

УДК 338+911.6

Л. Янковська, канд. географ. наук, доцент

Р. Яворівський, викладач

С. Сверстюк, студентка

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, Україна

НАУКОВІ ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ

L. Yankovska, Ph.D, Assoc. Prof.

R. Yavorivskyi, lecturer

S. A. Sverstyuk, student

Volodymyr Hnatyuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

SCIENTIFIC APPROACHES TO THE MODELING OF ECOLOGICAL SYSTEMS AND PROCESSES

У зв'язку із складністю безпосереднього вивчення деяких екологічних систем чи процесів, важливу роль у екологічних дослідженнях відіграє моделювання. Методи моделювання дозволяють отримувати досить точні прогнози змін у конкретних екосистемах і, що важливо, – розробляти на їх базі заходи запобігання негативним наслідкам того чи іншого впливу.

Тому цікавим є з'ясування історії становлення і розвитку різних видів моделювання в екології та аналіз ефективності їх застосування на різних етапах становлення науки. Розвиток моделювання екологічних систем і процесів чітко корелюється з розвитком самої науки екології. Узагальнюючи опрацьовану інформацію, можна виділити три основних етапи становлення моделювання в екологічних дослідженнях:

1) донауковий, коли почали зароджуватись логічні основи моделювання та накопичуватись знання екологічного змісту, але самої науки екології ще не існувало;

2) класичний – зародження екології як науки та становлення математичного моделювання, його застосування переважно в біоекологічних дослідженнях (друга половина XIX – середина XXст.);

3) сучасний – формування широкого спектру видів моделювання, розвиток цифрових технологій та активний розвиток прикладної екології (друга половина XX ст – наш час) [7].

Що стосується наукового моделювання, то воно у своїй початковій формі з'явилося вже в античній науці, а потім відродилось у XV - XVI ст. і отримало подальший розвиток у різних галузях знань. Вагомий внесок у теорію моделей, а саме – в розробку логічних основ моделювання і теоретичного обґрунтування застосовності моделей вніс І. Ньютон (1643-1727), який почав користуватися цим методом для потреб науки і техніки уже цілком свідомо [4].

У XIX ст. ми знаходимо зародки математичного моделювання екологічних процесів. Відомим є вчення англійського священика Томаса Мальтуса „Про народонаселення” 1802р., в якому він представив математичну модель експоненціального типу росту популяції. Логістичне рівняння вперше було запропоноване Ферхюльстом в 1838 р. Ним також користувався Лотка. Проте ці розробки випереджали свій час. Так, праці Ферхюльста були забуті, і його модель аж через сто років перевідкрили Перл та Рід [5].

На початку XXст. виникла математична екологія, чому сприяли праці видатного італійського математика Віто Вольтерра і його сучасника А. Лотки, які розробили математичні моделі росту окремих популяцій і динаміки взаємодіючих популяцій, що взаємопов'язані відносинами конкуренції та хижацтва. Побудована В. Вольтерра модель угруповання, в якій особини однієї популяції були їжею для особин другої, пояснило багато, на перший погляд незрозумілих, явищ періодичних коливань чисельності, які жодним чином

неможливо було пов'язати з періодичними коливаннями зовнішніх факторів (в основному кліматичних). Цінність вольтерівських екологічних моделей полягає в тому, що вони були основою, на якій швидкими темпами почала розвиватись математична екологія.

У результаті НТП у середині ХХ ст. метод моделювання набирає важливого гносеологічного значення. У цей час моделювання проникає в усі галузі екології, де вивчення визначених об'єктів дуже утруднене без побудови й оперування моделями. Значно розширюється спектр видів моделювання.

У середині 60-х років в Канаді і США були створені перші комп'ютерні моделі – геоінформаційні системи (ГІС). У 1965 р. вперше з'явився термін ГІС у дискусійній статті авторів з Північно-Західного Університету США [6].

Темпи росту кількості реально діючих геоінформаційних систем досить вражаючі. За довідником видання Комісії щодо збору та обробки географічної інформації Міжнародного географічного союзу «Програмне забезпечення обробки просторових даних», до початку 80-х років, було створено близько 90 повномасштабних географічних інформаційних систем, а вже у середині 80-х років їхня кількість перевищувала 500; зараз їх вже сотні тисяч [6].

Запровадження системи екологічного моніторингу (1974 р.) висунуло нові завдання перед математикою (особливо у сфері моделювання та статистики), - селекція інформації, її зберігання, оптимізація мережі спостережень і моделювання екологічних процесів з метою їх прогнозування.

Поява потужних електронно-обчислювальних машин та розділів кібернетики, що стосуються системного аналізу, створили надійні передумови принципово нового вирішення проблеми наукових прогнозів майбутнього. Так, у 1972 р. вперше членами Римського професорами з США Д.Медоузом і Дж.Форрестером була підготовлена доповідь «Межі росту» у вигляді математичної моделі розвитку світової ситуації на засадах врахування таких взаємозалежних змін, як капіталовкладення, використання ресурсів, забруднення середовища, виробництво продуктів споживання. За висновком авторів, за умови збереження існуючих тенденцій науково-технічного прогресу, неконтрольованих демографічних процесів, забруднення середовища на людство в першій половині ХХІ ст. чекає глобальна катастрофа. Доповідь "Межі зростання" фактично заклала основи сучасної концепції «сталого (екологічно і соціально збалансованого) розвитку».

Одним із першим вагомим досягненням у створенні ГІС в Україні став «Електронний атлас України», створений у 1991р. (за редакцією Л. Руденка). Головною складовою інформаційного забезпечення Атласу є набір електронних карт. Також до складу Атласу також входять текст, діаграми, таблиці і фотографії, які значно доповнюють картографічну інформацію [3].

Сучасні системи управління вимагають нових підходів до аналізу інформації і відповідного аналітичного забезпечення. ГІС традиційно використовується при аналізі екологічної ситуації, що має просторове розподілення: геоінформаційні технології грошової оцінки земель населених пунктів; створення баз цифрових картографічних даних на території міста; цифрові карти бонітування ґрунтів та відповідна база даних грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення за категоріями угідь (рілля, багаторічні насадження, сіножаті та пасовища); геоінформаційні системи земельного кадастру, лісового реєстру і територій, що особливо охороняються; моделі аварійних розливів нафти на суші і малих річках із застосуванням ГІС-технологій; комп'ютерна система розподіленої інвентаризації парникових газів як засіб прийняття ефективних управлінських рішень; геоінформаційні технології у вивченні дикорослих лікарських рослин; проектування, розробка й впровадження в діяльність геоінформаційних систем природоохоронних територій [1].

Сьогодні цифрова трансформація (цифровізація) розглядається як важливий драйвер соціально-економічного розвитку (як свідчать дані Світового економічного форуму, 2019 р.). Поширення цифровізації розкриває безліч економічних можливостей. Зокрема, цифрові дані можуть сприяти поліпшенню економічних і соціальних показників, розвитку інновацій та

підвищенню продуктивності. Цифрові платформи спрощують здійснення операцій, формування мереж зв'язків і обмін інформацією. Із позицій промислового виробництва трансформація всіх сфер і ринків під впливом цифрових технологій може сприяти підвищенню якості товарів і послуг при суттєвому зниженні витрат. Крім того, цифровізація трансформує ланцюжки створення вартості в різних варіантах, відкриваючи нові можливості для збільшення доданої вартості та глибинних структурних змін. Стрімкий розвиток означених процесів потребує їх детального дослідження. Сьогодні відбувається посилений наступ четвертої промислової революції (індустрії 4.0) – сучасної епохи інновацій, коли передові технології (хмарні, розвиток засобів збору й аналізу «Big Data», краудсорсинг, біотехнології, безпілотні автомобілі, 3D-друк, криптовалюти «Bitcoin», технології «Blockchain» та ін.) радикально змінюють різні галузі (сектори) економіки й суспільство в цілому. Важливо також звернути увагу на зростаючу роль стартапів, оскільки керівники великого бізнесу все більше залучають їх інноваційні проекти, особливо інтегруючи розроблені екологічні рішення у свою діяльність і створюючи продукти для формування зелених ринків. Активізація міжнародних організацій у трансфері політики цифровізації свідчить про загальну стурбованість людства у частині загострення соціально-економічних та екологічних проблем на планеті [2] і потребі досягнення сталого розвитку.

Література

1. Геоінформаційні технології в екології : Навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф. Чернівці, 2012. 273с.
2. Федулова Л.І. Тенденції розвитку та впровадження цифрових технологій для реалізації цілей сталого розвитку. *Економіка природокористування і сталий розвиток*. Київ: ДУ ІЕПСР НАН України, 2020. № 7 (2.6). С. 6-14.
3. Атлас України. Пілотний проект електронної версії Національного атласу України. Інститут географії НАН України. ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО». Київ, 2000.
4. Богобоящий В.В. та ін. Принципи моделювання та прогнозування в екології: Підручник. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 216с.
5. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ: Фітосоціоцентр, 2004.132с.
6. Вольська С.Ю. та ін. Геоінформаційна технологія: етапи розвитку, стан в Україні. *Український географічний журнал*, 1993. № 4. С.6-14.
7. Янковська Л.В. Історія моделювання екологічних систем і процесів *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Географія. Тернопіль: ТНПУ. №1 (випуск 25). 2009. С.8-13.