



УДК 338.439.02:519.865

**Бородіна О.С.**

*молодший науковий співробітник Інституту економіки та прогнозування НАН України*

## **СОЦІОЕКОНОМІЧНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРА УКРАЇНИ**

*Розглянуто сучасні тенденції розвитку аграрного сектора України та основні підходи до формування засад сталого розвитку. Запропоновано стохастичну економіко-математичну модель для розробки стратегії розвитку аграрного сектора. Проведено емпіричне застосування моделі та виконано експериментальні розрахунки для регіонів України.*

Нарощення монокультурного виробництва в аграрному секторі України призвело до несправедливої та незбалансованої зміни структури ринків продовольчої продукції та перерозподілу прав управління ресурсами. Інтенсифікація виробництва дозволяє ефективно оперувати на ринку лише великим агрохолдингам, у той час як дрібні та середні виробники через нездатність конкурувати за дефіцитні та дорогі ресурси змушені виходити з ринків. Недостатня диверсифікація вітчизняного аграрного виробництва спричинила значну кількість негативних ефектів, пов'язаних із важливими факторами ризику на шляху сталого розвитку, серед них: загрози навколишньому середовищу та земельним ресурсам, недостатня забезпеченість якісним продовольством і водою, загрози ветеринарній епідеміологічній ситуації, депопуляція та погіршення соціоекономічних умов життя у сільській місцевості, бідність, урбаністична міграція, втрата культурної спадщини.

Основна дилема інтенсифікації полягає в тому, що економія на масштабі веде до збільшення кількості великих підприємств через підвищення ефективності використання ресурсів, однак одночасно ускладнюються умови функціонування для інших сільськогосподарських виробництв і дрібного сільськогосподарського та несільськогосподарського бізнесу в сільській місцевості, що є невід'ємною частиною економіки села. Неконтрольована концентрація землі та ресурсів негативно впливає на соціоекономічні, демографічні, екологічні та інфраструктурні аспекти життя у сільській місцевості.

Лаг між економічним зростанням і розвитком сільської місцевості в Україні став особливо помітним в останньому десятиріччі. Головним завданням формування засад аграрної політики в цих умовах є ефективне використання наявних ресурсів і політичних важелів на користь формування основи для сталого розвитку агросфери України та зниження соціальних, демографічних, економічних та екологічних ризиків у сільській місцевості. Це вимагає комплексних методологічно обґрунтованих підходів, тому надається особлива вага міжнародному досвіду формування політики в сільській місцевості. Зокрема, принципи сталого розвитку агросфери на основі розвитку сільських громад реалізовується у США через різноманітні національні і місцеві ініціативи та Європейському Союзу в рамках програм LEADER I, LEADER II, LEADER+ [1].

У статті представлено економіко-математичну модель оптимізації розподілу фінансових ресурсів для підтримки сільського господарства з метою дося-



гнення визначених цілей розвитку. Запропонована модель включає критерії розвитку, що є аналогічними до програми LEADER стосовно вирішення питань щодо збереження та покращення якості навколишнього середовища та розширення можливостей сільської місцевості щодо покращення конкурентоспроможності аграрного сектора. Стохастичні параметри моделі представляють собою невизначеність оціночних даних експертів відносно потенційної зворотної міграції трудових ресурсів і розвитку інфраструктури. Невизначеності, пов'язані із недосконалістю інституційного середовища в Україні (наприклад, бюрократія та ін.), представлені у вигляді додаткових витрат у цільовій функції. Окрему увагу та пріоритетність в отриманні бюджетних ресурсів для відновлення виробництва приділено регіонам, де соціоекономічні та екологічні наслідки діяльності агрохолдингів набули загрозливих значень.

**Структурні зміни в аграрному секторі та їх наслідки.** Реструктуризація аграрного сектора України характеризувалася зміною відносин власності та активним формуванням надвеликих сільськогосподарських підприємств після 2000 р. Ці підприємства, що є ефективними швидко окупними бізнес-проектами, не вкладаються в рамки державного і регіонального планування. Відсутність системи державного науково обґрунтованого регулювання у сфері екологічно безпечного використання природних та інших ресурсів призводить до формування вузькоспеціалізованого виробництва на продуктах із більш швидким обігом ресурсів і високою рентабельністю. У результаті агрохолдинги переважно концентруються на інтенсивному виробництві сировини для біопалива, що призводить до зростання соціально-економічних та екологічних ризиків у сільській місцевості. Вилучення земельних і водних ресурсів з безпосереднього виробництва продовольчої продукції з метою інтенсивного виробництва сировини для біопалива по суті підриває продовольчу безпеку та якість довкілля внаслідок високих рівнів внесення добрив і відсутності адекватних сівозмін, що не узгоджується із необхідними агрономічними стандартами. За відсутності адекватного регулювання, подібні тенденції можуть зумовити подальшу значну деградацію земель, втрати родючості ґрунтів та їх забруднення надмірною кількістю мінеральних добрив, крім того, забруднення води та погіршення її якості, зростання викидів шкідливих речовин в атмосферу. Екологічні та природоохоронні норми при виробництві сільськогосподарської та продовольчої продукції є важливими не лише для України щодо забезпечення відповідних умов життя для людей та сталого розвитку, а також і стосовно інтеграції до ЄС та виходу на міжнародні сільськогосподарські ринки. Одна із останніх директив ЄС передбачає допуск на ринок сільськогосподарських продуктів лише тих виробників, які при виробництві своєї продукції послуговувалися нормами сталого виробництва.

Станом на 01.01.2009 р. в Україні налічувалось понад 50 підприємств, які мають понад 30 тис. га у своєму земельному банку. Більшість із них займається виробництвом продукції рослинництва, найчастіше для експорту сировинних матеріалів для подальшого виробництва біопалива. Така орієнтація на монокультурне виробництво внесла дисгармонію у пропозицію зернових культур, призначених для використання в харчовій промисловості й у тваринництві.

Незбалансована та нестабільна структура виробництва зернових негативно впливає на розвиток сектора тваринництва і, перш за все, на



поголів'я ВРХ. Звісно, що причини швидкого скорочення поголів'я тварин дуже відрізняються у різні роки і характеризуються реалізацією різних заходів політики, однак стабільне функціонування сектора виробництва продукції тваринництва завжди залежить від умов на зерновому ринку та торговельної політики, особливо коли виробництво зернових зосереджено на вирощуванні товарних культур. Наприклад, 2003–2005 рр. були особливо важкими для великих тварин унаслідок активної міжнародної торгівлі зерном та порівняно низьких врожаїв, через що значно зросли ціни на корми. За ці роки було забито значну частину поголів'я сільськогосподарських тварин [2]. Забій тварин у 2004–2005 рр. призвів до відповідного зростання цін на м'ясо. З березня 2004 р. по березень 2005 р. ціна на м'ясо зросла на 56,8%. Частка м'яса у продовольчому кошику, що використовувалася для вимірювання інфляції, становила 12,4%. Відповідно ціна на м'ясо призвела до високого відсотку приросту щорічного темпу інфляції на рівні 14,7% (грудень до грудня). Цей приклад демонструє, що незбалансованість політики в аграрному секторі веде до складних і довготривалих наслідків не тільки в аграрному секторі, але й також до негативних ефектів, що впливають на загальну макроекономічну ситуацію. Наразі в Україні виробництво продукції ВРХ здебільшого сконцентроване у домогосподарствах, що є найоптимальнішим з точки зору екологічних наслідків виробництва. Зважаючи на високий рівень ризиків виробництва продукції тваринництва, більшість виробників не бажає інвестувати у даний вид виробництва та вдосконалення технологій виробничого процесу. Очікується, що домогосподарства залишатимуться на тому ж рівні виробництва продукції тваринництва або навіть, скорочуватимуть його через застосування жорстких умов до країн-членів СОТ щодо якості продукції.

Концентрація земель, що також характерна для агрохолдингів, призвела до великої кількості різноманітних соціоекономічних проблем в сільській місцевості. Перш за все це стосується швидкого зростання рівня безробіття, оскільки інтенсивні великотоварні підприємства та агрохолдинги не зацікавлені наймати велику кількість працівників, особливо з місцевих селян. Вони мають більший вибір кваліфікованої робочої сили з міст, яка має кращу освіту, диверсифіковані навички та досвід і, таким чином, нехтують інвестиціями у місцевий людський капітал та можливість і необхідність перепідготовки сільських мешканців. Така ситуація стала причиною значного вивільнення сільських працівників та надала поштовх урбаністичній міграції для пошуку тимчасової роботи (в основному у сфері будівництва та транспорту), що в свою чергу зумовило депопуляцію та деградацію сільських територій [3]. З настанням теперішньої фінансово-економічної кризи, значна кількість тимчасових робітників втратила свої робочі місця і, очевидно, ця тенденція продовжиться. До того ж, зараз у сільській місцевості можливість знайти роботу є навіть нижчою, ніж до кризи.

Депопуляція та занепад інфраструктури сільської місцевості також спричинене розподіленням обов'язків по соціальному забезпеченню – місцеві громади займаються розвитком сільської місцевості, в той час як агрохолдинги виключно заробляють надприбутки в даній місцевості, жодним чином не беручи участь в поліпшенні соціоекономічних умов та виснажуючи екологію. Тут необхідно особливо наголосити на тому, що більшість великих виробників є юридично зареєстрованими особами у місті, таким чином, вони не сплачують податки до місцевих бюджетів за місцем своєї економічної діяльності.



Існує багато причин вважати, що найближчими роками агрохолдинги значною мірою представлятимуть аграрний сектор України. Однак, зважаючи на зростання рівня ризиків, що несе за собою діяльність агрохолдингів, на урядовому рівні слід розглянути можливості до змін, які дозволять формувати основу для збалансованого розвитку сільського господарства та сільської місцевості з метою забезпечення продовольчої безпеки та підвищення рівня життя на селі. В компетенції уряду запровадження таких норм і правил, які забезпечуватимуть рівну та прозору підтримку ведення бізнесу всіма організаційно-правовими суб'єктами господарювання у агропродовольчому секторі. Це сприятиме згладженню нерівності у можливостях доступу до отримання державної підтримки. Також ефективним буде переформатування коштів державної підтримки у прямі урядово-громадські інвестиції, такі як інвестування у прикладну освіту членів сільських громад, створення ринкових інформаційних систем, підтримка сфери послуг у сільському господарстві та створення суспільних благ: оновлення сільської інфраструктури (дороги, енерго- та водопостачання, охорона здоров'я, школи). Особливу державну увагу слід приділити саме сільському населенню, а не виробництву.

Означені вище принципи сталого розвитку, що передбачають перш за все інвестування у розвиток людини та громади для створення суспільних благ реалізуються через різноманітні програми у більшості розвинених країн, зокрема у США та ЄС. В Європейському Союзі вже досить довгий час реалізуються дуже відомі програми LEADER I, LEADER II, LEADER+, що ґрунтуються саме на принципах сталого розвитку для сільських громад [1]. Наприклад, програма LEADER+ у вигляді невід'ємної частини Програм розвитку сільської місцевості у країнах-членах ЄС підтримується Європейським аграрним фондом розвитку сільської місцевості (EAFRD) в рамках Постанови Ради (ЄС) 1698/2005. Абревіатура LEADER – "Liaison Entre les Actions de Développement Rural", перекладається як "Зв'язки між діями щодо розвитку сільської місцевості". Програма аналізує стимули, що підтримують реалізацію комплексних, високоякісних та оригінальних стратегій сталого розвитку, основний акцент робиться на партнерстві та мережах щодо обміну досвідом. Програма підтримує створення місцевих фондів і системи підтримки для фінансування заходів LEADER+ на місцевому рівні.

**Аналіз шляхів досягнення сталого розвитку сільської місцевості: підхід на основі комплексної моделі.** Реалізація цілей розвитку сільських громад вимагає узгодження місцевих рішень із національними програмами сталого розвитку.

Запропонований нижче підхід моделювання спрямований на оптимальний набір заходів на регіональному та національному рівнях, які покликані формувати основи для сталого розвитку в сільській місцевості та поліпшити умови життя людей. Мета цих досліджень полягає у створенні додаткових потужностей по виробництву сільськогосподарської продукції та наданню послуг на селі у певних місцевостях з метою задоволення попиту на продовольчу продукцію та створення додаткових робочих місць для мешканців громад. Проблема ж міграції між містом та селом є одною із основних причин депопуляції в сільській місцевості. Оптимальні рівні виробництва у географічному розрізі отримуються у вигляді компромісу між мінімізацією витрат, тобто інвестицій у започаткування виробництва, цілями щодо забезпечення



планового рівня виробництва, створення додаткових робочих місць на селі та придатності характеристик місцевості до розширення сільськогосподарського виробництва та розміщення працівників у підприємствах, які займаються сільським господарством, або наданням послуг. У випадку із розміщенням потужностей по вирощуванню тварин, критерій придатності включає в себе норми щодо кормів та пасовищ у розрахунку на голову тварини.

Модель є визначеною в часі та просторі. Зараз вона включає два часових інтервали та реалізована для 25 областей України. Модель складається з трьох модулів, що містять в собі три основні набори критеріїв та ризиків: соціоекономічні, екологічні та виробничі. Соціоекономічний модуль визначає баланс між критеріями мінімізації витрат і соціоекономічними та демографічними цілями, а також додаткові обсяги виробництва з метою гарантування продовольчої безпеки та робочих місць; екологічний модуль контролює захист навколишнього середовища та той тиск, який створюється внаслідок сільськогосподарського виробництва у певних місцевостях; виробничий модуль відповідає за технічні коефіцієнти з метою забезпечення агрономічного обґрунтування сільськогосподарського виробництва.

Формально модель характеризує виробництво різних видів сільськогосподарської продукції  $i = 1, 2, \dots$  на регіональному рівні  $l$  в рамках систем із різними характеристиками управління  $j$ , (традиційні (домогосподарства), середні, або інтенсивні великомасштабні виробники). Основна ідея – це збалансоване розміщення запланованих обсягів додаткового виробництва та сільських працівників по регіонах. Плани розраховані на основі експертних оцінок і баз даних, наявних у Інституті економіки та прогнозування НАНУ та інших установ, ураховуючи дореформені рівні виробництва у відповідних місцевостях та поточні тенденції щодо наявності робочих місць у містах. Ми опрацюємо деякі з цих значень як невизначені випадкові величини.

Нехай  $x_{ijl} \geq 0$  показує необхідне зростання виробництва продукції  $i$  у регіоні  $l$  та управлінській системі  $j$  з метою забезпечення попиту  $d_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$ . Зростання виробництва створюватиме додаткові робочі місця в сільській місцевості у сільськогосподарському та несільськогосподарському (послуги) виробництві. Визначимо  $\beta_{ijl} \geq 0$  як кількість працівників для виробництва одиниці продукції  $x_{ijl}$  та  $L_l$  – як запланований рівень працівників у сільській місцевості. Причому планується, що вони будуть зайняті у сільськогосподарському виробництві у місцевості  $l$ . Ціль гарантування необхідного рівня зайнятості у місцевості  $l$  символічно можна визначити як:

$$\sum_{i,j} \beta_{ijl} x_{ijl} \geq L_l. \quad (1)$$

Загалом неможливо точно визначити значення  $L_l$ , наприклад, внаслідок того, що важко передбачити ймовірність зворотної міграції до рідних сіл із тимчасових заробітків у містах. Тому, чітке визначення обмеження (1), а також обмеження (2) може надаватися на основі імовірнісних обмежень (7)–(8), або в рамках загальної дворівневої стохастичної оптимізаційної структури, що визначена функціями (11)–(18). Міграція робочої сили між селом і містом у межах регіонів залежить від різних факторів, включаючи наявність соціальної інфраструктури (школи, торговельні центри, заклади охорони здо-



ров'я, транспортні мережі, центри культури та дозвілля тощо) та рівень доходів. Модель може враховувати ці компоненти, що стосуються поведінки, аналогічно до моделі програми Міжнародного інституту прикладного системного аналізу "Землекористування", яка була розроблена для аналізу розвитку сільського господарства у Китаї [4, 5], де критерії поведінки були поєднані із чітко спланованою урядовою політикою. У цілому, змінна  $L_l$  може характеризуватися альтернативними сценаріями розвитку.

Створення нового бізнесу та виробничих потужностей у сільській місцевості вимагає відповідних послуг і працівників, які реалізовуватимуть ці послуги. Результати досліджень, проведених в Інституті економіки та прогнозування НАНУ дозволяють провести оцінку рівня зайнятості у інфраструктурі на одиницю продукції  $x_{ijl}$ . Заплановані рівні  $S_l$  по регіону  $l$  отримані за допомогою експертних оцінок на основі наявних статистичних даних. Слід відмітити, що значення  $S_l$  знову ж таки можуть бути випадковими або відповідати альтернативним сценаріям розвитку. Бажання працювати у інфраструктурі, наприклад у школах, залежить від статі, віку, рівня освіти тощо. Сценарії  $S_l$  можуть бути отримані шляхом використання результатів опитувань, експертних оцінок та/або статистичних даних. Таким чином, на додаток до рівняння (1), цільове обмеження моделі полягає у визначенні такого  $x_{ijl} \geq 0$ , яке також задовольнятиме умовам, пов'язаним із необхідністю розбудови та забезпечення зайнятості у інфраструктурі сільської місцевості:

$$\sum_{i,j} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \geq S_l. \quad (2)$$

Безсумнівно, розробка нової продукції та послуг вимагає додаткових інвестицій. Обмеження, пов'язані із інвестиціями, можуть бути як загальне обмеження по бюджету або як мінімізація витрат:

$$\sum_{i,l} V_{il} (\sum_j x_{ijl}) + \sum_{ijl} c_{ijl} x_{ijl} + \sum_l C_l (y_l) + \sum_{kl} c_{kl} y_{kl} \rightarrow \min, \quad (3)$$

де  $c_{ijl}$  є витратами, пов'язаними із оплатою праці або мотиваційною специфічною фінансовою підтримкою для виробників продукції  $x_{ijl}$ . Інвестиції  $V_{il}$  залежать від рівня поточного виробництва та рівня депресивності регіону<sup>1</sup> – в цілому менш розвинені, депресивні регіони вимагають пріоритетного надання коштів і більших обсягів інвестицій. Крім того, функції витрат  $C_l$  та  $c_{kl}$  можуть бути пов'язані із необхідністю перевезення кормів між регіонами, що більш детально розглядається далі. Обмеження моделі, пов'язані із продовольчою безпекою та охороною навколишнього середовища, відповідно представлені рівняннями (4), (5), (6):

$$\sum_{jl} x_{ijl} \geq d_i, \quad (4)$$

$$\sum_{ij} \delta_i x_{ijl} \leq a_l + y_l + \sum_k y_{kl} - \sum_k y_{lk}, \quad (5)$$

<sup>1</sup> На основі досліджень [9] було розроблено відповідне ранжування регіонів, залежно від ступеня депопуляції.

$$\sum_{ij} \sigma_i x_{ijl} \leq b_l. \quad (6)$$

Обмеження (4) гарантує, що нове виробництво  $x_{ijl} \geq 0$  задовольняє необхідному рівню попиту на даний продукт  $i$  на державному рівні  $d_i$ , та відображає вимоги продовольчої безпеки по даному виду продукту. Наприклад, рівняння (5) гарантує, що розміщення  $x_{ijl} \geq 0$  задовольняє наявності кормів у місцевостях  $l$ , де  $\delta_i$  є технічним коефіцієнтом, що визначає потреби у кормах у розрахунку на голову тварини. Змінні  $y_i \geq 0$  представляють собою можливість щодо розширення потужностей виробництва кормів  $a_i$  із витратами  $c_i(y_i)$ ; змінні  $y_{lk}$  визначають можливість обміну кормами між різними регіонами (припускається, що імпортовані корми не використовуються) із витратами  $c_{kl}$ . Аналогічні види додаткових змінних, орієнтованих на прийняття рішень, можуть бути запроваджені у рівнянні (4) щодо торгівлі продуктами виробництва. Рівняння (6) дозволяє поширити виробництво тільки на ті території, які мають достатню кількість ресурсів, таких як пасовища або орні землі, що дають можливість утилізації відходів і гною, що пов'язані із новими модулями виробництва,  $\sigma_i$  може розглядатися як коефіцієнт наявності можливостей утилізації (також потужностей зберігання та переробки гною). Обмеження (5) та (6) становлять модуль навколишнього середовища, який гарантує досягнення екологічних пріоритетів та дотримання норм щодо землекористування та агрономії.

Стохастичні змінні/сценарії  $S_l$ ,  $L_l$  вимагають подальшої деталізації в моделі. Очевидно, що інформація по  $S_l$ ,  $L_l$  може бути недостатньо достовірною і тому необхідно, щоб рішення  $x_{ijl}$  задовольняло обмеженням (1)–(2) із певним ступенем достовірності для всіх можливих сценаріїв  $S_l$ ,  $L_l$ . Скажімо, ймовірність того, що обмеження (1)–(2) виконуються (у рамках виведеного  $x_{ijl}$ ), має бути вищою, ніж певні встановлені рівні  $0 \leq p_l \leq 1$ ,  $0 \leq q_l \leq 1$ . Таку вимогу можна формалізувати в рамках ймовірнісних обмежень:

$$P \left[ \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \geq L_l(\omega) \right] \geq p_l, \quad (7)$$

$$P \left[ \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \geq S_l(\omega) \right] \geq q_l, \quad (8)$$

при  $0 \leq p_l \leq 1$ ,  $0 \leq q_l \leq 1$ ,

які є аналогічними до відомих обмежень відносно безпеки та надійності, що застосовуються у інших сферах економіки. У страховому бізнесі, вони відображають обмеження щодо платоспроможності страхових компаній або банків та часто визначаються як  $p_l$ ,  $q_l$  на рівні  $1-10^{-3}$ , тобто неплатоспроможність, яка може бути співрозмірною події, що може виникнути один раз на 100 років.

Обмеження (7)–(8) описують значення стохастичного співвідношення попиту та пропозиції стосовно зайнятості: попит  $\beta_{ijl} x_{ijl}$  не може бути повніс-



тю задоволеній випадковою пропозицією  $L_l(\omega)$ ; аналогічно є вірним для  $\gamma_{ijl}\beta_{ijl}x_{ijl}$  та  $S_l(\omega)$ . З метою врахування можливості високого рівня дискретності рівнянь (7)–(8), ми перетворюємо їх на мультикритеріальну проблему мінімізації опуклих функцій, де  $E$  – математичне сподівання:

$$E \max \left\{ 0, L_l(\omega) - \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\}, \quad (9)$$

$$E \max \left\{ 0, S_l(\omega) - \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\}. \quad (10)$$

Мінімізація функції (9) – (10) означає, що зменшення розривів (очікуваного дефіциту) додаткової зайнятості у сільському господарстві та інфраструктурних послугах потребуватиме додаткових коштів через вартості  $\pi_l$ ,  $\psi_l$ . Унаслідок цього функції (9), (10) модифікуються у такі функції вартості

$$\pi_l E \max \left\{ 0, L_l(\omega) - \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\}, \quad (11)$$

$$\psi_l E \max \left\{ 0, S_l(\omega) - \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\}. \quad (12)$$

Ураховуючи цілі (3) та (11)–(12), проблему можна сформулювати таким чином: визначити виробництво  $x_{ijl}$ , яке мінімізує цільову функцію

$$\begin{aligned} & \sum_{i,l} V_{il} \left( \sum_j x_{ijl} \right) + \sum_{ijl} c_{ijl} x_{ijl} + \sum_l C_l(y_l) + \sum_{kl} c_{kl} y_{kl} \\ & + \sum_l \pi_l E \max \left\{ 0, L_l(\omega) - \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\} \\ & + \sum_l \psi_l E \max \left\{ 0, S_l(\omega) - \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\} \rightarrow \min \end{aligned} \quad (13)$$

у рамках обмежень (4)–(6).

Функція (13) може вважатися стохастичною версією функції скаляризації, яка традиційно використовується у мультикритеріальному аналізі. Формально, скаляризована функція (13) відповідає мультикритеріальній моделі стохастичної мінімізації із функцією критерію (3) та (11)–(12). Як було проаналізовано у [5, 6], відповідний вибір значень  $\pi_l$  та  $\psi_l$  дозволяє контролювати обмеження, пов'язані із безпечністю (7), (8). Також можливо сформулювати модель стохастичної оптимізації із альтернативною функцією скаляризації:

$$\begin{aligned} & \sum_{i,l} V_{il} \left( \sum_j x_{ijl} \right) + \sum_{ijl} c_{ijl} x_{ijl} + \sum_l C_l(y_l) + \sum_{kl} c_{kl} y_{kl} \\ & + E \max_l \pi_l \max \left\{ 0, L_l(\omega) - \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\} \\ & + E \max_l \psi_l \max \left\{ 0, S_l(\omega) - \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\} \rightarrow \min, \end{aligned} \quad (14)$$



тобто, замість сукупного "очікуваного" дефіциту, визначеного в (13) як суми функцій (11), (12), функція (14) робить акцент на найвищих рівнях дефіциту у найбільш постраждалих регіонах. Іншими словами, перевагою такої оптимізації є її акцент на екстремальних сценаріях у масштабах країни щодо значень  $L_l(\omega)$  та  $S_l(\omega)$ . Якщо параметри сформульованої моделі не залежать від  $x_{ijl}$ , мінімізація функцій (13), (14) може бути зведена до проблеми лінійного програмування шляхом використання змінних так званих другорядних рішень.

Ураховуючи це, сконцентруємось на мінімізації функції (13) в рамках обмежень (4), (5), (6). Ця проблема може розглядатися як так звана дворівнева стохастична модель оптимізації. В цілому очікувані рішення  $x_{ijl}$  можуть призвести до дефіциту, визначеного (9), (10). Дворівнева модель припускає, що після проведення спостережень реальних параметрів  $L_l^s$  та  $S_l^t$ , наявний дефіцит може бути скоригований за допомогою рішень  $Z_l^s$  та  $U_l^t$ , що приймаються на другому етапі після аналізу ситуації. У запропонованій моделі рішення  $Z_l^s$ , що приймаються на другому етапі по обмеженню (1), та  $U_l^t$  по обмеженню (2) можуть бути пов'язані із застосуванням досконаліших технологій або більш кваліфікованих працівників із значно вищим рівнем оплати праці. Уточнюючи вищенаведену формалізацію, нехай змінні щодо прийняття рішень  $Z_l^s$  та  $U_l^t$  гарантують дотримання обмежень

$$\sum_{i,j} \beta_{ijl} x_{ijl} + Z_l^s \geq L_l^s, \quad (15)$$

$$\sum_{i,j} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} + U_l^t \geq S_l^t, \quad (16)$$

для всіх можливих випадкових сценаріїв  $L_l^s$  та  $S_l^t$ ,  $s = \overline{1:N_l}$ , та  $t = \overline{1:M_l}$ . При цьому дворівневі припустимі значення  $Z_l^s$  та  $U_l^t$  в цілому є випадковими ( $Z_l = Z_l(\omega)$  та  $U_l = U_l(\omega)$ ) залежать від  $x_{ijl}$  та  $L_l^s$  і  $S_l^t$ . Проблема дворівневого стохастичного програмування формулюється як мінімізація функції:

$$\begin{aligned} & \sum_{i,l} V_{il} \left( \sum_j x_{ijl} \right) + \sum_{ijl} c_{ijl} x_{ijl} + \sum_l C_l(y_l) + \sum_{kl} c_{kl} y_{kl} \\ & + \sum_l \pi_l E Z_l(\omega) + \sum_l \psi_l E U_l(\omega) \rightarrow \min \end{aligned} \quad (17)$$

в рамках обмежень (4), (5), (6), (15), (16). Якщо витрати  $V_{il}$  та  $c_l$ ,  $c_{kl}$  є лінійними (або кусочно-лінійною опуклою функцією), то (17) може бути розв'язано за допомогою методів лінійного програмування. Припустимо, що  $L_l(\omega)$  та  $S_l(\omega)$  представлені сценаріями  $L_l^s$ ,  $s = \overline{1:N_l}$ , та  $S_l^t$ ,  $t = \overline{1:M_l}$ , із ймовірностями  $\vartheta_l^1, \dots, \vartheta_l^{N_l}$  та  $\mu_l^1, \dots, \mu_l^{M_l}$ . Це є природнім припущенням унаслідок того, що результати опитувань та експертних оцінок зазвичай підраховуються за кількістю сценаріїв та їх ймовірності, зокрема із рівними



ймовірностями. Визначимо рішення за допомогою  $Z_l^s$  та  $U_l^t$  після проведення оцінки в рамках сценаріїв  $L_l^s$  та  $S_l^t$ . Тоді запропонована модель може бути сформульована як наступна задача лінійного програмування:

$$\sum_{i,l} V_{il} \left( \sum_j x_{ijl} \right) + \sum_{ijl} c_{ijl} x_{ijl} + \sum_l C_l(y_l) + \sum_{kl} c_{kl} y_{kl} + \sum_l \pi_l \sum_s \vartheta_l^s Z_l^s + \sum_l \omega_l \sum_t \mu_l^t U_l^t \rightarrow \min \quad (18)$$

в рамках обмежень (4), (5), (6), (15) та обмежень (15)-(16). Очевидно, оптимальні рішення для  $Z_l^s$  та  $U_l^t$ , розраховуються як

$$Z_l^s = \max \left\{ 0, L_l^s - \sum_{ij} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\},$$

$$U_l^t = \max \left\{ 0, S_l^t - \sum_{ij} \gamma_{ijl} \beta_{ijl} x_{ijl} \right\},$$

для всіх сценаріїв  $s = \overline{1 : N_l}$  та  $t = \overline{1 : M_l}$ . Унаслідок цього модель, яка визначена рівняннями (4), (5), (6), (18), (19), (20) дійсно є еквівалентною моделі, визначеною рівняннями (4), (5), (6), (13), (15), (16) у рамках випадкових сценаріїв  $L_l^s$  та  $S_l^t$ .

**Емпіричні результати.** Використовуючи наведений вище підхід, було отримано окремі результати в рамках поточних спільних досліджень Інститутом економіки та прогнозування НАНУ та Міжнародним інститутом прикладного системного аналізу (Австрія) щодо розв'язання проблем мінімізації ризиків, пов'язаних із незбалансованим сільськогосподарським виробництвом в Україні на регіональному  $l$  рівні,  $l = \overline{1 : 25}$  [7]. За допомогою розробленої моделі проведено емпіричний аналіз розвитку для сектора тваринництва та диверсифікованої діяльності в сільській місцевості. Проблема диверсифікації та розвитку нових видів зайнятості у сільській місцевості є вкрай актуальною, особливо беручи до уваги великий потенціал, пов'язаний із мігрантами з міст до сільських територій. Сценарії по мігрантах  $L_l^s$  та  $S_l^t$  у (15)–(16) отримані економічними експертами Інституту економіки та прогнозування НАНУ на основі національних опитувань. Було визначено приблизно 100 альтернативних сценаріїв в рамках визначених діапазонів<sup>2</sup>.

Необхідні корективи, що вносяться у рамках моделі, до поточних видів діяльності та орієнтовані на найм нових працівників, оцінюються у вигляді компромісу між мінімізацією загальних інвестицій (3), мінімізацією ризиків та витрат пов'язаних із дефіцитом робочої сили (15)–(16) враховуючи обмеження (4)–(6). У цілому, обмеження (4)–(6) мінімізують ризики, які виникають унаслідок неадекватного постачання продуктів харчування та забруднення навколишнього середовища.

<sup>2</sup> Підсумки про параметрах моделі наведені у [7]. Витрати по кожному з тваринницьких комплексів, класифікації регіонів по рівню амортизації, витратам та перевезення та виробництво отримані з Статистичних щорічників України за різні роки.

Модель функціонує у двох режимах: детермінованому (надає детерміноване рішення) та стохастичному (надає стабільно оптимальне рішення, так зване "robust solution"). За детермінованим підходом оцінка виконується із урахуванням тільки одного сценарію потенційної міграції – очікуваної чисельності. За стохастичним підходом припускається, що кількість потенційних мігрантів заздалегідь невідома і результат визначається із урахуванням гарантованого відсотку потенційних працівників визначеного імовірнісними обмеженнями (7)–(8).

Детермінований підхід визначає точну кількість мігрантів до того, як будуть створені додаткові види діяльності, що обмежує аналіз випадками, коли  $s=1$  та  $t=1$  у (15) – (18). Таким чином, можуть бути випадки, коли робочі місця створюються для очікуваної або запланованої кількості людей, у той час як реальна кількість людей може виявитися більшою або меншою. Обидві альтернативи призводять до прямих та непрямих витрат. Якщо створюватимуться нові робочі місця (наприклад в інфраструктурі – дороги, школи, заклади охорони здоров'я та культури, тощо), але прибуде недостатня кількість працівників, то інвестиції втрачатимуться або ситуація може потребувати забезпечення специфічних мотиваційних виплат і надання преференцій з метою приваблення працівників саме в цю місцевість. Навпаки, якщо роботи та інфраструктури бракує, то це може викликати негативні емоції у мешканців і потребуватиме додаткових інвестицій з метою швидкого розміщення новоприбулих.

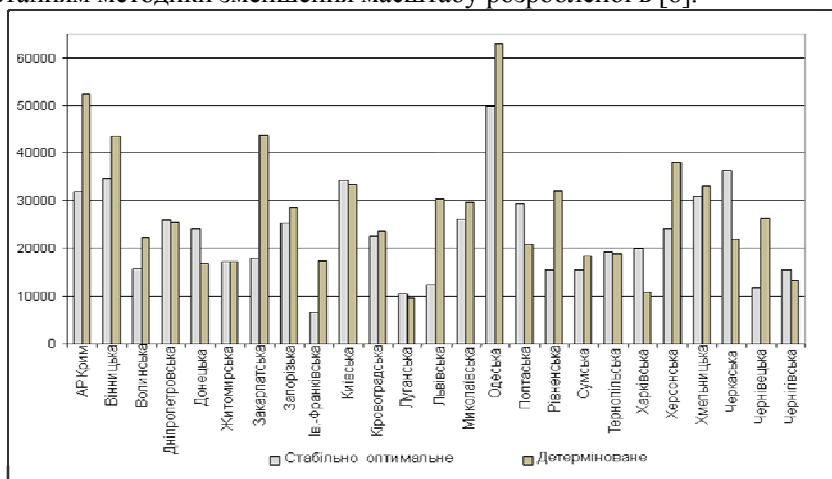
На відміну від детермінованого підходу, стабільно оптимальне дворівневе рішення розраховується із припущенням, що кількість мігрантів не відома заздалегідь. Витрати та ризики, пов'язані із двома описаними вище ситуаціями, регулюються на другому етапі. Ідея стохастичного стабільно оптимального рішення полягає в тому, щоб обрати такі значення для  $x_{ijt}$  ще до того, як буде відомо про реальну кількість нових робочих місць та інвестиції, які необхідні для реалізації необхідних значень  $x_{ijt}$ , а витрати для корекції результатів, визначені рішеннями  $Z_t^s$  та  $U_t^t$  на другому етапі, є мінімальними. У разі перевищення очікуваної кількості новоприбулих людей, витрати  $Z_t^s$  та  $U_t^t$  можуть відображати безпосередні інвестиційні кошти, що вносяться для створення суспільних благ або ж сільськогосподарських підприємств. У разі, коли кількість менша, ніж очікувана, вони можуть відповідати збільшенню коштів для специфічних потреб розвитку або ж неситимуть характер прямої фінансової підтримки людини та будуть орієнтовані на залучення працівників.

Загальні витрати (очікувані обсяги інвестицій) для детермінованих та стабільно оптимальних рішень відображені на рис. 1. Для детермінованого підходу, витрати включають в себе початкові інвестиції із урахуванням сценаріїв середніх показників і додаткових витрат з метою приведення у відповідність до реальної ситуації, однак вони є значно вищими, ніж витрати у разі прийняття стабільно оптимального рішення. Загальні витрати для стабільно оптимального та детермінованого рішень становлять, відповідно, 38 млн та 49 млн грн.

На рис. 2 відображено детерміновані та стабільно оптимальні рішення стосовно кількості робочих місць для сільського населення у аналогічних масштабах. Стабільно оптимальне рішення демонструє, що можливо досягнути вищого рівня зайнятості за умов певних заходів для створення робочих місць із ураху-

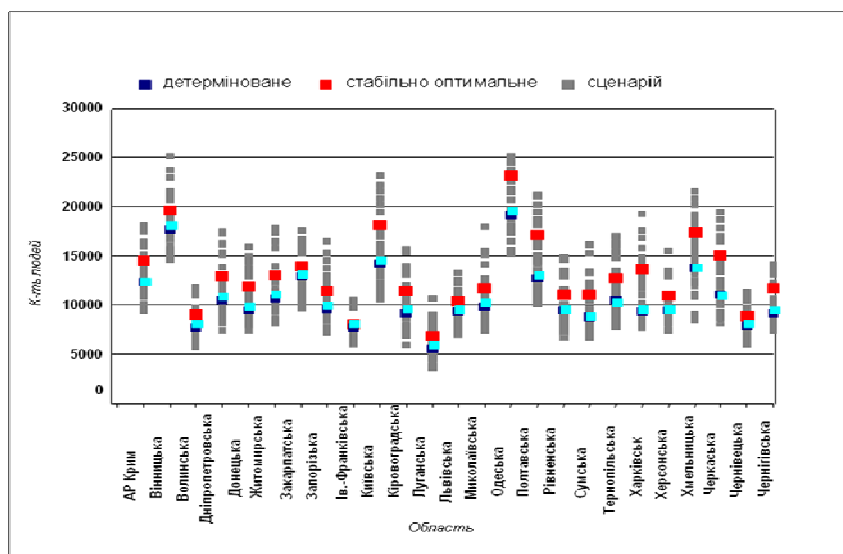


ванням множини міграційних сценаріїв, у той час як детермінований підхід досягає очікуваного (запланованого) рівня зайнятості. Слід відмітити, що отримані результати на даний момент показують агреговані перспективи на рівні регіонів України щодо альтернативних шляхів розвитку. Для більш реалістичних результатів масштаб досліджень бажано зменшити до рівня районів, наприклад, із використанням методики зменшення масштабу розробленої в [8].



**Рис. 1.** Витрати, що пов'язані із поліпшенням ситуації у разі, коли кількість робочих місць є меншою, ніж реальна кількість мігрантів (для стабільно оптимального та детермінованого рішень)

Джерело: складено та розраховано автором за даними Держкомстату.



**Рис. 2.** Детерміноване та стабільно оптимальне розміщення нових видів діяльності у сільській місцевості (по робочих місцях для сільського населення з метою розміщення людей, кількість яких невідома заздалегідь)

Джерело: складено та розраховано автором за даними Держкомстату.

Відповідно до прогнозів експертів, очікується, що кількість мігрантів може значно перевищувати очікувані значення, що і відображено на рис. 2. Таким чином, стохастичний підхід є таким, що більш відповідає реальній ситуації.



**Висновки.** Планування нарощення сільськогосподарського виробництва в Україні на сталій основі, яке базується на розвитку сільських громад та зниженні рівня ключових ризиків, вимагає комплексних методологічно обґрунтованих підходів. Підсумовуючи розвиток вітчизняного сільського господарства з 1990 р. до теперішнього часу, можна стверджувати про значне зростання ризиків від інтенсифікації виробництва та концентрації земель, що спричиняються незавершеністю аграрних реформ в Україні та негативно впливають на соціо-економічні та демографічні умови у сільській місцевості України.

Ситуація, що склалася, потребує комплексного аналізу та інтегрованого підходу до довгострокового планування сталого розвитку агросфери з урахуванням різних аспектів життя людей та специфіки виробництва продукції сільського господарства. Описана в статті інтегрована математична модель довгострокового планування сталого розвитку сільськогосподарського виробництва є більш адекватною для застосування при розробці нової аграрної політики, переформатованої з виключно ринкових підходів (які наразі домінують в сільському господарстві та мають короткостроковий характер) на врахування різних соціально-економічних і демографічних аспектів життя на селі та ризиків, пов'язаних із інтенсифікацією виробництва.

Числові результати підсумовують нещодавні спільні дослідження Інституту економіки та прогнозування НАНУ та Міжнародного інституту прикладного системного аналізу щодо планування диверсифікації та підвищення зайнятості сільській місцевості на рівні областей України. Стабільно оптимальне рішення, отримане в рамках моделі, дає числові відповіді щодо рівня необхідних заходів для сталого розвитку відносно всіх можливих сценаріїв потенційної міграції. Продемонстровано переваги (наприклад економічну ефективність) стабільно оптимальних рішень, які є прийнятними відносно декількох сценаріїв, на відміну від детермінованих рішень, що відповідають лише одному очікуваному сценарію. Важливим є те, що загальні витрати (ризик), пов'язані із детермінованими рішенням, є набагато вищими, ніж витрати (ризик), пов'язані із стабільно оптимальними рішеннями, отриманими в рамках дворівневої стохастичної оптимізації.

Розроблений на основі запропонованої моделі комплексний підхід до довгострокового планування розвитку сільської місцевості в Україні демонструє можливі сценарії майбутнього сільського розвитку, що орієнтовані на нейтралізацію різноманітних ризиків і поліпшення соціоекономічних і екологічних аспектів життя на селі та забезпечення продовольчої безпеки країни. У перспективі планується подальший розвиток представленої модельної структури із дезагрегацією результатів до рівня районів, а також розгляд невизначеностей, пов'язаних із недосконалістю урядової політики та державного регулювання сільського господарства України.

### **Література**

1. Agriculture at a Crossroads. IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development) Global Report. UNDP, UNEP, UNESCO, World Bank, WHO, Global Environment Facility. Copyright © 2009 IAASTD. Island Press, 1718 Connecticut Avenue, NW, Suite 300, Washington, DC 2009. HD1428.1544 2008.
2. O. Tarashevych. Ukraine: Livestock and Products. Annual GAIN Report, UP4014, 2004 (<http://www.fas.usda.gov/psd>).



3. *I. Прокопа and O. Попова*. Depopulation in Rural Areas of Ukraine: Destructive Changes and Threats (in Ukrainian). Interim Report. Institute of Economics and Forecasting, NAS of Ukraine, 2008 (Інститут економіки та прогнозування НАН України).
4. *Ermolieva T., G. Fischer, and H. van Velthuisen* (2005). Livestock Production and Environmental Risks in China: Scenarios to 2030”, *FAO/IIASA Research Report*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.
5. *Fischer G, Ermolieva T, Ermoliev Y, Sun L* (2008). Risk-adjusted approaches for planning sustainable agricultural development. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 1–10.
6. *Y. Ermoliev, R. Wets (eds.)*. 1988. Numerical techniques of stochastic optimization. Computational Mathematics, Berlin, Springer Verlag.
7. *Oleksandra Borodina*. Food Security and Socioeconomic Aspects of Sustainable Rural Development in Ukraine. Interim Report IR-09-053, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria, 2009.
8. *Fischer, G., Ermolieva, T., Ermoliev, Y., and van Velthuisen, H.* (2007) Sequential downscaling methods for Estimation from Aggregate Data. In K. Marti, Y. Ermoliev, M. Makowski, G. Pflug (Eds.), *Coping with Uncertainty: Modeling and Policy Issue*. Springer Verlag, Berlin, New York.
9. Agriholdings in Ukraine: Good or Bad? German–Ukrainian Policy Dialogue in Agriculture. Institute for Economic Research and Policy Consulting, Policy Paper Series [AgPP No 21], 2008.

*Надійшла в редакцію  
11.05.2010 р.*