doi: https://doi.org/10.15407/visn2017.07.054

МРИГЛОД
Олеся Ігорівна —
кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
лабораторії статистичної фізики
складних систем Інституту
фізики конденсованих систем
НАН України
ORCID: 0000-0003-4415-7061

ВІД ФІЗИКИ ДО НАУКОМЕТРІЇ: ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

За матеріалами наукового повідомлення на засіданні Президії НАН України 29 березня 2017 року

У рамках міждисциплінарного напряму науки про складні системи фізики застосовують власні підходи та методи до вирішення нефізичних задач різної природи. Наука як об'єкт вивчення також належить до складних систем з особливими типами соціальних взаємодій. Отже, наукометричні проблеми стали прикладом новітнього застосування в тому числі методів статистичної фізики. У доповіді проілюстровано приклади таких задач: у першій досліджено еволюцію наукового напряму; у другій здійснено аналіз процесу онлайн-завантажень наукових публікацій як основи для кількісної оцінки їх привабливості; у третій перевірено кореляції між експертними оцінками наукових установ та відповідними цитат-індексами.

***Ключові слова*:** складні системи, наукометрія, еволюція наукового напряму, альтметрики, експертні та кількісні оцінки.

Наука як складна система та об'єкт кількісного вивчення

Задачі аналізу нефізичних об'єктів методами фізики раніше відносили до розряду екзотичних. Нині з таких задач сформувався порівняно новий напрям під назвою *фізика складних систем*. Чому фізика та у чому складність відповідних систем? Відповіді на ці питання криються, власне, в особливості згаданого напряму: використовуючи понятійний апарат, методи та особливий спосіб «думання», фізики намагаються отримати інформацію (нове знання) про біологічні чи інформаційні системи, кількісно проаналізувати лінгвістичні об'єкти тощо. Спектр таких задач надзвичайно широкий, з формального боку він охоплює системи, що складаються з багатьох взаємодіючих частинок (агентів) та демонструють нетривіальну колективну поведінку. Власне, *складні системи* досі не мають однозначного визначення, проте вони чітко ідентифікуються за певним набором характеристик [1, 2].

Серед них виділяють такі, як:

• *Самоорганізація*, зокрема структурна, коли відбувається самовільне утворення певних невипадкових структур у системі. Прикладом може бути сегрегація населення за різними ознаками подібності: соціально-економічним статусом або національною належністю.

• *Емерджентність*. За відсутності українського аналога, цей англомовний термін характеризує виникнення нової функціональності у поведінці системи як цілого. Передбачити такий ефект, знаючи лише властивості окремих складових системи, — задача далеко не тривіальна.

• *Чутливість усієї системи до найменших змін початкових параметрів*. Як приклад можна згадати відомий «ефект метелика». Випадковий незначний чинник може спричинити ланцюжок наслідків, який, наче перекинута фішка доміно, спровокує значущу подію в іншому місці у певний час.

• *Підпорядкування степеневим законам*, коли випадкові величини, що характеризують стан системи, описуються розподілами з *«товстими хвостами»*. Це означає, що гіпотетично малоймовірні події насправді є не такими рідкісними, як могло б випливати з нормального розподілу.

Вже усталений термін «складні», який застосовують для опису вищеозначених систем, в англомовній літературі звучить як *complex*, що певною мірою знімає антагонізм із поняттям «прості системи». Тому, коли говорять про складні системи, мають на увазі насамперед складність у їх поведінці, що характеризується наведеними вище властивостями.

Дослідження складних систем поступово оформилися в окремий потужний міждисциплінарний напрям науки. Теорія складних систем, або *наука про складні системи*, активно розвивається, комбінуючи об'єкти та методи з різних дисциплін. Наприклад, у рамках цього підходу ефективно розв'язуються гуманітарні чи соціальні задачі. Багато відомих раніше міждисциплінарних напрямів, таких, скажімо, як соціо- чи економофізика, нині сміливо можна вважати частиною загальної науки про складні системи. Більше того, в результаті сміливого міксування великої кількості дисциплін було виявлено універсальні закони, яким однаково підпорядковуються системи цілком різної природи. Так, поняття перколяції може пояснити процеси, що відбуваються як у магнетику, так і в соціумі. Той самий концептуальний апарат може бути застосований для опису мереж веб-сторінок, екосистем чи нейронної структури мозку людини. При цьому використовують такі незвичні на перший погляд поняття, як «температура суспільства», «ентропія дій, виконаних гравцями у віртуальному світі» або «фазовий перехід у системі виборців».

Серед об'єктів досліджень науки про складні системи важливе місце посідають соціогуманітарні системи. Уже на інтуїтивному рівні зрозуміло, що фактор наявності людини приводить до труднощів при формалізації системи. У цьому сегменті досліджень перебуває і такий специфічний об'єкт як наука. Наука — як предмет вивчення і як складна система з особливим типом соціальної взаємодії. Традиційно наукою про науку вважали наукознавство, з якого природним чином виділився окремий напрям досліджень — наукометрія, що зосереджується виключно на кількісних аспектах.

Засадничо наукометрія формувалася як міждисциплінарний напрям, до виникнення якого причетні фахівці з різних галузей науки. Достатньо згадати хіміка, лінгвіста та фахівця бібліотечної справи Ю. Гарфілда, філософа і математика В. Налімова, інженера-теплотехніка Г. Доброва. Серед піонерів цих досліджень були й фізики. Так, іменем одного з них, Д. де Солла Прайса, названо почесну медаль, яку нині присуджує Міжнародна асоціація наукометрії та інформетрії (International Society for Scientometrics and Informetrics — ISSI). Зрештою, В. Вернадський, який свого часу ініціював створення комітету історії науки при Академії наук України, також був фізиком за освітою.

Фізики продовжують ефективно використовувати звичні їм методологію та понятійний

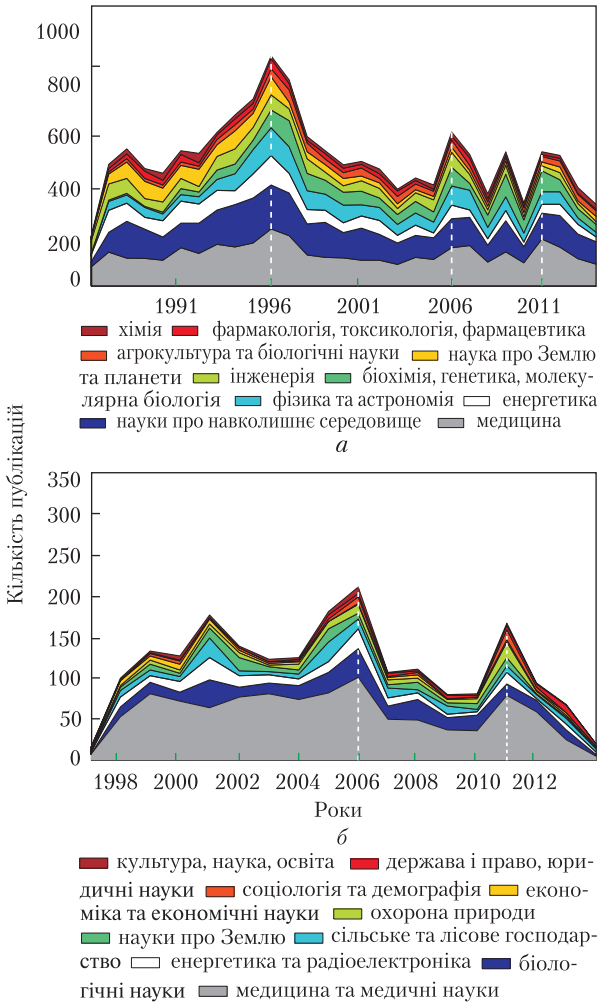

Рис. 1. Зміна кількості публікацій на чорнобильську тематику в рамках 10 наукових дисциплін, що домінують за цією ознакою у базах: *а* — Scopus (дані за 1986 — початок 2015 р.); *б* — «Україніка наукова» (1997 — початок 2015 р.) [6]

апарат до вивчення науки як об'єкта дослідження. Зокрема, наукометричні задачі є одним із напрямів діяльності лабораторії статистичної фізики складних систем Інституту фізики конденсованих систем НАН України [3]. Різні за своїми об'єктами та методами аналізу, вони мають безпосередню практичну інтерпретацію і ґрунтуються переважно на даних про наукові публікації. У наступних розділах буде наведено деякі приклади таких задач.

Еволюція наукової тематики як реакція на певну значущу подію

Однією з фундаментальних проблем наукометрії є окреслення структури науки та її аналіз як динамічного об'єкта, що має певний час формування і проходить певні етапи у своїй еволюції. Для нових напрямів досліджень така часова поведінка добре відображується в даних про публікації у наукових періодичних виданнях за відповідною тематикою. Тому використання бібліографічних даних може бути основою для такого роду досліджень.

Особливість поставленої задачі полягає в аналізі динаміки наукової тематики як реакції наукової спільноти на певну значущу подію. Подібне завдання — виокремлення та аналіз тематичного напряму — ставила перед собою група нідерландських учених, які вивчали відображення у наукових публікаціях феномена бідності [4]. Суттєвою відмінністю нашого дослідження є те, що аналіз реакції на певну подію передбачає наявність чіткого початку відліку [5, 6]. З іншого боку, так само, як і колеги з Нідерландів, ми вивчаємо лише один аспект комплексного відгуку складної системи. Безумовно, дійсно важливі події викликають реакцію суспільства в усіх його вимірах: у політиці, мистецтві, культурі. Цікаво було б дослідити кожен з них, проте головною проблемою є збір даних та їх структуризація. Натомість бібліометричні бази, по суті, надають готовий майданчик для досліджень.

Як «важливу суспільну подію» ми обрали аварію на Чорнобильській АЕС. Серед причин можна назвати такі:

- чітко визначеною є точка часового відліку;
- наслідки аварії на ЧАЕС довготривалі та відчутні, на жаль, у багатьох сферах людського життя, а отже, відображуються в різнопланових наукових дослідженнях;
- епіцентр лиха знаходився в Україні, проте наслідки його є глобальними, тому важливо проаналізувати відгук наукової спільноти на національному рівні та порівняти з реакцією в міжнародних наукових виданнях.

Як і автори дослідження [4], ми використали кілька різних методів для аналізу даних про публікації за чорнобильською тематикою [5, 6]. Так, засоби описової статистики застосовуються для вивчення зміни числа публікацій у часі та їх розподілу за окремими дисциплінами. Для прикладу на рис. 1 зображено динаміку кількості релевантних статей у кількох домінуючих дисциплінах за роками.

Детальніший аналіз тематичного спектра, у тому числі в рамках окремих дисциплін, проводився за допомогою так званого контент-аналізу, тобто, по суті, комбінації лінгвістичного і кількісного аналізу текстових фрагментів (у нашому випадку заголовків та анотацій, див. [6, 7]). Кількісний аналіз слів, що статистично виявляються ключовими (термінами), дає змогу, зокрема, побудувати тематичні карти ділянок науки.

Апарат теорії складних мереж використовується для вивчення і візуалізації картини міжнародної співпраці в цій тематиці та її динаміки. Побудовані нами мережі співавторства на рівні країн дають змогу наочно продемонструвати залученість великої кількості країн до чорнобильської тематики [6]. Показано, що у своїй еволюції така мережа демонструє типову для складних мереж властивість, відому як *денсифікація*, коли середня кількість зв'язків вузлів зростає, а діаметр мережі змінюється дуже повільно.

Такий підхід дозволяє виявляти домінуючі тенденції у зміні інтересу до чорнобильської тематики в рамках окремих галузей науки. За щорічною кількістю публікацій, такий інтерес є порівняно сталим для багатьох дисциплін, зокрема, таких як медицина чи наука про навколишнє середовище.

Для близько 25% дисциплін спостерігалася зміна публікаційної активності (рис. 2). Наприклад, дані бази Scopus свідчать про поступове зниження числа публікацій у галузі ветеринарії, тоді як в економіці ситуація є протилежною. Зрештою, така картина є природною, оскільки одні наслідки аварії були очевидними відразу, тоді як інші почали проявлятися лише з часом [6].

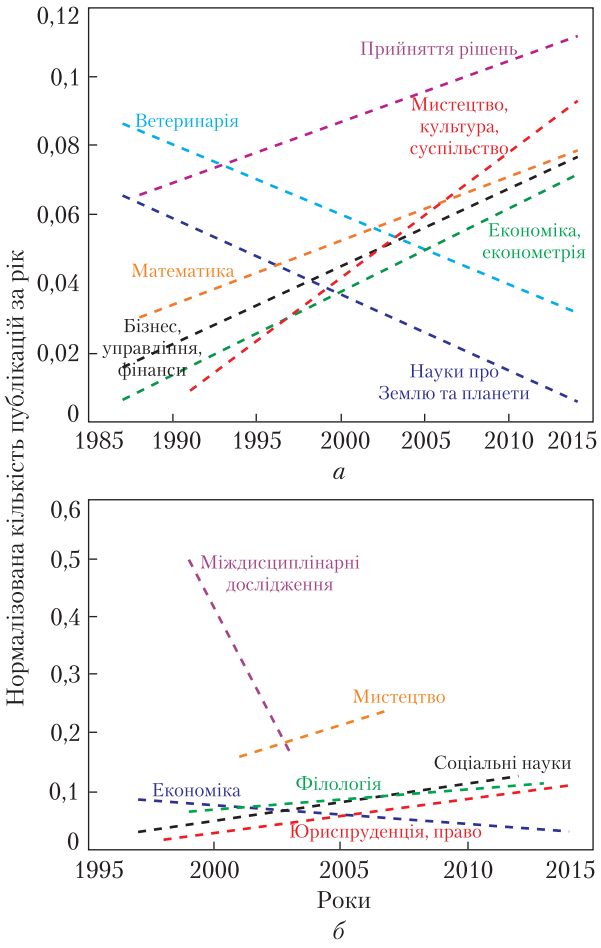

Рис. 2. Тенденції до збільшення/зменшення річної кількості публікацій за чорнобильською тематикою для вибраних дисциплін на основі баз Scopus (*а*) та «Українська наукова» (*б*)

Цікавими є відмінності, які було виявлено між результатами, отриманими окремо для міжнародної та української наукових спільнот. Якщо лідерами серед дисциплін за числом публікацій в обох випадках є медицина, енергетика, біологія та генетика, то для українського сегмента характерний виразний інтерес до таких галузей, як культура чи юриспруденція (рис. 1). Є відмінності і серед визначених тенденцій: на глобальному рівні все активніше обговорюють економічні аспекти чорнобильської проблематики, а в Україні вони, навпаки, поступово починають поступатися юридичним та соціальним проблемам (рис. 2).

Оцінювання привабливості наукових публікацій

Інший великий клас задач наукометрії орієнтований на розроблення кількісних методів аналізу та оцінювання праці науковця, тому вони є близькими кожному, хто працює у сфері науки. Відомо, що основою для оцінювання наукового результату є його публікація — первинний спосіб публічного декларування та верифікації науковою спільнотою. Часто дані про цитування статей, які опосередковано відображують вплив тієї чи іншої роботи, слугують важливим джерелом кількісних оцінок. Проте в наукометрії також відомо, що кореляція між цитуванням і науковою значущістю роботи залежить від багатьох факторів. Тому є ціла низка аспектів, які слід коректно враховувати та інтерпретувати при обробленні бібліографічних даних. Залежно від того, які з них бралися до уваги, можна давати різні кількісні характеристики науковій статті, журналу, а відтак, і науковій діяльності особи чи групи осіб (установи, країни тощо). Так, розрізняють за суттю та вагомістю поняття популярності і престижу публікації. Якщо перше визначається кількістю одержаних покликань, друге враховує ще й їх вагу, застосовуючи рекурсійні алгоритми на зразок того, який використовується пошуковиком Google для ранжування результатів пошуку (PageRank). Порівняно нещодавно як додаткове джерело кількісних оцінок почали враховувати дані з мережі Інтернет: статистика переглядів анотацій, завантажень повних текстів, відгуки у наукових блогах чи академічних соцмережах, переліки рекомендованих публікацій у менеджерах покликань на зразок Mendeley [8] тощо. Такі дані, названі альтметриками, або інформетриками, почали вивчати як альтернативу даним про цитування, яка не потребує довгого періоду накопичення.

У нашій роботі було проаналізовано статистику онлайн-завантажень статей з офіційної веб-сторінки одного з авторитетних міжнародних фізичних журналів Europhysics Letters [9]. З огляду на те, що інтенсивність завантаження статей характеризує не стільки їх наукову вагу, скільки інтерес читачів до роботи ще перед

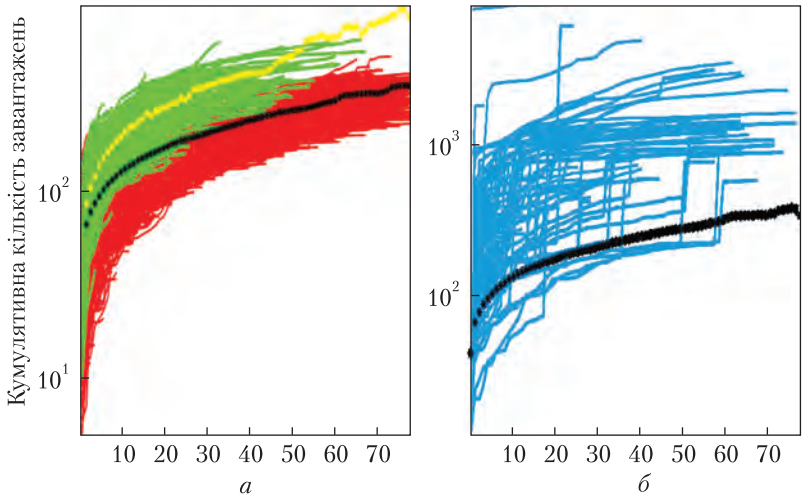

Рис. 3. Кумулятивні розподіли кількості завантажень статей відносно їх «онлайн-віку»; кожна крива відповідає окремій статті: *а* — для «типових» публікацій, розподіл яких близький до медіанних значень (криві червоного кольору відповідають статтям з доступом за передплатою, салатового кольору — статтям у відкритому доступі); *б* — для статей, розподіл яких різко відрізняється від медіанних значень. Символами позначено значення медіан, розрахованих для відповідної сукупності публікацій певного віку [9]

ознайомленням з нею, ми говоримо насамперед про таку характеристику наукових публікацій, як їх привабливість. Звичайно, активне завантаження роботи не означає її винятковості в плані результатів, а свідчить скоріше про те, що певні фактори посприяли її вигідній позиції серед інших. З одного боку, цей аспект може взагалі не мати нічого спільного зі змістом, оскільки залежить від таких факторів, як вміння обрати вдалу назву статті чи сформулювати анотацію, видиму для пошуковиків та інтригуючу для читача, від «розкрученості» тематики чи заходів, спрямованих на популяризацію роботи серед колег, тощо. З іншого боку, в умовах «інформаційної лавини» важливо вміти добре представляти свої результати і таким чином ширше їх розповсюджувати, в тому числі збільшуючи їх популярність, а отже, й потенційну ймовірність бути процитованими.

Отже, наше завдання полягало в тому, щоб проаналізувати процес завантаження статей Europhysics Letters з офіційної веб-сторінки та виявити типові риси. На основі цього ми намагалися зрозуміти, які фактори впливають на популярність тих чи інших статей. База даних містила інформацію про дві категорії публікацій у цьому виданні: ті, що є у відкритому доступі (публікації Open Access), та решту, що доступні через передплату. В результаті було отримано типову форму розподілу завантажень залежно від «віку» статті (час, що минув з моменту її опублікування онлайн) (рис. 3*а*); запропоновано кілька способів групування робіт за відмінностями від цього розподілу; обґрунтовано метод відсіювання статей, які характеризуються особливо нетиповою статистикою завантажень (рис. 3*б*).

Наші дослідження доводять, що процес «старіння» завантажень з часом, тобто зменшення інтенсивності завантажень з втратою матеріалом новизни, доволі добре описує так звана двофакторна модель [10], що відображує два типи мотивацій до завантажень (рис. 4). Перший стимулюється безпосередньо після опублікування статті, кількість завантажень є максимальною, проте швидко знижується. Для другого характерним є порівняно повільне

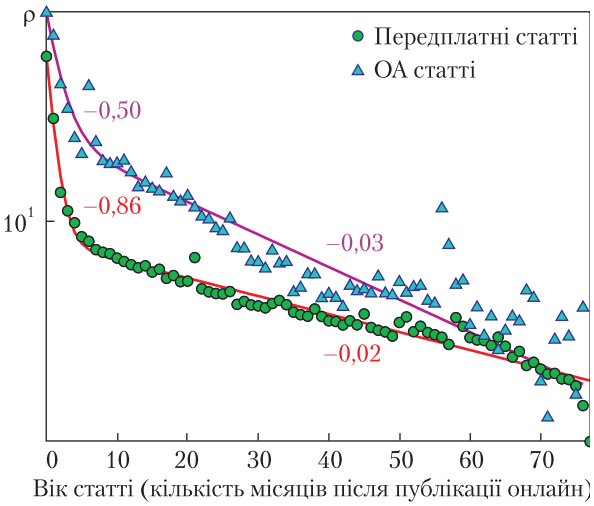

Рис. 4. Густина завантажень на одну статтю ρ відповідно до її «онлайн-віку». Суцільними кривими показано передбачення моделі з відповідними значеннями показників (характерними часами)

спадання зацікавленості. Відповідно, у перші місяці після опублікування робота приваблює своєю новизною, а подальша мотивація диктується, зокрема, потребами наповнювати архіви репозиторіїв чи релевантністю до поточних пошукових запитів. Така динаміка з двома характерними часами є доволі універсальною, тоді як величини цих характерних часів змінюються залежно від видання та типу публікації за рівнем доступу до неї [9].

Порівняння експертного оцінювання наукових установ за цитат-показниками

Ще один тип задач наукометрії, пов'язаний з проблемами кількісного оцінювання праці науковців, стосується його взаємозв'язку з експертними оцінками. Рецензування, що залишається традиційним методом експертизи у науковій сфері, тривалий час розглядали чи не як єдиний спосіб забезпечення відповідної якості результатів. Попри критику та ряд недоліків такого підходу, його активно використовують і нині. З іншого боку, результати наукометричного аналізу часто порівнюють з експертними,

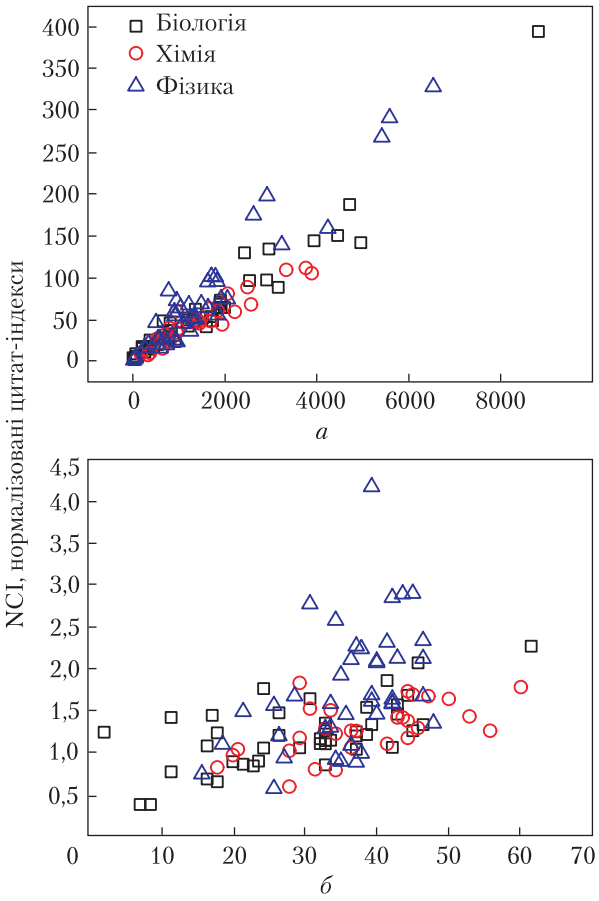

Рис. 5. Залежність між абсолютними (*а*) та усередненими (*б*) оцінками наукових установ Великої Британії, отриманими на основі цитувань та за результатами експертного оцінювання [14]

якщо не з метою верифікації, то принаймні для звірки, а також забезпечення можливості їх врахування у процесі прийняття рішень. Основним принциповим недоліком системи експертного оцінювання є фактор суб'єктивності. Свої недоліки мають і методики використання кількісних індикаторів, одним із найвідоміших з них є свідоме коригування результатів, коли засіб перетворюється на самоціль. Якщо абстрагуватися від зіставлення принципових недоліків обох підходів, залишаються ще практичні труднощі: експертиза є часозатратною та недешевою, оскільки потребує залучення висококваліфікованих фахівців, а індикатори на основі цитувань вимагають досить тривалого часу для їх акумулювання. Так чи інакше, дискусії на цю тему точаться вже тривалий час, підігріваючись зростанням популярності наукометрик та пошуками ефективних державних систем моніторингу науки, управління нею та розподілу фінансових ресурсів.

Наша робота у цьому напрямі полягала в тому, щоб перевірити кореляції між автоматично розрахованими кількісними індексами для наукових установ Великої Британії та відповідними експертними оцінками, одержаними у 2008 р. в результаті централізованої масштабної процедури Research Assessment Exercise (RAE) [11—14]. Зауважимо, що методика RAE включає багатофакторне оцінювання, яке, однак, на 75% залежить від думки експертів, які аналізують набір поданих публікацій. Авторитет цієї процедури, що зі змінною періодичністю проводилася вже сім разів, починаючи з 1986 р., є безперечним у Великій Британії та визнається у світі. За її результатами відбувається розподіл коштів між науковими установами і формуються рейтинги. З іншого боку, згадані кількісні індекси ґрунтуються на даних про цитування публікацій (беруться до уваги лише ті, що враховувалися RAE), опрацьованих певним чином для усунення міжгалузевих відмінностей. Показник під назвою *нормалізований вплив цитувань* (normalized citation impact — NCI) був розрахований компанією Evidence, що нині входить до складу Thomson Reuters як Research Analytics [15]. Основним результатом дослідження мала стати відповідь на запитання: чи можливо відтворити (за потреби — замінити) результати експертного оцінювання RAE автоматичним опрацюванням даних про цитування? Одержана нами відповідь: і так, і ні, адже вона залежить від того, якою є кінцева мета. Якщо йдеться про абсолютні оцінки наукових установ, пропорційні їх розміру, з метою, скажімо, розподілу коштів, то цитат-індикатор NCI відтворює експертну думку з достатньо високим ступенем надійності (коефіцієнт кореляції змінюється від 0,88 до 0,97 залежно від дисципліни) (рис. 5*а*). Якщо ж поставлено мету порівняти ефективність наукових установ різного розміру між собою

з побудовою відповідних рейтингів (відповідно, слід оперувати певними усередненими цифрами), то результати експертної оцінки RAE та кількісні показники NCI доволі сильно різняться (значення коефіцієнта кореляції — 0,34—0,6) (рис. 5*б*).

Раніше було продемонстровано [16] досить непогане узгодження однієї з версій групового індекса Гірша та результатів RAE2008 для психології. Для тестування цього результату ми також дослідили кореляцію між результатами RAE і відповідними значеннями групових індексів Гірша [17].

Слід наголосити, що результат не був очевидним наперед, оскільки груповий індекс Гірша не є ані усередненим, ані абсолютним показником, а залежить від кількості публікацій, а отже, і від розміру наукового колективу. З одного боку, дещо несподівано було одержати кращі показники кореляції порівняно з усередненими значеннями NCI, незважаючи на досить складну процедуру підрахунку та нормалізації останніх. З іншого боку, коефіцієнти кореляції все ж залишилися недостатньо високими для того, щоб говорити про їх узгодженість з даними експертної оцінки RAE (між 0,55 та 0,8). Ми спробували також [18] передбачити навіть не майбутній рейтинг установ, який мав бути оприлюднений на місяць пізніше від публікації результатів роботи, а саме — у січні 2015 р., на основі результатів чергової процедури оцінювання під зміненою назвою Research Excellence Framework (REF2014), а хоча б зміну позицій у ньому відносно попереднього рейтингу, що ґрунтувався на результатах RAE2008. В результаті виявилося, що груповий індекс Гірша не дає змоги будувати надійні передбачення щодо зміни позицій установ у експертному рейтингу.

Отже, можна зробити висновок і про те, що вельми популярний останніми роками в Україні спосіб порівняння наукових колективів на основі досить простого підрахунку різних варіацій індексів Гірша є, як мінімум, сумнівним. Тим більше, такі результати не можна розглядати як надійний індикатор при прийнятті важливих рішень.

Висновки

Навіть наведені вище приклади кількох наукометричних задач свідчать про те, що, з одного боку, цей напрям є важливим і може мати практичні застосування. З іншого боку, бачимо, що фізичні підходи добре працюють при дослідженні нефізичних об'єктів. Застосування кількісних підходів та участь спеціалістів з точних наук сприяє розвитку наукометрії, яка, будучи одним із сегментів сучасної науки про складні системи, водночас сама по собі репрезентує широку ділянку з великим спектром задач, які потребують розроблення сучасних методів для їх розв'язання.

Роботу виконано в рамках кількох міжнародних проектів 7-ї Рамкової програми FP7-PEOPLE спільно з Ю. Головачем (ІФКС НАН України, Львів, Україна), Р. Кенною (Університет Ковентрі, Велика Британія) та Б. Бершем (Університет Лотарингії, Нансі, Франція). Окрему подяку висловлюємо І. Мриглоду за допомогу та обговорення отриманих результатів.

REFERENCES

1. Bar-Yam Y. *General Features of Complex Systems. Encyclopedia of Life Support Systems.* (EOLSS UNESCO Publishers, Oxford, UK, 2002).
2. Holovatch Yu. From Ising model to statistical physics of complex systems. *Physical Collection of Shevchenko Scientific Society.* 2011. (8): 429.
   [Головач Ю. Від моделі Ізінґа до статистичної фізики складних систем. *Фіз. збірник НТШ*. 2011. № 8. С. 429.]
3. Official web-page of the Institute for Condensed Matter Physics. http://www.icmp.lviv.ua/
   [Офіційна веб-сторінка Інституту фізики конденсованих систем НАН України. http://www.icmp.lviv.ua/]
4. Zuccala A., van Eck N.J. Poverty research in a development policy context. *Development Policy Review*. 2011. **29**(3): 311.
5. Mryglod O., Holovatch Yu. Reaction of the academic community to Chornobyl disaster: analysis of publication topics dynamics. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2012. (7): 59.
   [Мриглод О.І., Головач Ю.В. Реакція наукової спільноти на чорнобильську аварію: аналіз розвитку тематики публікацій. *Вісник НАН України*. 2012. № 7. С. 59.]
6. Mryglod O., Holovatch Yu., Kenna R., Berche B. Quantifying the evolution of a scientific topic: reaction of the academic community to the Chornobyl disaster. *Scientometrics*. 2016. **106**: 1151.
7. Mryglod O. Semi-automatic algorithm for terms identification in scientific publications. *Bull. Lviv Polytechnic Nat. Uni*. 2015. (826): 273.
   [Мриглод О. Автоматизований алгоритм пошуку термінів у наукових публікаціях. *Вісник НУ «Львівська політехніка»*: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. 2015. № 826. С. 273—284.]
8. Mendeley. www.mendeley.com
9. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu. Is your EPL attractive? Classification of publications through download statistics. *EPL*. 2014. **108**: 50011.
10. Moed H.F. Statistical relationships between downloads and citations at the level of individual documents within a single journal. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol*. 2005. **56**: 1088.
11. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. Absolute and specific measures of research group excellence. *Scientometrics*. 2013. **95**(1): 115.
12. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. Comparison of a citation-based indicator and peer review for absolute and specific measures of research-group excellence. *Scientometrics*. 2013. **97**(3): 767.
13. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. On the problem of science evaluation. *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2013. (10): 76.
    [Мриглод О., Кенна Р., Головач Ю., Берш Б. Про вимірювання наукової ефективності. *Вісник НАН України*. 2013. № 10. С. 76—85.]
14. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. On the comparison of extensive and intensive measures of scientific group efficiency. *Dopov. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2014. (3): 75.
    [Мриглод О., Кенна Р., Головач Ю., Берш Б. Про порівняння екстенсивної та інтенсивної мір ефективності наукових груп. *Доповіді НАН України*. 2014. № 3. С. 75.]
15. Thomson Reuters Research Analytics. http://www.evidence.co.uk
16. Bishop D. BishopBlog. http://deevybee.blogspot.co.at/2013/01/an-alternative-to-ref2014.html
17. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. Predicting Results of the Research Excellence Framework using departmental h-Index. *Scientometrics*. 2015. **102**(3): 2165.
18. Mryglod O., Kenna R., Holovatch Yu., Berche B. Predicting Results of the Research Excellence Framework using departmental h-Index: revisited. *Scientometrics*. 2015. **104**(3): 1013.

O.I. Mryglod

Institute for Condensed Matter Physics of National Academy of Sciences of Ukraine (Lviv)

FROM PHYSICS TO SCIENTOMETRICS: ANALYSIS OF COMPLEX SYSTEMS

According to the materials of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine
March 29, 2017

The systems of very different nature — biological, technological, social and many others — can be studied using the same set of tools borrowed from physics, data mining, information theory, and other disciplines. The elementary units of these systems, as well as interactions between units can be completely different, but the same kind of collective behavior or similar structural patterns can be found. Therefore, the statistical physics, which traditionally deals with many-particle systems, became an important part of complex systems theory to effectively solve non-physical problems. Science as a complex system with specific kind of social relations is a very special object of study. Scientometrics — a discipline oriented on quantitative aspects of science — suggests a wide spectrum of problems. In particular, such diversity is illustrated by our results: three examples are given in the talk. The first task was to quantify the evolution of a scientific topic as reaction of academic community to the important event. The second problem deals with the notion "attractiveness" of scientific publication, which is based on the statistics of downloads. The last set of results is related to the correlations between the expert assessments and citation-based metrics.

***Keywords*:** complex systems, scientometrics, evolution of a scientific topic, altmetrics, expert assessments vs. citation-based metrics.