили тонку плівку золота завтовшки 20 нм. Далі взірці закріплювали на підкладці-тримачі з використанням провідної двосторонньої клейкої стрічки.

Після трихвилинного вакуумного відкачування на екрані монітора з використанням спеціалізованої програми спостерігали та фотографували збільшене зображення мікроструктури поверхні досліджуваних взірців.

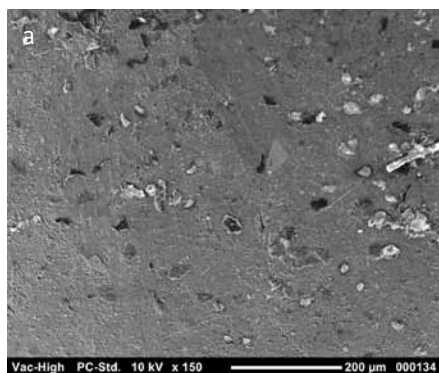
Атомно-силову мікроскопію для визначення мікрошорсткості проводили на мікроскопі Solver P 47 в контактному режимі з радіусом кривизни зонда 10 нм, що визначав роздільну здатність. Реєстрували силову взаємодію між поверхнею досліджуваного взірця і зондом – нанорозмірне вістря, розташоване на кінці пружної консолі (кантилівер). Сила, яка діє на зонд зі сторони поверхні, призводить до ви-

гину кантилівера. Поява височин або западин (нерівностей) під вістряем спричинила зміну сили, яка діє на зонд і, відповідно, зміну величини вигину кантилівера.

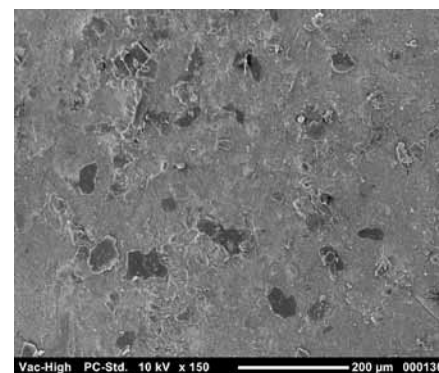
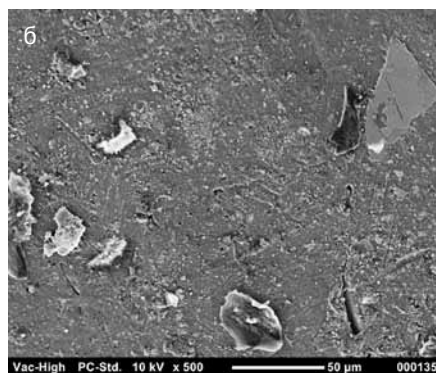
Взірець у горизонтальній площині переміщували (сканували) рядками: просканувавши один, він зміщується на наступний рядок. Зазвичай таких рядків є 512 (може бути менше), час сканування одного рядка становив близько 0,02 – 1 с.

Коли взірець переміщувався під зондом, нерівності поверхні спричиняли згинання пластинки, а промінь світла мініатюрного напівпровідникового лазера, відбиваючись від рухомого краю пластинки, потрапляв на фотоприймач і в контактному режимі на екрані монітора за інтенсивністю забарвлення зображення вимірювали висоту будь-якої точки рельєфу поверхні.

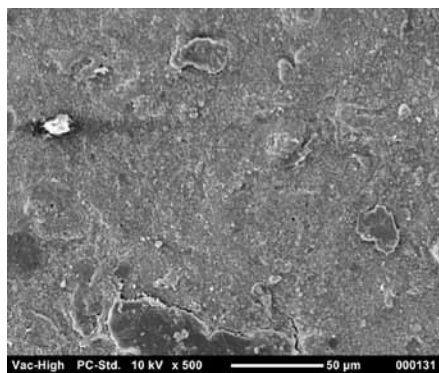
Отримані результати опрацьовані з використанням програми для аналізу



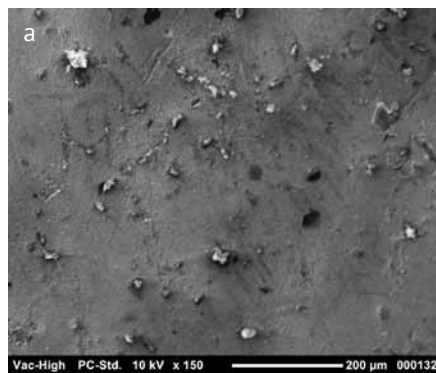
**Мал. 4.** Мікроструктура поверхні непрямої реставрації з Dipol при збільшенні 10×50 (а) та 10×500 (б)



**Мал. 5а.** Мікроструктура поверхні прямої реставрації з Charisma при збільшенні 10×50



**Мал. 5б.** Мікроструктура поверхні прямої реставрації з Charisma при збільшенні 10×500 (б)



**Мал. 6.** Мікроструктура поверхні непрямої реставрації з Charisma при збільшенні 10×50 (а) та 10×500 (б)



фотографій досліджуваних взірців, за якими побудовані гістограми розмірного розподілу мікровиступів на поверхні досліджуваних матеріалів.

## Результати дослідження та їх обговорення

Зображення мікроструктури поверхонь фотополімерних композитних матеріалів, опрацьованих за методами прямих або непрямих реставрацій, подано на мал. 1–6.

За результатами аналізу отриманих зображень встановлено, що непрямі реставрації з мікрогібридного фотополімерного матеріалу Charisma мають гомогеннішу структуру, ніж прямі реставрації з цього матеріалу.

Досліджуючи зображення прямих реставрацій з матеріалу Charisma, було виявлено множинні включення різних розмірів, що свідчить про неоднорідність поверхні досліджува-

них взірців. Негомогенність структури у різних ділянках поверхневого шару спостерігається і у прямих реставраціях з Filtek Z 250. Мікроструктура поверхні непрямих реставрацій з цього матеріалу є також неоднорідною, але кількість і величина включень є меншою, ніж у прямих реставраціях.

Результати оцінки зображень з матеріалу Dipol свідчать, що і прямі, і непрямі реставрації мають негомогенну структуру. У поверхневому шарі усіх реставрацій з цього матеріалу виявлено різні за формою та величиною включення.

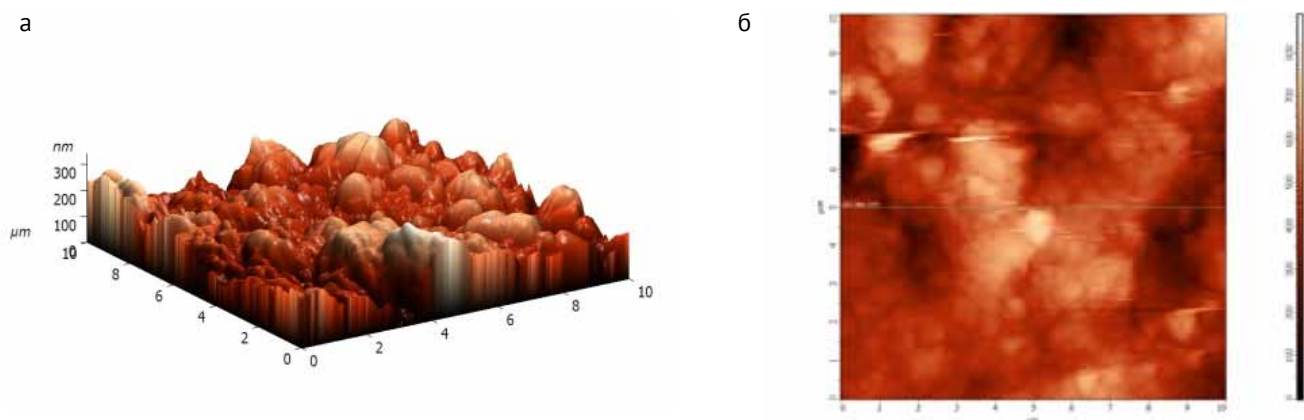
На мал. 7–10 подано тривимірні зображення і рельєф поверхонь прямих реставрацій з матеріалів Dipol, Filtek Z 250, Charisma розміром 10×10 мкм та гістограми розмірного розподілу мікровиступів за поверхнею цих матеріалів.

Результати оцінки гістограм свідчать, що пряма реставрація з матеріалу Dipol характеризується максимальною кількістю

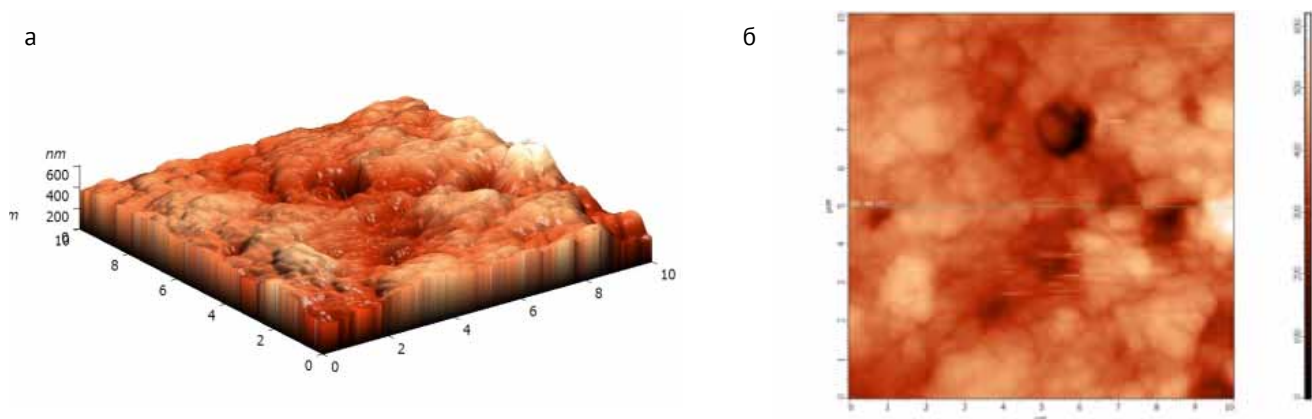
мікровиступів з висотою 445 нм та 520 нм, розподіл частинок за висотою становить 120–750 нм. Максимальна кількість мікровиступів прямої реставрації з матеріалу Filtek Z 250 має висоту 380 нм, розподіл за висотою – 140–510 нм; з матеріалу Charisma – висоту 180 нм, середній розподіл частинок за їх висотою становить 20–340 нм.

На мал. 11–14 подано тривимірні зображення та рельєф поверхонь непрямих реставрацій з матеріалів Dipol, Filtek Z 250, Charisma розміром 10×10 мкм та гістограми розмірного розподілу частинок за поверхнею цих матеріалів.

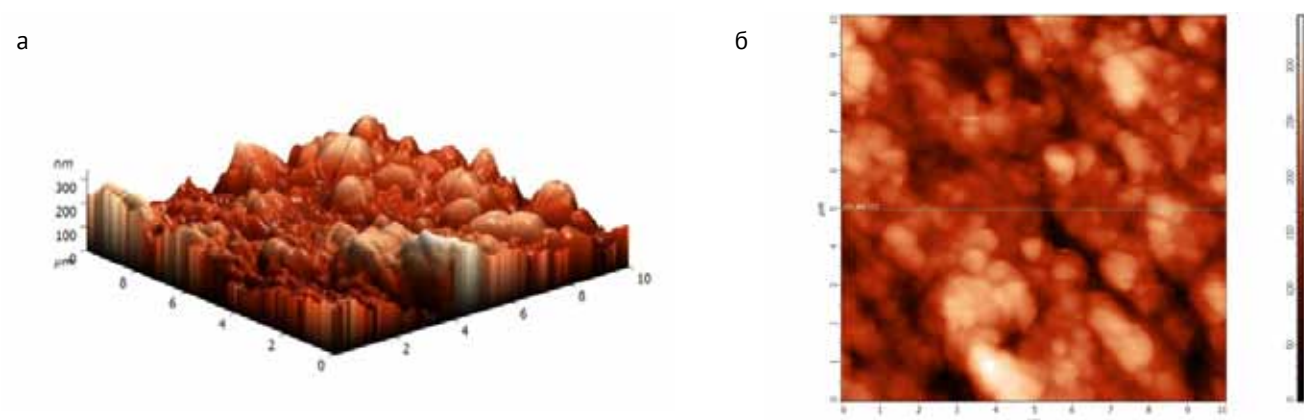
Аналіз гістограм розмірного розподілу мікровиступів на поверхні непрямої реставрації з фотокompозиту Dipol засвідчив, що їх розміри припадають на висоти 390 та 450 нм, а розподіл за висотою – 130–660 нм. Максимальна кількість мікровиступів непрямої реставрації з Filtek Z 250 має висоту 240 нм,



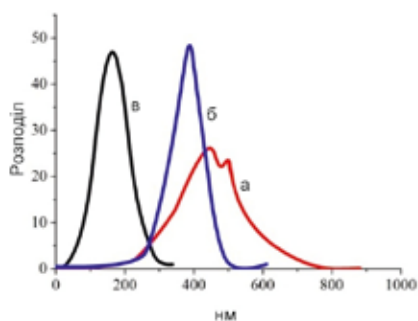
Мал. 7. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні прямої реставрації з Dipol



Мал. 8. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні прямої реставрації з Filtek Z 250



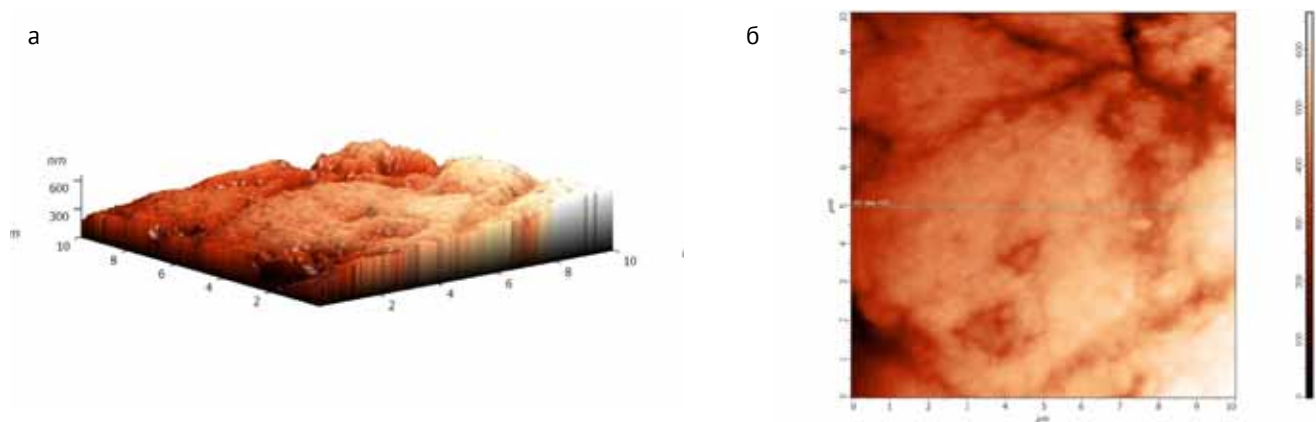
Мал. 9. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні прямої реставрації з Charisma



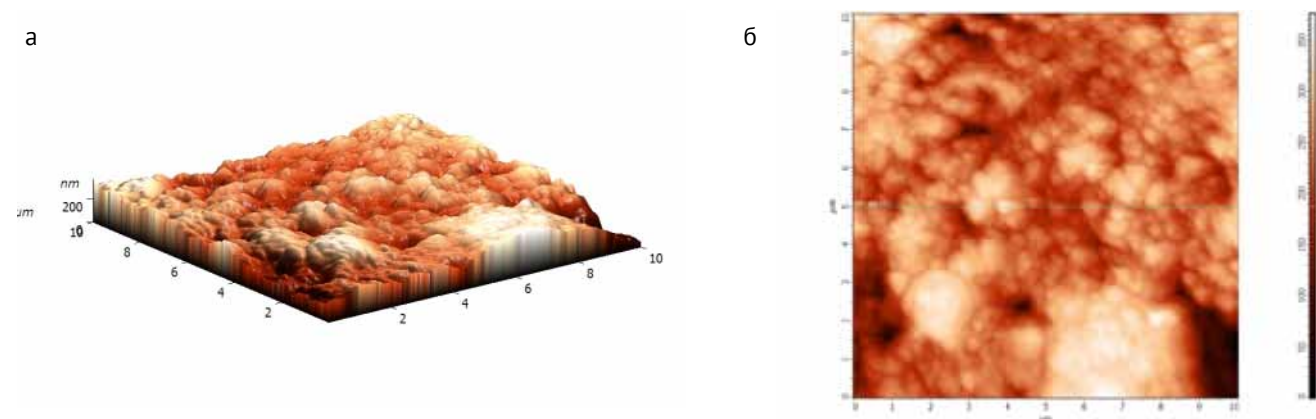
Мал. 10. Гістограми розмірного розподілу частинок за поверхнею матеріалів прямих реставрацій з композитних матеріалів Dipol (а), Filtek Z 250 (б), Charisma (в)

Таблиця 1. Шорсткість поверхонь фотополімерних композитних матеріалів

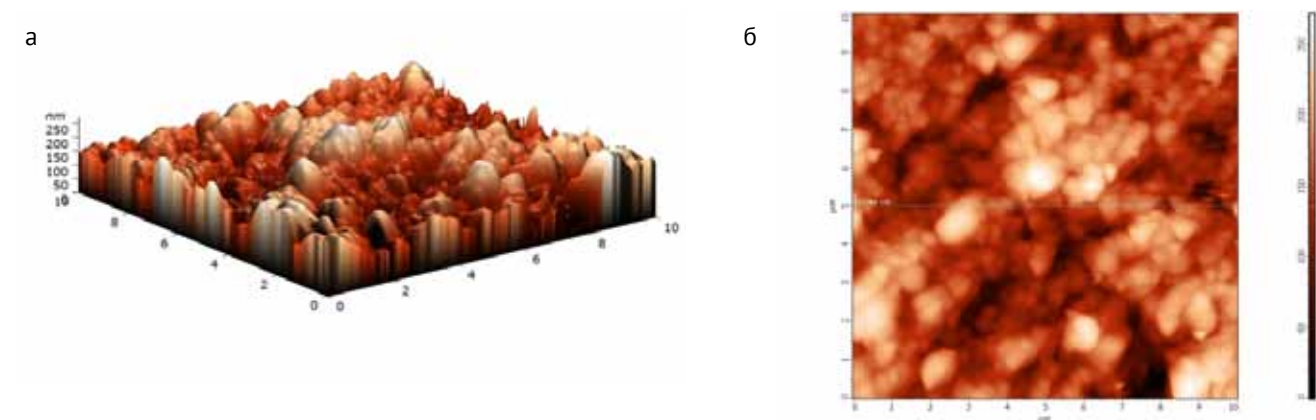
Матеріал	Charisma		Filtek Z 250		Dipol	
	Непряма	Пряма	Непряма	Пряма	Непряма	Пряма
Середня шорсткість, нм	35,6	40,1	42,6	44,5	76,4	82,8



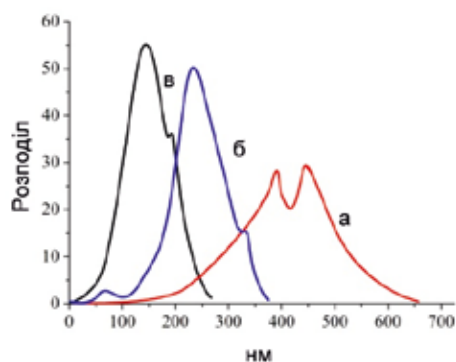
Мал. 11. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні непрямой реставрації з Dipol



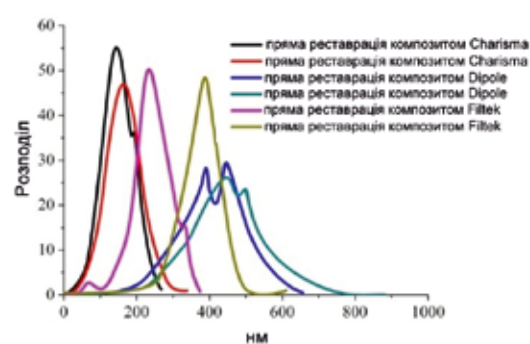
Мал. 12. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні непрямой реставрації з Filtek Z 250



Мал. 13. Тривимірне зображення (а) та рельєф (б) поверхні непрямой реставрації з Charisma



Мал. 14. Гістограми розмірного розподілу частинок за поверхнею матеріалів непрямих реставрацій з композитних матеріалів Dipol (а), Filtek Z 250 (б), Charisma (в)



Мал. 15. Гістограми розмірного розподілу частинок за поверхнею матеріалів прямих і непрямих реставрацій з композитних матеріалів Dipol, Filtek Z 250 та Charisma

розподіл за висотою — 40–370 нм. Максимальна кількість мікроступів непрямої реставрації з Charisma має висоту 150 нм, середній розподіл за висотою становить 20–270 нм. Порівняльні гістограми розмірного розподілу частинок за поверхнею матеріалів, які досліджували залежно від способу полімеризації, подано на мал. 15, а усе-

реднену величину шорсткості цих матеріалів наведено у табл. 1.

## Висновки

Отже, аналіз результатів тривимірного зображення поверхонь матеріалів засвідчив, що поверхня композитного матеріалу Charisma характеризується най-

меншою шорсткістю та найнижчим розподілом частинок за висотою, причому непряма реставрація має кращі морфометричні показники. Поверхня Charisma характеризується більш однорідною поверхневою мікроструктурою, причому температурна дополімеризація покращує гладкість поверхні, що сприятиме зниженню колонізації зубної бляшки.

## Література

- Біда В. І. Порівняльний аналіз вікових змін фізико-механічних властивостей твердих тканин зубів різних вікових груп / В. І. Біда, І. М. Закієв, А. В. Пальчиков // Дентальні технології. — 2008. — № 1 (36). — С. 32—33.
- Борисенко А. В. Композиційні пломбирочні матеріали / А. В. Борисенко — М.: Книга плюс, 1999. — 175 с.
- Григор'ян А. С. Клинико-експериментальне дослідження впливу режиму полімеризації на медико-біологічні ефекти пломбирочних матеріалів / А. С. Григор'ян, І. М. Макеева, Д. Ю. Ананікян // Клинічна стоматологія. — 2005. — № 3. — С. 14—17.
- Козицина С. І. Заміщення дефектів твердих тканин зубів вкладками / С. І. Козицина, І. Г. Грицай. — Из-во МЕДИ. — 2007. — 88 с.
- Николишин А. К. Восстановление (реставрация) и пломбирование зубов современными материалами и технологиями / А. К. Николишин. — Полтава, 2001. — 176 с.
- Плят Крістіан. Естетика композитів та аспекти матеріалів — композити вчора і сьогодні / Крістіан Плят // Новини стоматології. — 2008. — № 1. — С. 6—10.
- Прилуцкая Я. Д. Фізико-механічні властивості матеріалів, що використовуються для прямого і непрямого відновлення бокових зубів // Вопросы реконструктивной стоматологии: сборник научных статей. — Вып. 1. — Донецк. — 1999. — С. 91—93.
- Радлинский С. Финишная отделка реставраций / С. Радлинский // ДентАрт. — 1998. — № 4. — С. 26—40.
- Різновиди мікрофлори на поверхні пломб з різних пломбувальних матеріалів / С. К. Суржанський, О. В. Азаров, О. М. Строяковська [та ін.] // Вісник стоматології. — 2003. — № 3. — С. 18—20.
- Сутугина Т. Ф. Износостойкость материалов, используемых для восстановления жевательных зубов / Т. Ф. Сутугина, Е. П. Якушечкина, И. Я. Поюровская, И. М. Макеева // Стоматология. — 2003. — № 5. — С. 60—63.
- Томанкевич М. Современные композитные материалы в стоматологической практике / М. Томанкевич. — Львов: ГалДент, 2001. — 132 с.
- Чиликин В. Н. Сравнительная характеристика композитных пломбирочных материалов с различной дисперсностью наполнителя / В. Н. Чиликин, Т. В. Гринева, Н. П. Сотникова // Клиническая стоматология. — 2008. — № 4. — С. 4—7.
- Щепинова И. В. Изучение износостойкости стоматологических материалов, используемых для замещения дефектов твердых тканей зубов / И. В. Щепинова, И. Ю. Лебедева, А. В. Осинцев, В. П. Щепинов // Российский стоматологический журнал. — 2005. — № 3. — С. 23—26.
- Hajto J. Достоинства и недостатки прямых композитных реставраций. Часть 1 / J. Hajto // Новое в стоматологии. — 2006. — № 7. — С. 4—18.