

**ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ
МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ В ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

Необхідність використання інформаційних систем в науках про навколишнє середовище зумовлена складністю побудови та аналізу математичних моделей лісових екосистем. Використання інформаційних технологій в процесі формування моделі та подальше імітаційне моделювання суттєво спрощує процес побудови та подальше дослідження математичної моделі.

В даній роботі описано особливості створення та реалізації інформаційної системи математичного моделювання. Наведено діаграму використання інформаційної системи.

Вступ.

Створення інформаційних систем для забезпечення математичного моделювання дає можливість використовувати математичний апарат для дослідження властивостей екологічних систем, особливо в задачах вивчення закономірностей міграції радіонуклідів.

При дослідженні міграції радіонуклідів важко провести натурний експеримент не тільки з економічної точки зору, а і тому, що процес напіврозпаду радіоцезію становить понад 30 років, що в свою чергу не дає можливості однозначно оцінити картину щодо прогнозу на подальші роки.

Картину спотворює вертикальна міграція радіоцезію по профілю ґрунту, яку досі описали лише для певного, вузького кола видів ґрунтів, а саме для ґрунтів соснових лісів. Крім того, дані для аналізу надаються радіоекологічними стаціонарами і є лише річними, що відповідає процедурі моніторингу лісового господарства.

Описана нижче інформаційна система дозволить автоматизувати побудову математичної моделі лісової екосистеми та вибору параметрів математичної моделі.

Необхідність використання прикладного програмного забезпечення у складі інформаційної системи та прикладного пакету чисельного аналізу викликана необхідністю автоматизації процесу побудови математичної моделі не тільки на етапі побудови прогнозу або остаточного аналізу, а й у процесі побудови.

В ході формування математичної моделі компартментної системи, крім моделей складових, необхідно описувати відношення між складовими системи, що часто викликає ряд проблем пов'язаних з визначенням описів фізичних процесів.

Звичай ці процеси описуються фахівцями з предметної області, які власноруч формують математичну модель і лише на етапі чисельного експерименту використовують прикладний пакет як засіб автоматизації обчислень.

Такий шлях є трудомістким і неефективним з точки зору використання засобів автоматизації лише на остаточному, майже завершальному етапі досліджень. Але, для певного набору екосистем, для яких розроблені формалізовані описи і визначені функціональні відношення, є можливість встановлення зв'язків між компартментами, що одночасно дозволить автоматизувати процес побудову математичної моделі на більш ранніх етапах.

Розглянемо можливість автоматизації побудови математичної моделі біогеоценозу в радіоекології. Для цього розглянемо множину задач, що вирішуються в рамках радіоекологічних досліджень біогеоценозів. Нижче наведено таблицю, що ілюструє перелік процесів, які досліджуються в біогеоценозах по компартментам екосистем класифікованим по геосферах (табл. 1.1).

З таблиці видно, що такий перелік можна продовжити, але це суттєво ускладнить радіоекологічні дослідження. Названий перелік процесів крім того вимагає великих обсягів даних вимірювань, що проводяться на радіологічних стаціонарах, крім того, необхідно використання метеорологічних даних, що вносить у описи компартментів екосистем додаткові характеристики, які варіюють в межах доби.

Таким чином, щоб визначити інші характеристики екосистем, необхідно встановити дискретизацію інтервалу досліджень в одну добу, протягом якої будуть змінюватись характеристики екосистеми.

Звичайно, на радіоекологічних стаціонарах процедура пробовідборів здійснюється сезонно, але ніяк не може бути здійснена щомісячно або щоденно. Тому, звичайно, дані доведеться отримувати за допомогою чисельного наближення, щоб побудувати математичну модель, що буде адекватно характеризувати основні закономірності міграції радіонуклідів в лісових екосистемах.

Оскільки метою дослідження було визначення вертикальної міграції, можна виключити з розгляду популяційні процеси, що відбуваються в біогеоценозі, оскільки вони переважно впливають на горизонтальну міграцію радіонуклідів. Щодо кліматичних умов вважатимемо, що вони варіюють сезонно, що суттєво спростить аналіз вертикальної міграції радіонуклідів.

Для автоматизації побудови математичної моделі лісової екосистеми необхідно розробити та програмно реалізувати інформаційну систему, яка дасть можливість систематизувати дані радіоекологічних стаціонарів, буде мати потужну довідникову систему, використовуватиме новітні інформаційні технології та інструментальні засоби, як сервери для автоматизації проведення радіоекологічних досліджень.

З огляду на вищевикладене та врахувавши проведений в першому розділі аналіз можна сформуванати основні вимоги до програмного забезпечення, аналізуючи вимоги дослідників та студентів, як основних користувачів системи.

Для проектування інформаційної системи, необхідно виділити основні компоненти, що повинні входити до складу інформаційної системи, а саме – базу даних, що містить значення параметрів моделей та дані радіоекологічного моніторингу, на основі яких проводиться математичне моделювання; підсистему аналізу даних; довідникову підсистему; підсистему інтеграції з прикладним пакетом чисельного аналізу.

На етапах проектування системи необхідно виділити коло задач, які має виконувати інформаційна система і спроектувати базу даних, яка має містити як фактографічний матеріал так і довідникову інформацію.

Таблиця 1.

Множина задач математичного моделювання в радіоекології

Перелік радіоекологічних процесів	Складові процесів
Атмосфера (повітряна складова)	
Вплив метеорологічних явищ на МРН	Залежність зміни швидкості міграції радіонуклідів в екосистемі від зміни температури та вологості
Розповсюдження забруднення у повітрі	Міграція радіонуклідів, описана адвективною складовою дифузії
Гідросфера (водні складові екосистеми)	
Утворення розчинних форм РН	Вилуговування РН з ґрунту або коренів рослин
Розповсюдження забруднення у воді	Перенесення РН з водними потоками
Літосфера	
Міграція зв'язних форм ^{137}Cs	Міграція РН за рахунок лессиважу (сухого просипання)
Міграція РН у підстилці	Залежність зміни швидкості міграції радіонуклідів в підстилці
Міграція РН у ґрунтах	Вертикальна міграція розчинних форм ^{137}Cs по профілю ґрунту
Біогеохімічні цикли	
Баланс хімічних елементів	Зв'язування розчинних форм ^{137}Cs
Біогеоценози	
Просторова структура біогеоценозу	Перенесення РН за межі екосистеми
Міграція забруднення в біогеоценозі	Міграція РН між компартментами екосистеми
Популяційні процеси	
Дослідження МРН у трофічних ланцюгах	Перенесення РН по харчових ланцюгах

На початковому етапі проектування інформаційної системи виберемо систематизацію [1-2], на основі якої в подальшому буде описуватись лісова екосистема. На сьогоднішній день в даній предметній області, в залежності від регіону, використовують різні класифікації [3]. Наприклад, в Україні тривалий час використовується лісотипологічна сітка Алексеєва-Погребняка, яка є подальшим розвитком типологічних ідей Г.Ф. Морозова та А.А. Крюденера [4]. Але, існують і інші типології, наприклад, типологія В.Н. Сукачова, широко використовується для опису лісових екосистем Російської Федерації [5], а класифікація Л.Г. Раменського – для опису трав'яних ценозів. Лісотипологічна сітка Алексеєва-Погребняка описує лісову екосистему гігrogenною характеристикою (зволоженням) та трофогенною (агрофізичними та агрохімічними характеристиками ґрунту). Таким чином, можна скористатись даною лісовою типологією, ввівши до опису видову різноманітність досліджуваного регіону – Полісся. Для опису видової різноманітності можна використати типологію Воробйова [5], оскільки вона найповніше описує видову різноманітність Поліського регіону.

На наступному етапі проектування бази даних інформаційної системи, використовуючи описану вище класифікацію виділимо ряд об'єктів – компартментів лісової екосистеми, які необхідно досліджувати та побудувати для них формалізовані описи. Для цього, необхідно описати лісову екосистему за ярусами (див. рис.), після чого побудувати описи компартментів кожного ярусу – класу об'єкту [1].

Для прикладу наведемо формалізований опис фітоценозу F , як множини підмножин характеристик лісової екосистеми $F_{ji} = \{G_i, T_j, Sp, I\}$; де G – підмножина гігротопів ($i = 5$); T – підмножина трофотопів ($j = 4$); Sp – множина видової різноманітності лісової екосистеми; I – множина інтегральних характеристик, до яких можна віднести біологічну продуктивність системи – суму біомас за видами. Остання множина характеристик також може включати зв'язки між компонентами екосистеми.

Основними даними, що використовуються в дослідженнях міграції радіонуклідів, є дані, що отримуються на біогеоценотичних стаціонарах. Дослідження виконуються систематично, тому інформація, яка збирається, постійно накопичується. Ці дані зберігаються в таблицях, які мають певну структуру, обумовлену задачами, які виконуються на біогеоценотичних стаціонарах. В силу розрізненості інформації виникає необхідність зведення її у базу даних зі встановленням зв'язків між таблицями.

База даних повинна включати в себе таблиці, що описують об'єкти моделювання, тобто складові екосистеми (compartments). Крім того, вона повинна містити таблиці, що характеризують види зв'язків між

складовими, описаними в таблицях, тобто фізико-хімічні процеси, середовища (наприклад, повітря, воду, особливості ґрунтових структур тощо).

Описаний аналіз для проектування структура бази даних дає можливість подальшої реалізації побудови інформаційної системи, яка буде використовуватись при побудові математичних моделей радіоекологічних процесів, що відбуваються у лісових екосистемах.

Таким чином, база даних описує як кожний компартмент окремо, так і зв'язки між ними. За допомогою вибірок здійснюється відбір даних для моделі, оскільки умови вибірки формуються на етапі деталізації опису екосистеми. Дані вибірки є вхідними параметрами моделей, при чому в системі планується організація послідовного, а точніше, поетапного отримання даних в моделях. Результати однієї вибірки після обробки повертаються у базу даних, звідки надходять в іншу модель.

Оскільки предметом досліджень є екологічні процеси, пов'язані з міграцією радіонуклідів в лісових екосистемах, необхідно створити таку інформаційну систему, яка з точки зору предметної області буде давати можливість проводити аналіз процесів міграції радіонуклідів у лісових екосистемах.

Отже, необхідно розробити об'єктно-орієнтовану інформаційну систему, за допомогою якої можна буде застосовувати системний аналіз у дослідженні радіоекологічних процесів.

Подібним чином можна побудувати описи для решти компартментів лісової екосистеми. На основі формалізованих описів та функціональних відношень між змінними станів компартментів та аналізу відношень між об'єктами, проводиться об'єктно-орієнтований дизайн інформаційної системи.

За проведеним попередньо аналізом, було спроектовано структуру бази даних, зображену на рис. 1.

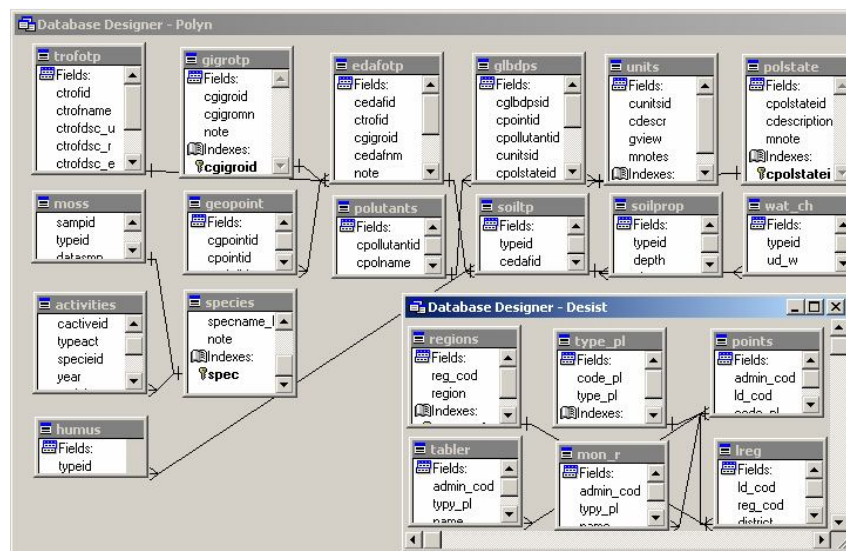


Рис.1. Структура бази даних інформаційно-довідникової системи "Полинь"

З точки зору проблемно-орієнтованих інформаційних систем дана інформаційна система для ММ радіоекологічних процесів повинна бути відкритою і здатною до розширення, тобто нарощування функціональностей. Таким чином, можна сказати, що база даних інформаційної системи повинна мати нормалізовану структуру. Це, в першу чергу, полегшить проектування об'єктно-орієнтованої інформаційної системи і більше того, сприятиме подальшому розвитку та перенесенню даного програмного забезпечення на інші платформи, якщо виникне в цьому необхідність.

Іншим вагомим аспектом у створенні бази даних саме такої структури є постійний зв'язок досліджуваних об'єктів з предметною областю. Проблема полягає саме в тому, що майбутній користувач системи не обов'язково повинен мати інженерну освіту і бути обізнаним з правилами роботи в системі, тому необхідно передбачити основні сценарії користувача для того, щоб створити зручний інтерфейс, при роботі з яким не буде необхідності витрачати багато часу на вивчення основних функцій системи, і тим більше, підлаштовувати свої задачі під вимоги системи.

Таким чином, ми бачимо, що перераховані вище вимоги дійсно є необхідними і тому, на етапі проектування бази даних слід передбачити цілий ряд особливостей, які накладають свій відбиток на структуру бази даних.

Для розглянутого прикладу, можна зауважити, що структура контейнеру бази даних має містити понад 30 таблиць довідникового характеру, до яких входять таблиці, що описують едафотоп, тобто лісову екосистему за її фізико-хімічними властивостями і видовим складом, видами ґрунтів, морфологією ґрунтів, їх механічним складом та генетичними горизонтами. Також до довідника включено таблиці, що описують видовий склад фітоценозу разом з компартментами, що входять до його складу.

Кожний з об'єктів інформаційної системи характеризує певний компартмент лісової екосистеми, який описується як власними фізико-хімічними властивостями, біологічними, до яких також і відносять роль даного елемента, так і радіоекологічними, до яких відносять здатність поглинати (або накопичувати) радіонукліди.

До опису екосистеми, тобто едафотопу необхідно додати інформацію про географічне положення та близькість до адміністративного населеного пункту або адміністративної одиниці. Такий опис обов'язковий, оскільки детальніше описує місцезнаходження екосистеми, що досліджується і дозволяє оцінити втручання людини.

Поряд з таблицями-довідниками, база даних має містити таблиці вимірювань стану забрудненості лісових екосистем радіонуклідами. Таким чином, ми маємо чітке розмежування: база даних містить модель об'єктів екосистеми без антропогенного фактору та з врахуванням даного фактору, вираженого забрудненням радіонуклідами.

Дані забруднення повинні бути відносно відокремленими, оскільки тоді функції інформаційної системи загалом будуть базуватись на вивченні фізико-хімічних та біологічних процесів і в подальшому досліджувати антропогенний вплив на екосистему.

Виходячи з описаного вище аналізу за допомогою мови UML було побудовано діаграму використання та інформаційної системи, наведену на рис. 2.

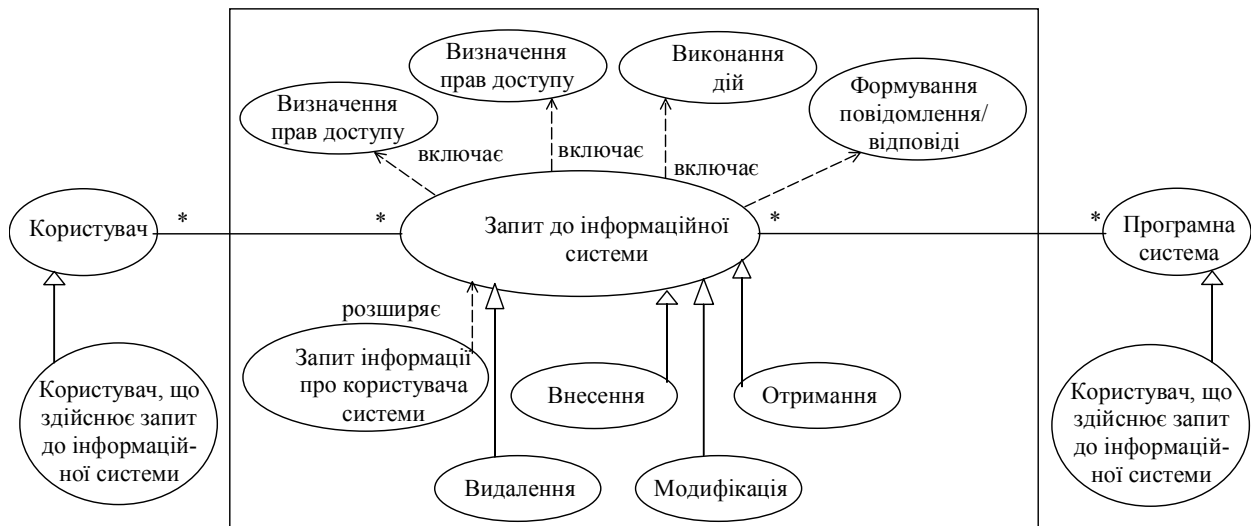


Рис. 2. Діаграма варіантів використання інформаційно-довідникової системи "Полинь"

Таким чином, можемо сформулювати такі важливі вимоги до інформаційно-довідникової системи математичного моделювання:

- описи екосистеми, побудовані в інформаційній системі повинні ілюструвати фізичний зміст зв'язків між компартментами екосистем;
- в базі даних повинно бути здійснено розмежування між даними довідникового характеру та даними радіоекологічного моніторингу екосистеми;
- інформаційно-довідникова система повинна передбачати ряд режимів роботи:
 - довідниковий;
 - первинний аналіз даних;
 - моделювання процесу міграції радіонуклідів.
- система повинна забезпечувати функціональність, зумовлену потребами побудови математичної моделі міграції та перерозподілу радіонуклідів між компартментами екосистеми.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Колодницький М.М., Орлов О.О., Янчук В.М., Прищепка О.Л., Калиш О.Б. Багатоетапний процес побудови математичної моделі міграції радіонуклідів в лісових екосистемах українського Полісся після аварії на Чорнобильській АЕС // Вісник ЖІТІ, 2000. – № 12 / Технічні науки. – С. 221–225.
2. Воробійов Д.В., Погребняк П.С. Лісовий типологічний визначник Українського Полісся, типи умов місцевиростання, типи лісу та типи деревостанів // Труды з лісової досвідної справи на Україні. В. XI. – Харків, 1929. – 164 с
3. Сукачев В.Н. Основные понятия о биогеоценозах и общее направление их изучения // Программа и методика биогеоценологических исследований. – М., 1966.
4. Рысин Л.П. Концепция биогеоценоза и современная лесная типология // Структурно-функциональная организация биогеоценозов. – М.: Наука, 1980. – С. 23–38.
5. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. – Л.: Гослесбумиздат, 1949.
6. Додонов А.Г., Клименко В.Г., Полищук А.В., Ярмоленко А.М. Концепция построения диалоговой системы моделирования и ее реализация // Электронное моделирование, 1986. – № 4. – С. 28–32.

7. *В.Д. Иткин*, Смешанные вычисления и адаптация программных средств // Кибернетика, 1990, № 1 – С. 28-30.
8. *Вайрадян А.С., Могилевич А.К., Петухов М.Н., Угринович Н.В.* Особенности реализации диалогового математического обеспечения в системах реального времени и вопросы повышения его надежности // Электронное моделирование, № 3, Киев, 1981. – С. 24–28.
9. *В.М. Глушков, И.Н. Молчанов, Б.Н. Брусникин и др.* Программное обеспечение ЭВМ МИР-1 и МИР-2, – К: Наукова думка, 1976. Т.2 – 371 С.
10. *Колодницький М.М.* Тривимірна компонентна архітектура прикладної програмної системи «DSR Open Lab 1.0» як втілення концепцій реінженерії // Проблеми програмування, 1998 – Вып. 4. – С. 37–45.

ЯНЧУК Валентин Миколайович – асистент кафедри автоматизації та комп'ютерно інтегрованих технологій Житомирського інженерно-технологічного інституту.

Наукові інтереси:

- математичне моделювання в науках про навколишнє середовище;
- математичне моделювання наслідків радіоактивного забруднення навколишнього середовища;
- імовірнісні моделі;
- інформаційні системи та бази даних.

В.М. Янчук Проектування інформаційної системи математичного моделювання процесів міграції радіонуклідів в лісових екосистемах

В.Н. Янчук Проектирование информационной системы математического моделирования процессов миграции радионуклидов в лесных экосистемах

V.M. Yanchuk Design and implementation of the information system for mathematical modeling and simulation of radionuclide miration in forest ecosystems

Необходимость использования информационных систем в науках об окружающей среде обусловлена сложностью построения и анализа математических моделей лесных экосистем. Использование информационных технологий как в процессе формирования модели и дальнейшее имитационное моделирование существенно упрощает процесс построения и исследования математической модели.

В данной работе описаны особенности создания и реализации информационной системы математического моделирования. Приведена диаграмма вариантов использования информационной системы.

Complexity of construction and analysis mathematical models of forest ecosystems stimulate the necessity of information systems usage in Environmental Sciences. Usage of information technologies during formation of model and the further simulation modeling essentially simplifies process of construction and research of mathematical model.

The features of creation and implementation of an information system for mathematical modelling and simulation are described. The case-use diagram of the information system is given.