

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Баклана Дениса Віталійовича
на тему «Одержання мікро- та нанотекстурованих водовідштовхуючих
органо-мінеральних поверхонь»

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія
за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Актуальність теми дисертації.

Водовідштовхувальні поверхні, такі як супергідрофобні поверхні, мають потенційне застосування для придання здатності до самоочищення, антижеледних властивостей, сепарації води та масел, наприклад при ліквідації наслідків забруднення нафтою. Також, можливе впровадження таких покриттів у аерокосмічній, автомобільній, будівельній та електронній галузях. В основу супергідрофобних поверхонь покладений ефект листа лотоса, суть якого у повному відштовхуванні води за рахунок мікрошорсткості поверхні та воску, який знаходиться на поверхні. У даній дисертаційній роботі шорсткість формується за допомогою лазера та напиленням, а зниження поверхневої енергії відбувається за рахунок хімічної модифікації. Отримання таких поверхонь ускладнене через ряд факторів, серед яких є особливості поверхні та стабільність стану змочування. Недоліком більшості супергідрофобних поверхонь є низька механічна міцність і довговічність, що значно ускладнює їхнє реальне застосування. Також, на даний момент, існує необхідність розширення методів контролю змочуваності таких поверхонь.

Тому дослідження особливостей отримання мікро- та нанотекстурованих водовідштовхуючих поверхонь актуальним завдяки своєму потенціалу для широкого застосування, екологічним перевагам та внеску в наукові знання завдяки міждисциплінарності в галузі матеріалознавства та хімічної технології.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

У роботі вперше встановлено, що створені текстури за допомогою абляції фемтосекундним лазером на анодованому алюмінії мають рівну поверхню без нанорівня, тоді як на неанодованому алюмінії текстура має ієрархічну структуру, що дозволило досягти супергідрофобного стану.

Вперше описана послідовність руйнування при впливі УФ випромінювання, потоку води та при поєднанні цих факторів для текстурованих поверхонь з мікро- та наночастинками наповнювачів у полімерних композиціях, описані причини зниження водовідштовхуючих властивостей та руйнування покриття за рахунок відшарування частинок, збільшення концентрації полімеру та його фотодеструкції.

Вперше продемонстровано можливість створення ієрархічної поверхні за рахунок поєднання екстрактивного методу для створення мікротекстури з адитивним методом для створення нанотекстури, а також оцінено водовідштовхуючі властивості та стабільність.

Вперше показано послідовність руйнування ієрархічних покриттів при абразивній дії потоку частинок та було пояснено механізм відшарування композиції з використанням трьох фракцій наповнювача.

Наукові результати роботи обґрунтовані на достатньому рівні з використанням сучасних методів інструментального хімічного аналізу. Проведена статистична обробка експериментальних даних, апроксимаційна побудова кривих, які відображають експериментальні залежності.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Баклана Д. В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Хімічні технології та інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям водовідштовхувальних покриттів на основі органічних та неорганічних речовин.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Баклана Дениса Віталійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота містить результати та наукові положення, поданих здобувачем для публічного захисту. Дисертація має достатній ступінь завершеності та свідчить про наявний особистий внесок автора. Текст дисертації написаний науково-технічною мовою з використанням загальноприйнятих наукових термінів для галузі. Висновки конкретні та відображають основні результати досліджень.

Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури та додатку. Загальний обсяг дисертації 183 сторінки.

У **вступі** автором дисертації наводяться загальне обґрунтування вибраної теми дисертації, мета дослідження та поставлені задачі для її досягнення, загально описані методи дослідження, які було використано у роботі. Описані отримані наукові результати та їх практичне значення. Також, наведені відомості про особистий внесок здобувача, апробацію результатів та кількість опублікованих наукових праць.

У **першому** розділі проводиться детальний аналіз існуючих методів створення поверхонь з водовідштовхуючими властивостями. Проаналізовано та порівняно різні підходи до створення структур на поверхнях у мікро та нано масштабі. Проаналізовано методи додаткового збільшення куту змочування за рахунок модифікації. Розглянуті теоретичні моделі для прогнозування властивостей на основі геометричних особливостей поверхні показали, що використання ієрархічних структур є більш ефективним.

У **другому** розділі розглядається вибір методології для створення водовідштовхуючих поверхонь. Обрано екстрактивний метод на основі абляції за допомогою фемтосекундного лазера. Обґрунтовано використання пневматичного нанесення покриттів для вирішення проблеми складної масштабованості та зниження собівартості. Обрано матеріали які слугують наповнювачами гідрофобних покриттів для створення текстури. Описано методики обробки поверхонь, що включає застосування аліфатичних, кремнійорганічних та фторкремнійорганічних сполук. Крім того, обрано інструментальні методи для дослідження отриманих поверхонь та їх хімічного складу.

У **третьому** розділі показано, що застосування фемтосекундної лазерної обробки дозволяє створювати мікротекстури, нанотекстури та їх поєднання. Показано, що використання алкоксисиланів та фторованих алкоксисиланів для модифікації поверхні дозволяє отримати супергідрофобні поверхні з кутом змочування вище 160° . Досліджена стійкість водовідштовхування до рідин з низьким поверхневим натягом. За допомогою методу Зісмана було досліджено поверхні та встановлені характерні особливості переходу станів змочування. Також, додатково проаналізовано можливість прогнозування куту змочування в залежності від властивостей текстури на поверхні.

У **четвертому** розділі показано, що створення водовідштовхуючих покриттів можливе за допомогою пневматичного методу. Були встановлені оптимальні концентрації модифікованих наповнювачів для досягнення найбільшого кута змочування. Проведено порівняння властивостей для різних плівкоутворювачів. У результаті встановлено, що ієрархічні поверхні, дозволяють досягти супергідрофобного стану при концентрації наповнювачів 87 мас. %.

У **п'ятому** розділі було визначено вплив УФ випромінювання на водовідштовхуючі покриття, що полягає у послідовній деструкції полімеру, а далі деструкції модифікатора на частинках наповнювачів. Досліджено вплив води на топографію поверхонь та їх водовідштовхувальні властивості. У роботі автором на основі отриманих даних була запропонована послідовність руйнування текстурованих водовідштовхуючих покриттів, де враховується відрив частинок наповнювача, деструкція модифікатора на їх поверхні, вплив потоку води та деструкція полімеру. Встановлено, абразивну стійкість ієрархічних текстур при додаванні кальциту з середнім розміром часток 10 мкм. Було визначено оптимальне співвідношення наповнювачів для такої композиції для підвищення зносостійкості. Також, автором запропоновано послідовність абразивного руйнування ієрархічних покриттів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 21 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 6 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus і віднесених до другого — третього квартилів (Q2—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports.

Також результати дисертації були апробовані на 11 наукових фахових конференціях.

Наукові праці здобувача мають високий науковий рівень, що підтверджується публікаціями у журналах другого–третього квартилів. У публікаціях дотримуються принципи академічної доброчесності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

- 1) Автор зазначає, що широкому застосуванню супергідрофобних покриттів перешкоджає їх висока вартість. Доцільно було оцінити собівартість для запропонованих методів отримання таких поверхонь та композицій.
- 2) Для формування мікроструктури покриттів у роботі використовується карбонат кальцію марки Normcal 2 з псевдокубічною формою часток. Було б доцільно провести порівняння гідрофобних властивостей для покриттів на основі наповнювачів з іншими формами часток, наприклад, у виді пластинок.
- 3) Для порівняння інфрачервоних спектрів покриття на основі стиролакрилового полімеру було б доцільно розрахувати карбонільні індекси для відповідних проміжків часу ультрафіолетовим опроміненням.
- 4) У роботі проводиться аналіз хімічних перетворень при дії ультрафіолетовим опромінення методом інфрачервоної спектроскопії для стиролакрилового полімеру, але аналіз покриття на основі ацетатбутиратцелюлози цим методом не проводився.
- 5) У роботі виконується обробка стеариною кислотою мікрочастинок карбонату кальцію, диметилхлорсиланом наночастинок пірогенного кремнезему, обробка поліметилгідрогенсилоксаном поверхні анодованого алюмінію, а також олеїною кислотою, перфторооктилтриетоксисиланом та октилтриетоксисиланом поверхонь пластин неанодованого алюмінію. З матеріалів роботи залишається не повністю розкритим питання за яким механізмом відбувається модифікація поверхні, які види взаємодії відбуваються на поверхнях наповнювачів та алюмінію;
- 6) У дисертаційній роботі в четвертому розділі розглядаються властивості покриттів на основі ацетатбутирату целюлози та стиролбутилметакрилатного полімеру з кремнеземом та карбонатом кальцію як наповнювачами, а також властивості покриттів на основі стиролбутилметакрилатного полімеру з наповнювачами різної дисперсності. У п'ятому розділі проводиться випробовування на стабільність до дії ультрафіолетового випромінювання та абразивну

стійкість цих же складів покриттів. Доцільно було б об'єднати розділ чотири та п'ять в один для більш зручного сприймання;

- 7) У тексті дисертації присутні незначні орфографічні помилки та стилістичні неточності.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Баклана Дениса Віталійовича на тему «Одержання мікро- та нанотекстурованих водовідштовхуючих органо-мінеральних поверхонь» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Баклан Денис Віталійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 16 «Хімічна та біоінженерія» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Офіційний опонент:

Доцент, кафедра товарознавства та митної справи,
Факультет торгівлі та маркетингу,
Державний торговельно-економічний університет,

к.т.н., доцент



Володимир КОМАХА



«23» новимбе 2023 року

Підпис <u>Комахи В.</u>	засвідчую
Начальник відділу кадрів <u>В. Лисенко</u>	