

## Лекція 1.

### Загальні відомості про моделі глобального розвитку та основні поняття й етапи системного аналізу

Моделі глобального розвитку описують процеси розвитку економіки, демографії й забруднення навколишнього середовища. Загальний підхід для опису світового соціо-екологічного процесу запропонував у своїх «моделях світу» Дж. Форрестер.

«Моделі світу» — це популярне в 70-ті роки минулого століття математичне моделювання майбутнього розвитку людства, його взаємовідносин з природними ресурсами та біосферою в цілому. Особливо відомі роботи, пов'язані з Римським клубом («Межі зростання», 1972 р.; «Людство на перехресті» 1974 р. та ін.) — неурядовою науково-дослідною організацією (створеною в 1968 р. відомими вченими, представниками ділових та політичних кіл), що мала на меті вивчення «сценаріїв» майбутнього розвитку людства в його взаємовідносинах з природою.

Побудовані різні сценарії майбутнього розвитку людства вказували на те, що зростання капіталу, енергоозброєності, кількості населення, обмеженості земних ресурсів, а також зростання забрудненості ноосфери неминуче призводять людство на грань катастрофи. Модель глобального розвитку показала принципову можливість вивчення цілої низки соціо-екологічних проблем методами системного моделювання. І хоч розроблені сценарії мають обмежену прогностичну цінність на далеку перспективу внаслідок вузького використання інформаційної бази, їхнє важливе значення полягає в тому, що вони не тільки попередили людство про можливість катастрофічних наслідків сучасного антропогенного процесу, а й дали змогу сформулювати перспективні проблеми, від вирішення яких залежить доля суспільства (продовольча, технологічна, психофізіологічна кризи тощо).

Прикладом успішного глобального моделювання соціо-екологічних процесів є модель «Гея», за допомогою якої досліджувалися сценарії катастрофічних наслідків ядерної війни.

Більшість імітаційних глобальних соціо-еколого-економічних моделей (у тому числі й Римського клубу) не орієнтовані на відшукання гармонії людини з природою. Вони лише описують пасивні зміни природних характеристик унаслідок активної діяльності людини. З позицій встановлення гармонії інструментарієм системного аналізу є імітаційно-оптимізаційні методи, які дають змогу знаходити компромісні варіанти в єдиній системі взаємодії природи й суспільства.

Регіональні моделі описують взаємодію суспільства з природою на регіональному рівні, їх можна представити імітаційною моделлю (наприклад, модель Азовського моря, оз. Онтаріо, еколого-економічна модель р. Дніпро та забруднення оз. Байкал).

Локальні моделі здебільшого описують процеси поширення забруднень на локальних територіях (частини міста, окремі поля тощо); за критеріями

гранично допустимих викидів або гранично допустимих концентрацій оцінюють вплив цих забруднень на здоров'я людини.

Такі моделі є основою для прогнозування стану довкілля, оптимізації варіантів розвитку продуктивних сил і створення соціально задовільних (комфортних) умов проживання людей на локальній території.

Розглянемо основні етапи та поняття системного аналізу. Основними елементами кількісного системного аналізу є мета, альтернативи, витрати (ресурси), критерії, сценарій, системна модель.

- Мета розглядається як результат певного курсу дій. Вона формується з урахуванням бажаних або необхідних потреб, а також реальних наукових, технічних та економічних можливостей. Джерелом формування мети є необхідність неформальних суджень про суть і масштаби проблеми, аналіз досвіду минулого, прогнози спеціалістів.

- Альтернативи — це варіанти (способи) можливих розв'язки задачі. Аналіз систем має не тільки містити детальне порівняння відомо варіантів, а й досліджувати можливості створення нових альтернатив. Витрати визначаються кількістю ресурсів, необхідних для здійснення кожної з альтернатив, оскільки певному виборі рішення відповідають певні витрати.

- Критерії — це кількісні показники (функції або правила), що забезпечують зіставлення й вибір найпріоритетніших альтернатив з урахуванням витрат та їхнього внеску в досягнення позначеної мети.

- Сценарій - логічний і правдоподібний опис майбутніх подій із уставленням приблизного часу їх здійснення і зв'язків, унаслідок дані події можуть відбуватися. Під час моделювання сценарію визначити, як, виходячи з даної ситуації, крок за кроком «розгортається» майбутній стан системи та зовнішніх умов. Сценарій — це не передбачення і не прогноз; це показ варіантів можливої ситуації в майбутньому і спроба встановити послідовність що її зумовлюють.

- Системна модель є приблизним, або спрощеним, зображенням и зв'язків і дій конкретної аналізованої системи для отримання певної інформації про цю систему. Отже, системний аналіз — це методологія дослідження об'єктів на основі ображення їх у вигляді систем і аналізу цих систем методами логічного, математичного або натурального (системного) моделювання що є ефективним засобом розв'язування складних, недостатньо чітко сформульованих завдань. Системний аналіз полягає в постановці проблеми, її структуруванні в серію задач і під задач, у деталізації мети, конструюванні ефективної організації процесу для її досягнення.

Як і в разі моделювання довільних систем, системний аналіз, що є інструментом вивчення й гармонізації взаємин природи й суспільства, складається з таких основних етапів:

1. Формулювання санітарно-гігієнічних, еколого-економічних, соціальних та інших критеріїв, у межах яких можна судити про стан і необхідність поліпшення довкілля.

2. Локалізація мети й питань системного дослідження; формулювання

словесної причинно-наслідкової (вербально-казуальної) моделі структури й поведінки системи для досягнення позначеної мети.

3. Реалізація синтезу формальної моделі: визначення структури елементів; ідентифікація законів їхнього функціонування і взаємодії; визначення відгуків системи (системних критеріїв) як наслідків взаємодії елементів та зовнішнього середовища.

4. Здійснення імітаційно-ігрового моделювання за різних впливів зовнішнього середовища й різної структури елементів; за сформульованими критеріями визначаються найперспективніші варіанти.

На першому етапі критерії виступають як мега критерії, що виражають, наприклад, недопустимість поширення забруднень і збереження їхніх концентрацій у заданих межах, виконання санітарно-гігієнічних та економічних нормативів. Це, як правило, найзагальніші соціально-екологічні регламенти й вимоги концептуального характеру.

На другому етапі задача системного аналізу полягає в локалізації мети (під задач) і критеріїв для даної екологічної системи за рахунок прогнозування окремих інгредієнтів, вибору й стійкості локальних параметрів. Для побудови вербально-казуальної моделі аналізуються дані про технологічні схеми виробництва та можливі їх варіанти, види палива, структура джерел забруднення, взаємодія викидів з елементами ландшафту й метеорологічними умовами. Відповідальною ланкою на цьому етапі є вибір меж системи, який залежить від мсти дослідження й узгоджується з досвідом функціонування таких систем.

Третій і четвертий етапи потребують побудови математичної моделі та її дослідження.

На різних етапах системного аналізу використовуються характерні властивості систем і відповідні засоби.

*Ієрархія систем* — це властивість систем різних типів (екологічних, і природно-технічних, соціально-економічних) мати багаторівневу І структуру в функціональному, організаційному або в іншому плані.

Так, у разі моделювання соціоекологічних систем як підсистема нижчого рівня виступає природно-технічна система.

Відповідно до ієрархії систем можна будувати ієрархію системних моделей на функціональному, структурно-функціональному або теоретичному рівні.

*Агрегування* — перехід від детального опису соціально - екологічної системи до зображення її в більш цілісному, структурованому вигляді. За цих умов на оперативній основі можна здійснювати взаємозв'язок і узагальнення під задач, критеріїв або змінних.

*Деагрегація* — перетворення агрегованої моделі на вихідну, що дає можливість зіставлення розв'язків на рівні локальним моделей. Декомпозиція — метод розчленування задачі системного аналізу на локальні, простіші під задачі, які розв'язуються незалежно одна від одної, з подальшою координацією одержаних результатів для розв'язання вихідної задачі.

*Принцип ергодичності* — відомий у статистичній фізиці принцип

імовірнісних оцінок на основі заміни середньої в часі величини просторовою середньою для великої кількості систем в один і той самий момент часу.

Оброблену емпіричну інформацію можна подавати короткими рядами натурних спостережень, неузгодженими в часі й знятими з різних просторових об'єктів. У разі моделювання (наприклад полів забруднень) гіпотеза ергодичності інтерпретується як еквівалентність спостережень (за умов ідентифікації математичних моделей), одержаних у різний час і в різних точках простору.