

РІШЕННЯ
РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ
ПРО ПРИСУДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ

Разова спеціалізована вчена рада Д 26.104.005 Інституту фізики НАН України прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 10 - Природничі науки на підставі прилюдного захисту дисертації «Ефекти та механізми структурних перебудов в модельних та реальних мембранах під впливом наночастинок MoS₂ та WS₂» у вигляді рукопису, за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, 21 листопада 2025 року.

Монастирський Георгій Павлович, 1984 року народження, громадянин України. У 2009 році закінчив Київський національний університет імені Тараса Шевченка і отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Лазерна та оптоелектронна техніка» та здобув кваліфікацію магістра лазерної та оптоелектронної техніки, викладача фізики.

Аспірант Інституту фізики НАН України з відривом від виробництва, за спеціальністю 104 Фізика та астрономія.

Дисертація виконана у Інституті фізики НАН України, відділ фізики біологічних систем, м. Київ.

Науковий керівник: Довбешко Галина Іванівна, доктор фіз.-мат.наук, професор, Інститут фізики НАН України, завідувач відділу фізики біологічних систем.

Здобувач має 4 наукові публікації за темою дисертації у фахових міжнародних та українських виданнях, що індексуються в наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, також результати представлені на 9 українських та міжнародних наукових конференціях, у тому числі:

- Olenchuk M., Monastyrskiy G., Gnatyuk O., Boisen A., Zhang Z., Solyanik G., Kolesnyk D., Karakhim S., Dovbeshko G. Optical and electron microscopy imaging of model circulating tumour cells, Biophysical Bulletin, 2025, Vol. 53, P. 46–59. DOI: <https://doi.org/10.26565/2075-3810-2025-53-04>. (Q4)
- Monastyrskiy G., Gnatyuk O., Gubareni I., Levchenko G., Nikolenko A., Olenchuk M., Tolochko A., Kupchak I., Dovbeshko G. MoS₂ 2D nanoparticles as inducers of changes in liposomes formation and their spectroscopic properties, Low Temperature Physics, 2025, Vol. 51, No. 2, P. 287–299. DOI: <https://doi.org/10.0035414>. (Q4)

- Dovbeshko G. I., Afonina U. K., Olenchuk M. V., Kupchak I. M., Gnatyuk O. P., Monastyrskyi G. P., Nikolenko A. S., Shevlyakova H. V., Morozovska A. M. Effect of 2D-WS₂ nanoparticles on a local electrical field at a membrane vicinity: vibrational spectroscopy data, Journal of Physical Chemistry C, 2024, Vol. 128, No. 3, P. 1131–1138. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.3c05693>. (Q2)
- Vainberg V. V., Pylypchuk O. S., Poroshin V. N., Olenchuk M. V., Dovbeshko G. I., Monastyrskyi G. P. Transient processes in electric transport in the powder MoS₂ samples, Journal of Applied Physics, 2022, Vol. 131, P. 234301. DOI: <https://doi.org/10.1063/5.0090012>. (Q2)

У дискусії взяли участь голова і члени разової спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці:

Назаренко Василь Геннадійович, доктор фіз.-мат.наук, член-кор. НАН України, завідувач відділу фізики кристалів Інституту фізики НАН України, без зауважень.

Остапенко Ніна Іванівна, доктор фіз.-мат.наук, професор, провідний науковий співробітник відділу фотоактивності Інституту фізики НАН України, дала позитивну рецензію із зауваженнями: «Детальний аналіз дисертаційної роботи дозволяє виділити ряд моментів, які потребують уточнення або доопрацювання.

1. У тексті дисертації зустрічаються спец терміни (жаргони) без пояснень, що заважає прочитанню і розумінню матеріалу читачем. Деякі рисунки поганої якості, наприклад 40, 51, 53, або мають неточності, рис. 39.
2. З чим пов'язані зміни морфології ліпосом і нанокмпозитів і як це буде впливати на їх взаємодію ? Чи спостерігаються ці зміни при приготуванні?
3. В роботі встановлено, що взаємодія ліпосом з наночастинками супроводжується зміною структури ліпосом, але не уточнюється які саме зміни спостерігаються. Які дефектні стани індукуються MoS₂ в ліпосомах?

Зроблені зауваження не знижують загальну позитивну оцінку роботи.»

Бугайчук Світлана Анатоліївна, доктор фіз.-мат.наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу фізики кристалів Інституту фізики НАН України, надала позитивну рецензію із зауваженнями:

«1. Було би доцільно розробити зведену таблицю, де б результати різних методів спектроскопічних досліджень були представлені у компактному і наглядному вигляді. Це дозволило б зробити порівняльний аналіз на вплив різних НЧ на морфологію і динаміку в мембранах, ліпосомах та ракових клітинах .

2. В дисертації не наведено детальний опис, як готувалися зразки карциноми легені Льюїс (LLC) що містять наночастинки MoS₂ и WS₂ .

3. В тексті дисертації приводиться ряд посилань на літературу (наприклад, [173] на стор. 43, [241] на стор. 54, [199-205] на стор. 149), але список посилань включає тільки 169 найменувань.

Зазначені зауваження не знижують високого рівня наукової роботи та достовірності отриманих результатів. Вони носять редакційний і рекомендаційний характер та можуть бути враховані автором у подальших публікаціях.»

Пашинська Влада Анатоліївна, доктор фіз.-мат.наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу молекулярної біофізики Фізико-технічного інституту низьких температур ім. Б. І. Веркіна НАН України, дала позитивний відгук із зауваженнями: «*Зауваження та запитання змістовного характеру:*

1. Беручі до уваги, що під *об'єктом наукового дослідження* (як категорії наукового процесу), зазвичай розуміють явище або процес, що досліджується, та той факт, що *об'єкт* є більш широким поняттям ніж *предмет дослідження*, вважаю, що формулювання *об'єкту дослідження* в дисертації є неточним.
2. Серед методів дослідження у Вступі дисертації вказується квантово-хімічне моделювання, але незрозуміло, чому методи квантово-хімічного моделювання не згадуються в Розділі 2 «Методи досліджень», а результати моделювання не викладено в дисертації на рівні з експериментальними результатами (є тільки поодинокі згадки результатів моделювання в обговоренні в Розділі 4).
3. Загальна хімічна формула фосфоліпіда на стор. 21 представлена неправильно і не відповідає загальній структурі фосфоліпіду, що показана на рис.3 (стор.20).
4. Незрозуміло, яка молекула зображена на рис. 3.2 з підписом «Структура холестеролу», і як ця молекула, що має 3 атоми кисню в структурі, співвідноситься з формулою холестеролу $C_{27}H_{46}O$, що наведена після рисунку на стор.22.
5. Залишилося незрозумілим, що вкладав автор у термін «короткочасні взаємодії» в твердженні «... збирання ліпідів здійснюється через короткочасні взаємодії, включаючи електростатичні сили та сили Ван-дер-Ваальса» (стор. 33).
6. Хоча Розділ 1 включає огляд літератури, з першого висновку в цьому розділі неясно, чи здобувач бере до уваги якісь інші фізичні взаємодії, що забезпечують структурну організацію мембран, окрім водневих зв'язків та електростатичних сил (наприклад, гідрофобні взаємодії та інші).
7. На стор. 91 (Розділ 3) дисертації здобувач пише, що «дослідження дозволили встановити, що типові товщини пластин MoS_2 та WS_2 складають 20–40 нм», хоча вище по тексту в п. 3.1 така товщина пластин за даними СЕМ була показана тільки для частинок WS_2 .

8. Пункт 4.1.1. (Розділ 4) дисертації присвячений дослідженню ліпосом з наночастинками методом динамічного розсіювання світла. Незрозуміло, чому цей ефективний метод не описаний в Розділі 2 «Методи досліджень».
9. На стор.123 (Розділ 4) описуються мікроскопічні дослідження ліпосом зі сфінгомієліну з холестеролом. Незрозуміло з тексту, який склад цих ліпосом та скільки яких компонентів бралось для їх приготування.
10. Не зовсім зрозумілим для мене виявився зв'язок пункту 4.4 «Аналіз механізмів взаємодії», в якому містяться міркування про взаємодію молекул фосфоліпідів (або частин фосфоліпідних молекул) та наночастинок, з попередніми пунктами Розділу 4. Цей розділ починається реченням: «Адсорбція фосфоліпідів на бездефектних ділянках дисульфідів перехідних металів (WS_2 , MoS_2) є переважно нековалентною». З цього речення не зрозуміло, чи йдеться про абсорбцію окремих молекул фосфоліпідів на поверхні частинок WS_2 та MoS_2 , чи про взаємодію з цими частинками фосфоліпідів, організованих в ліпосоми (про що йшлося в попередніх пунктах Розділу 4). Після вивчення матеріалів Розділу 4 у мене залишилось запитання щодо співвідношення розмірів ліпосом та частинок WS_2 та MoS_2 у системах, що досліджувались здобувачем (Що на чому адсорбується? Чи дозволяють розміри частинок WS_2 та MoS_2 включатися в ліпосоми повністю, поглинатися?).
11. В Розділі 5 дуже цікавим є зображення клітин карциноми Льюїса, інкубованих з наночастинками WS_2 в адгезивних умовах, на рис. 58, де центральна клітина має практично прямокутну форму та великий розмір. На попередніх зображеннях цього розділу форма LLC пухлинних клітин, щоправда, в деадгезивному стані, була переважно сферичною (на рис. 58 також є клітини сферичної форми). На рис. 59 форма однієї з LLC клітин є близькою до трикутника, хоча рядом також є сферична клітина. Незрозуміло, чому здобувач не обговорює в тексті наявність на зображеннях LLC клітин з кардинальною зміною форми та розміру в присутності наночастинок WS_2 в адгезивних умовах, та з чим можуть бути пов'язані такі морфологічні зміни, які, на мій погляд, будуть значно впливати на функціональну активність цих клітин.

Граматичні та стилістичні зауваження до тексту

- В багатьох місцях по тексту та в списку літератури відмічається неправильне застосування, або відсутність необхідних розділових знаків, наприклад, відсутність крапок в кінці речень на стор. 7, стор.8, стор 18, стор.20, 25, 28, стор. 52 та інших місцях.
- На стор.2, останній абзац – маємо невідповідний відмінник слова «спектроскопія»; на стор. 3, перший абзац – невідповідне число дієслова «викликає».

- В списку публікацій, що наведено на стор. 13 в пункті 6 зазначена стаття з авторами Andrii Bodnaruk, Grygorii Monastyrskyi, Valerii Bykov, Maryna Olenchuk, Galyna Dovbeshko, при цьому, якщо піти за посиланням doi для цієї роботи, ми знаходимо цю статтю з іншою послідовністю авторів [Marina Olenchuk](#); [Galina Dovbeshko](#); [Andrii Bodnaruk](#); [Grygoryi Monastyrskyi](#); [Valerii Bykov](#).
- Умовні позначки всіх методів на стор. 16 надані в англійській аббревіатурі, а скануюча електронна мікроскопія представлена в українській аббревіатурі, це заплутує читача.
- Рис.1 (стор. 16) має назву «Модельне зображення мембрани», при цьому там зображена клітина в цілому, а деякі процеси в клітині зображені помилково (наприклад, екзоцитоз та ендоцитоз – це протилежні процеси, а вони позначені однаковими стрілками...)
- Підпис рис. 3 (стор. 20) відірваний від рисунка і знаходиться на стор.21.
- В підписі до рис. 14 (стор. 52):«Ілюстрація ІЧ і Раманівської спектроскопії та правил відбору» не зрозуміло, про який відбір йдеться.
- Формули та рівняння в Розділі 2, що описують теоретичні основи спектроскопічних методів, не пронумеровані (хоча це - пряма вимога щодо оформлення наукових робіт), тому дуже важко слідкувати за описом математичних перетворень в тексті.
- В підпису до рис. 49 (стор. 131) та рис. 57 (стор. 143) відсутні пояснення щодо літер a, b, c (та a, б, в), якими позначені три різних фото на цих рисунках.

Наведені зауваження не знижують загальної наукової цінності результатів дисертаційного дослідження, але можуть бути враховані здобувачем при подальшому розвитку теми та підготовці наукових праць. В якості загальної рекомендації щодо подальших досліджень за темою дисертації, я б порадила здобувачеві поглиблювати вивчення фізичних причин морфологічних та функціональних змін в мембранних структурах під впливом наночастинок дихалкогенідів перехідних металів, намагаючись з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки між фізичними ефектами і структурними змінами, що спостерігалися.»

Дорошенко Ірина Юрївна, доктор фіз.-мат.наук, старший дослідник, асистент кафедри фізики функціональних матеріалів фізичного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка, дала позитивний відгук із зауваженнями: «Хоча робота демонструє високий науковий рівень, деякі аспекти потребують додаткової уваги.

1. У розділі 4 зазначено, що для дослідження взаємодії між наночастинами і ліпідною мембраною проводилось квантово-хімічне моделювання, проте результати моделювання в явному вигляді у роботі не наведені. Крім того,

відсутні деталі щодо параметрів обчислень, що ускладнює оцінку отриманих даних.

2. Аналіз впливу наночастинок на фазову поведінку ліпідних рафтів базується переважно на експериментальних даних без достатнього теоретичного обґрунтування механізмів, що може обмежити інтерпретацію результатів.
3. У розділі про взаємодію з клітинами LLC не наводяться дані про можливі цитотоксичні ефекти наночастинок, що є важливим для оцінки їхньої безпеки з точки зору біомедичного застосування.
4. У роботі використовується наскрізна нумерація рисунків (від 1 до 59), хоча зазвичай рисунки нумерують відповідно до розділу дисертаційної роботи, у форматі «Рис.2.4».

Проте, зауваження не знижують загальної високої оцінки роботи та не зменшують її цінності.»

Всі члени ради взяли участь у дискусії. Кожен член ради відкрито висловив свою позицію **за присудження ступеня доктора філософії Григорію Павловичу Монастирському.**

Загальна оцінка роботи і висновок. Дисертаційна робота Монастирського Григорія Павловича *«Ефекти та механізми структурних перебудов в модельних та реальних мембранах під дією наночастинок MoS_2 та WS_2 »* присвячена дослідженню впливу двовимірних наночастинок дихальогенідів перехідних металів на структурні та спектральні характеристики ліпідних модельних систем і клітинних мембран. Дослідження охоплює аналіз модельних ліпосом різного складу, а також клітин карциноми легені Льюїс (LLC) та їх взаємодії з наночастинами MoS_2 і WS_2 із застосуванням комплексу експериментальних методів спектроскопії, електронної та оптичної мікроскопії, динамічного світлорозсіювання та енергодисперсійного рентгенівського аналізу. Робота відповідає сучасним напрямам дослідження властивостей біомембран та їх взаємодії з наноструктурованими матеріалами.

За даними методів електронної мікроскопії та енергодисперсійного аналізу встановлено, що порошки MoS_2 та WS_2 характеризуються пластинчастою морфологією, наявністю дефіциту сірки та поверхневим окисненням, що більш виражене у зразках WS_2 .

Показано, що наночастинок MoS_2 і WS_2 взаємодіють із ліпосомами як на поверхні мембрани, так і у внутрішньому об'ємі.

За результатами аналізу FTIR спектрів ліпосом із включенням наночастинок MoS_2 та WS_2 встановлено низку характерних змін у коливальних спектрах, які можуть слугувати специфічними маркерами структурних перебудов мембрани. При внутрішній локалізації наночастинок у ліпосомах спостерігалася виражена перебудова водневих зв'язків у зоні фосфатних груп. Це проявлялося у зменшенні інтенсивності та частковому ослабленні смуг, пов'язаних з O–H-коливаннями і

валентними коливаннями PO_2^- . Додатково реєструвалися смуги в області $3030\text{--}3032\text{ см}^{-1}$, які відповідають коливанням фрагмента $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$ холінової групи фосфатидилхоліну, що може свідчити про зміну конфігурації головних груп та їхнього мікросередовища під впливом частинок, розташованих у внутрішньому об'ємі ліпосоми. У випадку поверхневої адсорбції наночастинок на зовнішній стороні мембрани відзначалося підсилення смуг C=O та PO_2^- на $\approx 10\text{--}30\%$, що пов'язано із підсиленням локального електромагнітного поля поблизу поверхні наночастинок, тобто з ефектом SEIRA (Surface-Enhanced Infrared Absorption).

Отримані спектральні та морфологічні дані узгоджуються між собою і дозволили встановити взаємозв'язок між змінами в ліпосомах і змінами, зафіксованими у клітинах.

Практичне значення роботи полягає у вдосконаленні методів пробопідготовки ліпосом та клітин для електронної мікроскопії, а також у визначенні спектральних та структурних змін, пов'язаних із взаємодією наночастинок із ліпідними системами, що може бути використано у подальших біофізичних та біомедичних дослідженнях.

Зауваження рецензентів та опонентів стосуються окремих технічних аспектів оформлення дисертації, деталізації опису підготовки клітинних зразків та поглиблення аналізу механізмів дії наночастинок на мембранні структури, проте ці зауваження не впливають на загальну позитивну наукову оцінку роботи та не знижують значення отриманих результатів. Дисертаційна робота є логічно структурованою, містить чітко сформульовані мету й завдання, послідовний виклад експериментальних даних та обґрунтовані висновки.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

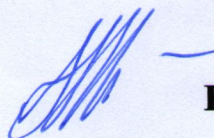
Враховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, вважаємо, що дисертаційна робота Монастирського Г.П. «Ефекти та механізми структурних перебудов в модельних та реальних мембранах під впливом наночастинок MoS_2 та WS_2 » відповідає вимогам, що викладені в постанові Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ України № 341 від 21.03.2022 р., № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024, а її автор Монастирський Григорій Павлович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 104 - Фізика та астрономія.

Результати відкритого голосування: «За» 5 членів ради

«Проти» Немає членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада Інституту фізики НАН України, м. Київ, присуджує Монастирському Григорію Павловичу ступінь доктора філософії з галузі 10 – «Природничі науки» за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія».

Голова
спеціалізованої вченої ради



НАЗАРЕНКО В.Г.



ВІРНО
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
ІНСТИТУТУ ФІЗИКИ
НАН УКРАЇНИ
В.С. МАНЖАРА