

КОГНІТИВНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ПІЗНАННЯ В РОЗВИТКУ НАУКИ

О.М.Рубанець

*кандидат філософських наук, доцент кафедри філософії
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»*

У статті розглянуті когнітивні аспекти математичного пізнання і знання. Розкрито значення математичної компоненти сучасного знання у формуванні когнітивної дослідницької культури. Розглянуто роль математичної складової в науковій традиції застосування репрезентаторів.

Ключові слова: представлення, когнітивна дослідницька культура, когнітивні практики.

Визнання фундаментального значення математичного пізнання в розвитку головних напрямів європейського науково-освітнього простору, формулювання останніх в контексті Болонського процесу як математики та управління, математики та інформатики, математики і біології та математики і фізики, що формуються поряд з традиційними сферами знання, робить актуальним дослідження конститутивного значення математичного в розвитку науки. Розгляд конститутивності математичного порушує питання про значення розвитку математичного пізнання і знання в становленні інших сфер знання. Образ науки як математики акцентуалізує проблему значення математичного в становленні когнітивних аспектів еволюції науки.

Метою дослідження є обґрунтування когнітивних аспектів математичного пізнання та висвітлення значення їх розвитку в еволюції науки. Значення виявлення і дослідження когнітивних аспектів математичного як конститутивного фактору розвитку системи знання полягає в тому, що дослідження когнітивних аспектів математичного знання виносяться в сферу виробництва наукового знання і розглядається як чинник розвитку останньої.

У контексті кризи математичного знання і математичної освіти розгляд питань розвитку математичного знання поступився дослідженням проблеми інтерсуб'єктивної комунікації математичного досвіду в межах наявного рівня математичного знання (А.Кричевець). Розроблено еволюційну модель розвитку математичного знання (А.Александров, Н.Бурбакі, Ф.Кітчер, А.Юшкевич), а також революційну модель (А.Колмогоров, С.Демідов, Г.Рузавін, та ін.). Дослідження математичного знання в інтер'єрі наукової революції розроблялись в контексті діалектики змістовного і формального (Т.Бондаренко, В.Карпович). Однак поширення розгляду наукових революцій як механізму розвитку науки на математику не охоплю-

вав основні сфери математичного знання, сконцентрувавши увагу головним чином на математичних практиках та окремих застосуваннях математичного в розвитку природничонаукового знання, зокрема оптико-механічної аналогії Гамільтона (Т.Бондаренко). Дослідження певних філософських проблем в контексті математичного знання – апріоризму (В.Пермінов), герменевтики (Рокмор), математичних просторів (В.Лук'янець), математичного доказу (А.Майданніков) не порушували питання когнітивності математичного та його значення для розуміння розвитку усєї системи наукового знання.

Питання значення математичного в розвитку сфери знання досліджувались в контексті фізичного знання (В.Візгін, В.Карпович, Т.Бондаренко та ін.), фізичного і біологічного знання (І.Акчурін, В.Налімов). Сьогодні підкреслюється фундаментальне значення математичного для розвитку сучасних біологічних досліджень в контексті формування нового образу постнекласичної науки (В.Налімов). Значення математичного в розробці концептуальної бази теоретичного синтезу фізики і біології І.Акчурін розглядає в контексті проблеми єдності природничонаукового знання. Тенденції до визнання фундаментальності математичного знання поєднані з проблемами єдності природи наукового знання і фундаменталізації певних його напрямів насамперед біології. Питання фундаментальності математичного знання та його конститутивності для усєї сфери знання досі не порушувалися. Визнання формального характеру математичного знання в питаннях, що стосувались розвитку інших видів знання, сприяло формуванню проблемної області дослідження математичного у вигляді формальної компоненти наукових теорій. Акцентування проблеми значення математичного формалізму в розвитку наукової теорії поєднувалось в контексті епістемологічного конструктивізму – представлення наукового

знання у вигляді ієрархічно розміщених систем ідеальних об'єктів в межах структурно організованих теорій – дисциплін.

Відбувається акцентування онтологічної складової в системі наукового знання – онтологічних схем, картин реальності. Значення математичного в розвитку сфери знання однак не розглядалось. Математична складова розроблялась в межах формальної компоненти наукової теорії, формального методу тощо. Виведення в останні роки проблем методу на перше місце не поєднується з підкресленням значення математичного та висвітленням конститутивності його природи.

Конститутивність математичного в сфері знання є фактором, методологічно не оціненим і не дослідженим. Дослідження еволюції проблемних областей – так званих онтологічних схем в конкретних областях не залишає сумніву у фундаментальному значенні математичного в становленні представлення теоретичного об'єкта. Так, представлення теоретичного об'єкта в технічній механіці, в яких конститутивне значення відіграє математичне (фазовий простір саме у становленні того, що ототожнюється з образом об'єкту, теоретичною схемою, онтологічною схемою) змушують порушити питання про деяку штучність поділу сфери знання на змістовне і формальне. Сьогодні настав час казати не про інструментальність формального в природничо-науковому, технічному знанні, а про його конститутивність. Так, сформульовані питання щодо розвитку математичного передують викладу того, що відноситься до онтологічного змісту: питання, як влаштований фазовий простір інтегрованих гамільтонових систем, пов'язується з онтологічними уявленнями: якщо це простір, заповнений хаотичними фазовими траєкторіями (так званий «детермінований хаос»), а регулярні траєкторії зважені «островами в хаотичному морі», то якими мають бути властивості хаотичності рухів [3, 125].

Конститутивність математичного для онтологічної складової, яка виявляє прояви єдності знання в сучасних способах його виробництва в сучасних умовах поширюється на увесь науково-освітній простір. Формування нових його напрямів поряд із традиційними сферами, в яких математика виносить на перше місце в розвитку комплексів – математика та управління, математика та інформатика, математика та біологія тощо акцентуалізує проблему дослідження когнітивних аспектів математичного. Постановка цієї проблеми акцентуалізується усвідомленням складності математичного як явища. Йдеться навіть не про математику як систему знання чи певну математичну теорію, а математичне як зага-

льний вираз того, що несе з собою математика. Її теорії і методи визначають прояви знання, які характеризують сучасний спосіб виробництва знання. В контексті формування єдиного науково-освітнього простору у вступі в предмет дослідження зазначається, що математика фундаментальна не тільки для науки і технології, а й також для усіх ситуацій, які вимагають аналітичного, пов'язаного з побудовою моделей підходу, незалежно від дисципліни [4, 109]. Значимість же побудови моделей для сучасного виробництва знання характеризується насамперед тим, що визначення рівня компетенцій першого і другого циклу підготовки (відповідно бакалаврів і магістрів) пов'язується саме з побудовою моделей.

Постановка проблеми виявлення когнітивних аспектів математичного зумовлена тим, що в сучасних компетенціях, що характеризують рівні підготовки і здатність суб'єкта діяти в якості суб'єкта – виробника знання постають вимоги, в яких поєднані питання застосування математичного у виробництві знання (здатність моделювати ситуації з реального світу [4, 115]), здатність оперування математичним в гносеологічних пізнавальних відносинах (здатність формулювати складні проблеми, чи задачі для оптимізації прийняття рішень та інтерпретувати рішення в оригінальних контекстах задач [4, 115], а також процесуальні аспекти solution (здатність представити математичні аргументи і висновки з них з складністю і точністю у формах, придатних для тієї публіки, до якої вони адресовані усно чи письмово [4, 115]).

Надзвичайно складний спектр проявів математичного не зводиться до безпосереднього застосування математичного методу чи рівняння як математичної форми, до опису якого в процесі математизації звичайно звертались. Йдеться про складну систему відносин, в яких пізнавальні аспекти не в математичній сфері поєднані з застосуванням математичного для створення представлень, істотних для конститування сучасного способу виробництва знання: йдеться про здатність моделювання ситуації з реального світу [4, 115], переводити на математичну мову проблеми різної складності, о писані нематематичною мовою, отримуючи таким чином переваги в їх розв'язанні [4, 114]. Готовність щось робити, «братися» за нові проблеми і задачі з нових областей [4, 115] поєднується з акцентуалізацією розвитку самого математичного – із здатністю розуміти, осягнути математичні проблеми і задачі, абстрагуючи їх суттєві частини [4, 115].

Система відносин, що пов'язують пізнання, представлення, формулювання проблеми з реального світу, передбачає перехід від не-

математичної мови до математичної, значимість математичного представлення у формулюванні проблеми, задачі, розгляд процесуальних аспектів математичного знання, особливо поєднання питань представлення знання, виразу його та способу оперування, як і доведення цієї сукупності до здатності суб'єкта, вимагають постановки проблеми наявності когнітивних проявів математичного та їх конститутивного значення в розвитку системи виробництва наукового знання.

Згідно з І.Кобозевою визначальним для конституювання статусу когнітивного стає наявність психологічного супроводу, психологічної форми існування структур представлення та операцій, що дозволяє розкрити зв'язок когнітивного з мисленням людини та її мозком [1, 26].

Потрібно зазначити в проекті Tuning наявність складної форми представлення, в якому знання опосередковано не просто мовою, а співвідношенням нематематичної і математичної мови. Це передбачає більш складний зв'язок способу представлення з психологічними механізмами дії здатностей суб'єкта. Цього достатньо, щоб охарактеризувати розглянуту вище систему відносин як прояв когнітивного. Проте необхідно звернути на таку обставину: здатності суб'єкта як суб'єкта дії в сфері знання – мають не психологічне витлумачення, таке, що акцентуалізує здатності суб'єкта відтворювати сучасне виробництво знання, а пов'язані з «subject area», здатністю продукувати, створювати його нові, оригінальні прояви. Характеристика здатностей суб'єкта як здатностей до креативу у виробництві знання розкриває особливості сучасного виробництва знання в нових його сферах, пов'язаних з управлінням, фінансами, соціальними науками та економікою, розвитком комп'ютерсайнс тощо. На відміну від традиційних форм, в яких розвиток проявляється у створенні нових теорій, а продукування знання збігається з виведенням наслідків з основоположень теорії в процесі її еволюції, нові прояви сучасного виробництва знання виявляються поєднаними з розвитком засобів креативу. Навіть загальне визначення суб'єкта через розкриття рівня його компетенцій, що вимагаються у кожному циклі підготовки (бакалавр – магістр – доктор), розкриває сучасний спосіб існування сфери знання в світлі зростаючих вимог до рівня креативності, закладених у визначених здатностях.

Акцентуалізація фундаментальності математичного знання, значення математичного в розвитку сучасних сфер знання та конституюванні основних рис сучасного виробництва знання зумовлює необхідність нового осмис-

лення образу науки як математики в контексті підкреслення когнітивних аспектів математичного у конституюванні способу виробництва знання. В дослідженому образі науки як математики підкреслено світоглядні аспекти (В.Лук'янець). В українській філософії науки розгляд науки як математики в контексті кризи математичних наук та математичної освіти поступається місцем образу науки як технаунки, яка ініціює розвитком фундаментальних досліджень індустрію наукоємних технологій.

В контексті когнітивних аспектів математичного актуальним стає поновлення інтересу до тих рис образу науки як математики, які активізують креатив, здійснюючи конститутивний вплив на спосіб виробництва знання. З точки зору виявлення і дослідження когнітивних аспектів математичного в системі виробництва наукового знання актуальним є не «модерн-концепція науки (*«наука як математика»*) – це знаряддя об'єктифікації і технологофікації будь-якого предмета, яким вона прагне когнітивно опанувати» [2, 35], а висвітлення значення математики в становленні наукового дискурсу. Важливим, на наш погляд, є підкреслення значення переходу від абсолютизації онтологічного витлумачення знання до формування нових когнітивних підходів розвитку усїєї сфери знання на основі математичного. Актуалізація мовних аспектів математичного, їх зв'язку з розвитком наукової практики, та витлумачення математичного як підґрунтя для становлення концептуалістик при цьому стає вирішальним. Висвітлення когнітивних аспектів математики відбувається в контексті звільнення наукового дискурсу від субстантивної раціональності: «Звільнення математики від влади цієї метафізичної інтерпретації і пост-метафізичне переосмислення її ролі в історичному становленні наукового дискурсу істотно вплинули на долю *субстантивної раціональності*. Математика, яка звільнена від цієї метафізичної інтерпретації і яка взяла на себе роль не ідеально сконструйованого репрезентанта субстанційного Порядку Всесвіту (його гармонії, що встановлена наперед), а епістемологічну роль робочої мови теоретиків природознавства – мови, чутливої до потреб наукової практики, а, отже, завжди відкритої відновленням, збагаченням, деконструкціям, привела творців природознавства до усвідомлення фундаментальної залежності їхньої когнітивної діяльності від тієї мови, що визначає їхній обрій теоретичної думки. Математика тут стала середовищем вільного становлення різноманітних концептуалістик, необхідних для вільного розгортання природничо-наукової думки» [2, 137].

Сучасні когнітивні аспекти фундаменталізації науково-освітнього простору, пов'язані з розвитком математичного в сферах управління, фінансів, соціальних науки, економіки та комп'ютерсайєнс акцентують ті когнітивні аспекти математичного, які підкреслюють перехід від безпосередньої апеляції до мови до креативу способів представлення та оперування, які дозволяють розглянути знання як виражене мовою математики як сферу існування виробництва знання. В цьому контексті розгляд математичного судження перестає бути тільки передумовою становлення концептуалістик, необхідних від вільного розгортання природничонаукової думки, яка може залишитись й необ'єктивованою і взагалі такою, що знаходиться за межами мови наукової теорії, а стає безпосередньо середовищем оперування представленнями знання. Висвітлення когнітивних аспектів математичного в науковому дискурсі під цим кутом зору дає ключ до розуміння самої сфери знання, виводячи вирішальні для конституювання когнітивного аспекти – способи представлення знання і способи оперування, немовний характер знання на перший план когнітивної еволюції сфери знання. Це дозволяє розвинути підхід, пов'язаний з ідеєю когнітивних практик. Акцентуалізація дослідження процедурної частини методологічної культури пов'язується «зі сферою когнітивної діяльності співтовариства творців науки, і відповідає на питання про специфіку найефективніших способів когнітивних дій, про *modus operandi* творців науки в різноманітних практиках виробництва знань» [2, 5].

Те, що виступає як частина методологічної культури «як деяка система епістемологічних принципів, регулятивів, установок, імперативів і пов'язана з оцінкою ефективності тих або інших дослідницьких стратегій, науково-когнітивних практик, епістемологічних програм, спеціальних мов науки, шляхів удосконалювання концептуального інструментарію, аналітичної техніки тощо» [4, с. 56]. Як елемент когнітивної культури вона формується як система навичок і здатностей суб'єктів, що перетворюють своєю дією науково-освітній простір у сферу виробництва знання, що включає методологічний, когнітивно-процедурний, комунікативний та інформаційний аспекти. Властивість знання не існувати поза мовою науки, в когнітивній культурі суб'єктів дії виступає як здатність показати знання і розуміння базових концепцій, принципів теорій і результатів математики, здатність розуміти і пояснювати знання складних тверджень, що використовують математичну нотацію та мову, демонструвати навички математичного судження, умовиводу, оперування та обчислен-

ня, побудови строгих доказів, демонструвати досвід різноманітних методів математичного доказу [4, 114].

Процедурна частина методологічної культури, розглянута під кутом зору когнітивної культури сучасних суб'єктів, що відкриває потенціал можливого розвитку сфери знання, а також крізь призму когнітивних аспектів еволюції самої сфери знання, яка вже здійснилась і передумовою і надбанням, що визначає можливості креативного потенціалу сучасної науки. Когнітивна еволюція традиційно розкривається як еволюція здатностей до пізнання живих та штучних систем. В запропонованому розгляді когнітивної практики в науці як розвитку способів представлення та оперування, що відбувається безпосередньо в сфері знання, виражених в мові науки, вона стає проявом культурно-опосередкованого розвитку пізнавальних здатностей людини певною суспільною сферою – сферою виробництва знання, розгляду креативного дослідницького потенціалу як суб'єктного потенціалу людської цивілізації.

Протилежність пізнання і знання, як діяльності та її результату, наукової думки та її мовної фіксації в об'єктивованій знаковій формі психологічних процесів мислення, ця протилежність, яка раніш змушувала до протиставлення мислення і знання, логіки мислення і логіки знання, сьогодні повертає до себе увагу як неможливість самого конституювання знання поза спільнотою з її діями, розумінням, мовою, нормами і процедурами, – ця протиставленість долається в новому розумінні когнітивної практики. Перехід від акцентування в когнітивній практиці мовних і комунікативних аспектів (розвитку дискурсу і комунікацій) до аспектів, що виявляють когнітивні прояви способу виробництва знання безпосередньо в сфері знання, в мовній формі їх існування – а саме до розвитку способів представлення і оперування як основи розвитку знання дозволяють здійснювати дослідження когнітивної еволюції сфери знання як виразу трансформації самої науки. Когнітивні аспекти математичного стають формою і проявом єдності і не тільки природничонаукового, а й тих форм знання, взаємодія яких проявлялась в розвитку науки.

Виявлення і дослідження когнітивних аспектів еволюції сфери знання – розвитку способів представлення та оперування створює можливість дослідження когнітивно-процедурної частини методологічної культури «в дії» на значно більш широкому ареалі, ніж було можливим досі. Підхід, пов'язаний з виявленням значення математики в «архітектурі» наукових теорій – генезисі та адекватності на-

укового знання, з дослідженням гносеологічної природи математичної точності у співвідношенні моделі та реальності в контексті дослідження знання у мові наукових текстів – пам'яток етапів виробництва знання створює можливості розвитку системного та еволюційного підходів безпосередньо до сфери знання, відкриваючи нові перспективні бачення взаємодії наук в процесі виробництва знання.

Так, розвиток способу представлення на геометричному етапі природознавства від представлення окремих спостережуваних фізичних величин (Галілей, Гюйгенс) до представлення предметної області в теоретичній моделі фундаментальної теорії (Ньютон) створює можливість досліджувати математичне (наприклад, математичні пропорції тощо) не тільки як спосіб оперування відрізками, а й як елемент структури знання. Фіксація представлень – і це важливо – не тільки фіксованих в мові текстів, а й таких, що стали елементами побудови знання, визначення його структури, розвинутої в межах математичного доказу. Так, кожна Теорема, Пропозиція і Задача, починаючись з представлення спостережуваних величин у вигляді геометричних відрізків перетворює мовний вираз цього представлення в конструктивну форму побудови певної геометричної конструкції, що утворюється при цьому, та її споглядання. Оперування відрізками-репрезентатами фізичних величин (головним чином на основі математичних пропорцій у Галілея і частково у Гюйгенса стає мовним виразом математичного доказу і одночасно оперуванням геометричними об'єктами у спогляданні. І, нарешті, здійснення зворотного переходу від оперування геометричними об'єктами до безпосередньо фізичних величин – тобто перехід від представлення до досліджуваного об'єкту в кінці кожного доказу стає мовним виразом нового знання, отриманого безпосередньо в сфері знання саме на основі оперування логічного – математичного і геометричного – в спогляданні.

Розвиток способу представлення відкриває дійсні шляхи еволюції способу виробництва знання – не тільки потенційні, як вираз здатностей суб'єкта та його когнітивної культури, а й ті, що мали місце в розвитку сфери знання. Народження нової форми репрезентантів фізичних величин шляхом узагальнення – перехід від відрізків до так званих трансцендентних, або механічних кривих (мовною фіксацією

якого є «Маятниковий годинник» Х.Гюйгенса) створили передумови до появи такого способу представлення й оперування, яке стало ключовим моментом не тільки в розвитку природничого, а й безпосередньо математичного знання. Йдеться про дослідження квадратур кривих як той найвищий етап розвитку геометричного стилю оперування, що став основою креативу аналітичних узагальнень, концептуалістик і методів.

Дослідження когнітивних аспектів еволюції системи знання як нової форми когнітивних практик стають виразом розвитку способу виробництва знання – способів представлення і оперування. Сфера знання стає ареною розгортання продуктивної дії когнітивних практик. Акцентуалізація дослідження когнітивної еволюції як розвитку способів представлення і способів оперування, будучи фіксована в мовній формі текстів, перестає бути статичним виразом позбавленого внутрішнього динамізму знання. Те, що в когнітивній культурі розкривається як характеристика компетенцій суб'єкта певного рівня підготовки та його здатностей в розвитку когнітивного в сфері знання – способів представлення та оперування виступає як форма внутрішнього динамізму знання, що стає проявом реалізованої суб'єктної активності у мовному, знанневому виразах тих особливостей знання, здійснення яких в процесі продукування знання вимагає певних суб'єктних властивостей – споглядання, судження, оперування умовиводу тощо. Дослідження когнітивних аспектів математичного розкриває конститутивний характер математичного для формування структури знання в об'єктивованій мовній формі існування. Виявлення і дослідження когнітивних аспектів математичного пізнання і знання відкриває перспективи дослідження динаміки способу виробництва знання. З точки зору когнітивної дослідницької культури – це перспективи потенційного розвитку сфери знання і погляд у майбутнє, з точки зору когнітивного як виразу способів представлення й оперування, втіленого у сфері знання у мовній формі наукових текстів – це перспективи дослідження дійсних форм реалізації когнітивно-процедурної частини методологічної культури у формі когнітивних практик, в яких дослідження когнітивного переносить акцент з комунікативних і лінгвістичних особливостей на характеристики виробництва знання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кобозева И.М.* Что значит когнитивный в лингвистике. // Обработка текста и когнитивные технологии. Сб. / Под ред. Потаповой Р.К., Соловьева В.Д., Полякова В.И. – 2001. – Вып. 5. (International Conference Cognitive Modeling in Linguistics Proceedings). – С. 19-28.
2. *Лук'янець В.С., Кравченко О.М., Озадовська Л.В.* Сучасний науковий дискурс: Оновлення методологічної культури: Монографія. – К., 2000. – 304 с.
3. *Харламова Е.И. Мозалевская И.В.* Динамика твердого тела за 40 лет в институте прикладной математики и механики НАН Украины // Наука та наукознавство. – 2004. – № 4. – С.110-126.
4. *Tuning Educational Structures in Europe II Universities' contribution to the Bologna Process.* Ed. by I.Gonzalez R.Wagenaar, 2005. University of Deusto, University of Groningen. – Режим доступу: http://www.tuning.unideusto.org/tuningeu/index.php?option=com_docman&task=docclick&Itemid=59&bid=68&limitstart=0&limit=5 Заголовок з екрану.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2009 р.