

**Благун Іван Семенович**, доктор економічних наук, професор, кафедра економічної кібернетики, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
**Мендела Євгенія Миколаївна**, асистент, кафедра готельно-ресторанної та курортної справи, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

**Blahun Ivan**, Vasyl Stefanyk  
Precarpathian National University  
<https://orcid.org/0000-0003-3796-4164>

**Mendela Yevheniia**, Vasyl Stefanyk  
Precarpathian National University  
<https://orcid.org/0000-0003-0846-6449>

**ГЕНЕЗИС ПІДХОДІВ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ  
ЛІСОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ  
GENESIS OF APPROACHES TO THE MODELING OF THE ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE  
FORESTRY COMPLEX**

Благун І. С., Мендела Є. М. Генезис підходів до моделювання економічного розвитку лісопромислового комплексу. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022. Том 7. № 3. С. 38-46.

Blahun I., Mendela Y. Genesis of approaches to the modeling of the economic development of the forestry complex. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology*. 2022. Volume 7. № 3, pp. 38 – 46.

*В Україні на сьогодні ліс є четвертим важливим природним ресурсом після нафти, газу та вугілля, але попри це лісова галузь України розвивається нестабільно. Ліси є джерелом сировини для деревообробної, целюлозно-паперової, хімічної, харчової й фармацевтичної промисловості, меблевого виробництва й майстрів народних промислів тощо, вони є територією для здійснення господарської діяльності, яка передбачає створення робочих місць і виготовлення продукції, а отже, формування ВВП. Зусилля щодо збереження біорізноманіття недостатньо ефективні, відтак обмеженість лісових ресурсів України помітно впливає на розміри та внутрішньогалузеву структуру лісової, деревообробної та целюлозно-паперової індустрії. Актуальність виникнення методу моделювання розвитку галузей національної економіки в Україні зумовлена необхідністю вдосконалення промислової політики та запровадження принципів сталого розвитку. Моделювання складних економічних систем, у тому числі лісогосподарських комплексів, підпорядковується певним характеристикам: наявності великої кількості елементів, зв'язків і взаємодій між ними, складності структур, утворених цими елементами, зростанню складності за рахунок системи, зумовленої слабкою взаємодією між системою; деякою динамічністю системи, складністю та непередбачуваністю її поведінки та внутрішньою закономірністю взаємодії між частиною та цілою системою ієрархічного режиму. Метою даної статті є генезис підходів до економічного розвитку лісопромислового комплексу. При написанні статті використовувалися такі методи дослідження: монографічний, узагальнення, класифікації. У статті досліджено генезис підходів до моделювання економічного розвитку лісопромислового комплексу, вивчено зарубіжний досвід моделювання соціально-економічного розвитку лісових господарств та проаналізовано сучасний стан лісопромислового комплексу України. Використання здобутків становлення та розвиток побудови механізму управління комплексним використанням лісових ресурсів регіону, особливостей лісового господарства сприятиме посиленню конкурентоспроможності лісогосподарських, заготівельних та переробних підприємств.*

**Ключові слова:** лісопромисловий комплекс, ВВП, інноваційна модель, лісопродукція, зелена економіка, лісосировинний потенціал, економічний розвиток.

*In Ukraine today, the forest is the fourth most important natural resource after oil, gas and coal, but despite this, the forest sector of Ukraine is developing unstable. Forests are a source of raw materials for the woodworking, pulp and paper, chemical, food and pharmaceutical industries, furniture production and craftsmen, etc., they are the territory for the implementation of economic activities that provide the creation of jobs and production, and therefore, the formation of GDP. Efforts to preserve biodiversity are not effective enough, so the limited forest resources of Ukraine have a noticeable effect on the size and intra-industry structure of the forest, woodworking, pulp and paper industries. The relevance of the emergence of the method of modeling the development of branches of the national economy in Ukraine is determined by the need to improve industrial policy and introduce the principles of sustainable development. The modeling of complex economic systems, including forestry complexes, is subject to certain characteristics: the presence of a large number of elements, connections and interactions between them, the complexity of the structures formed by these elements, the increase in complexity at the expense of the system due to weak interaction between the system; some dynamism of the system, the complexity and unpredictability of its behavior and the internal regularity of interaction between a part and the whole system in a hierarchical mode. The purpose of this article is the genesis of approaches to the economic development of the forestry complex. When writing the article, the following research methods were used: monographic, generalization, classification. The article considers the genesis of approaches to modeling the economic development of the forestry complex, studies the foreign experience of modeling the socio-economic development of forestry, and analyzes the current state of the forestry complex in Ukraine. The achievements of the formation and development of the mechanism for managing the complex of forest resources use in the region, the peculiarities of forestry will contribute to strengthening the competitiveness of forestry, harvesting and processing enterprises.*

**Key words:** forest industry complex, GDP, innovative model, forest products, green economy, wood raw material potential, economic development.

---

## Вступ

Слід визнати, що лісосировинний потенціал в Україні використовується недостатньо ефективно. Критерії оцінки сталого розвитку системи «лісовий комплекс»: якісний стан лісів, рівень доходу, що забезпечує виконання лісовим господарством своїх функцій повною мірою; темпи зростання прибутку у лісовій промисловості. Серед причин незадовільного стану справ у лісопромисловому комплексі (ЛПК) можна виділити технологічну та економічну роз'єднаність комплексу лісогосподарських, заготівельних та переробних підприємств; зношеність основних виробничих фондів; відсутність достатніх інвестицій; сезонний характер лісозаготівельного виробництва; нерівномірний розвиток лісопереробки територією країни тощо. Зниження обсягів виробництва продукції лісової галузі потребує застосування дієвих моделей для продуктивного функціонування лісогосподарських підприємств [1]. Так, для збереження теперішнього рівня виробництва виникає потреба щороку закуповувати деревину та її продукти за кордоном. В Україні на даний час законодавчо запроваджено мораторій на експорт лісоматеріалів і пиломатеріалів у необробленому вигляді (ліс-кругляк). Однак, продовжується експорт паливних дров.

Правильно скоректувати стратегію розвитку лісового комплексу на основі наукового аналізу всього спектру взаємозв'язків та детермінуючих факторів і реалізувати її – складне та принципове завдання держави.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх публікацій з цієї проблематики свідчить про наявність наукових праць із побудови моделі регіонального лісового комплексу, а також розробки напряму розвитку інноваційної моделі, якою є оптимізація структури зовнішньої торгівлі лісопродукцією, скорочення імпорту та збільшення експорту продукції з високою доданою вартістю, що досліджували у своїх працях Губарєв І., Ярошенко І. [1], Маркевич К. [3], Овчиннікова О., Конціцка Г. [4], Франчук С. [5], Дронь Ю. [10].

### Мета статті

Метою дослідження є розгляд підходів до моделювання економічного розвитку лісопромислового комплексу та визначення особливостей їх генезису.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Швидкоплинність сучасного світу обумовлює доцільність трансформації традиційних моделей розвитку та пошук нових концепцій розвитку. ООН у 2018 р. в документі «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку на період до 2030 року» [2] сформулировала новий економічний розвиток за моделлю «зеленої економіки» (green economy), тобто раціональне управління лісами, боротьба з опустелюванням, припинення та звернення назад процесу деградації земель та припинення процесу втрати біологічної різноманітності. «Зелена економіка» – вид господарської діяльності, за якого зростання доходів населення та його зайнятість здійснюються за рахунок державних та приватних інвестицій, які ведуть до скорочення викидів парникових газів та забруднення навколишнього середовища, підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів та сировини і перешкоджають втраті біорізноманіття. «Зелену економіку» офіційно визнали дієвим інструментом сприяння сталому розвитку.

Відповідно до рекомендацій програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП), інвестиції країни в «зелену економіку» повинні становити хоча б 1% ВВП. Наприклад, країни Східної Азії відповідають цьому критерію: у Китаї цей показник дорівнює 3%, у Республіки Корея – 2%, у Японії – 1%, тоді як в таких високо розвинених країнах, як США, Швеція та Італія, цей показник становить менше 1%. Україна на шляху до високих показників помірними кроками також обрала для себе цінний світовий досвід [3].

Через специфіку функціонування лісового комплексу, пов'язану в основному з тривалим періодом відтворення лісових ресурсів, без моделей розвитку важко вибудувати ефективну систему соціально-економічного управління в Україні. Існують різні підходи до побудови механізму управління комплексним використанням лісових ресурсів регіону: історичний, системний, процесний, комплексний, відтворювальний, екосистемний, інституційний та сценарний.

В ході побудови моделі регіонального лісового комплексу, що є складною системою, доводиться розглядати безліч компонентів, з яких він складається. Структура системи лісоуправління визначається роллю та значенням кожного її елемента. Треба враховувати особливості лісопромислового комплексу як економічної системи:

- 
- 1) тісне переплетення процесів праці і біологічних процесів зростання та розвитку деревних порід, що формують ліси;
  - 2) схильність лісів до антропогенних та природних впливів;
  - 3) здатність протистояти ентропійним тенденціям, обумовлена тим, що в системах з елементами, що стимулюють обмін матеріальними, енергетичними та інформаційними продуктами із середовищем, не виконується закономірність зростання ентропії;
  - 4) сезонність;
  - 5) залежність від комплексу місцевих умов, що впливають на географію лісу та на системи лісогосподарських заходів;
  - 6) мінливість окремих параметрів системи та стохастичність її поведінки;
  - 7) здатність змінювати свою структуру, зберігаючи цілісність, і формувати варіанти поведінки;
  - 8) унікальність і непередбачуваність поведінки системи у конкретних умовах та наявність у неї граничних можливостей, що визначаються наявними ресурсами;
  - 9) здатність адаптуватися до змін.

В процесі розробки будь-якої моделі для сталого лісового господарства потрібне комплексне моделювання, що враховує екологічні, економічні та соціальні вимоги сьогодення, тобто якнайкраще поєднання оптимального користування всіма компонентами.

Реалізація завдань структурної перебудови економіки лісової галузі можлива за умови формування моделі господарювання, яка б відображала такі нові сучасні напрями [4]:

- орієнтація галузевої структури виробництва на розвиток прогресивних видів продукції;
- відтворення лісових ресурсів на багатоцільовій, розширеній основі;
- переорієнтація капітальних вкладень та структури джерел інвестування на впровадження госпрозрахунку й формування джерел власних ресурсів для лісогосподарського виробництва;
- розширення лісосировинної бази переважно шляхом інтенсифікації лісогосподарського виробництва.

Вимоги, яким має відповідати модель:

- забезпечувати можливість створення елементів, що мають різні набори властивостей;
- передбачати можливості завдання первісних властивостей елементів;
- передбачати можливості завдання різних періодів моделювання;
- забезпечувати можливість організації зв'язків між елементами;
- забезпечувати зміну певних властивостей елементів моделі внаслідок зовнішніх регулюючих впливів, пов'язаних елементів або зміни корелюючих властивостей у процесі моделювання;
- повинна бути гнучкою і швидко реагувати на зміни для адаптації структурних елементів в процесі досягнення цілей.

В ході прогнозування розвитку ЛПК України розглядаються дві моделі: інноваційна та помірна.

Інерційна модель навіть і не розглядається, так як базується на збереженні тенденцій, що склалися за останні 20 років у розвитку лісового сектора, і не передбачає додаткових цільових заходів державної підтримки розвитку лісового сектора в частині збільшення інвестицій на модернізацію та реконструкцію діючих виробництв.

Помірна модель за своїм змістом враховує окремі положення та показники інерційної та інноваційної моделей, а по суті забезпечує перехід від інерційної до інноваційної моделі. Розвиток технічної та технологічної модернізації основних деревообробних підприємств з виробництва пиломатеріалів, фанери, деревостружкових та деревоволокнистих плит є перехідним етапом. Плануються будівництво, реконструкція та введення потужностей на окремих нових целюлозно-паперових комбінатах, орієнтованих на комплексну переробку низькосортної листяної деревини. Для реалізації цієї перехідної моделі потрібні заходи державної підтримки у вигляді податкових, кредитних, інвестиційних пільг.

Інноваційна модель ґрунтується на наступних передумовах та положеннях: промислове виробництво, інвестиції, заробітна плата зростають темпами не менше ніж 4% на рік; будівництво нових целюлозно-паперових комбінатів з введенням їх в експлуатацію у 2020–

---

2030 рр.; масштабна технологічна модернізація лісопромислових підприємств, що діють на основі освоєння виробництва нової високотехнологічної продукції, включаючи нові дерев'яні конструкційні матеріали. Модель передбачає цільові заходи державної підтримки лісового сектора щодо розвитку лісової інфраструктури та введення в експлуатацію у встановлені терміни пріоритетних інвестиційних проєктів з освоєння лісів та будівництва нових та модернізації діючих лісопилних, фанерних та плитних заводів.

Важливим напрямом розвитку за інноваційною моделлю є вдосконалення структури зовнішньої торгівлі лісопродукцією з метою зниження імпорту та підвищення експорту продукції з високою доданою вартістю. Будівництво нових целюлозно-паперових комбінатів знизить імпорт паперу та картону. Запропонована інноваційна модель реалізується, з одного боку, розвитком фундаментальних досліджень, що забезпечують технічний прогрес на основі вітчизняних розробок та залучення іноземних інновацій та технологій, а з іншого боку, державними та приватними інвестиціями не лише у виробництво, а й у забезпечення екологічної безпеки держави, яка безпосередньо пов'язана з розвитком невичерпного використання всіх природних ресурсів загалом та лісових зокрема.

В даний час ЛПК України розвивається за помірною моделлю, яка ґрунтується на інтенсивній заготівлі лісових ресурсів, зростаючому рівні відновлення лісів, активній безвідходній переробці деревини. Ця модель розвитку ЛПК практично залучає чимдалі все більше державної підтримки. Також ця модель передбачає розвиток екологічної архітектури в Україні [5]. Наразі в Україні отримують сертифікацію за світовими стандартами LEED і BREEAM цілі комплекси. Також стрімко розвивається сертифікація Active House. Ці стандарти направлені на створення будинків сталого розвитку – sustainable house. Будівлі, що повністю забезпечують самі себе відновлюваною енергією, з сонячними панелями, вмонтованими вітровими турбінами, з використанням геотермальної енергії. «Зелене» (або екологічне) будівництво – модний тренд, що піднімає імідж будівельної компанії і привертає загальну увагу. «Green Building Activity» – це комплексне планування, ціла філософія, вона включає у себе правильне проєктування з використанням технологій, що дозволяють витратити менше електроенергії і раціонально розпоряджатись ресурсами, підбір нетоксичних матеріалів та нешкідливий для навколишнього середовища процес будівництва, збільшення зелених зон у комплексах та окремих будинках, використання вторинно перероблених та екологічно чистих матеріалів, проєктування зелених покрівель та фасадів, використання технологій з альтернативними джерелами енергії та заощадження ресурсів, наприклад екобудівлі – будинки із соломи [6].

Війна в Україні з РФ призвела до різкого спаду рівня виробництва в ЛПК, наслідок цього – підвищення цін на енергоресурси, деревину та лісоматеріали і транспортні послуги. За прогнозами після перемоги застосування помірної моделі розвитку зростатиме і швидкі темпи відновлення економіки України за міжнародними програмами зорієнтовані на нашу державу до впровадження інноваційної моделі. У цьому і полягає перспектива розвитку ЛПК України. За останні 20 років в Україні зросло лісовідновлення, охорона та захист лісів державою. Для того, щоб вирости вирубане дерево (реліктова сосна росте 80 років) необхідно не тільки посадити саджанці, але й доглядати їх протягом 10–15 років. Увага держави та сприяння бізнесу щодо природного відновлення лісів покращили породний склад лісонасаджень та призвели до збільшення у лісовому фонді частки малоцінної листяної деревини.

Для стабільного розвитку лісової галузі потрібне і відповідне фінансування. Проблема фінансування лісової галузі тісно пов'язана з її специфічними особливостями – довготривалим періодом лісовирощування та поєднанням у цьому процесі сил природи і праці. Фінансування з державного бюджету не покриває повної потреби у проведенні всього необхідного обсягу лісовідновлювальних робіт, так як галузь вже п'ятий рік поспіль позбавлена державного фінансування [4]. Тому залучаються інвестиції.

Інвестиції у відтворення лісового фонду необхідні для створення гарної сировинної бази промислової будівельної індустрії, целюлозно-паперового, меблевого виробництва та ін. Інвестиції є частиною інноваційної моделі, так як інвестиції ведуть до зростання промислового виробництва, що, своєю чергою, дає імпульс соціально-економічному розвитку – створення робочих місць, зростання заробітної плати, можливості покращення рівня життя населення, підвищення платоспроможності населення, розвитку соціальної та виробничої інфраструктури. Інвестиції у будівництво нових переробних виробництв, сучасний розвиток біоенергетики та

біотехнологій дозволять високотехнологічній продукції конкурувати на світовому ринку. В свою чергу, інвестиції стимулює система оподаткування, яка окрім цього стимулює екологічні, економічні та соціальні проблеми. Органи влади проводять податкову політику, грошово-кредитну та інвестиційну політику і здійснюють митне регулювання, що впливає на функціонування лісового комплексу.

У світі існує понад 500 компаній у різних країнах, що затвердили бізнес-стратегію циркулярної економіки та розвиваються за принципами екологічності. У лісових країнах із розвинутою економікою лісопромислові системи мають безвідходне виробництво. Тобто це широка практика застосування «зелених» технологій та принципів екологічності, а формат ведення бізнесу замінює споживача на користувача більш якісних товарів з максимально тривалим життєвим циклом.

Ефективна система використання лісових ресурсів – це модель економіки замкнутого циклу. На чолі виступає природа, коли стабілізація довкілля майбутніх поколінь є головною метою, але потребує великих зусиль у суспільстві. Передбачається екологічне виховання суспільства, тобто екологічна культура, екологічна реклама, екологічна свідомість, екологічні стандарти, екодизайн товарів (розбірні модулі для повторного використання) та раціональна оренда приміщень замість будівництва нових. Збереження природної різноманітності є обов'язковою умовою економічної діяльності та задоволення потреб людини. Ланцюжок формування цінностей лісу для трьох сфер (довкілля, економіка, соціум) дає уявлення про взаємодії у системі природних, економічних та соціальних ресурсів, дозволяє оцінити можливості та загрози для людського розвитку.

Виділимо наступні позитивні моменти моделі економіки замкнутого циклу лісопромислового комплексу: виробіток O<sub>2</sub>, поглинання CO<sub>2</sub>, поновлюване джерело ресурсів, джерело доходів від різноманітної продукції, місце відпочинку, джерело біопалива, охорона водних ресурсів, джерело продуктів харчування, середовище проживання тварин.

Модель замкнутого циклу на основі кластерів є однією з найбільш ефективних для збалансованого соціально-еколого-економічного розвитку ЛПК. Це модель ланцюжка створення цінностей, що реалізує потенціал взаємодії учасників. Взаємодія усіх учасників процесу (від вирощування лісових ресурсів, їх заготовки, переробки, виробництва з них корисної продукції без відходів з залученням наукових центрів, що навчають професійно кадри, і подальше забезпечення цього постійного процесу з економічною вигодою) є концептуально обґрунтованою прогресивною і перспективною моделлю розвитку ЛПК. Взаємодія суб'єктів кластеру забезпечує швидку і плідну організацію виробничого і споживчого процесів.

Взаємодію слід будувати на корпоратизації лісових підприємств, екопарків, логістичних центрів та наповнювати її проєктним управлінням, парасольковими структурами та адекватними механізмами гнучкого регулювання. Кластер – група географічно сусідніх та взаємодіючих підприємств, що охоплюють своєю діяльністю весь цикл відтворення та використання лісових ресурсів і все різноманіття їх функцій – громадсько-державно-приватне партнерство. Це форма інтеграції у лісовому комплексі на основі економіко-математичної оптимізації складу, структури та зв'язків даних інтеграційних утворень із застосуванням стратегій управління.

Напрями інтеграції:

- управлінська (система державного та регіонального регулювання та підтримки, маркетинго-збутова політика, нормативно-правова база та її досконалість, розвиток конкуренції);
- фінансова (розвиток фондового ринку, лізингу, доступність кредитних ресурсів, наявність венчурних фондів, система грантів та інвестицій, краудфандинг);
- виробнича (закупівельна, операційна, підготовча, допоміжна, лісозаготівельна, деревообробна, лісогосподарська діяльність)
- інфраструктурна (транспорт, комунікації, енергетична стратегія, житлово-будівельна, туристична, кадрова політика, зворотна логістика);
- екологічна;
- фармацевтична.

Сьогодні в практиці моделювання лісівничих процесів застосовують оптимізаційні, імітаційні та змішані типи моделей [7].

---

Аналітична (символічна) модель передбачає математичний опис досліджуваного об'єкта і натуральний експеримент, а в лісогосподарстві це реалізувати складно. Хоча методи економіко-математичного моделювання в лісовій галузі використовуються вже понад 30 років. Так, в економіко-математичній моделі О.І. Шаблія оптимізується розвиток і розміщення лісопромислових галузей з метою максимального задоволення потреб економіки та населення продуктами з деревини [8].

Оптимізаційна модель багатоцільового використання лісових ресурсів означає зведення всіх цілей до однієї мети – максимізація практичної вигоди від вкладення капіталу в лісогосподарське виробництво. Застосування методів математичного програмування дає змогу оцінювати водночас декілька змінних у моделях оптимізації.

Тому частіше застосовують імітаційну модель для аналізу лісового менеджменту. За допомогою імітаційних моделей можна імітувати поведінку реальної системи із заданим ступенем деталізації або інтеграції [7]. Імітаційне моделювання є тим інструментом, що дозволяє не лише імітувати динаміку реального об'єкта, але й оптимізувати його діяльність, використовуючи ефективні методи управління, отримувати прогнозовані оцінки діяльності підприємства.

Імітаційне моделювання охоплює значну кількість моделей, точніше певний підхід до моделювання, методологічний принцип. Для цього доцільно під час побудови моделі йти не від математичного методу, намагаючись так описати реальність, щоб цей метод використати, а від об'єкта дослідження, щоб якомога точніше відобразити його функціонування та розвиток. Тому математична основа імітаційної моделі є синтезом різноманітних математичних моделей і методів. З допомогою імітаційного моделювання можна досліджувати існуючі системи та системи, що знаходяться в стані проектування. Під час вивчення існуючих систем мета дослідження може полягати в прогнозуванні поведінки системи, у перевірці впливу намічених реорганізацій у системі на процеси, що в ній відбуваються. Мета дослідження систем на стадії їх проектування методами імітаційного моделювання полягає в передбаченні поведінки системи і в підборі її параметрів.

Перевагою імітаційного моделювання також є те, що з допомогою імітаційних моделей можна побудувати моделі, які не викривлятимуть досліджуване явище (процес, об'єкт), так як немає необхідності пристосовуватися до певного аналітичного методу. Крім того, за недостатньої інформації про поведінку системи в минулому, тобто за наявності неповних експериментальних даних про її поведінку, значення деяких змінних чи законів їх розподілу може бути замінено правдоподібними гіпотезами про ймовірнісний розподіл цих змінних або оцінку відповідних трендів. У цьому випадку відсутні фактичні спостереження замінюються згенерованими на ЕОМ. Імітаційні моделі дозволяють здійснити вибір оптимальної технології виробництва багатофункціональних підприємств і визначити з їх допомогою витрати трудових ресурсів, ресурсів машин і агрегатів за кожною технологічною операцією для виробництва одиниці продукції і в цілому на одиницю продукції, а також собівартість виконання кожної технологічної операції і повні витрати на одиницю продукції.

Одним з інструментів, що поєднує в собі простоту опису виробничої системи та її математичну обґрунтованість, є імовірно-автоматне моделювання [7]. Метод автоматного моделювання є унікальною розробкою групи вчених Інституту кібернетики НАН України. Автоматна модель дозволяє з тією чи іншою точністю імітувати поведінку економічної системи. Автоматна імітаційна модель може бути побудована з урахуванням можливості оцінки ефективності за кількома критеріями. Такі ситуації часто виникають на практиці при оптимізації виробничих процесів. Однією з таких складних економічних систем, де необхідно використовувати методи імітаційного моделювання, є лісове господарство України.

Агент-орієнтоване моделювання – метод імітаційного моделювання, який передбачає використання даних про різні економічні процеси між суб'єктами та застосування сучасних програмних і обчислювальних засобів [9].

Агент-орієнтоване моделювання засноване на формуванні груп агентів, що взаємодіють один з одним та із зовнішнім середовищем, що мають індивідуальну поведінку, яка володіє властивостями автономності, неоднорідності, обмеженої інтелектуальності та розташуванням у просторі. У ході даного моделювання зміни різних параметрів моделі (властивості агентів, середовища та різних взаємодій між ними), проведення досить великої кількості симуляцій (запусків) моделі з подальшою статистичною обробкою результатів експерименту дозволяють

відтворювати різні сценарії роботи соціально-економічної системи та при цьому оцінювати реакцію системи на можливі управлінські дії.

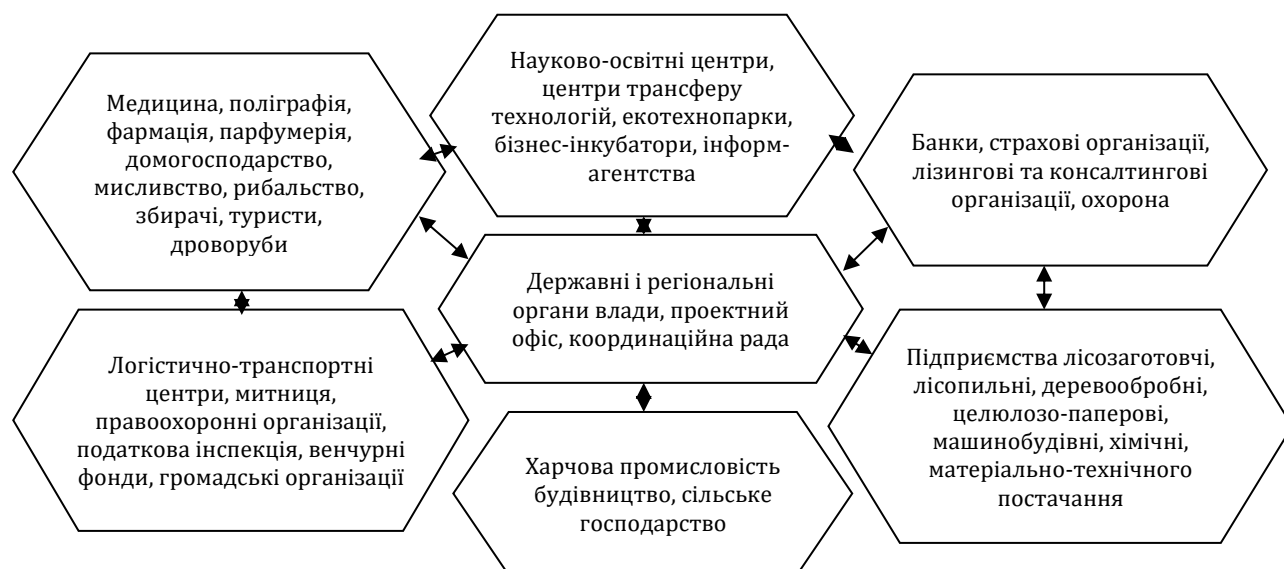
Параметри моделі, які значно впливають на продуктивність і ресурсомісткість:

- кількість агентів, що використовується в моделі;
- алгоритмічна складність агентів, рівень їх інтелектуальності (алгоритми прийняття рішення агентами при взаємодії як на рівні «агент-агент», так і на рівні «агент-середовище»);
- об'єм даних, наприклад, взаємодія з наборами даних категорії BIG DATA (великі дані);
- тривалість періоду симуляції: можливі багаторічні і навіть можуть бути спроектовані моделі без обмежень тривалості (нескінченні цикли).

Різні соціальні агенти народжуються з населення, тим чи іншим чином задіяні у процесах, пов'язаних із функціонуванням регіонального лісового комплексу, таких як:

- споживання ресурсів екосистеми задля забезпечення власних потреб;
- споживання ресурсів екосистеми для отримання прибутків;
- споживання продукції лісового комплексу;
- робота на підприємствах лісового комплексу задля одержання доходів;
- навчання за напрямками, пов'язаними з роботою лісового комплексу;
- організація дозвільних заходів на лісових територіях;
- забезпечення можливості якісного використання ресурсів екосистеми.

Із зазначених сфер впливу можна назвати різні типи агентів, характерних для соціальної системи регіонального лісового комплексу (рис. 1).



**Рис. 1. Архітектура агент-орієнтованої моделі розвитку лісопромислового комплексу типу «вулик»**

Кожній ролі відповідає своя модель поведінки. У моделі поведінки визначають цілі функціонування агента, його переконання, мотиви та сценарії поведінки. Також агентами можна розглядати органи управління підприємствами. Основна мета їхньої діяльності – отримання максимального прибутку. Для цього модель їх поведінки передбачає розвиток інфраструктури; керування інфраструктурою; постачання сировини; збут продукції; стратегічний план. В архітектурі моделі повинні бути присутніми такі агенти, як органи державного управління. Їх методи управління лісовим комплексом: облікові та податкові ставки, пільги, порядок проведення валютних операцій, бюджетні кредити, дотації, субсидії, держінвестиції, мита, митні пільги, норми, стандарти, тарифи, ціни, штрафи та ін. Діяльність елементів системи державного управління здійснюється відповідно до чинного законодавства. Основні цілі їхньої діяльності щодо регіонального лісового комплексу полягають у підтримці екологічної рівноваги, поповненні прибуткової частини бюджету та формуванні умов задоволення потреб населення.

Для запуску агент-орієнтованих моделей необхідне використання суперкомп'ютерів, що значно збільшує витрати на технічну реалізацію таких моделей, оскільки вимагає вивчення дослідниками відповідного спеціалізованого програмного забезпечення. Сучасні геоінформаційні технології інтегровані із системами агент-орієнтованого моделювання, що

---

дозволяє отримати доступ до просторових даних, які можуть бути використані для прийняття рішень агентами. Програмні інструментальні засоби імітаційного моделювання та комерційні продукти, що мають повнофункціональні навчальні версії [9] – системи моделювання: SciLab; OpenModelica; Flexsim; NetLogo; Enterprise Dynamics; AnyLogic; Arena.

Для запуску агент-орієнтованих моделей необхідне використання суперкомп'ютерів, що значно збільшує витрати на технічну реалізацію таких моделей, оскільки вимагає вивчення дослідниками відповідного спеціалізованого програмного забезпечення. Сучасні геоінформаційні технології інтегровані із системами агент-орієнтованого моделювання, що дозволяє отримати доступ до просторових даних, які можуть бути використані для прийняття рішень агентами. Програмні інструментальні засоби імітаційного моделювання та комерційні продукти, що мають повнофункціональні навчальні версії [9] – системи моделювання: SciLab; OpenModelica; Flexsim; NetLogo; Enterprise Dynamics; AnyLogic; Arena.

Системи з відкритим кодом (вільно поширюється ПЗ) значно поступаються за функціоналом комерційним версіям. Для побудови агент-орієнтованої моделі регіонального лісового комплексу оптимальним програмним інструментом є система AnyLogic. Тут реалізовано всі основні підходи імітаційного моделювання та роботу з ГІС-даними підтримує лише ця система. Додатковою перевагою даної системи є можливість використання навчальної персональної версії для створення прототипів окремих підсистем лісового комплексу, які відповідають обмеженням навчальної версії системи.

З точки зору імітаційного моделювання регіонального лісового комплексу можна виявити низку особливостей [10]:

- використання в моделі зовнішніх даних про лісовий фонд, підприємства та державні установи, що містяться в лісовому реєстрі;
- використання в моделі даних геоінформаційної системи (ГІС), так як лісові ресурси і необхідна інфраструктура мають жорстку просторову прив'язку;
- використання в моделі мов програмування;
- використання в системі моделювання методів, що підвищують ступінь наочності, зручності та простоти розробки моделі на початковому етапі підготовки моделі або подання результатів моделювання.

### **Висновки та перспективи подальших розвідок**

В даній статті проаналізовано сучасний стан лісопромислового комплексу України, потенціал та перспективи. Вивчено зарубіжний досвід моделювання соціально-економічного розвитку лісових господарств. Більш детально розглянуто зелену економіку як провідний напрям моделювання ЛПК. В ході дослідження виокремлено наступні аспекти розвитку лісового господарства: критерії оцінки сталого розвитку системи «лісовий комплекс»; причини незадовільного стану справ у лісопромисловому комплексі; підходи до побудови механізму управління комплексним використанням лісових ресурсів регіону; особливості лісового господарства; ознаки лісопромислового комплексу як економічної системи; вимоги до моделювання та параметри моделей. Авторами статті викладено наступні моделі соціально-економічного розвитку ЛПК: інерційна, помірна, інноваційна, циркулярна, оптимізаційна, імітаційна, змішана, кластерна, автоматна, агент-орієнтована. Отже, правильно скоректувати стратегію розвитку лісового комплексу на основі наукового аналізу всього спектру взаємозв'язків та моделей і реалізувати її – складне та принципове завдання держави.

### **Список літератури**

1. Губарев І.О., Ярошенко І.В. Оцінка конкурентоспроможності обробної промисловості лісопромислового комплексу України та країн ЄС. *Проблеми економіки*. 2020. № 1. С. 13–19.
2. Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку до 2030 року. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/перетворення-нашого-світу-порядок-денний-у-сфері-сталого-розвитку-до-2030-року>.
3. Маркевич К. «Зелені» інвестиції у сталому розвитку: світовий досвід та український контекст : аналітична доповідь. Київ, 2019. 316 с.
4. Овчиннікова О., Конціцка Г. Трендові моделі показників лісової галузі. *Modeling the development of the economic systems*. 2021. № 2. Р. 25–32.
5. Франчук С. Екологічне будівництво: реалії, витрати, сертифікація. *Економічна правда*. 2020. URL: <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/09/30/665731/>.



6. Екобудівництво в Україні: на Дніпропетровщині презентували солом'яний будинок Дніпроград. URL: [https://dniprograd.org/2018/02/11/ekobudivnitstvo-v-ukraini-na-dnipropetrovshchini-prezentovali-solomyaniy-budinok\\_64905](https://dniprograd.org/2018/02/11/ekobudivnitstvo-v-ukraini-na-dnipropetrovshchini-prezentovali-solomyaniy-budinok_64905).
7. Моделювання виробничих процесів багатопрофільних підприємств лісової галузі. URL: <https://ukrreferat.com/chapters/ekonomichny-temi-rizne/modelyuvannya-virobnichih-protseviv-bagatoprofilnih-pidpriemstv-lisovoi-galuzi-referat.html>.
8. Грицевич В.С. Математичні методи в суспільній географії : тексти лекцій для студентів заочної форми навчання. Львів : Малий видавничий центр. Лабораторія тематичного картографування географічного факультету, 2013. 48 с.
9. Gebetstroither E., Kaufmann A., Gigler U., Resetarits A. Agent-based modelling of self-organization processes to support adaptive forest management. *Contributions to Economics*. 2006. Part 4. P. 153–172. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-7908-1721-X\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-7908-1721-X_8).
10. Дронь Ю.П. Системне моделювання регіональних процесів управління лісового комплексу. VI Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Спецпроект: аналіз наукових досліджень» (30-31 травня 2011 р.). URL: [http://www.confcontact.com/20110531/ek3\\_dron.htm](http://www.confcontact.com/20110531/ek3_dron.htm).

## References

1. Hubariyev, I.O., Yaroshenko, I.V. (2020). «Evaluation of the competitiveness of the manufacturing industry of the forestry complex of Ukraine and EU countries». *Problemy ekonomiky*. no. 1, pp. 13–19.
2. Peretvorennia nashoho svitu: Poriadok denniy u sferi staloho rozvytku do 2030 roku. [Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development]. Available at: <https://www.undp.org/uk/ukraine/publications/peretvorennia-nashogo-svitu-poriadok-denniy-u-sferi-staloho-rozvytku-do-2030-roku>.
3. Markevych, K. (2019). «Zeleni» investytsii u stalomu rozvytku: svitovyi dosvid ta ukrainskyi kontekst. [«Green» investments in sustainable development: world experience and the Ukrainian context]. Kyiv. Ukraine.
4. Ovchynnikova, O., Kontsiiska, H. (2021). «Trend models of forest sector indicators». *Modeling the development of the economic systems*. no. 2, pp. 25–32.
5. Franchuk, S. (2020). «Environmental construction: realities, costs, certification». *Ekonomichna pravda*. Available at: <https://www.epravda.com.ua/columns/2020/09/30/665731/>.
6. Ekobudivnytstvo v Ukraini: na Dnipropetrovshchyni prezentuvaly solomiani budynok Dniprohrad. [Eco-building in Ukraine: the Dniprograd straw house was presented in the Dnipropetrovsk region]. Available at: [https://dniprograd.org/2018/02/11/ekobudivnitstvo-v-ukraini-na-dnipropetrovshchini-prezentuvali-solomyaniy-budinok\\_64905](https://dniprograd.org/2018/02/11/ekobudivnitstvo-v-ukraini-na-dnipropetrovshchini-prezentuvali-solomyaniy-budinok_64905).
7. Modelyuvannya vyrobnychkykh protseviv bahatoprofilnykh pidpriemstv lisovoi haluzi. [Modeling of production processes of multidisciplinary enterprises in the forest industry]. Available at: <https://ukrreferat.com/chapters/ekonomichny-temi-rizne/modelyuvannya-virobnichih-protseviv-bagatoprofilnih-pidpriemstv-lisovoi-galuzi-referat.html>.
8. Hrytsevych, V.S. (2013). *Matematychni metody v suspilnii heohrafii : teksty lektsii dlia studentiv zaочноi formy navchannia*. [Mathematical methods in social geography: lecture texts for correspondence students]. Malyi vydavnychiy tsentr. Laboratoriia tematychnoho kartohrafuvannya heohrafichnoho fakultetu. Lviv. Ukrainian.
9. Gebetstroither, E., Kaufmann, A., Gigler, U., Resetarits, A. (2006). «Agent-based modelling of self-organization processes to support adaptive forest management». *Contributions to Economics*. part 4, pp. 153–172. Available at: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-7908-1721-X\\_8](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F3-7908-1721-X_8).
10. Dron, Yu.P. «System modeling of regional forest complex management processes». *Spetsproekt: analiz naukovykh doslidzhen*. Proceeding of Materials of the VI International Scientific and Practical Internet Conference. Available at: [http://www.confcontact.com/20110531/ek3\\_dron.htm](http://www.confcontact.com/20110531/ek3_dron.htm).

Стаття надійшла до редакції 23.09.2022 р.