



ЯЩУК

Віталій Юрійович,
аспірант ДВНЗ «Переяслав-
Хмельницький державний
педагогічний університет імені
Григорія Сковороди
(м. Переяслав-Хмельницький)

ВНЕСОК В. В. СКОПЕЦЬКОГО В РОЗВИТОК МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА ЧАСІВ НЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ

У статті висвітлюється науковий доробок В.В. Скопецького в галузі математичного моделювання екологічних процесів. Акцентується увага на розробці під керівництвом вченого автоматизованих систем прикладних програм, пакетів програм і систем підтримки прийняття рішень. Наведено практичні результати наукових розвідок вченого

Ключові слова: *В. В. Скопецький, математичне моделювання, екологічні процеси, забруднення навколишнього середовища, Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України.*

В статье освещается научный потенциал В. В. Скопецкий в области математического моделирования экологических процессов. Акцентируется внимание на разработке под руководством ученого автоматизированных систем приложений, пакетов программ и систем поддержки принятия решений. Приведены практические результаты научных исследований ученого.

Ключевые слова: *В. В. Скопецкий, математическое моделирование, экологические процессы, загрязнение окружающей среды, Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины.*

The article highlights the scientific achievements of V.V. Skopetskiy in mathematical modeling of environmental processes. The attention was focused on the development of automated systems applications, software packages and decision support systems, conducted under the guidance of the scientist. The practical results of scientific studies of the scientist were introduced.

Keywords: *Keywords: V.V. Skopetsky, mathematical modeling, ecological processes, environmental pollution, the Institute of Cybernetics of V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine.*

Екологія, як наука, зародилася в надрах біології понад сто років тому. Термін «екологія», запроваджений у науковий вжиток у 1866 р. біологом

Е. Геккелем, походить від грецького «ойкос» – «дім» і «логос» – наука, слово, вчення. Сучасні дослідники визначають екологію, як дисципліну, що вивчає загальні закони функціонування екосистем різного ієрархічного рівня, де екосистема – це та чи інша спільнота живих істот та їх оточуюче середовище, об'єднане в єдине функціональне ціле, що виникає на основі взаємодії причинно-наслідкових зв'язків, які існують між окремими компонентами [5, с. 27].

Сучасна екологічна ситуація доволі складна. Дослідники наголошують на тому, що при збереженні сучасних тенденцій розвитку земної цивілізації, нашій планеті загрожує отруєння води, ґрунту та повітря отруйними відходами, недостача продуктів харчування, чистої прісної води через перенаселення планети, порушення біологічного балансу природи, яке спричинить фатальні наслідки. Актуальним є перехід до збалансованої системи, в якій потреби людини узгоджувалися б з можливостями природи. У зв'язку з цим, дослідження, що мають на меті покращити сучасний екологічний стан є надзвичайно цінними.

Сучасну екологічну науку важко уявити без залучення в процес її вивчення математичних знань. Ще у 1202 р. Леонардо Пізанський (Фібоначчі) використовував у своїх дослідженнях росту популяцій кролів математичні методи. Початком сучасної математичної екології більшість вчених вважає роботи А. Лоткі та В. Вольтера. Сьогодні дослідники володіють широкою базою математичних методів, без яких екологія, як сучасна наука, неможлива.

В процесі вивчення екологічних систем особливе місце належить методу моделювання. Він дозволяє дослідити будову, функціонування, динаміку та розвиток екологічних систем за допомогою використання моделей, які певною мірою відповідають оригіналу. З розвитком науково-технічного прогресу в ХХ ст. метод моделювання широко застосовується в наукових дослідженнях. Завдяки йому можна спрогнозувати можливі варіанти перебігу подій, виділити окремі взаємозв'язки організмів в екосистемах, встановити продуктивність та чисельність популяцій та ін.

Надзвичайно важливим методом в наукових дослідженнях екологів є метод математичного моделювання. Він дозволяє подати екологічні явища і процеси у вигляді логіко-математичних схем, рівнянь, алгоритмів. Математичне моделювання значно допомагає дослідникам у ситуаціях, коли проведення реального експерименту неможливе. Велика кількість проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища, які потребують швидкого вирішення, зумовлює актуальність використання математичного моделювання складних екологічних процесів.

Серед проблем, які належать до сфери вивчення математичного моделювання в екології існує проблема розв'язання обернених задач, які часто зводяться до задач керування динамічними об'єктами з розподіленими параметрами. Питання побудови та дослідження розв'язків задач керування системами такого типу висвітлені, зокрема, в працях Б.М. Бублика, А.Г. Бутковського, В.С. Дейнеки, М.Ф. Кириченка, К.А. Лур'є, С.І. Ляшка, О.Г. Наконечного, Ю.І. Самойленка, І.В. Сергієнка, В.В. Скопецького, В.А. Стояна та ін. Відомою в наукових колах є методика розв'язання таких задач, розроблена В.В. Скопецьким, В.А. Стояном та Ю.Г. Кривоносом, що має в основі узагальнені М.Ф. Кириченком класичні результати лінійної алгебри та ідеї символічного методу Лур'є. Методологія В.В. Скопецького, В.А. Стояна та Ю.Г. Кривоноса поширена на прямі та обернені задачі математичного моделювання стаціонарних процесів у довільних просторових областях [5, с. 3].

Суттєве зрушення у справі впровадження математичного моделювання в сферу екології відбулося після відкриття в 1992 р. при Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова відділу математичних систем моделювання проблем екології та енергетики. Засновником відділу і його очільником до 2010 р. був В.В. Скопецький – член-кореспондент НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України. В сферу наукових досліджень відділу входить розробка питань ідентифікації динаміки розподілених просторово-часових процесів, математичного

моделювання та оптимізації хвильових процесів у неоднорідних середовищах, створення математичних моделей, адекватних різноманітним фізико-математичним процесам в екології, гідро та атомній енергетиці, інформаційних технологій фізико-математичних процесів у неоднорідних середовищах.

Завдяки наполегливій праці співробітників відділу математичних систем моделювання проблем екології та енергетики було досягнуто фундаментальних результатів, серед яких побудова математичних моделей та обчислюваних алгоритмів методу скінчених елементів розрахунку фізико-механічних процесів у неоднорідних областях з включеннями; створення і дослідження широкого класу математичних моделей поширення хвильових процесів у неоднорідних середовищах у вигляді крайових (початково-крайових) задач для еліптичних (параболічних типу Шредінгера) хвильових рівнянь із комплексним не самоспряженим оператором; розробка систем автоматизації та оптимізації проектних робіт по будівництву магістральних газопроводів; запропоновано і розвинено системний підхід до моделювання динамічних консолідаційних процесів на основі нових математичних моделей з урахуванням насиченості масиву бінарними сольовими розчинами, релаксаційності фільтраційного та дифузійного процесів, неізотермічності складових процесу [3].

Прикладними результатами роботи відділу математичних систем моделювання проблем екології та енергетики стали розробка систем автоматизованого розрахунку полів і оптимізації конструкцій «САРПОК»; створення програмно-алгоритмічного комплексу для розв'язання задач аналізу та оптимізації акустичних полів у підводних хвилеводах; розроблено паралельні алгоритми для кластерних систем, зокрема кластерів із графічними процесорами, розв'язання задачі моделювання процесу електрокінетичної очистки ґрунтів з урахуванням його неізотермічності та релаксаційності, дослідження міграції радіоактивних елементів з ставка-охолоджувача ЧАЕС у р. Прип'ять [7, с. 125].

В Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова проводилася робота над побудовою автоматизованих засобів розв'язання крайових задач математичної

фізики для рівнянь із частинними похідними. Наслідком стала поява автоматизованих систем прикладних програм (АСПП), пакетів програм (ПП) і систем підтримки прийняття рішень (СППР).

З допомогою однієї з перших АСПП, розробленої в Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова – системи з напівавтоматичною організацією обчислювального процесу для дослідження задач геогідроекології – було проведено дослідження фільтраційних режимів на Київській гідроакumuлюючій станції, а також пружно деформованого стану греблі Київської ГЕС при зміні рівнів води у верхньому б'єфі. Це один з прикладів суспільної значимості розробок Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, адже завдячуючи їм були знайдені екологічно і технічно безпечні режими функціонування даних об'єктів.

Провідна роль у впровадженні математичного моделювання в сфері екології належить В.В. Скопецькому – незмінному керівнику відділу математичних систем моделювання проблем екології та енергетики при Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України впродовж вісімнадцяти років.

Дослідник здійснив вагомий внесок у розвиток кібернетичної науки загалом. Наукові дослідження В.В. Скопецького в галузі кібернетики відображені в більш ніж трьохстах друкованих працях, серед яких ряд монографій та підручників. За свою подвижницьку працю вчений був удостоєний Республіканської премії для молодих вчених у 1976 р., Державної премії України в галузі науки і техніки (1991 р., 1999 р., 2005 р.), премій імені С.О. Лебедева (1997 р.), імені В.М. Глушкова НАН України (2004 р.), у 2007 р. отримав звання Заслуженого діяча науки і техніки України. В.В.Скопецький одержав п'ять авторських свідоцтв на винаходи [2]. Внесок вченого у вітчизняну кібернетичну науку важко переоцінити.

Окреме місце в наукових розвідках дослідника займали питання математичного моделювання екологічних процесів. В сферу його наукових досліджень входять питання процесів міграції забруднення у воді, повітрі, під

землею, прогнозування забруднень повітряного, водного та підземного середовищ внаслідок аварій на підприємствах. Дослідження проводились з допомогою обчислюваного експерименту, іншими словами, науково-технічні завдання вирішувались шляхом застосування обчислювальної математики.

В.В. Скопецький є співавтором підручників «Методи числового моделювання екологічних процесів» та «Основи математичного моделювання в екології», покликаних здійснювати підготовку спеціалістів для роботи в галузі екології навколишнього середовища методом постановки і вирішення на ЕОМ прикладних задач.

В.В. Скопецький у своїх підручниках подає відомості для студентів, аспірантів, викладачів щодо побудови математичного моделювання процесів міграції забруднення в повітрі, підземних і ґрунтових водах. Зокрема, у ньому наведено фізичні та математичні основи руху рідини в пористому середовищі й розглянуто принципи побудови математичних моделей режимів геофільтрації з урахуванням гідрофізичних характеристик. Містить варіанти побудови математичних моделей міграції забруднення в підземних водах і атмосфері. Наведено аналітичні розв'язки рівнянь конвективно-дифузійного перенесення. Значну увагу приділено методу сіток – поширеного способу наближеного розв'язання крайових задач для диференціальних рівнянь із частинними похідними.

Обчислювальний експеримент, як спосіб проведення теоретичних досліджень на основі математичних моделей, є доволі складним процесом і включає в себе низку кроків. Насамперед, дослідниками вивчається явище або об'єкт, їхня структура, склад, закономірності. Найголовніші з них записують у вигляді математичних формул, для побудови математичної моделі, певною мірою адекватної фізичній. Наступним кроком обчислювального експерименту є вибір методу розв'язання математичної моделі. Потім розробляються алгоритми для проведення багатоваріантних розрахунків на ЕОМ. В кінці проводиться аналіз результатів, з яких витікають відповідні висновки щодо ефективності створеної математичної моделі [4, с. 5].

В роботах В.В. Скопецького ґрунтовно досліджено питання апроксимації, стійкості різницевих схем, а також алгоритми їх реалізації для рівняння конвективного перенесення. Розглянуто основні сіткові апроксимації для нестационарного рівняння колективно-дифузійного перенесення. Для оцінки ефективності числових методів проведено методичне дослідження числових алгоритмів у разі використання реальних сіток.

Велику увагу у своїх наукових розвідках В.В. Скопецький приділяв питанням фільтрації, зокрема, досліджував принципи побудови основних математичних моделей процесів перенесення забруднень у ґрунтових водах, описуваних диференціальними рівняннями в частинних похідних з урахуванням основних фізичних факторів: конвективного перенесення, дифузії, розпаду (сорбції) тощо.

Науковець вивчав властивості різницевих схем, насамперед, апроксимацію, стійкість і збіжність. Вчений займався питаннями побудови дискретних задач із заданими властивостями, зокрема монотонних різницевих схем, які зберігають монотонну залежність розв'язку від просторової координати.

В.В. Скопецький був одним із розробників ППП «САРПОК» – високоефективної сучасної системи моделювання складних екологічних процесів. Система «САРПОК» є багатофункціональною універсальною інформаційною технологією, значна кількість підсистем якої реалізована на обчислювальних комплексах СКІТ [6, с. 22]. Ефективність цієї системи була підтверджена практичним застосуванням. З її допомогою було проведено дослідження фільтраційних процесів і міграції елементів із ставка-охолоджувача ЧАЕС у р. Прип'ять, розв'язано задачу проектного обґрунтування дренажної завіси по перехопленню забруднюючих потоків. Досліджено транспортування забруднень по руслу р. Дніпро за різноманітних фізичних ситуацій. Проведено аналіз поширення антропогенних викидів містами та промисловими центрами одного з найбільших регіонів України – Придніпров'я – Донбас, оцінено забруднення територій міст цього регіону.

Вивчено і виявлено недоліки проектного варіанта Канівської ГАЕС, в зв'язку з чим об'єкт було законсервовано та розпочато перепроєктування [7, с. 122-124].

Сфера наукових інтересів В.В. Скопецького надзвичайно широка, і математичне моделювання екологічних процесів є лише однією її складовою, проте дуже важливою для науки та суспільства.

Отже, Василь Васильович Скопецький був знаним фахівцем в галузі математичного моделювання в неоднорідних процесах і активно сприяв впровадженню методів математичного моделювання в екологічних дослідженнях. Його плідна робота в цій галузі відображена в серії монографій виданих ним з проблеми математичного моделювання в екології, а також вісімнадцятирічною роботою в якості очільника відділу математичних систем моделювання проблем екології та енергетики при Інституті кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України. Наукові дослідження вченого не обмежувалися теоретичною галуззю, а й мали важливі практичні результати, які досі не втрачають своєї актуальності.

Список використаних джерел

1. *Богаєнко В. О.* Автоматизація розв'язання просторових задач з неповними даними : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 01.05.02 «Математичне моделювання та обчислювальні методи» / В. О. Богаєнко. – К., 2006. – 16 с.

2. *Василь Васильович Скопецький* // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія : Фізико-математичні науки. – 2010. – № 4. – С. 240–241. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/48786/23-Skoreckiy.pdf?sequence=1>. – Назва з екрану.

3. *Відділ математичних систем моделювання проблем екології та енергетики* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL http://users.i.kiev.ua/~norkin/ICYB/MAINMENU/About/DEPARTMENTS/FROM_OLD_SITE/Web_175.htm. – Назва з екрану.

4. *Гладкий А. В.* Методи числового моделювання екологічних процесів : навч. посіб. / А. В. Гладкий, В. В. Скопецький. – К. : ІВЦ «Вид-во «Політехніка», ТОВ «Фірма «Періодика», 2005. – 152 с.

5. *Дейнека О. Г.* Екологія : навч. посіб. / О. Г. Дейнека, Т. М. Омельченко, В. В. Ніяковський. – Х. : УкрДАЗТ, 2008. – 197 с.

6. *Сергієнко І.* Наукові ідеї академіка В. М. Глушкова та розвиток сучасної інформатики [Електронний ресурс] / І. Сергієнко // Вісн. НАН України. – 2008. – № 12. – С. 9–29. – Режим доступу: file:///C:/Documents%20and%20Settings/%D0%90%D0%B4%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80/%D0%9C%D0%BE%D0%B8%20%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/Downloads/vnanu_2008_12_3.pdf. – Назва з екрану.

7. *Скопецький В. В.* Інформаційні технології в екології (Розвиток та порівняльна характеристика) / В. В. Скопецький // 50 років Інституту кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України : пр. Міжнар. конф., Україна, Київ, 24 – 26 груд. 2008 р. – К., 2008. – С. 122–125.