

Наталія А. Демешкант, Катерина Л. Тужик  
**МОДЕЛЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО  
ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ VENSIM PLE**

*У статті розглянуто проблему моделювання як одного з найбільш пріоритетних методів дослідження законів сталого розвитку сільського господарства. Розроблено спрощений варіант статистичного опису модельованої системи, проведено структурний аналіз об'єкта і визначено ключові регулятори моделі. Доведено, що порівняння варіантів стратегічного управління сприяє кращому оцінюванню прийняття рішень та їх результативності в довгостроковій перспективі.*

*Ключові слова:* імітаційна модель; сталий розвиток; сільськогосподарське підприємство; системне мислення.

*Форм. 1. Рис. 4. Літ. 13.*

Наталія А. Демешкант, Катерина Л. Тужик  
**МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ VENSIM PLE**

*В статье рассмотрена проблема моделирования как одного из наиболее приоритетных методов исследования законов устойчивого развития сельского хозяйства. Разработан упрощенный вариант статистического описания моделируемой системы, проведен структурный анализ объекта и определены ключевые регуляторы модели. Доказано, что сравнение вариантов стратегического управления способствует лучшей оценке решений и их результативности в долгосрочной перспективе.*

*Ключевые слова:* имитационная модель; устойчивое развитие; сельскохозяйственное предприятие.

Natalia A. Demeshkant<sup>1</sup>, Kateryna L. Tuzhyk<sup>2</sup>  
**THE MODEL OF AGRARIAN ENTERPRISE SUSTAINABLE  
DEVELOPMENT USING VENSIM PLE**

*The article considers modelling as one of the priority research methods for sustainable agriculture. Modelling of agriculture sustainable development as presented in this paper allows making a simplified version of statistical description of the simulated system, conducting the structural analysis of the object and identifying key regulators of the model. It is demonstrated that comparison of strategic management variants contributes to better assessment of decisions and their impact in the long term.*

*Keywords:* simulation model; sustainable development; agricultural enterprise.

**Постановка проблеми.** Формуючи нову соціально-економічну систему, світове співтовариство долучається до глобальних інтеграційних процесів. Взаємний зв'язок економічних, наукових та освітніх систем спонукає до вивчення, освоєння і осмислення їх позитивного досвіду. Невирішеність зовнішніх і внутрішніх національних проблем більшості країн світу, залежність їх розвитку від економічного стану, низький рівень екологічної просвітницької

---

<sup>1</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

<sup>2</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

роботи не дають змоги усвідомити хибність орієнтації суспільної свідомості на споживацькі пріоритети, а відтак сприяють поглибленню глобальної екологічної кризи, джерела якої дедалі більше пов'язують з соціальними чинниками. Нині криза набуває нової антропологічної сутності, стає кризою духовності, оскільки зміни, що відбуваються в суспільстві, вже не можуть вважатися вторинними наслідками соціальних або історичних процесів. Рухаючись в такому напрямі до кінця ХХ ст. світова культура, наука та виробнича сфера акумулювали багаж помилок, який виявився непідйомним для вирішення проблеми соціо-еколого-економічного розвитку суспільства. Перед людством постало глобальне завдання розробки чіткого наукового сценарію майбутнього, без якого всі зусилля в теперішньому часі втрачають сенс свого існування, створюючи лише теорії, а не практичні науково обґрунтовані заходи з подолання небезпек [8].

**Аналіз останніх публікацій.** Наприкінці ХХ – початку ХХІ стст. почали з'являтися спроби системно поглянути на проблеми людського розвитку та його вплив на навколишнє середовище, знайти правильне рішення для виходу з кризової ситуації. Яскравим прикладом зародження світової культури глобального мислення стала наукова праця групи вчених під керівництвом Д. Медоуза [5]. Вона була переведена на 43 мови і з часом стала підручником. Фактично, це є звіт про випробування моделі «Світ-3», що пригорнув увагу світової спільноти до глобальних проблем людства.

Теоретичним та практичним надбанням досліджень з моделювання сталого розвитку є наукові праці вітчизняних та іноземних вчених, зокрема, Н.М. Бичкіної [3], Б.Є. Большакова [1], Ю. Одума [4], В.М. Сидоренка [6], Дж. Форрестера [9] та інші. В них розглянуто методи вивчення складних систем з нелінійними зворотніми зв'язками та прогнозування поведінки таких систем в зовнішньому середовищі під впливом різних факторів. Розроблено модель прогнозування розвитку складної системи, використовуючи метод системної динаміки.

Разом з тим, варто зауважити на недостатню увагу з боку наукового співтовариства до моделювання сталого розвитку сільського господарства та сільського підприємництва зокрема. Йдеться про розкриття взаємозв'язку та взаємозалежності таких факторів впливу на розвиток галузі, як освіта та глобально-інтеграційні процеси. Розв'язання зазначених питань визначило вибір теми дослідження та його актуальність.

**Мета дослідження** полягає в описанні імітаційної моделі та представленні процесу її практичного використання для визначення сталого розвитку сільськогосподарських підприємств за допомогою програмного забезпечення "Vensim PLE"; обґрунтуванні значення моделі сталого розвитку як інструменту в управлінні та прийнятті оптимальних рішень для органічного сільського господарства; аналізі досвіду США у розвитку сертифікованих органічних систем землеробства.

**Основні результати дослідження.** Термін «сталий розвиток» являє собою концепцію такого способу господарювання, в процесі якого експлуатація природних ресурсів не призводить до деградації середовища і одночасно дозволяє задовольняти потреби і прагнення суспільства [10].

В європейських державах запроваджені стратегії сталого розвитку, розроблені на підставі рекомендацій «Порядку денного XXI століття» – міжнародної конференції з навколишнього середовища і розвитку у Ріо-де-Жанейро (United Nations Conference on Environment and Development – Earth Summit) 1992 року. Стратегії сталого розвитку окреслюють економічний, соціальний і природний розвиток, а також вказують шляхи досягнення цих цілей за умови поваги до навколишнього природного середовища та його законів (рис. 1).

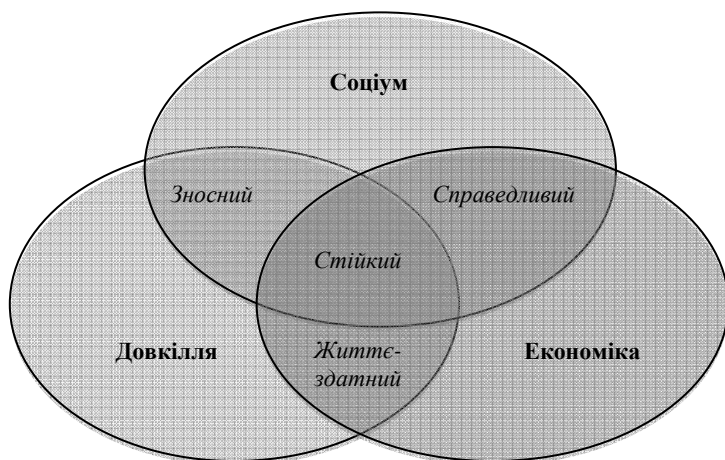


Рис. 1. Інтегральність сталого розвитку [7]

Ключова роль у процесі впровадження рекомендацій «Порядку денного XXI століття» відповідно до принципу «мислити глобально, діяти локально» відводиться органам місцевого самоврядування та локальним сільськогосподарським підприємствам. Іншими словами, сталий розвиток означає скоординовану і систематичну діяльність на благо економічного розвитку локальних територій і місцевого населення, створення сприятливих умов для місцевої економіки та гарантування екологічної стабільності. В глобальному масштабі сталий розвиток трактується як соціально-економічний розвиток, в процесі якого відбувається інтеграція політичної, економічної і суспільної діяльності зі збереженням природної рівноваги та стабільності основних природничих процесів, з метою гарантування можливості задоволення основних потреб соціальних груп та окремих громадян, як нинішнього, так і майбутніх поколінь [11].

Показник «сталий розвиток суспільства» представляє найбільший інтерес в економічній системі XXI сторіччя. Сільськогосподарське підприємство є одиницею людської діяльності, яка забезпечує суспільство життєво важливими продуктами харчування і розвиток якої знаходиться в прямій залежності від природного середовища.

На думку вчених, одним із центральних завдань ефективного управління сталим розвитком сільськогосподарського підприємства є впровадження сучасних інформаційних технологій, які передбачають, зокрема, застосування

методів імітаційного моделювання. Це дозволить вирішити завдання з аналізу, планування та реконструкції виробничих і логістичних систем [2; 3; 6].

Кілька десятиліть тому склалися два підходи до створення імітаційних моделей, що відображають процеси в таких системах: безперервний підхід системної динаміки за Дж. Форрестером [9] і дискретно-подієвий підхід [3].

Системна динаміка – це метод розробки моделей потокового типу. Вона була розроблена наприкінці 1950-х рр. Дж. Форрестером. Вже тоді концепція системної динаміки була застосована Дж. Форрестером для моделювання економічних процесів на великих промислових підприємствах. Цей напрямок одержав назву індустріальної (промислової) динаміки [9]. Суть даного методу моделювання полягає в тому, що створюється комп'ютерна модель складної системи у формі двох мережевих структур: одна мережа відображає процес руху та накопичення матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, а друга – процес управління цими потоками.

Найбільш поширеним програмним продуктом, заснованим на методі системної динаміки, є "Vensim" [12]. Система імітаційного моделювання "Vensim" була створена в 1985 р. у фірмі "Ventura Systems" (США). В даний час існують більш передові версії програмного забезпечення: "Vensim PLE", "Vensim PLE Plus", "Vensim Standard", "Vensim Professional" і "Vensim DSS". "Vensim PLE" (Vensim Personal Learning Edition) є безкоштовною версією, яка призначена для використання в локальному масштабі, наприклад, на сільськогосподарському підприємстві. Ця версія широко застосовується в багатьох країнах світу з 1996 р. [13].

У системі імітаційного моделювання "Vensim 5.0 PLE" існує 5 основних елементів: Box Variable (накопичувач або рівень), Rate (темп або потік), Variable (константа, допоміжних змінна, дані), Arrow (потоковий зв'язок) і Shadow variable (прихована змінна).

Використовуючи "Vensim PLE", нами наведено опис імітаційної моделі сільськогосподарського підприємства та факторів, що впливають на його сталий розвиток.

Структура імітаційної моделі сільськогосподарського підприємства являє собою набір накопичувачів, пов'язаних між собою потоками. З поняттям «накопичувач» співвідноситься економічна категорія запасів, обсяги яких змінюються, залежно від вхідних і вихідних потоків. Потік – це сполучна ланка між накопичувачами, що показує рух відповідного субстрату від одного накопичувача до іншого. Розташування потоку визначає напрям переміщення субстрату, в той час як темп потоку визначає швидкість (інтенсивність) цього переміщення [13].

Нижче наведено загальна модель сталого розвитку сільськогосподарського підприємства (рис. 2).

На рис. 2 відображено елементи системи та домінуючі зв'язки (стрілки). Текст в трикутних дужках носить назву «мінлива видимість». Повторення такої змінної в іншому місці моделі забезпечує спрощене її подання, що дозволяє уникати перетину стрілок.

Нами побудовано просту імітаційна модель, яка має потенціал покращення шляхом включення додаткових факторів впливу та відповідного розширен-

ня області використання. Використовуючи базову платформу моделі, впровадження нових сценаріїв є нескладним процесом.



Рис. 2. Загальна структура моделі: сталий розвиток сільськогосподарського підприємства, авторська розробка

Наведений нами приклад свідчить про можливість побудови складніших моделей з використанням "Vensim PLE". За наявності всіх даних підприємства ми можемо створювати різні сценарії розвитку в один натиск комп'ютерної миші. Окрім цього, побудована модель повинна бути простою у використанні і уможливлювати приймання науково обґрунтованих рішень відповідно до прогнозів.

Ми спробуємо довести, наскільки може бути корисним застосування моделі сталого розвитку сільськогосподарського підприємства, побудованої з використанням балансового принципу в управлінні та прийнятті оптимальних рішень. Окрім цього, використовуючи наукові підходи, можливе прогнозування відповідних сценаріїв розвитку сільського господарського підприємства.

Розвиток органічного сільського господарства є одним із критичних питань забезпечення сталого розвитку суспільства шляхом забезпечення якісними продуктами харчування в достатній кількості з найменшим негативним впливом на навколишнє природне середовище.

Органічне сільське господарство відноситься до екологічно обґрунтованих систем виробництва продуктів харчування. Органічне сільське господарство – це підприємство з екологічною стратегією управління, яке підтримує та підвищує родючість ґрунтів, запобігає ерозії ґрунтів, розвитку і зміцненню біологічного різноманіття, зводячи до мінімуму ризик для здоров'я людей, тварин та природних ресурсів.

У розвинених країнах органічне сільське господарство знаходиться на високому рівні. Сертифіковані органічні системи землеробства в Сполучених Штатах Америки вимагають використання комплексного пакету методів управління, підтримки та поліпшення природних ресурсів підприємства, в т.ч. ґрунту та якості води, що визначено федеральним законодавством. Управління органічним сільськогосподарським підприємством передбачає зниження ймовірності бур'янів, комах, рівня хвороб, а також переважне використання нетоксичних фізичних і механічних методів боротьби зі шкідниками. Лише в тому випадку, коли перелічені вище методи є недостатніми для запобігання та контролю з шкідниками врожаю, бур'янами і хворобами, можуть використовуватися схвалені федеральним законодавством про органічне сільське господарство хімічні матеріали. Сертифікація органічного сільського господарства є процесом довготривалим та суворим з подальшим щорічним наглядом. Органічні стандарти вимагають, щоб підприємці підтримувати і покращувати якість природних ресурсів. Практичні заходи для досягнення мети органічного сільського господарства повинні бути частиною системи управління. Кожен сертифікований органічний виробник зобов'язаний розробити план виробництва або системи обробки, також відомий як система планування органічного виробництва (СПОВ).

СПОВ є інструментом управління та прогнозування, в якому беруться до уваги майбутні явища та умови розвитку підприємства. Прогнозування допомагає підприємцю передбачати проблеми і приймати раціональні рішення. СПОВ описує людські і природні ресурси, які має підприємство в своїй виробничій потужності. Тому реалізація СПОВ може допомогти підприємству більш повно та ефективно використовувати свій потенціал.

Окрім цього, СПОВ є економічним інструментом. Добре сконструйований СПОВ може допомогти скласти раціональний бюджет витрат і доходів на майбутній сезон з метою екологічного та економічного розвитку.

Запровадження органічного сільськогосподарського виробництва потребує значного часу та чималих фінансових витрат. Тому побудування реальної моделі сільського господарства, яка б відображала тенденцію розвитку підприємства, відіграє критичну роль в управлінні його сталим розвитком.

Управління розвитком сільськогосподарського підприємства повинно спрямовуватися на підвищення ефективності використання природних ресурсів та створення «енергетичних акумуляторів» в системі підприємства. Енергетичними акумуляторами виступають: наявність та створення цехів з переробки сировини; упакування готової продукції; власних мереж реалізації продукції та ін. Важливим моментом є розвиток інформаційних інструментів, які б були простими у використанні і дозволяли б миттєво відображати реальний стан та будувати сценарії розвитку підприємства.

У статті ми досить спрощено представили версію такої моделі. Поліпшення моделі шляхом застосування складніших математичних функцій та розширених даних підприємства, в майбутньому може стати невід'ємним інструментом в управлінні сталим розвитком сільськогосподарських підприємств.

Найскладнішим при побудові моделі стало розв'язання сільськогосподарського підприємства є її опис, який відповідав би реальному стану підпри-

емства та графічне його зображення. Важливо відмітити, що необхідною умовою є дотримання послідовності фізичних величин, які будуть використовуватися в описі моделі.

У відповідності з тензорним аналізом управління сталим розвитком сільськогосподарських підприємств – це процес перетворення з початкової системи координат в кінцеву (потребуючу), використовуючи в якості загального правила закон збереження потужності.

Дана проблематика має пряме відношення до теорії динамічних систем (ТДС), де існує багато невирішених питань, що мають безпосереднє відношення до нашого дослідження. Справа в тому, що не відразу кидається в очі те, що поняття ТДС (фазовий простір, час, закон еволюції) мають різнотипні, неспівставні між собою одиниці виміру [1].

Тому все більшої уваги заслуговують дослідження соціально-економічних явищ з енергетичної позиції. Величезний внесок зробили дослідження еколога Ю. Одума у сфері гармонійного розвитку людської діяльності і екології. Ю. Одум вважав, що стала модель людської діяльності досягається лише за умови, коли експлуатація джерел енергії відбувається з тією ж інтенсивністю, з якою вона відновлюється [4].

Поняття «енергія» в трактуванні Ю. Одума відрізняється від його розуміння в повсякденному житті. «Енергія» за Ю. Одумом має глибший зміст і є всезагальною основою, джерелом і засобом управління всіма природними процесами, базисом культури і всієї людської діяльності [4].

Розвиток сільськогосподарського підприємства як системи передбачає постійну взаємодію різних видів енергії (сонячне світло, дощ, поживні речовини ґрунту, людська праця тощо) (рис. 3).

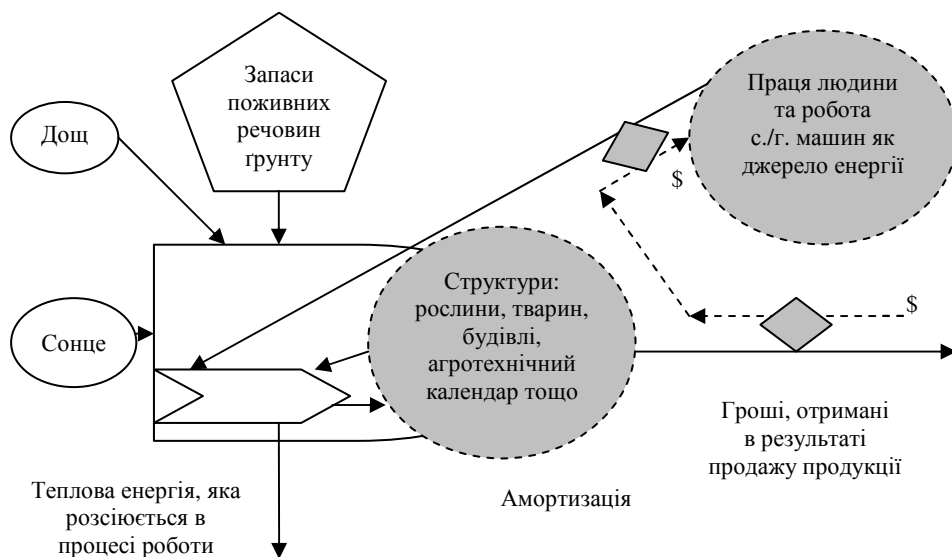


Рис. 3. Система сільськогосподарського підприємства як складової природного середовища [4]

Всі енергетичні процеси підкорюються законам, які існують на Землі: закон збереження енергії, закон деградації енергії і закон, який пояснює, що максимальне використання енергії забезпечує виживання системи.

Не є винятком і функціонування сільськогосподарського підприємства на основі вище вказаних законів. Для виробництва продукції підприємство використовує природні, суспільні та економічні ресурси, які є енергетичними потоками. Тобто енергія меншої якості перетворюється в процесі виробництва в якіснішу енергію (продукти).

Імітаційна модель повинна будуватися з використанням реальних даних сільськогосподарських підприємств. Підприємство є свого роду контейнером. До контейнера надходять два потоки та два потоки є на виході з нього. Під вхідними потоками ми розуміємо ресурси підприємства: природного походження людська праця та інвестиції. Окремим потоком ми виділили управління підприємством. Вихідні потоки передбачають готову продукцію та побічну продукцію (відходи).

Для моделювання сталого розвитку сільськогосподарського підприємства спочатку розглянемо рівняння (1) загального принципу збалансованості:

$$N = P + G, \quad (1)$$

де  $N$  – ресурси на вході в систему (підприємство);  $P$  – готова продукція на виході з підприємства;  $G$  – побічна продукція та відходи виробництва.

У побудовану модель (рис. 3) сталого розвитку сільськогосподарського підприємства вносимо дані щодо діяльності підприємства. Лінії легко направляються у потрібному напрямку за допомогою стрілок у "Vensim PLE". Для більшої зрозумілості та детального висвітлення процесів можливе присвоєння імені кожному з потоків.

Звертаємо увагу, що суб'єкт сталого розвитку (підприємство) представлений у формі прямокутника, потоки відображені за допомогою стрілок та змінні – у вигляді назви. Окрім стрілок-потоків, нами відображені стрілки, які показують взаємозалежність між змінними в моделі.

Шляхом натискання клавіші на лінійці можна відобразити зміни, які відбуваються в розвитку підприємства. Змінні можуть бути представлені графічно за допомогою лінійки Vensim PLE, що є зручним для сприйняття потенційним користувачем моделі.

Для знаходження рівня сталого розвитку сільськогосподарського підприємства нами встановлено незмінну величину індикатора сталого розвитку підприємства, що дорівнює 0. Тобто за балансовим принципом, сума обсягу ресурсів, що затрачаються підприємством, повинні дорівнювати сумі обсягу продукції та побічної продукції підприємства.

Перед запуском моделі ми повинні в черговий раз впевнитися, що всі застосовані величини мають один і той же вимір. Після цього натискаємо на клавішу "Model" в "Vensim PLE", і потім обираємо опцію "Units Check and Check Model". У випадку, коли все вірно, наша модель готова до запуску та подальшого використання на підприємстві.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Таким чином, безсумнівною перевагою моделювання з використанням "Vensim PLE" є можливість



висвітлити теперішній стан діяльності сільськогосподарського підприємства та запропонувати сценарій його розвитку на майбутнє. Звичайно, застосування цього методу моделювання не гарантує 100% захисту від помилок під час прийняття рішень, проте дозволяє виявити проблеми та проаналізувати результати прийнятих рішень, що є надзвичайно важливим для забезпечення функціонування органічних систем землеробства.

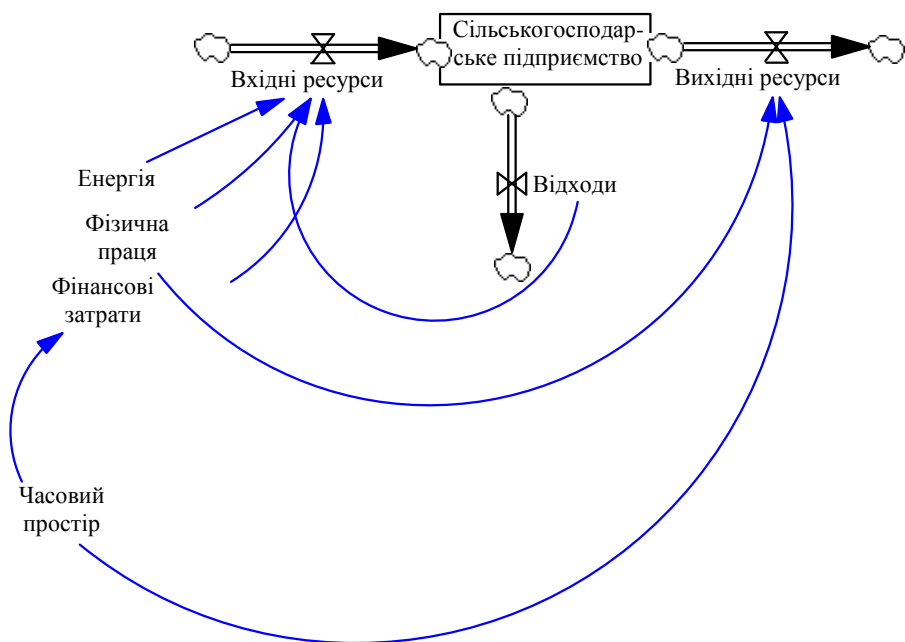


Рис. 4. Модель сталого розвитку сільськогосподарського підприємства, авторська розробка

У подальших дослідженнях, базуючись на цій моделі, можна розширювати область опису на більш масштабному рівні з додаванням інших змінних, що також впливають на сталий розвиток сільськогосподарського підприємства.

1. *Большаков Б.Е.* История и методология науки // Устойчивое развитие: наука и практика. – 2009. – №2. – С. 70–169.
2. *Борщев А.В.* От системной динамики и традиционного имитационного моделирования – к практическим агентным моделям: причины, технологии, инструменты // [www.gpss.ru](http://www.gpss.ru).
3. *Бычкина Н.Н.* Ретроспектива и перспектива системной динамики. Анализ динамики развития // Бизнес-информатика. – 2009. – №3. – С. 55–67.
4. *Одум Ю., Одум Э.* Энергетический базис человека и природы. – М.: Прогресс, 1978. – 379 с.
5. Пределы роста: Доклад по проекту Римского клуба «Сложные положения человечества» / Д.Х. Медоуз, Д.Л. Медоуз, Й. Рандерс, В. III Бернс. – М., 1972. – 207 с.
6. *Сидоренко В.Н.* Имитационное моделирование в науке и бизнесе: подходы, инструменты, применение // Бизнес-информатика. – 2009. – №2. – С. 52–57.
7. Сталый розвиток // [uk.wikipedia.org](http://uk.wikipedia.org).
8. Управляемо ли устойчивое развитие? / Зеленый мир. Экологическое досье Мира и России: Ассоциация «Росэкопресс» и Российский экологический союз // [zmdosie.ru](http://zmdosie.ru).
9. *Форрестер Д.* Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика). – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.

10. *Kozłowski. S.* (2003). Podstawowe problemy zrownowazonego rozwoju – wymiar polityczny. *Problemy ekologii*, 7(6): 45–56.
11. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 Prawo ochrony srodowiska, art. 3 (Dz. U. z dnia 20 czerwca 2001 r.) // [www.abc.com.pl](http://www.abc.com.pl).
12. Ventana History // Vensim Ventana System Inc. // [vensim.com](http://vensim.com).
13. Ventana Personal Learning // Vensim Ventana System Inc. // [vensim.com](http://vensim.com).

Стаття надійшла до редакції 8.04.2015.