

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

на тему «Біотехнології штучного магнітомічення та природне магнітомічення клітин тварин»,

назва роботи

здобувача наукового ступеня доктора філософії

Булаєвської Марини Олександрівни

прізвище, ім'я, по батькові

з галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія

цифр, назва галузі знань

за спеціальністю 162 Біотехнології та біоінженерія.

цифр, назва спеціальності

Фаховий семінар проведений на кафедрі біоінформатики ФБТ

назва

«24» червня 2021 року, протокол № 19.

1. Актуальність теми дослідження обумовлена пошуком нових інноваційних методів таргетної доставки ліків, зокрема за допомогою магнітних наночастинок. Поведінка таких частинок в організмі, їхня роль у патогенезі багатьох захворювань та їх взаємодія з уже наявною магнітною фазою являє і науковий, і практичний інтерес. Тому виникає необхідність чіткого визначення взаємодій між магнітними наночастинками і живими клітинами. На цей час проводяться інтенсивні дослідження з вивчення можливостей використання нанорозмірних магнітних частинок для біомедичних цілей. До числа таких досліджень відносяться роботи в області нанобіотехнології, пов'язані із застосуванням наночастинок металів як субстанцій для створення нових лікарських засобів та в діагностичних цілях. Так само дослідження механізмів синтезу біогенних магнітних наночастинок у різних організмах має важливе фундаментальне значення для визначення їх ролі в патогенезі захворювань, які супроводжуються підвищенням біогенних магнітних наночастинок. На цей час є докладні дослідження біомінералізації біогенних магнітних наночастинок мікроорганізмами, але що стосується багатоклітинних організмів, то наявні лише фрагментарні дослідження. В зв'язку з цим *актуальним* було дослідження наноструктурної локалізації біогенних магнітних наночастинок, їх морфології та кількості. А також модифікація способу детекції та виділення клітин з природними та штучними магнітними властивостями.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертація виконана на кафедрі біоінформатики КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках таких науково-дослідних робіт: № 2866ф «Механізми інтенсифікації процесу сорбції іонів важких металів сухим магнітокерованим біосорбентом для очищення стічних вод» (2015-2017 рр., номер державної

реєстрації 0115U000401; виконавець) та № 2107ф «Дослідження біосорбентів з природними феримагнітними властивостями для очищення води» (2018-2020 рр., номер державної реєстрації 0118U003752; виконавець).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

Вперше за допомогою біоінформатичних методів показано, що немігруючі риби можуть бути – продуцентами біогенних магнітних наночастинок.

Вперше методами електронного парамагнітного резонансу та магнітно-силової мікроскопії продемонстровано наявність біогенних магнітних наночастинок в органах та тканинах як мігруючих, так і немігруючих риб.

Вперше показано, що БМН в органах та тканинах тварин локалізовані в провідних тканинах, так само, як у рослин та грибів.

Вперше продемонстровано накопичення магнітних наночастинок в мозку, серці, печінці й нирках риб за умови штучного магнітомічення, та лише часткове їх виведення.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Досліджені у роботі механізми взаємодії біогенних та штучних магнітних наночастинок, а також процеси накопичення штучних магнітних наночастинок у живих організмах мають важливе фундаментальне значення для визначення ролі біогенних магнітних наночастинок в патогенезі захворювань, які супроводжуються підвищенням їх вмісту, що у майбутньому дасть змогу розробити методи ефективної діагностики та лікування таких захворювань.

Визначені у роботі закономірності локалізації біогенних магнітних наночастинок важливо враховувати при отриманні векторів для цілеспрямованої доставки лікарських препаратів та біологічно активних речовин.

Результати роботи можуть бути використані у розрахунках взаємодії штучних магнітних наночастинок, які можуть бути використані у таргетній доставці ліків, із магнітними частинками, наявними в організмі людини або тварини.

5. Використання результатів роботи.

Також одержані в роботі результати впроваджено у навчальний процес у КПІ ім. Ігоря Сікорського, а саме: у викладання курсу «Основи біоінформатики» – для студентів спеціальності 133 – Галузеве машинобудування та курсу «Науково-практичні основи біоінформатики» для студентів спеціальності 162 – Біотехнології та біоінженерія на кафедрі біоінформатики.

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі.

Результати наукової роботи, які викладено в дисертації, одержані авторкою особисто або за її безпосередньої участі.

Планування експериментальної роботи проведено спільно із науковим керівником.

Дослідження біологічних зразків із застосуванням магніторезонансної спектроскопії проводили спільно з д. ф.-м. н., с. н. с. В. О. Голубом.

Дослідження біологічних зразків із застосуванням атомно-силової мікроскопії та магнітно-силової мікроскопії проводили спільно з к. т. н. І. В. Шарай. Розрахунки сили магніто-дипольної взаємодії між БМН та штучно введеними магнітними наночастинками здійснювали спільно з д. ф.-м. н., проф. О. Ю. Горобець.

Особисто авторкою описано результати досліджень, проведено їх аналіз та обговорення. Спільно із науковим керівником сформульовано висновки.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі біоінформатики факультету біотехнології і біотехніки Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", науковий керівник д. т. н., проф. Горобець С. В.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Булаєвської М. О. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 29 наукових праць, у тому числі 6 статей у наукових фахових виданнях (з них 3 статті у періодичних наукових виданнях інших держав, які входять до ОЕСР та/або Європейського Союзу, фахових виданнях України категорії «А», або закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus) та 23 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Кігель Н. Ф., Горобець С. В., Булаєвська М. О., Гнатюк А. О., Голуб В. О. Метод детекції біогенних магнітних наночастинок у біологічному матеріалі різної природи // Продовольчі ресурси: зб. наук. пр. / НААН України; Ін-т прод. ресурсів НААН України. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2016. – № 7, С. 33–37. (Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової

літератури, плануванні та проведенні експериментів, обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку)

2. Горобець С. В., Кравченко О. В., **Булаєвська М. О.**, Панченко О. С. Потенційні продуценти біогенних магнітних наночастинок серед залізо- та марганецьокиснюючих бактерій // Innovative Biosystems and Bioengineering, 2018. – Vol.2. – № 2. – P. 27–35. DOI: 10.20535/ibb.2018.2.2.124256 *(Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової літератури, проведенні біоінформатичного аналізу, обробці результатів, підготовці статті до друку)*

Статті у наукових виданнях держав, що входять до ОЕСР, ЄС

3. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievskia M.**, Sharay I. Detection of Biogenic Magnetic Nanoparticles in Ethmoid Bones of Migratory and Non-migratory Fishes // SN Applied Sciences. – 2019. – 1: 63. <https://doi.org/10.1007/s42452-018-0072-1> (Switzerland, ISSN 2523-3971) *(Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової літератури, плануванні та проведенні експериментів, обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку)*

Статті у закордонних виданнях, що входять до Scopus

4. S. Gorobets, O. Gorobets, V. Golub, **M. Gromnadska**. Ferromagnetic resonance in the ethmoid bones of salmon and silver carp // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2017. – Vol. 903. – 012001. DOI: 10.1088/1742-6596/903/1/012001 (United Kingdom, ISSN: 1742-6596) *(Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової літератури, плануванні та проведенні експериментів, обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку)*
5. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievskia M.**, Sharau I. Magnetic force microscopy of the ethmoid bones of migratory and non-migratory fishes // Acta Physica Polonica A. – 2018. – No. 3. – Vol. 133. – P. 734-737. DOI: 10.12693/APhysPolA.133.734 (Poland, ISSN 05874246) *(Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової літератури, плануванні та проведенні експериментів, обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку)*
6. Gorobets S., Gorobets O., Gorobets Yu., **Bulaievskia M.** Ferrimagnetic organelles in multicellular organisms. arXiv:1811.06717 [q-bio.TO] – Bioelectromagnetics. – 2021. *(Особистий внесок здобувача: брала участь в аналізі наукової літератури, плануванні та проведенні експериментів, обробці отриманих результатів, підготовці статті до друку)*

Матеріали конференцій

7. **Громнадська М. О.**, Горобець С. В., Голуб В. О. ФМР спектр решітчастих кісток мігруючих та немігруючих риб // X Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття» присвячена 135-й річниці від дня народження Олександра Флемінга, 22 квітня 2016, Київ. – С. 121. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту, обробці отриманих результатів та написанні тез)*
8. Gorobets S. V., Gorobets O. Yu., Golub V. O., **Gromnadska M.** Ferromagnetic resonance in the ethmoid bones of salmon and silver carp // Joint European Magnetic Symposia (JEMS), 21-26 August 2016, Glasgow, UK. Poster Session B. Nanoparticles and interfaces, nanomaterials and molecular

magnetism. – PS.2.043. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

9. Булаєвська М. О., Гетманенко К. А., Мікешина Г. І., Шарай І. В. Детекція біогенних магнітних наночастинок в грибах *Agaricus bisporus var. bisporus* // XI Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття», 21 квітня 2017, Київ. – С. 89. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
10. Булаєвська М. О., Горобець О. Ю., Шарай І. В. Магнітна силова мікроскопія решітчастих кісток мігруючих та немігруючих риб // XI Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття», 21 квітня 2017, Київ. – С. 90. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
11. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaevska M.**, Sharau I. Magnetic force microscopy of the ethmoid bones of migratory and non-migratory fishes // Sol-SkyMag International Conference, 19-23 June 2017, San Sebastian (Gipuzkoa), Spain. Poster Session (17:15-19:30, June 20, 2017). – Poster 8. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту, обробці отриманих результатів та написанні тез)*
12. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievaska M.**, Sharau I. Magnetic force microscopy of the ethmoid bones of migratory and non-migratory fishes // PHYSICS OF MAGNETISM 2017 (PM'17), 26-30 June 2017, Poznan, Poland. – P-8-08. – P. 228. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
13. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievaska M.**, Valverde V. M., Hetmanenko K., Sharay I. Biogenic magnetic nanoparticles in representatives of kingdom Fungi // IEEE AIM 2018, February 4 - 7, 2018, La Thuile, Italy. Posters (Tuesday February 6 th, 2018, 13:45-16:00). – P16. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
14. Gorobets S., Gorobets O., Duduk A., **Bulaievaska M.**, Sharay I. Comparative characteristics of biogenic magnetic nanoparticles in plant, fungi and animal organisms // IEEE AIM 2018, February 4 - 7, 2018, La Thuile, Italy. Posters (Tuesday February 6 th, 2018, 13:45-16:00). – P17. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту, обробці отриманих результатів та написанні тез)*
15. Горобець О. Ю., Булаєвська М. О. Аналіз наявності біогенних магнітних наночастинок в органах та тканинах тварин та, зокрема, людини // XII Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття» присвячена 100-річчю Артура Корнберга, 20 квітня 2018, Київ. – С. 80. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
16. Горобець С. В., Булаєвська М. О., Медведєв О. В., Шарай І. В. Біогенні магнітні наночастинок в різних органах тварин // XII Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття» присвячена 100-річчю Артура Корнберга, 20 квітня 2018, Київ. – С. 81. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

17. Горобець С. В., Дудук А. В., Булаєвська М. О. Порівняльна характеристика біогенних магнітних наночастинок у рослин, грибів і тварин // XII Всеукраїнська науково-практична конференція «Біотехнологія XXI століття» присвячена 100-річчю Артура Корнберга, 20 квітня 2018, Київ. – С. 82. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
18. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievskia M.**, Sharay I. Detection of Biogenic Magnetic Nanoparticles in Ethmoid Bones of Migratory and Non-migratory Fishes // ICSM2018, 29 April – 04 May, 2018, Beldibi/Antalya, Turkey. – Abs. ID 3416/ - Board ID TUE-C7 (Tuesday, 01.05.2018). *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
19. Горобець С. В., Булаєвська М. О., Зелінська О. М. Метод детекції біогенних магнітних наночастинок у представників царства рослин // Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії». – Переяслав-Хмельницький, 2018 р. – С. 21-24. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
20. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievskia M.** Analysis of the presence of biogenic magnetic nanoparticles in organs and tissues of animals and humans // 9th Joint European Magnetic Symposia (JEMS) Conference 2018, 3 - 7 September 2018, Mainz, Germany. – A-1938. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
21. Kalmykova T. V., Tarapov S. I., Gorobets S. V., Gorobets O. Y., **Bulaievskia M. O.**, Getmanenko K. A. Electronic Spin Resonance in oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*, grown on a substrate with the addition of magnetite // 3rd International School on Magnonics 2018 (IASM'2018), Kyiv, Ukraine, September 17-21, 2018. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
22. Gorobets S., Gorobets O., **Bulaievskia M.** The presence of biogenic magnetic nanoparticles in organs and tissues of animals and humans // Materials II International Scientific and Practical Internet-conference «BIOTECHNOLOGY: EXPERIENCE, TRADITIONS AND INNOVATIONS». – Nov. 15, 2018. – Kyiv, Ukraine. – p. 88. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
23. Булаєвська М. О., Шарай І. В. Аналіз наявності біогенних магнітних наночастинок в м'язах мігруючих та немігруючих риб // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019) / Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 85. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*
24. Горобець О. Ю., Булаєвська М. О., Гетманенко К. А. Пошук потенційних продуцентів біогенних магнітних наночастинок серед тварин із блакитною кров'ю // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 19 квітня 2019) /

Міністерство освіти і науки України, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Національна академія наук України, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 89. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

25. Gorobets S. V., Gorobets O. Y., **Bulaevskaya M. O.**, Darmenko Y. A., Aznakayeva D. E. AFM and MFM of biogenic magnetic nanoparticles in human organ in norm and pathology // SPIE Optics + Photonics 2019, SanDiego, California, United States, 11-15 August 2019. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту, обробці отриманих результатів та написанні тез)*

26. **Bulaievska M. O.** Research advisor: Gorobets S. V. Detection of biogenic magnetic nanoparticles in muscles of migratory and non-migratory fishes // VIII Міжнародна науково-практична онлайн конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «БІОТЕХНОЛОГІЯ: ЗВЕРШЕННЯ ТА НАДІЇ», Київ, Україна, 15 листопада 2019. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

27. **Bulaievska M. O.** Research advisor: Gorobets S. V. Producers of biogenic magnetic nanoparticles among animals with blue blood // Сьогодення біологічної науки: матеріали III Міжнародної наукової конференції, Суми, Україна, 15-19 листопада 2019. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні біоінформатичного аналізу, обробці отриманих результатів та написанні тез)*

28. **Булаєвська М. О.** Науковий керівник: Горобець С. В. Розподіл штучно введених магнітних наночастинок в організмі тварин // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 24 квітня 2020. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

29. Горобець С. В., Горобець О. Ю., **Булаєвська М. О.** Вплив штучно введених магнітних наночастинок на метаболізм тварин // «Біотехнологія XXI століття»: матеріали XV Всеукраїнської науково-практичної конференції, Київ, 23 квітня 2021. – С. 122. *(Особистий внесок здобувача: брала участь у проведенні експерименту та написанні тез)*

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Булаєвської М. О. «Біотехнології штучного магнітомічення та природне магнітомічення клітин тварин», яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп.9, 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

Дисертаційну роботу «Біотехнології штучного магнітомічення та природне магнітомічення клітин тварин», подану Булаєвською Мариною Олександрівною на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Рецензенти:

Д. т. н., доц., завідувач кафедри
промислової біотехнології

Тетяна ТОДОСІЙЧУК

К. т. н., с. н. с., доцент кафедри
біоінформатики

