

Дослідження біосорбентів з природними феримагнітними властивостями для очищення води

Исследование биосорбентов с естественными феримагнитными свойствами для очистки воды

Research of biosorbents with natural ferrimagnetic properties for water purification

1. **Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті - 0118U003752.**
2. **Науковий керівник - д.т.н., проф. Горобець С. В., Горобец С. В., Gorobets Svitlana,**
3. **Суть розробки, основні результати.**

(укр.) Метою проєкту є обґрунтування і розроблення теоретичних та експериментальних наукових засад технології природного та штучного магнітного мічення мікроорганізмів та грибів з БМН для очищення води. В результаті проведених досліджень виявлено потенційні продуценти БМН серед мікроорганізмів з БМН (бактерій, мікроводоростей) та грибів, що використовуються для очищення води. Систематизовано мікроорганізми з БМН (бактерій, мікроводоростей) та грибів, за наявності або відсутності кристалічної структури та локалізацією утворень БМН. Розроблено методику обробки біосорбентів в зовнішньому електричному і магнітному полях з природними феримагнітними властивостями, для очищення стічної, природної та питної води. Розроблено креслення лабораторної установки для виготовлення біосорбентів, що володіють слабкими природними феримагнітними властивостями. Отримані експериментальні дані про ефективність вилучення відпрацьованого біосорбенту з природними феримагнітними властивостями за допомогою ВГМС з ВГФН. Розраховано модель магнітодипольної взаємодії, що виникає між БМН мікроорганізмів (бактерій, мікроводоростей) та грибів, що використовуються для очищення води, та штучними магнітними наночастинками при їх магнітоміченні; модель магнітогідродинамічних ефектів, розрахунок магнітостатичних полів розсіяння феромагнітними зразками; модель процесу уловлювання магнітокерованого біосорбенту однорівневою та багаторівневою (дендритною) феромагнітною насадкою в магнітному полі. Отримано експериментальні дані щодо магнітних властивостей мікроорганізмів з БМН (бактерій, мікроводоростей), грибів та штучно магнітомічених мікроорганізмів з БМН (бактерій, мікроводоростей) та грибів, визначена їх сорбційні здатності та встановлено параметри ефективності гомогенного та стабільного магнітомічення.

(рос.) Цель проекта – обоснование и разработка теоретических та экспериментальных научных основ технологии естественного магнитомечения микроорганизмов та грибов с БМН для очистки сточных вод. В результате проведенных исследований найдено потенциальных продуцентов БМН среди микроорганизмов с БМН (бактерий, микроводорослей) та грибов, которые используют для очистки сточных вод. Систематизировано микроорганизмы с БМН (бактерии, микроводорослей) та грибов, за наличием или отсутствием кристаллической структурой и локализацией БМН. Разработано методику обработки биосорбентов внешним электрическим и магнитным полем с естественными феримагнитными свойствами, для очистки сточной, натуральной та питьевой воды. Разработан чертеж установки для изготовления биосорбентов со слабыми естественными феромагнитными свойствами. Получены данные про эффективность выделения отработанного биосорбента с натуральными феримагнитными свойствами с помощью ВГМС с ВГФН. Рассчитано модель магнітодипольного взаимодействия, что возникает между БМН микроорганизмов (бактерии, микроводоросли) и грибов, которые используют для очистки сточных вод, и искусственными магнитными наночастицами при их магнитомечении; модель магнітогідродинамічних ефектов, расчет магнітостатических полей рассеивания феромагнитными образцами; модель

процесу улавлювання магнітоуправляемого біосорбента одноуровневої і багаторівневої (дендритної) насадкою в магнітному полі. Отримано дані про магнітні властивості мікроорганізмів з БМН та штучно магнітомечених мікроорганізмів з БМН, які використовують для очищення стічних вод. Встановлено сорбційну ємність мікроорганізмів з БМН (бактерія, мікродоросль) і грибів. Визначено параметри ефективного однорідного і стабільного магнітомечення.

(eng.) The aim of the project is to substantiate and develop theoretical and experimental scientific principles of technology of natural and artificial magnetic labeling of microorganisms and fungi from BMN for water purification. As a result of the research, potential producers of BMN were identified among microorganisms from BMN (bacteria, microalgae) and fungi used for water purification. Systematized microorganisms from BMN (bacteria, microalgae) and fungi, in the presence or absence of crystal structure and localization of BMN formations. A method of processing biosorbents in external electric and magnetic fields with natural ferrimagnetic properties for wastewater, natural and drinking water treatment has been developed. Drawings of a laboratory installation for the manufacture of biosorbents with weak natural ferrimagnetic properties have been developed. Experimental data on the efficiency of extraction of spent biosorbent with natural ferrimagnetic properties using VGMS with VGFN were obtained. The model of magnetodipole interaction that occurs between BMN of microorganisms (bacteria, microalgae) and fungi used for water purification and artificial magnetic nanoparticles during their magnetocomposition is calculated; model of magnetohydrodynamic effects, calculation of magnetostatic scattering fields by ferromagnetic samples; model of the process of capture of magnetically controlled biosorbent by single-level and multilevel (dendritic) ferromagnetic nozzle in magnetic field. Experimental data on the magnetic properties of microorganisms from BMN (bacteria, microalgae), fungi and artificially magnetized microorganisms from BMN (bacteria, microalgae) and fungi were obtained, their sorption abilities were determined and the efficiency parameters of homogeneous magnetism were established.

Докладніше про переклад "established."

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

1. Горбик П.П., Петрановська А.Л., Абрамов М.В., Павленко О.Л., Горобець С.В., Захарчук Н.К. Нанокompозитний матеріал. Патент України на корисну модель № 126159, опубл. 11.06.2018, бюл. № 11/2018

2. Горбик П.П., Петрановська А.Л., Абрамов М.В., Туранська С.П., Пилипчук Є.В., Опанащук Н.М., Куліш М.П., Горобець С.В., Захарчук Н.К. Нанокompозитний матеріал. Патент України на корисну модель № 127733, опубл. 27.08.2018, бюл. №16/2018

3. Горобець С.В., К.А. Гетманенко, Л.А. Євжик Спосіб отримання магнітокерованого біосорбенту на основі біомаси гриба *Agaricus bisporus* Патент на корисну модель Номер заявки № u 2018 06775; Патент України № 131565, МПК (2018.01) C02F 1/48, Заявл. 15.06.2018; Опубл. 25.01.2019, бюл. № 2., 2019.

4. Горобець С.В., Гетманенко К.А., Ковальов О.В., Пономаренко Д.С., Боровик І.В. Спосіб отримання магнітокерованого сорбенту на основі мікроорганізмів активного мулу Заявка на корисну модель № u 2018 08863 Заявл. 21.08.2018, Опубл. 11.03.2019, бюл. № 5, 2019.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Робота виконана на світовому рівні.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Робота фундаментальна, але проведені дослідження призведуть до створення магнітокерованого сорбенту для очищення стічних вод, що значно зменшить собівартість процесу.

7. Потенційні користувачі.

Підприємства по очистці стічних вод від іонів важких металів міського значення, металургійні підприємства, які використовують для виробництва значні об'єми води.

8. Стан готовності розробки.

Лабораторний зразок сорбенту.

9. Існуючі результати впровадження.

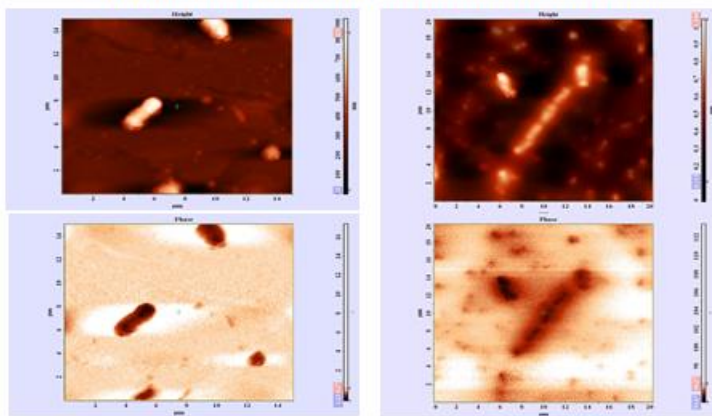
Отримано листи підтримки для впровадження розробок даного дослідження від ТОВ «НВП ЕКОСПЕЦПРОМ», Україна, м. Чернігів, 14013, вул. Савчука, 7/27 та від ФОП «Дзюба», Україна, м. Чернігів, 14033, вул. проспект Перемоги 155/4.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

Кафедра біоінформатики, ФБТ, 0442049954, pitbm@ukr.net

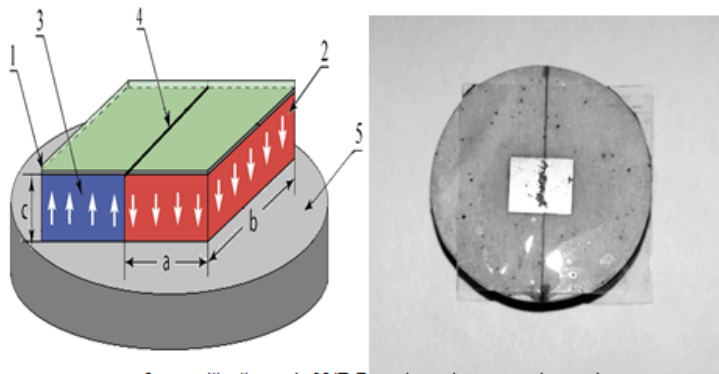
11. Фото розробки.

Метод модифікації біосорбентів на основі мікроорганізмів з природними магнітокерованими властивостями



а) Зображення клітин *E. coli* Nissle 1917, вирощених на стандартному середовищі (МПА) та б) з хелатами заліза, отримані за допомогою АСМ і МСМ.

Спосіб детекції клітин з природними та штучними магнітокерованими властивостями



1 – покривне скло; 2 – постійний магніт NdFeB з орієнтацією намагніченості вниз, 3 – постійний магніт NdFeB з орієнтацією намагніченості вгору, як показано білими стрілками; 4 – лінія поверхні контакту двох постійних магнітів NdFeB; a=23 мм, b=30 мм, c=10 мм, 5 – магнітопровід.

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання

Монографії

1. Oksana Yuriivna Gorobets, Svitlana Vasylivna Gorobets, Yuri Ivanovich Gorobets Biogenic Magnetic Nanoparticles In Metabolism From Bacteria To Human ISBN 978-3-330-00964-6, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2020. pp. 164.

https://www.morebooks.shop/bookprice_offer_2bebc2c1f85f215c4e8ac68985a0024e144c075a?locale=gb¤cy=EUR

2. Nuclear Project: Past and Present. V.G. Bar'yakhtar, Yet. Bykovski, I.V. Bar'yakhtar; Institute of Magnetism of National Academy of Sciences of Ukraine and the Ministry of Education and Science of Ukraine. – Kyiv: Akadempriodyka, 2018. – 68 p. ISBN 978-966-360-359-9. http://library.kpi.kharkov.ua/files/new_postupleniya/nuclear.pdf.

3. Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення: монографія / С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, П.П. Горбик, І.В. Уварова.– Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018.– 480 с.

http://condor-books.com.ua/index.php?route=product/product&path=1&product_id=845

підручники та навчальні посібники з грифом університету

1. Горобець С. В. Біоінформатичні бази даних [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, М. О. Булаєвська ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,86 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 117 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36457>

2. Горобець С. В. Біоінформатика [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / С. В. Горобець, О. Ю. Горобець, І.В. Дем'яненко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 97с.

публікації у журналах, що входять до наукометричних баз даних Scopus, WoS у реферованих журналах,

1. Mikeshyna H.I. Influence of biogenic magnetic nanoparticles on the vesicular transport / H.I. Mikeshyna, Y.A. Darmenko, O.Yu. Gorobets, S.V. Gorobets, I.V. Sharay, O.M. Lazarenko // Acta Physica Polonica A. – 2018. – Vol. 133. – № 3. – P.731-733.

2. Gorobets S. Magnetic force microscopy of the ethmoid bones of migratory and non-migratory fishes / S. Gorobets, O. Gorobets, M. Bulaievskia, I. Sharau // Acta Physica Polonica A. – 2018. – Vol. 133. – № 3. – P.734-737.

3. Gorobets O. Yu. Detection of biogenic magnetic nanoparticles in human's aortic aneurysms / O. Yu. Gorobets, S.V. Gorobets, Y.A. Darmenko, I. V. Sharay, O.M. Lazarenko // Acta Physica Polonica A. – 2018. – Vol. 133. – № 3. – P.738-741.

4. Gorobets S. Biogenic magnetic nanoparticles in human organs and tissues / Gorobets S., Medvediev O., Gorobets O., Ivanchenko A. // Progress in Biophysics and Molecular Biology. – 2018. – Vol. 135. – P.49-57. DOI: 10.1016/j.pbiomolbio.2018.01.010

5. Yu. I. Gorobets, O. Yu. Gorobets, D. O. Derecha, Yu. B. Skirta, I. V. Gerasimchuk, V. V. Konovalova, A. A. Kyba Electrolyte–electrolyte phase separation under the influence of a DC magnetic field // Applied Nanoscience volume 9, pages 859–863(2019) <https://doi.org/10.1007/s13204-018-0827-4>.

6. Shpetnyi, I. O.; Kondrakhova, D. M.; Vorobiov, S. I.; Scheibe, B.; Grebinaha, V. I.; Derecha, D. O.; Gorobets, Yu. I.; Protsenko, I. Yu. The Structural-Phase State and Magneto-resistive Properties of Thin Film Alloys Obtained by Co-Evaporated Cu and Co. Journal of Magnetism and Magnetic Materials 2019, 474, 624–631. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2018.12.013>.

7. D.O. Derecha, Y.B. Skirta, I.V. Gerasimchuk, A.V. Hruzevych Statistical and Fourier analysis of the vortex dynamics of fluids in an external magnetic field *Journal of Electroanalytical Chemistry* 873, 114399

8. V.G. Bar'yakhtar, A.G. Danilevich, V.N. Krivoruchko Magneto-chiral nonreciprocity of spin wave damping in long-period structures *Physical Review B* 99 (10), 104407, 2019 DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.99.104407>

9. Gorobets S. Mechanisms of the influence of artificial and biogenic magnetic nanoparticles on the metabolism of fungi / S. Gorobets, O. Gorobets, L. Yevzhyk, I. Kovalchuk, I. Sharai // *Functional Materials*. – № 1. – 2021 (прийнята до друку)

10. S.V. Gorobets, L.A. Yevzhyk, I.A. Kovalchuk, O.V. Kovalev / Production of magnetically controlled biosorbents based on fungi *Agaricus bisporus* and *Lentinula edodes* // *Biotechnologia Acta*. – 2019, С. 63-71.

11. Горобець С.В., Кравченко О.В., Булаєвська М.О., Панченко О.С. Біоінформаційне виявлення продуцентів біогенних наночастинок серед залізо- та марганецьокиснюючих бактерій // *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 2018. Ст.90-97 – Vol.2. – № 2.

12. Горобець С.В. Отримання магнітокерованого біосорбенту на основі мікроорганізмів активного мулу / С.В. Горобець, К.А. Гетманенко, Д.С. Пономаренко, О.В. Ковальов, І.В. Боровик // *Innovative Biosystems and Bioengineering*, 2018. – Vol.2. – №4. – Р. 262-270.

13. Горобець С.В. Виявлення продуцентів біогенних магнітних наночастинок серед представників грибів відділів аскоміцети (*Ascomycota*) та базидіоміцети (*Basidiomycota*) / С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, І.А. Ковальчук, Л.А. Євжик // *Innov Biosyst Bioeng*. – 2018. – 2(4). – С. 144-148.

14. С. Горобець, О. Горобець, К. Бутенко, Потенційні продуценти біогенних магнітних наночастинок серед патогенних і умовно-патогенних мікроорганізмів. *Innov Biosyst Bioeng*. – 2018. стр.23-32

15. Svitlana Gorobets, Oleh Radionov, Oleksiy Kovalev Production of Magnetically Controlled Biosorbents Based on Fungi *Pleurotus ostreatus* // *Innov. Biosystems and Bioengineering*. – Vol. 4. - №2. – 2020, p. 90-94. DOI: <https://doi.org/10.20535/ibb.2020.4.2.199367>

16. S.V. Gorobets, L.A. Yevzhyk, I.A. Kovalchuk, O.V. Kovalev / Production of magnetically controlled biosorbents based on fungi *Agaricus bisporus* and *Lentinula edodes* // *Biotechnologia Acta*. – 2019, С. 63-71.

17. S. Gorobets, O. Gorobets, L. Kuzminykh, R. Shevgalishyn / Magnetic hyperthermia of microorganisms with natural ferrimagnetic properties. // *Proceedings of the National Aviation University*. 2019. No. 2 (79): P. 76–84

18. Gorobets S., Gorobets O., Bulaievska M., Sharay I. / Detection of Biogenic Magnetic Nanoparticles in Ethmoid Bones of Migratory and Non-migratory Fishes // *SN Applied Sciences*. – 2019. – 1: 63.

19. М.В. Абрамов, А.Л. Петрановська, Е.В. Пилипчук, С.П. Туранська, Н.М. Опанащук, Н.В. Кусяк, С.В. Горобець, П.П. Горбик. Магніточутливі поліфункціональні наноконструкції на основі магнетиту і гідроксиапатиту для застосування в онкології. *Поверхність*. 2018. Вып. 10(25). С. 244–285.

20. С.П. Туранська Синтез, властивості та застосування в онкотерапії наноконструкцій на основі гемцитабіну/ С.П. Туранська, Н.М. Опанащук, А.Л. Петрановська, Н.В. Кусяк, Б.І. Тарасюк, С.В. Горобець, В.В. Туров, П.П. Горбик, М.В. Абрамов // *Поверхня. Збірник наукових праць*. - 2019. - Вып. 11(26), - С. 577–616.

21. Т.В. Калмыкова, С.И. Тарапов, А.С. Вакула, С.В. Горобец, О.Ю. Горобец, Ю.И. Горобец, М.А. Булаевская, К.А. Гетманенко Features of electron spin resonance in biological objects of *Pleurotus ostreatus* grown on a substrate with magnetite injection ISSN 1028-821X. *Radiofiz. Electron*. 2020. Vol. 25, No. 2: 38–45 DOI: <https://doi.org/10.15407/rej>

Захищені дисертації

1. Карпенко Ю.В., тема дисертації – «Біотехнологія магнітомічення дріжджів *Saccharomyces cerevisiae*, як біосорбенту катіонів важких металів» к.т.н по спеціальності 03.00.20 «біотехнологія», захист відбувся 01.06.2018 рок; Спеціалізованої вченої ради Д 26.002.28, керівник зав. кафедри біоінформатики, д.т.н., професор Горобець С.В.

2. Ковальов О.В, тема дисертації – «Біотехнологія вилучення іонів важких металів та інших домішок сухим магнітоміченим біосорбентом на основі *Saccharomyces cerevisiae*», на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 03.00.20 «біотехнологія», захист відбувся 09.02.2018 рок; Спеціалізована вченої ради Д 26.002.28, науковий керівник зав. кафедри біоінформатики, д.т.н., професор Горобець С.В.

13. Надати ключові слова до розробки

Біогенні магнітні наночастинки, сухий магнітокерований біосорбент, біосорбція, наночастинки магнетиту, механічне перемішування, активний мул, магнітокерована фракція грибів, магнітокеровані бактерії.