МОДЕЛЮВАННЯ ДОВКІЛЛЯ ЯК ШЛЯХ ПОШУКУ НОВИХ РІШЕНЬ

Гуменюк Г. Б., Желіховська Н.М.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

Сучасна наука характеризується глибоким проникненням математичних методів у її різні галузі. Оскільки математика – це наука про форми та відношення, що розглядаються в абстрагуванні від їх змісту, то математичні методи можна використовувати широко. Математизація у широкому розумінні – це застосування у науці принципів і положень, методологічного і формального апарату власне математики і математичної логіки. На стику математики і ряду наук формуються нові наукові дисципліни, які за предметом вивчення є галузями даних наук, а за методом дослідження належать до математики. Це, наприклад, математична логіка, математична фізика, математична економіка, математична біологія, математична географія, математична екологія тощо [7].

Істотно зростає роль математики в розвитку сучасної біології. Застосування математичних методів у науці, у тому числі в екологічних дисциплінах, не змінює їх методологічних основ. Воно базується на особливостях форм ряду матерії, які вивчаються даною наукою, характер і взаємодії головних для цієї науки явищ, об'єктів дослідження. Математичні методи не нівелюють специфіку кожної науки, не "розчиняють" її у математиці, а служать для посилення її методологічних основ.

Обробка експериментальних даних з використанням математичної статистики – це лише найбільш розповсюджене, але не єдине і не найважливіше застосування математики в еколого-географічних дослідженнях. Справа в тому, що результати навіть досить тонких експериментів далеко не завжди дозволяють відповісти на питання про те, які основні рушійні сили і механізми впливають на стан і розвиток довкілля. Такі механізми можуть бути визначені при розгляді функціонування екологічної системи як результату взаємодії її складових елементів та різноманітних чинників, що впливають на стан довкілля, в якому вони розглядаються.

Враховуючи взаємодію різноманітних чинників, що визначають структуру її особливості функціонування екологічних систем, можна тільки за допомогою математичних методів і методів математичного моделювання. Найбільш важливим етапом застосування математики в екологічних дослідженнях, слід вважати процес побудови адекватної математичної моделі об'єкта або системи, що вивчається. Отже, застосовуючи математичні методи у дослідженні довкілля, слід врахувати не лише їх силу, а й однобічність.

Виділяють три основних рівні математизації:

1) впровадження кількісних показників і мір;

2) застосування математичних засобів обробки фактичних даних з метою виведення емпіричних закономірностей у вигляді математичних формул, рівнянь і нерівностей;

3) побудова моделей довкілля, теорій, концепцій.

Запровадження математичних методів в екологію, а також формування математичної екології пов'язані з моделюванням стану довкілля (еколого-географічних об'єктів (утворень, процесів), їх властивостей і відношень).

Математизація екології – це передусім розвиток математико-еколого-географічного моделювання. При цьому виділяють дві самостійні, хоч і взаємопов'язані проблеми:

1) використання формальної (штучної) математичної мови;

2) застосування власне математичних методів. Перше стосується побудови моделей, друге – їх дослідження і використання у числових розрахунках[8].

Побудова математичних моделей базується тільки за допомогою певних кількісно чітко визначених величин, які у процесі дослідження можуть змінюватись або залишитись незмінними (константами). Тому перш ніж будувати математичну модель або застосовувати уже відомі математичні методи і моделі, необхідно розчленувати об'єкт дослідження на ті елементи (компоненти), які характеризують найбільш істотні властивості даного об'єкта (процесу, явища). Потім кожному елементу утвореної таким чином системи ставиться у відповідність певна кількісна величина. Внаслідок цього одержимо деяку абстрактну систему взаємопов'язаних елементів (компонентів), що представляє (моделює) ту реальну систему або об'єкт, які ми досліджуємо. Процес (процедура) побудови такої абстрактної спрощеної системи називається математичною формалізацією реального об'єкта, явища або системи. Тому побудована абстрактна система і є певною моделлю реальної системи. Але це ще не математична модель у повному розумінні цього поняття (слова). Необхідно ще встановити зв'язки між окремими елементами системи та між елементами системи і середовищем, в якому функціонує ця система. На етапі встановлення кількісних зв'язків та співвідношень між елементами побудованої системи (моделі) застосування математичних методів можна вважати традиційним. Тут широко використовуються методи математичної статистики, методи побудови емпіричних формул, менше – комбінаторний та логічний аналіз. Статистичний аналіз давно застосовується майже в усіх описових науках і тим більше в еколого-географічних дослідженнях.

Математичне або імітаційне моделювання є однією з найбільш корисних і ефективних форм моделювання, яке виражає (відображає) найістотніші риси реальних об'єктів, процесів, явищ і систем, що вивчаються різними науками.

Створити математичну модель того чи іншого реального процесу або явища в повному розумінні цього поняття, не завжди вдається чітко математично описати реальний об'єкт, процес, явище або, як кажуть, реальну систему. Вихід з даного становища надає імітаційне моделювання. Суть якого полягає в тому, що модель реальної системи будується спочатку словесно (вербально), концептуально, а потім залучаються всі існуючі методи для формалізації і математичного опису моделі, включаючи методи інформатики, системного аналізу і математичного моделювання. Основною умовою побудови імітаційної моделі є використання сучасних електронних обчислювальних машин (ЕОМ). Отже, поступаючись в точності математичного опису окремих елементів реальної системи, імітаційна модель, як правило, повинна мати перевагу відносно її інформативності та практичного використання. З огляду на останнє зауваження випливає, що усяка математична модель, яка успішно використовується для розв'язання складних практичних задач і проблем, з повним правом може називатися імітаційною моделлю або імітаційним моделюванням [8].

Отже, існує різноманітність способів і прийомів математичного моделювання, причому в назві математичної моделі часто відбивається назва того чи іншого математичного методу, що застосовується при побудові моделей. Наприклад, розрізняють моделі дискретні і неперервні, детерміністичні і стохастичні, аналогові і символічні та ін.

Властивості математико-екологічних моделей є те, що вони виступають не лише в ролі посередника між дослідником і об'єктом дослідження, а й проміжним об'єктом між теорією та дійсністю, відбиваючи певну одиничну, індивідуальну систему.

Математична мова у процесі моделювання використовується для опису у більшості випадків сформованої на основі еколого-географічних теорій і концепцій задачі дослідження об'єкта.

Системний підхід пронизує всі питання побудови математичних моделей в еколого-географічних дослідженнях, а тому варто коротко зупинитись на цьому важливому понятті з точки зору математики і знакової символіки, яка дозволяє формалізувати як поняття системи, так і її складові елементи.

Якщо елементи, що утворюють деяку систему, позначити символами x_1, x_2, x_3,..., x_n, де n – число елементів, то множину (вектор) $X=\{x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n\}$ природно назвати складом системи S.

Елементи x_1, x_2, x_3, ... , x_n об'єднуються в ціле (систему) певними відношеннями і зв'язками, які називаються системоутворюючими. Крім того, що ці елементи об'єднуються зв'язані між собою, вони зазнають впливу зовнішніх відносно S об'єктів. Таким чином, кожна система S впливає сама і зазнає впливу з боку нескінченної множини інших систем e_1, e_2, ... e_k, e_{k+1} . Якщо все ж таки вибрати певну міру інтенсивності взаємодії, то можна установити певне число зовнішніх систем v_1, v_2, v_3, ..., v_m, що взаємодіють з даною системою S. Множину V, що складається з зовнішніх систем, які знаходяться в істотних (в певному сенсі) зв'язках з даною системою S, прийнято називати довкіллям і позначати таким символом (вектором): $V=\{v_1, v_2, v_3, \ldots, v_m\}$.

Множину відношень (зв'язків) між елементами системи та елементами системи і довкілля називають структурою даної системи S і позначають її так: $\Sigma=\{\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \ldots, \Sigma_i\}$, де i – число всіх зв'язків, що утворюють структуру системи S.

Склад X, довкілля V і структура Σ можуть змінюватися в часі, що записується так:

$$X=X(t)=\{x_1(t), x_2(t), \ldots, x_n(t)\},$$
$$V=V(t)=\{v_1(t), v_2(t), \ldots, v_m(t)\},$$
$$\Sigma=\Sigma(t)=\{\Sigma_1(t), \Sigma_2(t), \ldots, \Sigma_i(t)\},$$

Функцією системи S називається закон (сукупність правил) F(t), за яким в залежності від зовнішніх чинників V(t) відбувається зміна в часі внутрішніх елементів X(t) і структури Σ(t).

Формалізоване означення поняття системи S(t), що функціонує в довкіллі V(t), називається множина об'єктів: S(t) = S (X,V,Σ,F), що утворена із сукупності внутрішніх елементів X(t), які зв'язані між собою і з довкіллям V(t) сукупністю зв'язків Σ(t), які змінюються в часі у відповідності з множиною функцій F(t).

Системний підхід до вивчення будь-яких реальних систем полягає : 1) у визначенні складових частин x_1, x_2, x_3, ..., x_n, і взаємопов'язаних з ними елементів (чинників) довкілля v_1, v_2, v_3, ..., v_m; 2) у вивченні структури внутрішніх зв'язків, а також зв'язків між елементами системи і зовнішніми чинниками; 3) у знаходженні законів функціонування системи $F = \{f_1, f_2, f_3, \ldots, f_p\}$, що визначають характер зміни (динаміку) основних компонентів системи під дією зовнішніх об'єктів (елементів довкілля).

Для розв’язання цих завдань при еколого-географічних дослідженнях використовують різноманітні методи. Важливе місце належить математичному моделюванню.

Якщо позначимо систему через S = S_0 (X_0,V_0, S_0, F_0), тоді під її математичною моделлю S_0 будемо розуміти деяку її модель S = S (X, V, Σ, F), у якої елементами (компонентами) множин X, V, Σ, F виступають математичні символи, як правило, змінні і постійні величини, зокрема скалярні функції від часу t , на інтервалі $t_0 \le t \le t_N$, а саме:

$$X = \{x_1, x_2, x_3 \dots , x_n\},$$
$$V = \{v_1, v_2, v_3 \dots , v_m\},$$
$$\Sigma = \{\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3 \dots , \Sigma_i\},$$
$$F = \{f_1, f_2, f_3 \dots , f_p\},$$

Структура Σ являє собою множину математичних співвідношень між компонентами множин, які записуються у вигляді рівнянь і нерівностей такого вигляду:

$$\delta_1 \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1, x_2, \dots, x_n\right) = 0,$$
$$\delta_2 \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1, x_2, \dots, x_n\right) = 0,$$
$$\sigma_k \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1, x_2, \dots, x_n\right) = 0,$$
$$\sigma_{k+1} \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1, x_2, \dots, x_n\right) \le 0,$$
$$\delta_i \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1, x_2, \dots, x_n\right) \le 0,$$

Як відомо, співвідношення зв’язують собою зовнішні і внутрішні моделі, які описують характеристики (властивості) як компонентів даної системи, так і чинників довкілля.

Функція F={f_1, f_2, ... , f_n} є ніщо інше, як розв’язувальний оператор, який за допомогою математичних співвідношень різного виду по заданим входом $v_1(t)$, $v_2(t)$, ..., $v_m(t)$ з тією чи іншою точністю визначає функції x_1, x_2, ... x_n на інтервалі $t_0 \le t \le t_N$:

$$x_1(t) = f_1 \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0, t\right),$$
$$x_2(t) = f_2 \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0, t\right),$$
$$x_n(t) = f_n \left(v_1, v_2, \dots, v_m, x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0, t\right),$$

що задовольняють рівнянням і нерівностям і заданим початковим умовам:

$$x_1(t_0) = x_1^0 , x_2(t_0) = x_2^0 , \dots, x_n(t_0) = x_n^0$$

Попри всі переваги методу математичного моделювання не можна не відзначити, що нерідко відсутність чітких уявлень про характеристики цих процесів (явищ) підміняються наведенням великої кількості експериментальних даних, а за теоретичне (модельне) описування видається підібраний емпіричний вираз (одна або кілька формул) без зазначення границі області його застосування. Такий напівемпіричний опис може не мати нічого спільного з реальним процесом (явищем), особливо в тій частині області застосування моделі, яка лежить поза границею адекватності, що й робить побудовану модель мало ефективною. Ось чому тільки та математична модель, яка описує суть процесу чи явища, розкриває закономірності їх проходження і є адекватною в математичному описуванні окремих характеристик реальної системи.

Теоретичне моделювання стану довкілля стосується методів вимірювання еколого-географічних зв'язків, визначених соціально-екологічними моделями. У цьому аспекті моделювання стану довкілля базується на математичній статистиці. Наприклад, один з найбільш використовуваних засобів у математичному моделюванні є метод найменших квадратів. Завдання теоретичного моделювання стану довкілля – детально записати припущення цього методу, його властивості та що відбувається з цими властивостями, коли одне чи більше припущень не виконуються.

Прикладне моделювання стану довкілля використовує засоби теоретичного, наприклад, лінійної функціональної залежності з конкретними прикладами та ін.

Для того щоб зробити прогноз, спочатку потрібно створити математичну модель того чи іншого явища в екології. Серед математичних моделей є многочлени (поліноми).

В математиці, многочленом чи поліномом або багаточленом однієї змінної називається вираз вигляду: $c_0 + c_1 x + \ldots + c_n x^n$, де c_i є сталими коефіцієнтами (константами), а x – змінна. Наприклад, $12 + 3.1x + 2x^6$, та $1 + x + x^2 + x^3$, є многочленами, але $\frac{1}{x^2+1}$ та $\sqrt{x^2+1}$ не є многочленами. Многочленом від декількох змінних називається скінченна сума, в якій кожен з доданків є добутком скінченного числа цілих ступенів змінних та константи: $c_0 + c_1 xy^2 + c_2 z^3 + c_3 xyz + \ldots$. Многочлени є одним з найважливіших класів елементарних функцій [4].

У теорії ймовірностей та математичній статистиці кореляція (або коефіцієнт кореляції) є мірою залежності двох випадкових величин. При цьому, зміна однієї або кількох цих величин призводить до систематичної зміни іншої або інших величин [4].

Кореляційний аналіз – математичний метод, що дозволяє встановити напрям і тісноту взаємозв'язків між певними явищами. Мета кореляційного аналізу – забезпечити отримання деякої інформації про одну змінну за допомогою іншої змінної. У випадках, коли можливе досягнення мети, свідчить, що змінні корелюють. В самому загальному вигляді сприйняття гіпотези про наявність кореляції означає, що зміна значення змінної А відбувається одночасно з пропорційною зміною значення В [4].

Кореляція може бути позитивною та негативною (можлива також ситуація відсутності статистичного зв'язку – наприклад, для незалежних випадкових величин). Від'ємна кореляція – кореляція, за якої збільшення однієї змінної пов'язане зі зменшенням іншої, при цьому коефіцієнт кореляції від'ємний. Позитивна кореляція – кореляція, при якій збільшення однієї змінної пов'язане зі збільшенням іншої, при цьому коефіцієнт кореляції додатній.

Кореляційний аналіз за формою є:

- лінійний;
- нелінійний.

За напрямком:

- прямий;
- зворотній.

За ступенем зв'язку:

- -0,5–0 та 0–0,5 – слабкий зв'язок;
- -0,7 – -0,5 та 0,5–0,7 – середній
- -1– -0,8 та 0,8 та 1 – сильний

За кількістю ознак, що корелюють:

- парний;
- множинний.

Парна кореляція застосовується тоді, коли визначають ступінь зв'язку між двома різними явищами чи процесами або між станами певного явища чи процесу на два різних моменти або відрізки часу.

Множинна кореляція застосовується при визначення ступеня зв’язку між декількома різними явищами і процесами, або між станами певного явища чи процесу на декілька моментів або періодів часу [4].

Парна кореляція буває:

- параметрична – коли досліджувані об'єкти досліджуються в числовому варіанті (кількісній мірі);
- непараметрична (рангова кореляція).

Коефіцієнт Пірсона застосовується для розрахунку коефіцієнта кореляції досліджуваних явищ.

$$r = \frac{\Sigma_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{r\sigma_x\sigma_y},$$

де x_i – значення першого явища при спостереженні;

y_i – значення другого явища при спостереженні;

x, y – середні значення;

n – кількість спостережень.

Регресійний аналіз є проявом кореляційного аналізу, рівняння регресії (математична модель буде тим точнішою, чим вище значення коефіцієнту кореляції між досліджуваними показниками).

Регресійний аналіз – метод моделювання, що дозволяє виразити одні ознаки через інші, моделювати залежність шляхом підбору функцій, прогнозувати значення ознаки за межами виконаних спостережень [4].

Регресія може бути парною та множинною. За формою: лінійною та нелінійною. За залежністю: односторонньою та двосторонньою.

Регресія виражається декількома способами:

– шляхом побудови емпіричних ліній;

– шляхом складання рівнянь;

– побудови теоретичних ліній регресії;

– шляхом коефіцієнта регресії.

Методи побудови регресії (рівняння):

– метод координат-точок, який полягає у використанні 2-3 точок, що знаходяться на емпіричній лінії регресії або біля неї, бажано ближче до її початку та кінця

$$y = kx + b$$

– метод найменших квадратів полягає у використанні всіх даних спостереження

$$\begin{cases} \Sigma y = k\Sigma x + bn \\ \Sigma xy = k\Sigma x^2 + b\Sigma x \end{cases}$$

Регресійний аналіз дозволяє нам отримати математичну модель (рівняння), що дає можливість прогнозувати зміни концентрації важких металів в залежності від зміни водневого показника середовища, в залежності від зміни валової і розчинної форми.

Коефіцієнт детермінації (КД, R^2 – *R-квадрат*). Його розглядають як універсальну міру зв'язку однієї випадкової величини від багатьох інших. В іншому випадку лінійної залежності R^2 є квадратом так званого множинного коефіцієнта кореляції між залежною змінною і пояснюючими змінними. Однак, для моделі парної лінійної регресії коефіцієнт детермінації дорівнює квадрату звичайного коефіцієнта кореляції між *y* і *x*.

Коефіцієнт детермінації моделі залежності випадкової величини у від факторів х визначається наступним чином:

$$R^2 = 1 - \frac{V(y|x)}{V(y)} = 1 - \frac{\sigma^2}{\sigma_y^2},$$

де $V(y|x) = \sigma^2$ – умовна (за фактором х) дисперсія залежної змінної або дисперсія випадкової помилки моделі [2, 3,4].

В даному визначенні використовуються параметри, які характеризують розміщення випадкових величин. Якщо використовувати вибіркову оцінку значень відповідних дисперсій, то отримаємо формулу для вибіркового коєфіцієнта детермінації (який зазвичай і виступає коефіцієнтом детермінації):

$$R^2 = 1 - \frac{\hat{\sigma}^2}{\hat{\sigma}_y^2} = 1 - \frac{ESS/n}{TSS/n} = 1 - \frac{ESS}{TSS},$$

де $ESS = \sum_{t=1}^{n} e_t^2 = \sum_{t=1}^{n} (y_t - \hat{y}_t)^2$ – сума квадратів залишків регрессії, $y_t, \hat{y}_t$- фактичні і розрахункові значення пояснюючої змінної.

$$TSS = \sum_{t=1}^{n} (y_t - \overline{y})^2 = n\hat{\sigma}_y^2$$ – загальна сума квадратів.

У випадку лінійної регресії з константою $TSS = RSS + ESS$, де $RSS = \sum_{t=1}^{n} (\hat{y}_t - \overline{y})^2$ – пояснена сума квадратів, тому отримуємо більш просте визначення в цьому випадку – коефіцієнт детермінації – це частка отриманої суми квадратів в загальному: $R^2 = \frac{RSS}{TSS}$

Треба зазначити, що ця формула справедлива тільки для моделі з константою, в іншому випадку необхідно використати попередню формулу [5].

Коефіцієнт детермінації для моделі з константою приймають значення від 0 до 1. Чим ближче значення коефіцієнта до 1, тим сильніша залежність. При оцінці регресійних моделей це пояснюється як відповідність моделі даним. Для прийнятних моделей припускається, що коефіцієнт детермінації повинен бути більше 50%, тоді вважається, що модель складена вірно. Моделі з коефіцієнтом детермінації вище 80% можна признати достатньо хорошими (коефіцієнт кореляції перевищує 90%). Значення коефіцієнта детермінації 1 означає функціональну залежність між змінними [1, 2, 3].

При відсутності статистичного зв'язку між пояснюючою змінною і факторами, статистика nR^2 для лінійної регресії має асимптотичний розподіл $\chi^2(k-1)$, де $k-1$— кількість факторів моделі. У випадку лінійної регресії з нормально розподіленими випадковими помилками статистика $F = \frac{R^2/(k-1)}{(1-R^2)/(n-k)}$ має точне (для виборок будь - якого об'єму) розподіл Фішера $F(k-1, n-k)$. Інформація про розподіл цих величин дозволяє перевірити статистичне значення регресійної моделі виходячи із значення коефіцієнта детермінації [2,3].

Комп'ютерне моделювання не замінює попередніх способів моделювання, які широко застосовуються і на яких базується планування людської діяльності. Воно доповнює інші види моделювання за тими параметрами, за якими комп'ютер переважає людину : за можливістю швидко і логічно бездоганно порахувати велику кількість варіантів розвитку системи.

У широкому застосуванні моделювання для вирішення проблем пізнання й охорони довкілля виділяють поєднання двох тенденцій, характерних для сучасної науки, – кібернетизації й екологізації. ЕОМ в даний час застосовують для вибору оптимальних варіантів використання різних видів ресурсів для передбачення наслідків забруднення довкілля і т.д. Сьогодні неможливо уявити собі аналіз стану довкілля без використання комп'ютера. Є декілька програм, що стосується регресії та придатні для використання на мікрокомп'ютерах. З кожним днем кількість подібних програм збільшується. На сучасному ринку статистичних програм лідирують за якістю такі зарубіжні пакети, як STATGRAPHICS, SYSTAT, SPSS, SAS, BMDP, E.VIEWS та вітчизняні пакети МЕЗОЗАВР, САНИ, СИГАИД, програма Matlab R2012a [5].

Щодо програмного забезпечення геоінформаційних систем ГІС (GIS software) повинні використовуватись програми "растрового пакета" географічного аналізу й обробки зображень "IDRISI" або "модельна ГІС – сфера фірми ІНТЕРГРАФ (MGE INTERGRAPH)".

За допомогою моделювання одержують можливість оцінювання потенційних наслідків застосування різних стратегій оперативного керування, впливу на екосистему, користування природними ресурсами (біотичними й абіотичними), оптимізації екосистем. Моделювання дозволяє глибоко проникнути в сутність явищ, зрозуміти їхню справжню природу.

1. *Богобоящий В.В.* Принципи моделювання та прогнозування в екології: підручник / В.В. Богобоящий, К.Р. Курбаков, П.Б. Палій. – Київ : Центр навчальної літератури, 2004. – 216 с.
2. *Гуменюк Г.Б.* Математичний прогноз залежності динаміки водневого показника від вмісту важких металів / Г.Б. Гуменюк, Х.П. Феркалюк // Тез. доп. IX міжнародної науково-практичної конференції "Понт-Эвксинский-2013" по проблемам водних екосистем, 24-27 жовтня 2013 року, м. Севастополь. – Севастополь, 2013.
3. *Гарматій Н.М.* Використання математичних моделей стосовно прогнозу водневого показника у гідросистемах / Н.М. Гарматій, Г.Б. Гуменюк // Моделювання економіки: проблеми, тенденції, досвід: Тез. доп. ІУ Міжнар. наук.-метод. конф., 24-26 жовтня 2013, Тернопіль. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя. – С. 23–25.
4. *Лаврик В.І.* Методи математичного моделювання в екології: навч. посіб. для студ. екол. і біол. спец. вищ. навч. закл. / В.І. Лаврик. – Київ : Вид. дім «КМ Академія», 2002. – 203 с.

5. *Лук'яненко І.Г.* Економетрика: Підручник / І.Г. Лук'яненко, Л.І. Краснікова. – Київ : Товариство "Знання", КОО, 1998. – С. 9–36.
6. *Web-сторінка: «Константиновская Л.В.»* : [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.gmdh.net/articles/theory/TimeSeries.pdf/Перевірено: 02.02.2013.
7. *Web-сторінка: «Електронна бібліотека підручників»* : [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.info-library.com.ua/books-text-5951.html . Перевірено : 06.03.2013.
8. *Web-сторінка: «Бібліотека економіста» : [*Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://library.if.ua/book/72/5247.html . Перевірено : 06.03.2013.

МІСЦЕ І РОЛЬ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОЦЕСІ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ БІОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ

Грод І.М., Шевчик Л.О., Кравець Н.Я.

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

Використання сучасних інформаційно-комунікативних технологій (ІКТ), зокрема комп'ютерних, та мережі Інтернет у навчальному процесі змінило навчально-інформаційне середовище педагогічних вищих навчальних закладів України. Аналізуючи науково-методичну літературу, можна зробити висновок, що в нашій країні існує нагальна потреба в упорядкуванні й удосконаленні методичних знань у цій галузі як студентів, так і викладачів

В процесі використання моделювання як одного із методів удосконалення навчального процесу та підвищення якості підготовки студентів на заняттях зоології, паразитології та мікробіології акцентовано увагу на особливостях формування інформаційної компетенції студентів в педагогічних університетах як однієї із складових професійної компетентності майбутніх фахівців.

В процесі глобалізації біологічної освіти назріла нагальна необхідність активізації навчальної діяльності студентів, що реалізується через запровадження різноманітних інноваційних форм і методів навчання, репрезентує моделювання як один з найефективніших методів, а саме, процес складання й застосування різних моделей для глибшого проникнення в суть навчального матеріалу, узагальнення і систематизації знань.

Метод моделювання біологічних систем автори відносять до активних методів навчання, який спонукає всіх суб'єктів навчального процесу до пошуку, часто вимагає різноманітних практичних дій. Основні функції моделювання в цьому випадку зводяться до описової, імітаційної, аналітичної, творчої.

Отже, процес моделювання розглядається як ефективний, перспективний і вартий широкого впровадження у навчальний процес, що зумовлено насамперед особистісно-орієнтованим, діяльнісним, розвивальним і творчим підходами.

Основним прийомом реалізації описуваного процесу є складання моделей. Модель використовують як джерело інформації на початковому етапі вивчення матеріалу, як об'єкт пізнання, а також як носії навчальної інформації, як засіб створення проблемної ситуації, матеріал для аналізу типових явищ тощо.

Як приклад такого підходу демонструємо задачу, постановка якої запропонована авторським колективом А.Н. Горбачева, А.Н. Смирнов, Н.В. Потехин (2008). При