

УДК 631.5/9:004



КРАСНІЦЬКИЙ
Володимир Йосипович,
аспірант,

Державна наукова сільськогосподарська
бібліотека НААН
(м. Київ)

ПЕРЕДУМОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК НАУКОВОЇ МЕТОДОЛОГІЇ ДЛЯ ПОТРЕБ АГРОНОМІЇ

У статті розглянуті основні передумови виникнення та розвитку методології математичного моделювання в науковій та прикладній галузях агрономії України.

В статье рассмотрены основные предпосылки возникновения и развития методологии математического моделирования в научной и прикладной областях агрономии Украины.

The article reviewed the main preconditions of rise and development of mathematical simulation methodology in the scientific and applied branches of agriculture in Ukraine.

Математика в Європі та Росії до XIX ст. завжди цікавила як засіб розв'язання досить простих практичних задач повсякденного напрямку. З її допомогою шукали насамперед практичні правила дій. Навіть після того, як успішно став розвиватися окремий науковий напрям математики, ще довго для різних галузей практичних застосувань поширювався попит на практичні довідники, що містили лише окремі правила із пояснювальними прикладами (наприклад, [1]). Розвиток природничих наукових галузей та ускладнення виробництва надавали поштовху для розвитку прикладних технічних напрямків математичної науки. Звичайно, що згодом виникло питання про можливість використання математичних методів та підходів і в галузі агрономії. Специфікою впровадження математичних методів в агрономію стали обов'язковість практичного застосування використовуваних теорій, зручність у застосуванні, надання досить точних результатів, наявність фізичної інтерпретації.

Накопичення великого об'єму документальних та фактографічних матеріалів у різних галузях агрономії від початку ХХ ст. і особливо у другій половині ХХ ст. (наприклад, у агрогрунтознавстві – різноманітні дослідні матеріали щодо ґрунтів, за впливом внесення добрив, у рослинництві – за впливом внесення добрив і т.д.) викликало необхідність створення нових методів досліджень ґрунтів та рослин, які б ефективно використовували та узагальнювали одержану дослідну інформацію.

Проте до теперішнього часу історичне дослідження процесу застосування такої сучасної методології як математичне моделювання ще не стало предметом досліджень науковців. Не було видано жодної праці з комплексного дослідження становлення та розвитку математичного моделювання для потреб агрономії. Відповідно не видано жодної наукової праці, де було б проаналізовано передумови процесу та об'єктивну необхідність застосування математичних методів та підходів для вирішення агробіологічних задач. Проте це не означає, що проблема та її складові взагалі не досліджувалися. Деякі аспекти окремих питань, що стосуються даної теми, розглядалися в наукових публікаціях, проте висвітлювалися недостатньо повно. Тут варто навести спроби історичного дослідження процесу впровадження такої невід'ємної складової математичного моделювання, як системного підходу, у монографії Міхеєва Є.К. [2], спроби періодизації математичного моделювання в агробіології в роботі [3].

Зважаючи на велике значення передумов, які сприяли становленню, подальшому розвитку та впровадженню математичного моделювання для наукових і практичних потреб агрономії, розглянемо їх окремо.

Отже, формування агрономії як природничої науки на початку ХХ ст. внаслідок накопичення об'єму фактографічних дослідних матеріалів викликало необхідність впровадження нових методів досліджень, які б ефективно використовували та узагальнювали одержану дослідну інформацію. Методи статистичної обробки на той час були тим єдиним апаратом, який можна було б ефективно використати для обробки дослідних даних з метою їх подальшого аналізу.

Одними з перших вчених нашої країни, хто сприяв впровадженню математичних методів (а саме методів математичної статистики та теорії ймовірностей) для потреб агрономії, були М.М. Вольф та Н.М. Тулайков [4–6], які розглядали їх застосування до досліджень та аналізу результатів спостережень (1910, 1911, 1914 рр.). Одними з видатних результатів наукових досліджень Вольфа М.М. стали пропозиції щодо застосування математичного підходу для обробки результатів колективних дослідів з мінеральними добривами, де була поставлена задача: за відомими результатами знайти певні причини цих результатів.

До піонерів застосування математичних методів відноситься і професор А.О. Сапегін. В його роботах [7–16] також пропонувалося застосування методів математичної статистики в агрономії насамперед для обробки та аналізу результатів дослідів (1914, 1915, 1916, 1921, 1922, 1926, 1928, 1935, 1937). Внаслідок практичного спрямування агрономії як науки всі роботи цього видатного вченого також мали суто прикладний характер та були визначальними для розвитку такого важливого напрямку для агрономії як дослідна справа. Окремо слід відзначити низку підручників А.О. Сапегіна з варіаційної статистики для агрономів [12–16], перший з яких вийшов у Харкові у 1922 р., де були викладені основні практичні підходи обробки та аналізу результатів дослідів, що пропонувалися до повсякденного використання в агрономічній практиці.

В роботах професора М.З. Михайловського вже можна знайти спроби математичного опису та аналізу різних біологічних проблем за допомогою перспективних для 20-х років ХХ ст. розділів «чистої» математики (теорії ймовірності, варіаційної статистики, математичного аналізу) (1925, 1926, 1927, 1928, 1929) [17–24].

Слід вказати, що в ці роки і представники математичної науки також почали вбачати перспективи прикладного застосування математичних методів для галузі агробіології. Актуальними стають пошуки прикладних математичних методів дослідження агробіологічних систем, а також супроводжуючі питання математичного характеру. Після 20-х років ХХ ст. вказаний напрямок відповідав

загальним світовим тенденціям застосування математичних підходів у біології, тому він став характерним і для представників харківської математичної школи, якими були С.Н. Бернштейн (1922) [25], а пізніше В.А. Стеклов та О.М.Ляпунов

В результаті вже в 20-ті роки склалися конкретні напрямки практичного застосування математичних підходів, а також були розроблені конкретні методики аналізу результатів дослідів. Показником цього можна вважати виданий у 1927 р. підручник проф. О.К. Філіповського «Сільськогосподарська досвідна справа» [26]. Підручник для вищих шкіл», в якому розглядалися не просто застосування математичних методів, а був наданий аналіз існуючих на той час підходів, а також дослідження процесу розвитку зарубіжних та вітчизняних поглядів на методи становлення дослідів. Дуже важливим, можна вважати знаковим, та перспективним в цій роботі став перехід до досліджень, в яких намагалися кількісно описувати явища (наприклад, застосування диференціальних рівнянь). У зв'язку з цим О.К. Філіповський розглядав проблему взаємовідношення чинників у явищах, їх міру та міру явища, на основі чого далі досліджував проблему побудови дослідів з метою виявлення значення окремих чинників. Всі результати цієї роботи в комплексі становили велике значення для впровадження у подальшому математичних методів для потреб агрономії.

Успіхи у поширенні застосування математичних методів, насамперед математичної статистики, у дослідній справі, в свою чергу, викликали розвиток відповідних методик та методології, а у подальшому стали невід'ємною складовою дослідної справи. Але початком цього процесу можна вважати 20-ті роки ХХ ст. (серія підручників А.О. Сапегіна з варіаційної статистики для агрономів та підручник О.К. Філіповського з сільськогосподарської досвідної справи).

Уже в 30-х роках ХХ ст., внаслідок подальшого розвитку природознавчих наук та спроб кількісного опису їх явищ, крім поширюваних на той час застосувань математичних методів (дослідна справа, дослідження проблем спадковості) відбувається впровадження математичних методів та підходів до галузі ґрунтознавства (спочатку на основі побудови емпіричних математичних

залежностей на основі одержаних дослідних даних). Але з подальшим розвитком математики та успіхами, одержаними в напрямі опису ґрунтознавчих явищ, результатом розвитку напряму стало впровадження математичного моделювання вже наприкінці 40-х років ХХ ст. Основою нового напряму стало успішне застосування математичного опису теплового режиму ґрунту, а трохи згодом і опису розподілу вологи у ґрунті. Вказані роботи почали проводитися починаючи з середини 30-х років ХХ ст. в Інституті агрофізики Академії наук СРСР під керівництвом акад. А.Ф. Іоффе для галузі агрофізики [27, 28]. Використовуючи досягнення та розробки Інституту агрофізики Академії наук СРСР в Українському інституті агроґрунтознавства та хімізації сільського господарства вже у 30-ті рр. ХХ ст. стали проводитися роботи з подальшого поглиблення методів досліджень та уточнення поняття таких фізичних властивостей ґрунту як різновиди форм у ґрунті, вологоємності, водопроникненості та ін.

ХХ ст. також відзначилося як бурхливим розвитком вже існуючих розділів математики, так і виникненням нових, на основі вже існуючих розділів, а також внаслідок впровадження математики в різні галузі науки, насамперед до природничих. Внаслідок цього виникали нові задачі, розв'язування яких викликало у свою чергу подальший розвиток математики, нові задачі. В результаті друга половина ХХ ст. відзначилася таким явищем, як математизація різних наукових та прикладних галузей людської діяльності. Внаслідок необхідності одержання формальних описів об'єктів у процесі математизації подальший розвиток математики та математизація різних наукових галузей (наприклад, природничих галузей, в яких крім досліджень, що базуються на проведенні експериментів, формувалися теоретичні напрямки), в свою чергу, викликали розвиток теоретичних напрямів, основою яких стали математичні описи процесів. Успіхи, одержані при математичних описах фізичних процесів, викликали інтерес і до описів біологічних. Поширення та поглиблення досліджень у природничих галузях, розвиток та удосконалення наукових знань привели до формування системного уявлення, а у подальшому до виникнення нового напряму наукової методології – системного підходу, де вивчення функціонування та

розвитку складних біологічних об'єктів займає особливе місце. У 50-70-е рр. ХХ-го ст. були запропоновані нові підходи до побудови загальної теорії систем (Заде Л., Акофф Р., Калман Р., Уємов О.І., Урманцев Ю.О., Мельников Г.П. та ін.). Загальною рисою цих підходів була розробка логіко-концептуального та математичного апарату системних досліджень. В ці роки фон Берталанфі також увів поняття та дослідив відкриті системи – системи, що постійно обмінюються речовиною та енергією із зовнішнім середовищем. В рамках системного підходу система не тільки не детермінується однозначно властивостями його елементів або їхніх груп та не зводиться до них, а самі елементи детермінуються цілим і лише в його рамках дістають функціональне пояснення та виправдання. Теорія систем на початку другої половини ХХ ст. вперше була застосована у точних науках та техніці. Успішне застосування теорії систем у точних науках і техніці сформувало нові підходи та методи дослідження.

Виникнення та становлення загальної теорії систем відображало різке збільшення ролі методологічних досліджень у зв'язку із специфічними перешкодами при дослідженні складних об'єктів у фізиці, біології, економіці та ін. галузях наукових знань. Проблеми аналізу та синтезу складних об'єктів привели до необхідності створення спеціального наукового інструментарію – системного підходу, головними категоріями якого стали: поняття системи, структури, ієрархії та ін. В результаті виник ряд нових методологічних задач, які неможливо розв'язувати без загальних прийомів спрощення та абстрагування, нових методів математики. Загальна теорія систем стала основою забезпечення єдиної формально методологічної бази дослідження об'єктів різної природи, що розглядаються в якості систем.

Характерною рисою ХХ ст., як відомо, було те, що наука, в тому числі і агрономічна, стала безпосередньою виробничою силою, швидко розвивалися усі її галузі, формувалися нові. Бурний розвиток науки привів до непомірного збільшення інформації, що треба приймати спеціалістам як безпосередньо у галузі їхньої спеціалізації, так і у суміжних. Все це підвело підґрунтя до використання системних досліджень при вирішенні задач для агрономічної галузі.

Висока продуктивність методів досліджень ґрунтів та рослин у ХХ ст. у сукупності з великою кількістю дослідників обумовили великий потік нових даних. Крім того, внаслідок подальшого розвитку математики відбувалося і не тільки подальше ускладнення поставлених задач, а й методів одержання їх розв'язку (наприклад, розвиток апарату для опису та досліджень фізичних процесів у ґрунтах вимагав використання диференціальних рівнянь в часткових похідних), що у свою чергу, викликало проблему одержання ефективних методів розв'язування подібних задач. Стрімкий розвиток у 50-тих роках ХХ ст. такої галузі математики, як чисельні методи надав можливість одержати методи розв'язку багатьох задач, але, внаслідок обчислювальної складності задач висунув у свою чергу нову проблему: одержання ефективних засобів для обчислення задач відповідними чисельними методами. Вже наприкінці 50-тих років ХХ ст. в якості таких засобів почали використовувати обчислювальну техніку (Інститут агрофізики АН СРСР). Розвиток обчислювальної техніки, в свою чергу, викликав стрімке поширення впровадження методів математичних описів агробіологічних процесів у прикладних дослідженнях [29–35].

Крім того, у 50-ті роки формується такий науковий напрям, як математична біологія, а у 60-ті роки чл.-кор. АН СРСР О.А. Ляпунов розробляючи методологічні основи математичної біології виокремив три напрямки біології: емпіричний, теоретичний, математичний (який повинен мати за основу математичні моделі, що використовувалися б для перевірки основних теоретичних концепцій). Взагалі 60-ті роки стали знаковими для розвитку математичної біології. В ці роки були проведені дві республіканські конференції «Математические методы в биологии», почали випускати збірник наукових праць «Кибернетические вопросы биологии». Подальший розвиток математичної біології стимулював впровадження методів математичного моделювання для потреб науки та практики в галузі агрономії.

Отже, основними передумовами математичного моделювання для потреб агрономії можна вважати наступні фактори:

- поширення застосування математичних методів у дослідній справі;

- подальший розвиток математики та математизація різних природничих галузей;
- розробка загальної теорії систем та системного підходу;
- розвиток та впровадження у наукову практику засобів для проведення обчислень (обчислювальних машин).

Список використаної літератури

1. *Богонос А. С.* Как уничтожить узкополосицу / А. С. Богонос. – К. : Изд. Сытина, 1912. – 77 с.
2. *Міхеєв Є. К.* Інформаційні системи в землеробстві. Частина I: Системи підтримки прийняття технологічних рішень на рівні проектування і планування / Є. К. Міхеєв. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2005. – 280 с.
3. *Вергунов В. А.* Математичне моделювання в агробіології : започаткування, становлення та розвиток / В. А. Вергунов, М. І. Вергунова // Історія освіти, науки і техніки в Україні : матеріали II конф. молодих учених та спеціалістів, 27– 8 трав. 2004 р., м. Київ. – К., 2004. – С. 58–61.
4. *Вольф М.* Труды сети коллективных опытов с минеральными удобрениями в Екатеринославской губернии. Часть 2 / М. Вольф. – Х. : Печатное дело, 1910. – 306 с.
5. *Вольф М. М.* Труды сети коллективных опытов с минеральными удобрениями в Екатеринославской губернии / М. М. Вольф. – Х. : Печатное дело, 1911. – Ч. 3. – 170 с.
6. *Вольф М. М.* Разбор труда Н. М. Тулайкова о применении математического метода к исследованию результатов наблюдений / М. М. Вольф // Отчет о деятельности Полтавского Общества сельского хозяйства за 1914 год. – Полтава : Типогр. «Хуторянин» Полтав. О-ва сел. хоз-ва, 1916. – С. 5.
7. *Сапегин А. А.* «Срединная ошибка» и ее значение для оценки средних арифметических при сравнительных испытаниях / А. А. Сапегин // Земледельческая газета. – Петроград, 1914. – № 34. – С. 1110–1112; № 36. – С. 1169–1171.
8. *Сапегин А. А.* Определение точности опыта по его данным / А. А. Сапегин // Зап. Имп. О-ва сел. хоз-ва Юж. России. – Одесса, 1915. – № 3-4-5. – С. 68–80.
9. *Сапегин А. А.* Показатель пестроты участка и точности полевого опыта / А. А. Сапегин // Земледельческая газета. – Петроград, 1915. – № 26. – С. 724–726.
10. *Сапегин А. А.* О точности полевого опыта в связи с величиной и повторностью учетных делянок / А. А. Сапегин // Зап. имп. О-ва сел. хоз-ва Юж. России. – Одесса, 1916. – Т. 86, кн. 1, Офиц. Отдел. – С. 1–4.

11. Сапегин А. А. Определение точности полевого опыта с помощью элементов вариационной статистики / А. А. Сапегин. – Одесса: Изд-во отдела с.-х. пропаганды губземского дела, 1921. – 23 с.
12. Сапегин А. А. Вариационная статистика. Элементарный учебник для агрономов / А. А. Сапегин. – Х. : Наркомзем, 1922. – 80 с.
13. Сапегин А. А. Варіаційна статистика : елементарний підруч. для агрономів / А. А. Сапегин. – К. : Книгоспілка, 1926. – 90 с.
14. Сапегин А. А. Вариационная статистика. – 3-е изд., испр. и доп. – М. ; Л. : Госиздат, 1928. – 106 с.
15. Сапегин А. А. Вариационная статистика : практ. элементар. пособие для опытников / А. А. Сапегин. – 5-е изд., испр. – М. : Сельхозгиз, 1935. – 93 с.
16. Сапегин А. А. Вариационная статистика : практ. элементар. пособие для агрономов-опытников и биологов. – 6-е изд. – Одесса, 1937. – 86 с.
17. Михайловський М. З приводу одного парадокса теорії імовірностей / М. Михайловський // Вісті Харк. СГІ ім. тов. Раковського. – Х., 1925. – № 2-3. – С. 81–82.
18. Михайловський М. Прийом інтегрування рівняння в повних диференціалах $Mdx + Ndy = 0$, де M та N голоморфні функції / М. Михайловський // Вісті Харк. СГІ ім. тов. Раковського. – Х., 1926. – № 6. – С. 117–118.
19. Михайловський М. Наближений прийом вирахування коефіцієнту кореляції / М. Михайловський // Вісті Харк. СГІ ім. тов. Раковського. – Х., 1927. – № 8-9. – С. 79–81.
20. Михайловський М. Математична метода в біології // Вісн. природознавства / Природнича секція Харк. наук. т-ва. – 1927. – № 2 (серп.). – С. 65–69.
21. Михайловський М. Про оптимальні розміри живих організмів / М. Михайловський // Вісн. природознавства / Природнича секція Харк. наук. т-ва. – Харків, 1927. – №3-4. – С. 205-206.
22. Михайловський М. Спроба застосування теорії кореляції до питання географічного розповсюдження рослин // Вісті харківського сільсько-господарського інституту імені сільінтерну. – Харків, 1928. – №10. – С. 269-271.
23. Михайловський М. До питання про оптимальний тип живих організмів (спроба математичної аналізи біологічної проблеми) / М. Михайловський // Вісн. природознавства / Природнича секція Харк. наук. т-ва. – Х., 1928. – №1(січ.). – С. 1–6.
24. Михайловський М. Математичні інтерпретації проблеми спадковості й оточення / М. Михайловський // Вісті Харк. СГІ ім. сільінтерну. – Х., 1929. – № 11. – С. 50–51.
25. Бернштейн С. Н. Математические проблемы современной биологии / С. Н. Бернштейн // Наука на Украине. – 1922. – № 1. – С. 14–20.
26. Филиповський О. Сільськогосподарська досвідна справа : підруч. для вищ. шкіл / О. Філіповський. – Х. : Книгоспілка, 1927. – 183 с.
27. Александров Б. П. Физические основы теплового баланса почвы / Б. П. Александров, А. В. Куртнер ; под общ. ред. А. Ф. Иоффе. – М. ; Л. : Госсельхозиздат, 1935. – 192 с.

28. *Лайтман Д. Л.* Физика приземного слоя атмосферы / Д. Л. Лайтман, А. Ф. Чудновский ; под общ. ред. С. И. Вавилова, А. Ф. Иоффе, П. И. Лукирского, В. А. Фока, Я. И. Френкеля. – М. : Гос. изд-во технико-теорет. л-ры, 1949. – 256 с.
29. *Нерпин С. В.* Физика почв / С. В. Нерпин, А. Ф. Чудновский. – М. : Физматгиз, 1967. – 298 с.
30. *Куртнер Д. А.* Расчет и регулирование теплового режима в открытом и защищенном грунте / Д. А. Куртнер, А. Ф. Чудновский. – Л. : Гидрометеоздат, 1969. – 299 с.
31. *Куртнер Д.* Расчет температурного режима почвы в теплицах с калориферным обогревом / Д. Куртнер, Г. Семикина // Вестн. с.-х. науки.– 1968. – № 8(143). – С. 95–99.
32. *Нерпин С. В.* О расчете нестационарного движения влаги в почве / С. В. Нерпин, Г. И. Юзефович, В. А. Янгарбер // Докл. ВАСХНИЛ. – 1966. – Вып. 6. – С. 2–4.
33. *Роде А. А.* Учение о почвенной влаге в работах советских исследователей / А. А. Роде // Почвоведение. – 1967. – № 9. – С. 41–54.
34. *Качинский Н. А.* Физика и механика почвы полвека на службе социалистического строительства СССР/ Н. А. Качинский // Почвоведение. – 1967. – № 11. – С. 18–32.
35. *Бюллетень* научно-технической информации по агрономической физике. – Ленинград, 1960. – № 9-8. – 124 с.