

## СЕКЦІЯ 8 МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.8

**Горбачук В.М.**

*кандидат фізико-математичних наук,  
старший науковий співробітник  
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова  
Національної академії наук України*

### ВРАХУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РИЗИКІВ

Роз'яснення більшості складних фізичних та економічних процесів, що мають інтерес для сільського господарства, виявляє характеристики, які не можна прогнозувати з абсолютною точністю. Безпосередній наслідок такої невизначеності для економічних агентів у тому, що з довільно вибраною дією зазвичай пов'язується багато можливих результатів. Тоді прийняття рішень за невизначеності характеризується ризиком, бо типово не всі ці результати є однаково бажаними.

**Ключові слова:** схильність до ризику, страхування врожайності, стимул, несприятливий відбір, моральний ризик, контракт, невизначеність.

#### **Горбачук В.М. УЧЕТ СЕЛЬСЬКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РИСКОВ**

Разъяснение большинства сложных физических и экономических процессов, имеющих интерес для сельского хозяйства, проявляет характеристики, которые нельзя прогнозировать с абсолютной точностью. Непосредственное следствие такой неопределенности для экономических агентов в том, что с произвольно выбранным действием обычно связывается много возможных результатов. Тогда принятие решений при неопределенности характеризуется риском, поскольку типично не все эти результаты являются одинаково желательными.

**Ключевые слова:** склонность к риску, страхование урожайности, стимул, неблагоприятный отбор, моральный риск, контракт, неопределенность.

#### **Gorbachuk V.M. ACCOUNTING FOR AGRICULTURAL RISKS**

The explanation of most complex physical and economical processes, having an interest for agriculture, exhibits the characteristics which cannot be forecasted with absolute accuracy. The immediate implication of such uncertainty for economic agents is that many possible results are usually associated with any chosen action. Then decision making under uncertainty is characterized by risk as typically not all these results are equally desirable.

**Keywords:** aptitude to risk, crop insurance, incentive, adverse selection, moral hazard, contract, uncertainty.

**Постановка проблеми** виходить з того, що невизначеність і ризик зустрічаються всюди, а в сільському господарстві вони є характерною рисою виробничого середовища й належною підставою для докладного аналізу. Питанням, пов'язаним з ефектами ризику й невизначеності в сільському господарстві, було присвячено багато досліджень, які стали доробком усієї економічної літератури.

**Аналіз проблеми** слід розпочинати з постановки проблеми на мікрорівні – рівні ферми. Один з перших оглядів літератури [21] дає виклад теорії сподіваної корисності, що дала поштовх подальшим дослідженням у сучасному економічному аналізі, а також докладний перелік попередніх праць з ризику й невизначеності в сільськогосподарській економіці. У подальшій книзі [10] розглядаються всебічні застосування теорії рішень до сільськогосподарського виробництва за невизначеності. Робота [44] (один з її авторів – Нобелівський лауреат 2001 р.) глибоко досліджує питання стабілізації товарних цін, а також аналізує численні задачі ризику в сільському господарстві. Вищезазначені праці широко використовувалися у подальших дослідженнях, серед яких є ті, що враховують сільськогосподарські ризики [1; 2; 14].

Мета ризик-менеджменту для сільськогосподарських виробників – керувати можливими несприятливими наслідками невизначеності, які можуть виникати від виробничих рішень. Ця мета належить до

невід'ємних нормативних цілей виробника, формулюючи корисну й очевидну річ: діяльності ризик-менеджменту загалом спрямовані не стільки на збільшення прибутку, скільки на врахування прибутків від сприятливих до несприятливих станів природи, відтак збільшуючи сподіваний добробут несхильної до ризику особи. Виробництво й ризик-менеджмент тісно пов'язані. Оскільки більшість ділових рішень щодо виробництва серед своїх наслідків має ризик, то бажаність кожного рішення з ризик-менеджменту можна осмислювати лише в контексті конкретного виробництва. У таких рішеннях можна виділяти діяльності самостраховання (self-insurance) та самозахисту (self-protection) [23] (один з авторів [23] – Нобелівський лауреат 1992 р.) Самостраховання виникає тоді, коли рішення змінює величину збитку за умови, що він стається. Самозахист має місце, коли рішення змінює ймовірність того, що станеться збиток. Сільськогосподарські рішення можуть мати ознаки як самостраховання, так і самозахисту [5; 6]. Наприклад, добриво може знижувати як ймовірність, так і умовну величину нестачі живлення культури. За публікаціями з визначення мінливості урожайності культур [46], азот має тенденцію до зростання мінливості. Що стосується адаптації технології, мінливість має тенденцію до зростання на початку процесу адаптації і до спаду тоді, коли більше дізнаються про інновацію, а тваринницькі будівлі можуть працюва-

ти однаково незалежно від погоди [13]. Класифікація [23] ділових рішень показує, що вибір входів виробництва вивозмінює попит на ринкове страхування. Якщо ринкове страхування і самострахування є замінниками, то витрати на самозахист можуть справді підвищувати попит на ринкове страхування.

Нерозв'язана в Україні частина проблеми – засоби для рішень фермера з безпосереднім значенням для ризик-менеджменту, які відмінні від самострахування і самозахисту [3]. Ці засоби фермера включають контрактні домовленості (скажімо, форвардні продажі, страхові контракти тощо), а також можливості диверсифікації його портфеля шляхом купівлі активів з вигодами, які корелюються з віддачами на виробничі діяльності. Рішення з ризик-менеджменту очевидно обмежуються даним інституційним і ринковим середовищем, тобто тим, які програми й засоби справді доступні фермеру. Тому можливі неповнота ринків ризику й недосконалість ринків капіталу виявляються вирішальними для ризик-менеджменту. Коли ринки капіталу недосконалі, то внутрішнє фінансування може бути дуже важливим для виробничих рішень. З цієї причини стверджують, що одна з основних цілей хеджування в бізнесі – це таке керування грошовим потоком, яке дозволяє скористатися виникаючими інвестиційними можливостями [8; 26]. При ризику невдачі бізнесу послідовність грошових потоків у часі може також бути істотною [25]. Існуючі ринки ризику (страхування урожайності чи ринки із залежними від інших факторів цінами) типово не дозволяють виробникам усунути весь ризик, бо дане виробниче рішення може виключати ринкові позиції з результируючим загальним вирашем, незалежним від стану природи. Звідси впливає сфера урядового втручання для збільшення добробуту, а також те, що фермери мають нести лише деякий залишковий ризик. Фермери можуть не втрачати більше всіх від неповноти ринку. Було емпірично показано, що від неповноти можуть вигравати виробники при нееластичному попиті на продовольство, а при інших обставинах можуть вигравати споживачі [41]. За часткової [34] і загальної [29; 30] рівноваги виявляють роль стратегічних втручань другого найкращого при відсутності деяких ринків ризику.

**Основні результати** полягають в аналізі контрактних взаємозв'язків, в які може входити виробник для того, щоб керувати ризиком ціни й обсягу. Наголосимо на контрактах з умовними цінами (форвардах, ф'ючерсах, опціонах) і контрактах страхування урожайності. Хоча аналіз прояснюватиме роль різних засобів ризик-менеджменту, слід підкреслити, що результати більшість запропонованих моделей не переходять у прямі рекомендації для ризик-менеджменту. Наприклад, за ендогенності багатьох ризиків, з якими зіштовхуються виробники, обговорення ризик-менеджменту, де виробничі рішення вважаються заданими, виглядає дещо штучним, хоча й аналітично корисним. Загалом слід мати на увазі, що фермери дбають, врешті-решт, про своє споживання, яке є наслідком міжчасового рішення. Звичайно, ризиковане виробництво й ризиковані ціни означають ризикований дохід ферми, але така невизначеність доходу не обов'язково переходить у ризик споживання через можливості запозичень і заощаджень, а дохід від інших активів та/або діяльності можна використовувати для згладження споживання у часі.

Вивчаючи певні сторони ризик-менеджменту на типових моделях, почнемо з хеджування залежних від цін контрактів. Тут під хеджуванням розуміємо придбання контрактних позицій, щоб застрахувати

багатство особи від небажаних змін. Ціна випуску є одним з найважливіших джерел ризику для сільськогосподарських виробників. Фермерам розвинених країн доступні кілька інструментів хеджування цінового ризику – форвардні контракти та залежні від цін контракти, якими торгують на організованих біржах для ф'ючерсів.

Біологічні лаги, що характеризують сільськогосподарське виробництво, означають, що виробничі входи мають виділятися під виробництво набагато раніше, ніж реалізуються виробничі виходи (урожай); іншими словами, на час виділення виробничих входів ціна виробничих виходів не є відомою напевно. Найпростіший інструмент, часто доступний фермерам при такому ризику, – це форвардний контракт. З таким контрактом фермер і покупець сільськогосподарського випуску погоджуються з умовами поставки (зокрема з ціною) випуску задовго до здійснення поставки. Наприклад, фермер і покупець можуть погодитися, що певний обсяг кукурудзи буде поставлено у заданий час протягом сезону збору урожаю до місцевого елеватора за певною ціною. Легко бачити, що існують умови, за яких такий контракт може повністю усунути ризик ціни. Наприкінці (виробничого) періоду випадковий прибуток фірми, що використовує форвардні контракти, дорівнює

$$\tilde{\pi} = \tilde{p}q - C(q) + (f_0 - \tilde{p})h, \quad (1)$$

де  $q$  – вироблений обсяг (quantity) випуску,  $h$  – обсяг випуску, проданий шляхом форвардного контракту,  $\tilde{p}$  – випадкова ціна випуску наприкінці періоду,  $f_0$  – форвардна (forward) ціна на початку періоду (у час 0),  $C(q)$  – строго опукла функція витрат (costs), яка враховує ціни виробничих входів. Ціни виробничих входів неявно складаються наприкінці періоду з використанням (постійної) ринкової відсоткової ставки так, що всі монетарні змінні виразу (1) є співвимірними (commensurable). Коли функція корисності фермера від прибутку становить  $U(\pi)$ , причому  $U''(\pi) < 0 < U'(\pi)$ , то умовами першого порядку для оптимального по  $q, h$  внутрішнього розв'язку в задачі максимізації  $U(\pi)$  є відповідно

$$E[U'(\pi)(\tilde{p} - C'(q))] = 0, \quad (2)$$

$$E[U'(\pi)(f_0 - \tilde{p})] = 0, \quad (3)$$

звідки впливає  $f_0 \times E[U'(\pi)] = E[U'(\pi) \times \tilde{p}] = C'(q) \times E[U'(\pi)]$ ,  $f_0 = C'(q^*)$ . Таким чином, оптимальний випуск  $q^*$  залежить виключно від форвардної ціни  $f_0$ , яка відома напевно тоді, коли виробничі входи виділяються на виробництво. Це забезпечує безризиковість виробничої діяльності, тобто поділ (separation) між виробництвом і ризиком [20; 24; 28].

Важливість такого поділу полягає в тому, що для вироблення виробничих рішень несуттєвими є думки виробника про розподіл коштів і ціни ф'ючерсів, а також ступінь уникнення виробником ризику. Проте думки виробника та його ставлення до ризику можуть впливати на обсяг  $h^*$  у форварді. Наприклад, з рівностей (2) і (3) випливає, що  $h^*$  більше (менше)  $q^*$  тоді й тільки тоді, коли  $E[\tilde{p}]$  більше (менше)  $f_0$ . Якщо виробник вважає, що форвардна ціна  $f_0$  зсунена вниз відносно  $E[\tilde{p}]$  ( $E[\tilde{p}] > f_0$ ), то має два способи скористатися цією інформацією (спекулювати): 1) виробити обсяг, що перевищує  $q^*$  при  $E[\tilde{p}] = f_0$ , не змінюючи  $h^*$ ; 2) знизити обсяг  $h$ , що перевищує  $h^*$  при  $E[\tilde{p}] = f_0$ . Кожний спосіб веде до деякого зайвого випуску, наявного під час збору врожаю, що знижуватиме (ризиковану) ринкову ціну. Оскільки спекуляція 1) має знижувати віддачу від масштабу (за визначенням  $C''(q) > 0$ ), а спекуляція 2) – по-

стійну віддачу від масштабу, то матиме місце лише спекуляція 2). Аналогічно в такій постановці зміни в уникненні виробником ризику й ризикованості розподілу ціни вестимуть до спекуляції 2), а не 1).

Ф'ючерсні контракти є узагальненням форвардних. Ф'ючерсний контракт є стандартизованим форвардним контрактом, яким торгують на організованій біржі, такій як Чиказька рада торгівлі (Chicago Board of Trade) чи Чиказька товарна біржа (Chicago Mercantile Exchange) [50]. Ф'ючерсний контракт типово передбачає поставку даного обсягу (скажімо, 5000 бушелів) певного сорту товару (скажімо, жовтої кукурудзи № 2) у зазначений термін поставки (скажімо, у листопаді даного року) у вказане місце-розташування (скажімо, точку на р. Сіверський Донець). Через ці особливості ф'ючерсна ціна може не зовсім підходитиме для хеджування ризику даного виробника. З іншого боку, ф'ючерсні ринки загалом ліквідні, а хеджування з використанням ф'ючерсів є цілком можливим для всіх виробників, зокрема за відсутності місцевого покупця, який пропонує форвардний контракт. Використовуючи ф'ючерсні контракти, виробник може зачиняти (lock in) ціну майбутньої поставки певними рамками. Проблема такого зачинення в тому, що така ціна може не задовольняти виробника. Ці розбіжності можуть спричинитися однією з трьох ознак економічного товару – формою, часом і простором. Наприклад, товар, вироблений виробником, може бути такого виду (сорт), яким не торгує біржа; виробник може реалізовувати випуск у період, відмінний від часу поставки за контрактом; виробник може реалізовувати випуск у місці, відмінному від передбаченого у ф'ючерсному контракті. З відмінностями в сортності можна впоратися за допомогою наперед визначених премій або дисконтів відносно ціни ф'ючерсів; відмінності за типом товару ведуть до проблеми перехресного хеджування (cross-hedging) [11; 22]. В явному вигляді розглядалася проблема хеджування недосконалого часу [16]. Тому місцева готівкова ціна, що стосується виробника, не збігається з ціною, яка котирується на ринку ф'ючерсів, хоча зазвичай сильно корелюється з нею. Крім того, ф'ючерси передбачають одиниці торгівлі (наприклад, лише 5000 бушелів за один раз для більшості зернових), а також транзакційні витрати. Отже, порівняно з форвардним контрактом, ф'ючерсний контракт є недосконалим (хоча, мабуть, ефективним) інструментом зниження ризику; іншими словами, виробник, який використовує ф'ючерсні контракти, утримує так званий базисний ризик (basis risk), що стосується відмінності (на дату продажу) між (місцевою) готівковою ціною та ф'ючерсною ціною.

Щоб проілюструвати хеджування при базисному ризику, вважатимемо, що  $f_0$  – ф'ючерсна ціна, яка котирується на початку періоду,  $\tilde{f}$  – ф'ючерсна ціна при погашенні ф'ючерсів,  $h$  – обсяг товару, проданий на ф'ючерсному ринку,  $\tilde{p}$  – готівкова ціна на час збору врожаю. Базисний ризик означатиме, що  $\tilde{p} \neq \tilde{f}$ . Взагалі важко повністю охарактеризувати рішення виробництва і хеджування при базисному ризику. Можна отримати деякі результати, вводячи лінійний взаємозв'язок між готівковою і ф'ючерсною цінами [17]:

$$\tilde{p} = \alpha + \beta \tilde{f} + \tilde{\theta}, \quad (4)$$

де  $\alpha$ ,  $\beta$  – відомі константи,  $\tilde{\theta}$  – випадковий член з нульовим середнім, незалежний від  $\tilde{f}$ . Замість незалежності  $\tilde{\theta}$  та  $\tilde{f}$  можна ввести дещо слабше припущення про те, що  $\tilde{f}$  є умовно незалежною від  $\tilde{\theta}$  випадковою величиною (це припущення є необхідним

і достатнім [37]). Для багатовимірного нормального розподілу такі незалежність і умовна незалежність рівносильні. Якщо  $(\tilde{p}, \tilde{f})$  мають спільний нормальний розподіл, то має місце рівність (4). Враховуючи її у виразі (1), дістаємо прибуток виробника наприкінці періоду

$$\begin{aligned} \tilde{\pi} &= (\alpha + \beta \tilde{f} + \beta f_0 - \beta f_0 + \tilde{\theta})q - C(q) + (f_0 - \tilde{p})h = \\ &= (\alpha + \beta f_0 + \tilde{\theta})q - C(q) + (f_0 - \tilde{f})(h - \beta q) \end{aligned} \quad (5)$$

за умови

$$\tilde{p} = \tilde{f}. \quad (6)$$

Якщо ф'ючерсна ціна незсунена ( $E[\tilde{f}] = f_0$ ), то є очевидним, що при будь-якому заданому випуску  $q$  оптимальний ф'ючерсний хедж становить  $h^* = \beta q$ . Звідси оптимальне відношення ф'ючерсного хеджа рівне

$$\frac{h^*}{q} = \beta = \frac{Cov(\tilde{p}, \tilde{f})}{Var(\tilde{f})}. \quad (7)$$

Для випадку базисного ризику отримано ряд результатів [36]. Оскільки в силу рівнянь (5) і (7) випадковий прибуток дорівнює

$$\tilde{\pi} = (\alpha + \beta f_0 + \tilde{\theta})q - C(q),$$

то ефективна (хеджована) ціна  $(\alpha + \beta f_0 + \tilde{\theta})$  залишається випадковою. Тоді, якщо виробник є неохочим до ризику, то вибирає обсяг  $q^*$  виробництва, при якому граничні витрати  $C'(q^*)$  нижчі сподіваної хеджованої ціни  $(\alpha + \beta f_0)$ . Нерівність  $C'(q^*) < \alpha + \beta f_0$  вказує на те, що якусь частку цінового ризику неможливо усунути хеджуванням внаслідок базисного ризику. Оскільки існує деяка залишкова невизначеність щодо місцевої готівкової ціни, то ступінь ухилення від ризику теж впливає на оптимальний випуск. Точніше, рівень  $q^*$  випуску обернено пов'язаний зі ступенем ухилення від ризику, що відповідає моделям конкурентної фірми при ціновому ризику [7; 15; 47]. За інших рівних умов, зростання базисної невизначеності, яка не диверсифікується (спреду зі збереженням нульового середнього) загалом збільшуватиме оптимальний рівень випуску, що є достатньою умовою властивості DARA (decreasing absolute risk aversion; знижуваного абсолютного ухилення від ризику) для переваг виробника (агента) [31].

Важливо усвідомити, що при базисному ризику, зокрема у випадку (4), зазначений вище для форвардних контрактів результат поділу не має місця. Оскільки хеджування не усуває базисного ризику, коли агент вважає ф'ючерсні ціни зсуненими, то вибір агента включатиме можливість інвестування в два ризикові активи (виробництво продукції й торгівля ф'ючерсами). Таким чином, коли агент вважає ф'ючерсну ціну зсуненою, то його оптимальна спекулятивна відповідь тягнучиме за собою зміни в обох цих ризикових активах. Проте, у випадку переваг CARA (constant absolute risk aversion; постійного абсолютного ухилення від ризику) й залежності (4) можна довести результат поділу між (ризикованими) рішеннями виробництва та хеджування. У цьому випадку оптимальний рівень  $q^*$  випуску не залежить від параметрів суб'єктивного дилу виробника розподілу ф'ючерсних цін [36], позаяк залежить від ступеня ухилення від ризику агента, а також від параметрів  $\alpha$ ,  $\beta$ , які визначають сподівану готівкову ціну (умовно відносно ф'ючерсної ціни).

Вищенаведені результати властиві статичній задачі, але ще важливіше, що вони є притаманними для конкурентного виробника, який стикається лише з ціновим ризиком. Однак для більшості товарів за-

дача хеджування потребує врахування того факту, що фермери типово вразливі до невизначеності як ціни, так і виробництва. У першій спробі, де допущено ризик як ціни, так і виробництва, розглядалася задача хеджування мінімізації дисперсії прибутку при даному плановому рівні випуску [39]. Внаслідок ускладнень, спричинених спільною присутністю ризику ціни та виробництва, узагальнення аналізу мінімізації ризику [39] на максимізацію сподіваної корисності часто виходило з припущення, що виробники максимізують цільову функцію, збільшуючи середнє та зменшуючи дисперсію виручки чи прибутку. Серед таких узагальнень можна виділити роботи [12; 44; 45], де показано, що кореляція між випадковим виробництвом і випадковою ціною є вирішальною для визначення оптимальної стратегії хеджування. Оскільки з міркувань попиту ця кореляція типово має бути негативною, то природний хедж вже вбудований у цінову систему, а оптимальна стратегія – хеджувати обсяг нижче сподіваного випуску. Такий підхід середнього й дисперсії зазвичай виправдовують на тих підставах, що він дає точний розв'язок для функцій корисності з перевагами CARA, коли багатство чи прибуток має нормальний розподіл. Однак прибуток типово не має нормального розподілу за невизначеності випуску, бо передбачає добуток двох випадкових змінних [43]. Авжеж, потреба аналізувати задачу хеджування в загальній постановці ясно ілюструється тим, що за невизначеності виробництва оптимальний хедж загалом менший сподіваного випуску й тоді, коли випуск і ціна незалежні [38], а аналіз середнього й дисперсії не працює. Основна трудність у тому, що неможливо встановлювати корисні загальні результати хеджування для довільних увігнутих функцій корисності й довільних спільно розподілених випадкових цін і випусків. Проте у випадку функції корисності з перевагами CARA є можливим точний розв'язок задачі хеджування за невизначеності виробництва [18; 32; 43].

У моделі [35], що вхоплює суть типового рослинницького хеджа фермера, конкурентний виробник, який стикається з ризиком як виробництва (врожаю), так і ціни, має єдиний наявний інструмент хеджування – ф'ючерсний контракт (з базисним ризиком). Стохастичний випуск представлявся в термінах виробничої функції

$$\tilde{Q} = \tilde{y} \times q(x) \quad (8)$$

з мультиплікативним ризиком, де  $x$  означає вектор входів,  $\tilde{y}$  – випадкова змінна із середнім  $\bar{y}$  [44]. Як зазначалося для мультиплікативного ризику виробництва, входи можна представляти стандартною функцією витрат  $C(q)$ , де  $q=q(x)$  – масштаб виробництва. У такій постановці  $q$  агрегує посівну площу та інші входи, а  $\tilde{y}$  відбиває випадковий урожай. Припускаючи постійність цін входів (вони, як правило, відомі на час прийняття рішень про виробництво та хеджування), які підсумовуються функцією  $C(\cdot)$ , реалізований загальний прибуток за умов (1), (6), (8) становить

$$\tilde{\pi} = \tilde{p}\tilde{Q} - C(q) + (f_0 - \tilde{p})h = \tilde{p}\tilde{y}q - C(q) + (f_0 - \tilde{p})h.$$

(звичайно, одночасне використання страхових контрактів урожаю видозмінюватиме природу даної задачі). Таким чином, виробник знає  $f_0$ , коли вибрані  $q$  та  $h$ , але реалізації випадкових величин  $\{\tilde{f}, \tilde{p}, \tilde{y}\}$  не є відомими. Базисний ризик породжується нерівністю на місці рівності (6).

У такому контексті для корисності з перевагами CARA виробника виводиться й обговорюється точний аналітичний розв'язок задачі оптимального хеджу-

вання, коли три випадкові змінні  $\{\tilde{f}, \tilde{p}, \tilde{y}\}$  мають спільний нормальний розподіл [35]. Показано, що хедж оптимального ф'ючерса задовольняє рівняння

$$h^* = \frac{f_0 - \tilde{f}}{\lambda S_{11}} + \frac{q(\bar{y}S_{12} + \tilde{p}S_{13})}{S_{11}}, \quad (9)$$

де  $S_{ij}$  – елементи матриці  $S = (\lambda qB + V^{-1})^{-1}$ ,  $\lambda$  – коефіцієнт абсолютного ухилення від ризику,  $-$  матриця варіації-коваріації випадкових змінних  $\{\tilde{f}, \tilde{p}, \tilde{y}\}$ ,  $B$  – розрахункова матриця з булевих елементів (кожний з яких рівний 0 або 1). З рівняння (9) випливає важливий результат, що оптимальний хедж залежить від ступеня  $\lambda$  ухилення від ризику навіть тоді, коли виробник вважає ф'ючерсну ціну  $f_0$  незсуною. Цього результату не було в попередніх моделях середнього й дисперсії для хеджування за невизначеності виробництва [43; 45]. При вірогідних значеннях параметрів цей результат про ставлення до ризику може бути важливим, а оптимальний хедж може суттєво відрізнитися від хеджу моделі середнього й дисперсії. Більше того, оптимальний хедж за невизначеності врожаю залежить від умовного прогнозу  $\bar{p}$  ціни зібраного врожаю та сподіваної врожайності  $\bar{y}$  навіть тоді, коли виробник сприймає ф'ючерсну ціну  $f_0$  як незсунену. Отже, за невизначеності виробництва результат поділу не має місця, а оптимальний хедж мінливий у часі, бо умовні прогнози переглядатимуться з наближенням часу збору врожаю.

Емпіричні застосування [35], основані на узагальненні процедури оцінювання відношення хеджа [42], показали, що оптимальний хедж істотно менший, ніж повний хедж, а проданий за форвардом обсяг спадає при зростанні ухилення від ризику. Звичайно, припущення про CARA, спільну нормальність, мультиплікативний ризик виробництва є доволі жорсткими, але дана модель є корисною, бо може ослаблювати обмеження рамок моделі середнього й дисперсії і забезпечувати розуміння оптимального хеджа максимізації сподіваної корисності. Хоча важко отримувати аналітичні результати, основані на загальніших припущеннях, емпірично легко розглядати альтернативні структури ставлення до ризику та стохастичні розподіли. Наприклад, чисельне розв'язання задачі оптимального хеджа для переваг CRRA (constant relative risk aversion; постійного відносного ухилення від ризику) і логнормального розподілу змінних  $\{\tilde{f}, \tilde{p}, \tilde{y}\}$  показує, що висновки, отримані для переваг CARA і нормального розподілу, є досить робастними [35]. Хоча вищенаведені міркування здебільшого стосуються залежних від цін (price-contingent) контрактів, деякими ф'ючерсами врожайності торгують на Чиказькій раді торгівлі. Очевидно, такі контракти потенційно корисні для фермерів (за умови наявності достатньої ліквідності). Є аналіз середнього й дисперсії для задачі хеджування з ф'ючерсами як ціни, так і врожайності [49].

Враховуючи чутливість урожайностей культур до флуктуацій погоди, є очевидний латентний попит на страхування врожаю. Хоча ринки страхування врожаю існують впродовж тривалого часу в деяких частинах світу (наприклад, у США, Канаді, Швеції), їхнє існування суттєво залежить від урядової підтримки, а уряди часто знаходять підстави для того, щоб надавати субсидії ринкам страхування врожаю чи керувати цими ринками. Приватні ринки страхування для сільськогосподарських ризиків здебільшого зводилися до страхових контрактів єдиної небезпеки. Є думка, що приватні ринки сільськогосподарського страхування можуть зазнавати невдачі,

бо витрати на утримання цих ринків ведуть до неприйнятно низьких середніх виплат відносно премій [52]. Більше того, вважали, що усвідомлений попит на страхування врожаю може завищуватися, оскільки фермери можуть використовувати диверсифікацію та заощадження для пом'якшення впливу поганого врожаю на споживання. Хоча твердження [52] ґрунтовно мотивуються, вони не мали достатньої емпіричної перевірки. Видається зрозумілим, що сільськогосподарське страхування без субсидій може не бути привабливим для фермерів через те, що воно може бути занадто дорогим. Наприклад, витрати приватних страхових контрактів йдуть частково від інформаційних проблем, притаманних цим контрактам.

Майже завжди ринки страхування врожаю, які спираються на урядове втручання, особливо ринки для контрактів множинної небезпеки, виявлялися несподівано дорогими для утримання та/або непривабливими для виробників. Розглянемо для прикладу кейс Федеральної корпорації США страхування врожаю (U.S. Federal Crop Insurance Corporation, FCIC), яка надає субсидії на страхування для рослинників США. FCIC була створена подібно до FDIC [4, с. 139]. Рівні участі в FCIC й рівні втрат для деяких основних зернових та олійних культур наведені в таблиці 1. Рівень втрат – це відношення компенсацій до преміальних платежів, яке не включає преміальних субсидій та адміністративних витрат від FCIC. Зважаючи на те, що життєздатність страхування без субсидій передбачає рівні втрат не вище 0.7% при даних адміністративних витратах керування таким страхуванням [51], у самопідтримуваній програмі страхування премії на акр мають бути значно більшими. Помітні субсидії уряду для страхування врожаю не залучають більшість посівних площ до FCIC. До того ж, наведені у таблиці 1 рівні участі завищуються через те, що у 1989 р. і деяких наступних роках виробники мали залучатися до FCIC, щоб мати право на допомогу ad hoc, а в 1995 р. виробники мали залучатися до FCIC, щоб мати право на участь у вельми привабливих програмах цільової ціни. Є докладний огляд [33] середовища страхування врожайності множинної небезпеки, починаючи з 1980 р. Оскільки добра страхова стратегія має приваблювати осіб, які приймають рішення й готові втратити гроші в середньому, але діставати менш мінливий дохід, то програми FCIC залишають бажати кращого.

Таблиця 1

**Покриття та виплати FCIC  
за десятиріччю 1987–1996 рр.**

Культура	Площа посіву (млн. акрів)	Середньорічна застрахована FCIC площа (%)	Середньорічні втрати (%)
Пшениця	71.0	46.8	1.53
Кукурудза	73.6	38.3	1.22
Соеві боби	59.9	35.3	1.06
Сорго	11.4	37.9	1.37
Ячмінь	8.9	44.0	1.44
Рис	2.9	29.5	2.42

Джерело: [9, 19]

Не остання проблема серед тих, що виникають на ринках страхування врожаю, – це існування сильного політичного інтересу до відсутнього успіху цих ринків. Ці ринки мають багато мінливих політичних аспектів, про що свідчить приклад страхування вро-

жайності в Канаді. Як і в США, урядове втручання в ринок страхування врожайності в Канаді було широким, але зі змінним успіхом. Днією з передумов страхування врожайності в Канаді був (федеральний) Закон про допомогу фермам Прерії (Prairie Farm Assistance Act) 1939р. За словами тогочасного міністра сільського господарства, що стосувалися довготривалої федеральної політики заохочення заселення провінції Прерії, закон був спрямований на піклування про людей, які виявилися на тій землі, де вони не мали з'явитися. У цьому причина виплат обсягом від 2/3 до 3/4 витрат з казначейства Канади (Постійного комітету із сільського господарства й колонізації; Standing Committee on Agriculture and Colonization). Визначну роль в освоєнні Прерії відіграла перша хвиля української імміграції 1891-1914 рр. У 1896 р. доктор Йозеф Олешков (Joseph Oleskow), учений-аграрник з Галичини, відвідав Західну Канаду й особисто підтвердив можливість успішного поселення в Прерії, що дало серйозний поштовх українській імміграції.

Українські іммігранти прибували сім'ями і заселялися колоніями в лісистих місцевостях, які називали провінціями Прерії. Оскільки землі Прерії не завжди були родючими, то українські піонери Канади швидко заслужили високу репутацію за свою стійкість і працелюбність. Для назв місць піонери Прерії застосовували імена України та Комарно, для назв шкіл – Шевченко і Слава, для поштових відділень – Мазепа і Січ. Серед піонерів було вдосталь високоосвічених людей ліберальних поглядів, які брали участь у соціально-економічних реформах. Є опис політичної історії політики страхування врожайності Канади [48], а також є огляд політики страхування врожайності США порівняно з іншими сільськогосподарськими стратегіями [27].

Один з найважливіших політичних аспектів страхування врожайності США – це неготовність федерального уряду нехтувати судовими позовами на грошову допомогу за стихійного лиха, коли неврожай є загальнопоширеним. Те, що неврожаї мають тенденцію бути сильно позитивно корельованими, підриває стимул купувати страховку врожаю. Допомога за стихійного лиха – це приклад економічної проблеми морального ризику при страхуванні врожаю.

Висновки полягають у тому, що не можна уникати міркувань невизначеності й ризику, звертаючись до більшості проблем сільськогосподарської економіки. Вимоги до економічного аналізу досить складні та широкомасштабні, від моделей теорії раціональної поведінки до практичних консультацій з ризик-менеджменту. Сільськогосподарська економіка спромоглася відповісти на цей виклик численними доробками. Для аграрних виробничих рішень на мікрорівні можна проводити плідний теоретичний і прикладний аналіз. Модель сподіваної корисності, надаючи найпоширеніший підхід до побудови раціональних рішень в умовах ризику, стала певним стандартом прийняття рішень у більшості прикладних праць у галузі сільськогосподарської економіки. Глибше вивчення аксіоматичних засад прийняття рішень за невизначеності дозволить краще розуміти моделювання рішень в умовах ризику. Загалом задовільна модель прийняття рішень в умовах ризику потребує розширеного розуміння раціональності. Учасники ринку мають знати повний розподіл ризикованих змінних і брати до уваги те, як ця стохастичність впливає на розподіл результатів альтернативних комбінацій і послідовностей дій.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Атоев К. Л., Білоус М. В., Галба Є. Ф., Голодніков О. М., Горбачук В. М. та ін. Математичні проблеми управління продовольчими, енергетичними та водними ресурсами в умовах підвищеної невизначеності та ризиків / Комплексне моделювання безпечного управління продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою сталого соціального, економічного і екологічного розвитку. А. Г. Загородній, Ю. М. Єрмольєв (ред.) – К.: НАН України, 2013. – С. 15–53.
2. Атоев К. Л., Голодніков О. М., Горбачук В. М., Єрмольєв Ю. М., Єрмольєва Т. Ю., Кирилюк В. С., Кнопов П. С. Математичні проблеми комплексного управління ефективним використанням продовольчих, енергетичних та водних ресурсів в умовах підвищеної невизначеності / Комплексне управління, безпека і робастність. А. Г. Загородній, Ю. М. Єрмольєв, В. Л. Богданов (ред.) – К.: НАН України, 2014. – С. 29–61.
3. Горбачук В. М. Роль факторів сільськогосподарського виробництва регіонів України та страхування регіональної урожайності // Компьютерная математика. – 2014. – № 2. – С. 89–98.
4. Горбачук В. М. Макроекономічні методи. – К.: Альтерпрес, 1999. – 263 с.
5. Горбачук В. М., Гаркуша Н. І. Моделі взаємозалежності енергії, води й продовольства / Сучасна наука в мережі Internet. Ч. 2. – К.: ТК Меганом, 2012. – С. 40–48.
6. Горбачук В. М., Гаркуша Н. І., Толубко І. Є. Модель оптимізації лісового та сільського господарства / Сучасний соціокультурний простір. Ч. 1. – К.: ТК Меганом, 2012. – С. 71–79.
7. Горбачук В. М., Ненахова С. Г. Поведінка конкурентної фірми за невизначеності // Теорія оптимальних рішень. – 2004. – № 3. – С. 74–80.
8. Горбачук В. М., Ткачев І. І. Стратегическая роль экономической информатики в успешном развитии Евразии // Вестник Таджикского национального университета. – 2012. – 2/9. – С. 68–80.
9. Agricultural statistics. – Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1996.
10. Anderson J. R., Dillon J. L., Hardaker B. Agricultural decision analysis. – Ames, IA: Iowa State University Press, 1977.
11. Anderson R., Danthine J.-E. Cross-hedging // Journal of political economy. – 1981. – 89. – P. 1182–1196.
12. Anderson R., Danthine J.-E. The time pattern of hedging and the volatility of futures prices // Review of economic studies. – 1983. – 50. – P. 249–266.
13. Antle J. M., Crissman C. C. Risk, efficiency, and the adoption of modern crop varieties: evidence from the Philippines // Economic development and cultural change. – 1990. – 38. – P. 517–537.
14. Atoyev K. L., Golodnikov O. M., Gorbacuk V. M., Ermoliev Yu. M., Ermolieva T. Yu., Kiriljuk V. S., Knopov P. S. The mathematical problems of complex management and effective utilization of food, energy and water resources under increased uncertainties / Integrated management, security, and robustness. A.G. Zagorodny, Yu. M. Ermoliev, V. L. Bogdanov (eds.) – Kyiv: NAS of Ukraine, 2014. – P. 198–227.
15. Baron D. P. Price uncertainty, utility, and industry equilibrium in pure competition // International economic review. – 1970. – 11. – P. 463–480.
16. Batlin C. A. Production under price uncertainty with imperfect time hedging opportunities in futures markets // Southern economic journal. – 1983. – 49. – P. 681–692.
17. Benninga S., Eldor R., Zilcha I. Optimal hedging in the futures market under price uncertainty // Economics letters. – 1983. – 13. – P. 141–145.
18. Bray M. Futures trading, rational expectations, and the efficient market hypothesis // Econometrica. – 1981. – 49. – P. 575–596.
19. Crop insurance actuarial information public access server. – Washington, DC: Federal Crop Insurance Corporation, 1997. – www.rma.usda.gov.
20. Danthine J.-R. Information, futures prices, and stabilizing speculation // Journal of economic theory. – 1978. – 17. – P. 79–98.
21. Dillon J. L. An expository review of Bernouillian decision theory in agriculture: is utility futility? // Review of marketing and agricultural economics. – 1971. – 39. – P. 3–80.
22. DiPietro D. D., Hayenga M. L. Cross-hedging wholesale products using live hogs futures // American journal of agricultural economics. – 1982. – 64. – P. 747–751.
23. Ehrlich I., Becker G. Market insurance, self-insurance, and self-protection // Journal of political economy. – 1972. – 80. – P. 623–648.
24. Feder G., Just R. E., Schmitz A. Futures markets and the theory of the firm under price uncertainty // Quarterly journal of economics. – 1980. – 94. – P. 317–328.
25. Foster W. E., Rausser G. C. Farm behavior under risk of failure // American journal of agricultural economics. – 1991. – 73. – P. 276–288.
26. Froot K. A., Scharfstein D. S., Stein J. C. Risk management: coordinating corporate investment and financing policies // Journal of finance. – 1993. – 48. – P. 1629–1658.
27. Gardner B. L. Crop insurance in U. S. farm policy / Economics of agricultural crop insurance: theory and evidence. D. L. Hueth, W. H. Furtan (eds.) – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994. – P. 17–44.
28. Holthausen D. M. Hedging and the competitive firm under price uncertainty // American economic review. – 1979. – 69. – P. 989–995.
29. Innes R. Government target price interventions in economies with incomplete markets // Quarterly journal of economics. – 1990. – 106. – P. 1035–1052.
30. Innes R., Ransser G. C. Incomplete markets and government agricultural policy // American journal of agricultural economics. – 1989. – 71. – P. 915–931.
31. Ishii Y. On the theory of the competitive firm under price uncertainty: note // American economic review. – 1977. – 67. – P. 768–769.
32. Karp L. S. Dynamic hedging with uncertain production // International economic review. – 1988. – 29. – P. 621–637.
33. Knight T. O., Coble K. H. Survey of U. S. multiple peril crop insurance literature since 1980 // Review of agricultural economics. – 1997. – 19. – P. 128–156.
34. Lapan H., Moschini G. Optimal price policies and the futures markets // Economics letters. – 1996. – 53. – P. 175–182.
35. Lapan H., Moschini G. Futures hedging under price, basis, and production risk // American journal of agricultural economics. – 1994. – 76. – P. 465–477.
36. Lapan H., Moschini G., Hanson S. Production, hedging and speculative decisions with options and futures markets // American journal of agricultural economics. – 1991. – 72. – P. 66–74.
37. Lence S. H. On the optimal hedge under unbiased futures prices // Economics letters. – 1995. – 47. – P. 385–388.
38. Losq E. Hedging with price and output uncertainty // Economic letters. – 1982. – 10. – P. 65–70.
39. McKinnon R. I. Futures markets, buffer stocks, and income instability for primary producers // Journal of political economy. – 1967. – 75. – P. 844–861.
40. Moschini G., Hennessy D. A. Uncertainty, risk aversion, and risk management for agricultural producers / Handbook of agricultural economics. V. 1A. B. L. Gardner, G. C. Rausser (eds.) – Elsevier Science B. V., 2001. – P. 87–153.
41. Myers R. J. The value of ideal contingency markets in agriculture // American journal of agricultural economics. – 1988. – 70. – P. 255–267.
42. Myers R. J., Thompson S. R. Generalized optimal hedge ratio estimation // American journal of agricultural economics. – 1989. – 71. – P. 858–868.
43. Newbery D. M. On the accuracy of the mean-variance approximation for futures markets // Economics letters. – 1988. – 28. – P. 63–68.
44. Newbery D. M., Stiglitz J. E. The theory of commodity price stabilization – a study in the economics of risk. – Oxford: Clarendon Press, 1981.
45. Rolfo J. Optimal hedging under price and quantity uncertainty: the case of a cocoa producer // Journal political economy. – 1980. – 88. – P. 100–116.
46. Roumasset J. A., Rosegrant M. W., Chakravorty U. N., Anderson J. R. Fertilizer and crop yield variability: a review / Variability in grain yields. J. R. Anderson, E. B. R. Hazell (eds.) – Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989. – P. 223–233.
47. Sandmo A. On the theory of the competitive firm under price uncertainty // American economic review. – 1971. – 61. – P. 65–73.
48. Sigurdson D., Sin R. An aggregate analysis of Canadian crop insurance policy / Economics of agricultural crop insurance: theory and evidence. D. L. Hueth, W. H. Furtan (eds.) – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994. – P. 45–72.
49. Vukina T., Li D., Holthausen D. M. Hedging with crop yield futures: a mean-variance analysis // American journal of agricultural economics. – 1996. – 78. – P. 1015–1025.

51. Williams J. R., Carriker G. L., Bamaby G.A., Harper J. K. Crop insurance and disaster assistance designs for wheat and grain sorghum // *American journal of agricultural economics*. – 1993. – 75. – P. 435–447.
52. Wright B. D. Public insurance of private risks: theory and evidence from agriculture / Government risk bearing. M. S. Sniderman (ed.) – Boston: Kluwer Academic Publishers, 1993.
53. Wright B. D., Hewitt J. D. All risk crop insurance: lessons from theory and experience. – Berkeley, CA: Giannini Foundation; California Agricultural Experiment Station, 1990.

УДК 31:338.432

**Ковалевська І.М.**

*кандидат економічних наук,*

*асистент кафедри екологічної безпеки та економіки природокористування  
Житомирського національного агроекологічного університету*

## ГРАФІЧНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДОВКІЛЛЯ

Стаття присвячена демонстрації можливості різних видів графічних зображень у дослідженнях екологічної безпеки довкілля в Україні. Проілюстровано і наочне відображено загальний стан безпеки довкілля та кількість виникнення надзвичайних ситуацій в регіонах за 17 років. Розподілено надзвичайні ситуації за класами та інтенсивністю ризиків небезпек.

**Ключові слова:** безпека довкілля, надзвичайні ситуації, характер загроз, рівні небезпек, тенденції і закономірності розвитку, ризику збитків.

### **Ковалевская И.Н. ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Статья посвящена демонстрации возможностей разных графических изображений в исследованиях экологической безопасности окружающей среды в Украине. Проиллюстрировано и наглядно отобразено общее состояние безопасности окружающей среды и количество возникновения чрезвычайных ситуаций в регионах за 17 лет. Распределены чрезвычайные ситуации по классам и интенсивности рисков опасностей.

**Ключевые слова:** безопасность окружающей среды, чрезвычайные ситуации, характер угроз, уровни опасностей, тенденции и закономерности развития, риски убытков.

### **Kovalevska I.M. THE GRAPHIC METHOD OF STUDYING THE ECOLOGICAL SAFETY OF THE ENVIRONMENT**

The paper highlights the possibilities of various types of graphic representations in studying the ecological safety of the environment in Ukraine. The general state of environment safety and the number of emergencies in the region over the last 17 years are illustrated and graphically depicted. The emergencies are classified according to the level of intensity of hazard risks.

**Keywords:** safety of environment, emergencies character of hazards, levels of hazards, tendencies and regularities of development, loss risks.

**Постановка проблеми.** Графічні зображення – це особливий графічний метод наочного представлення і відображення статистичної інформації за допомогою геометричних знаків з метою її узагальнення й аналізу. Вони дають наочне уявлення про стан явищ і процесів, їх мінливість і варіабельність, про взаємозв'язок і взаємозалежність між чинниками, про особливості їх змін у просторі й часі, при виявленні тенденцій, закономірностей та перспектив розвитку. Графічні зображення не тільки грають важливу самостійну роль, але часто є основою, фундаментом розробки гіпотез, нових положень, спрямованих на подальше, поглиблене вивчення даного явища. Безсумнівно, їх значення в дослідженнях дуже важливе, але на практиці дослідники рідко використовують той багатий арсенал графічних методів, що надає Майстер діаграм програми *Microsoft Excel*.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основною і найбільш важливою властивістю графічних зображень є їхня наочність, яка дозволяє не тільки швидко сприймати саме істотне в статистичному матеріалі, але й побачити те, що сховано або недостатньо точно виражене в текстовому або табличному його поданні. Тому графічні зображення все ширше застосовуються в найрізноманітніших видах людської діяльності [1-7]. Зорові образи є найбільш наочними, вони запам'ятовуються в мозку на все життя [8, с. 2]. Так, І. Букреев відзначає, що «85% інфор-

мації надходить у мозок людини за допомогою зору», а І.І. Нікольська підтверджує, «що людина одержує 80% знань про навколишній світ за допомогою органів зору» [8, с. 5].

Завдяки своїм властивостям графічні зображення є важливим засобом тлумачення й аналізу статистичних даних, а в деяких випадках – єдиним і незамінним способом їхнього узагальнення й пізнання [9, с. 216-218]. Образно говорячи, відзначає Е.В. Чекотовський, «при графічному зображенні статистичні дані – ці «сухі» цифри – як би оживають, стають осмисленими й настільки переконливими, що сприймаються легко й швидко» [10, с. 21]. При цьому кожен графік повинен бути художньо оформленим [11, с. 89-128].

Графічні зображення мають також важливе значення в популяризації статистичних даних. Завдяки простоті й виразності графічні зображення грають особливо більшу роль у цей час, коли вирішується проблема всебічного розширення гласності статистичної інформації як однієї з необхідних умов демократизації суспільства [12, с. 16-23; 13, с. 9-13]. Особливо корисними графічні зображення виявляються при підготовці до різноманітних презентацій, а також при складанні звітів [14, с. 237].

Істотно прискорити й спростити процес побудови графічних зображень статистичних даних можна за допомогою персональних комп'ютерів (ПК) [14, с. 237-