

ПРИКЛАДНІ ОБЛАСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕДИЧНОЇ ФІЗИКИ

Никуруй Л.І.¹, Яремій І.П.¹, Замуруєва О.В.², Тимошук А.Б.², Федосов С.А.²

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна

²Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна
zamuraeva.o@gmail.com

В останні роки все рідше зустрічаються публікації, що стосуються саме конкретних наук, як фізика, хімія, медицина, тощо. Це є наслідком сучасних викликів, коли перед науковцями ставляться задачі, які для їх реалізації потребують використання дослідницької бази інших наук. Отже, закономірним є виникнення нових міждисциплінарних напрямів, зокрема, таких як відновлювальна енергетика, медична фізика, мехатроніка, тощо. Відповідно, більшу роль отримують дослідження, які є «на стику» різних наук, як фізика і хімія, фізика і медицина, фізика і інформатика (комп'ютерні науки), тощо. З огляду на виклики пандемії, а також бажання людей зробити життя тривалішим і безпечнішим, фундаментальні та прикладні дослідження з медичної фізики відносяться також до пріоритетних для всіх країн світу.

На вітень 2022 року у наукометричній базі Scopus відображено понад 20 тис. документів з «Medical physics» (Медична фізика), сумарний h-індекс для них складає $h = 192$. Аналіз самих публікацій з медичної фізики вказує на практичне значення таких досліджень. Найбільш цитована публікація у світі, до написання якої долучилися 127 співавторів, вивчає широкий спектр функціональних можливостей набору інструментів GEANT4 для імітації проходження частинок через речовину [1]. Даний інструментарій є результатом всесвітньої співпраці фізиків та інженерів програмного забезпечення і був використаний у фізиці елементарних частинок, ядерній фізиці, проектуванні прискорювачів, космічній техніці та медичній фізиці. До найбільш цитованих з медичної фізики відноситься ціла серія робіт, присвячених дослідженню оптичних пінцетів, які можуть маніпулювати об'єктами від кількох десятків нанометрів [2], біохімічним дослідженням для розробки ліків із акцентом на наночастинки [3-5], дослідженню, розробці діагностичних пристроїв та обробці зображень [6-9], тощо. Тобто, це публікації, які мають чітке практичне спрямування, однак містять також і повний спектр фундаментальних досліджень.

Незаперечним лідером за кількістю публікацій (6 349) є США. Кількість публікацій науковців зі США становлять третину усіх публікацій у світі. Обґрунтованим є рейтинг провідних установ, які займають передові позиції за кількістю публікацій, і сповна відповідає рейтингу за державою. Це науково-дослідні центри, які, як і країни загалом, є однозначними лідерами в дослідженнях з медичної фізики *Європейська організація з ядерних досліджень* (Швейцарія), де працюють кращі науковці світу з різних галузей знань для розв'язання найглобальніших проблем людства, *Онкологічний центр ім. М.Д. Андерсона техаського університету* (США), *Університет Мічигану в Енн-Арбор* (США), *Медична школа Гарварда* (США), *Мюнхенський технічний університет* (Німеччина) тощо.

Серед грандів світової науки, які найчастіше є авторами публікацій і найбільш цитованими в області медичної фізики відносяться (к-ть публікацій в Scopus): Hendee W.R. (69), Yamaya T. (56), Pia M.G. (51), Yoshida E. (48), Rosenfeld A.B. (44), Petasessa M., Yanagida T. (41), Orton C.G. (40), Guatelli G. (39).

Для дослідників з українських організацій кількість публікацій з медичної фізики значно менша загальносвітової і складає, відповідно 119 із h-індексами $h = 12$. Провідними українськими установами за кількістю публікацій з медичної фізики є: *Національна академія наук України, Вінницький національний технічний університет, Інститут сцинтиляційних матеріалів НАНУ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»*. Серед українських науковців найавторитетнішими у досліджуваних наукових напрямках є (к-ть публікацій в Scopus) – Perevertaylo V.L. (14), Zinets O. і Zlerko S.M. (4), Anokhin I.E. (3).

Дещо складніше робити висновки за галуззю знань, з якою позиціонується певна публікація. Для всіх публікацій по світу за напрямом «Медична фізика», лідерство тримають «Медицина», «Фізика та астрономія» і «Інженерія». Для України переважаючі галузі за окремими напрямами такі ж як у світі, лише з дещо іншим відсотком. Для медичної фізики є значний «перекос» (світ і Україна) у галузях знань «Медицина» (26,3 % і 10,8 %), «Фізика та астрономія» (22,2 % і 30,4 %). Лідерство «Медицини» вказує, швидше за все на те, що відповідні дослідження більше інтегровані саме до конкретних галузей медицини і перейшли у практичне русло. Якщо ж лідирує за кількістю публікацій галузь знань «Фізика та астрономія», то можна припустити, що представники відповідних країн починають розвивати дану галузь, намагаються знайти застосування результатів своїх колективів для медицини, але спираються у більшості на попередні результати. Однак, це не завжди справедливе. Часто такі напрями визначаються наявною матеріальною базою. Але ще частіше статті такого роду публікуються у співпраці вчених з різних країн, де кожна наукова група чітко виконує свою частину роботи.

Схожим є аналіз країн, з представниками яких частіше йдуть на співпрацю. Як правило, це країни, які мають можливість надати матеріальну базу високого рівня. Для України закономірно там бачити США, Німеччину, Польщу, Австралію, Казахстан, РФ. Хоча США, не дивлячись на високий економічний потенціал та суттєво вищі показники за кількістю публікацій, не є переважаючими серед країн-партнерів. Поясненням цього може бути значно вища підтримка досліджень у області медичної фізики у самій країні та, відповідно, значна кількість публікацій без іноземних партнерів.

Для України ситуація із державною підтримкою складніша. Дуже мала кількість публікації, де вказано виконання за сприянням НАНУ, МОНУ та ДФФД МОНУ. Зате є публікації із українськими вченими, дослідження яких підтримані *Міністерством вищої освіти Малайзії, Комісією з атомної енергетики Сирії, Урядом Австралії*, тощо. Найбільші спонсори для України – *Australian Research Council, European Commission, Australian Nuclear Science and Technology Organization, Deutsche Forschungsgemeinschaft*, тощо. Фінансують українські дослідження і загально світові спонсори: *National Institutes of Health, National Science Foundation*.

Як правило, українські вчені виконують свої дослідження або в закордонних інституціях, вигравши певний дослідницький грант, або українська організація

співпрацює із закордонною, та певний вчений (вчені) є співавтором статті. Однак, існує й інша проблема: науковці з України часто не деталізують увагу на метаданих (не вказують виконання у рамках певного гранту), або просто виконують дослідження без фінансової підтримки. Лише близько чверті публікацій з українськими науковцями із проіндексованих мають відомості про фінансування дослідження.

На основі аналітичних можливостей міжнародної наукометричної бази Scopus визначено основні тенденції розвитку медичної фізики у світі та Україні. Недостатнє представлення публікацій, які подаються від українських організацій пояснено низкою факторів:

1) початковим етапом в розвитку цих напрямів серед світової наукової спільноти, які спричинені потребами у наявності сучасної та дорогої матеріальної бази та ліцензованого програмного забезпечення;

2) відсутністю зовнішнього фінансування таких досліджень чи відсутністю чіткого інформування, за кошти яких саме грантів виконується конкретне дослідження;

3) публікацією актуальних результатів у виданнях суто «фізичних» чи «медичних», замість більш популярних журналів у колі фахівців саме з медичної фізики;

4) використанням ключових слів та анотацією, які більше актуальні саме фізиці чи медицині ніж медичній фізиці. Однак, міжнародна співпраця українських вчених заслуговує уваги та вказує на перспективи розвитку цих напрямів.

Література:

1. Agostinelli S., Allison J., Amako K., et al. GEANT4 - A simulation toolkit. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A*. 2003. Vol. 506, № 3. P. 250–303.
2. Grier D.G. A revolution in optical manipulation. *Nature*. 2003. Vol. 424, № 6950. P. 810–816.
3. Niemeyer C.M. Nanoparticles, proteins, and nucleic acids: biotechnology meets materials science. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2001. Vol. 40, № 22. P. 4128–4158.
4. West J.L., Halas N.J. Engineered nanomaterials for biophotonics applications: improving sensing, imaging, and therapeutics. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 2003. Vol. 5, № 1. P. 285–292.
5. Junghanns J.U.A., Müller R.H. Nanocrystal technology, drug delivery and clinical applications. *Int. J. Nanomed.* 2008. Vol. 3, № 3. P. 295.
6. Sidky E.Y., Pan X. Image reconstruction in circular cone-beam computed tomography by constrained, total-variation minimization. *Phys.Med. Biol.* 2008. Vol. 53, № 17. P. 4777.
7. West J., Fitzpatrick J.M., Wang M.Y., et al. Comparison and evaluation of retrospective intermodality brain image registration techniques. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 1997. Vol. 21, № 4. P. 554–568.
8. Boas D.A., Dunn A.K. Laser speckle contrast imaging in biomedical optics. *J. Biomed. Opt.* 2010. Vol. 15, № 1. P. 011109.
9. Ashkin A. Optical trapping and manipulation of neutral particles using lasers. *Proc. National Acad. Sci.* 1997. Vol. 94, № 10. P. 4853–4860.