

## ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ РОСЛИННОЇ ГАЛУЗІ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ІЗ ВРАХУВАННЯМ РИЗИКУ

Грицюк П.М., Бабич Т.Ю.

*Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне*

В статті розглянуто застосування моделі оптимального портфеля Марковіца до агровиробництва. Сформована множина оптимальних портфелів посівних площ сільськогосподарських культур Рівненської області. Розроблена методика врахування сумісного впливу економічного та погодно-кліматичного ризиків на рослинницьку галузь.

*Ключові слова:* рослинництво, рентабельність, ризик, портфель сільськогосподарських культур.

**Постановка проблеми.** Рослинництво є основною галуззю українського агропромислового комплексу. Зернові та зернобобові культури займають особливе місце в цій галузі. За останні роки Україна увійшла до чільної групи світових експортерів зерна. Експорт зерна у 2016 – 2017 маркетинговому році приніс у казну 6,1 млрд. дол. США [1]. В останні роки спостерігається постійне зростання попиту на зернові культури. За прогнозами [2] щорічний світовий попит на такі культури як пшениця, кукурудза та рис до 2050 року становитиме близько 3,3 млрд. тон, що на 800 млн т перевищує сукупний врожай 2014 року. Це відкриває нові можливості та ставить нові задачі перед українським агровиробництвом. Крім зернових культур, вартісна частка продукції яких становила 34% валового випуску аграрної продукції у 2016 році, найбільш важливими в аграрному секторі України є: технічні культури (вартісна частка 27%), картопля (вартісна частка 7%) та овочеві культури (вартісна частка 5%) [3].

Предметом даного дослідження є оптимізація структури рослинництва Рівненської області із врахуванням супутніх ризиків. В Рівненській області придатними для вирощування сільськогосподарських культур є лише частина посівних площ, розміщених, в основному, у південній частині області. Враховуючи обмеженість земельних ресурсів, підвищення ефективності виробництва в основному необхідно забезпечити шляхом перерозподілу існуючих посівних площ. Такий перерозподіл повинен бути обґрунтованим шляхом оптимізаційного економіко-математичного моделювання.

Методика досліджень у даній роботі опирається на класичну теорію портфеля Марковіца. Однак, якщо у класичній теорії фінансового портфеля предметом оптимізації є перерозподіл фінансових активів, то у задачі аграрного портфеля предметом оптимізації є перерозподіл площ, виділених під посіви різних культур або ж перерозподіл площ, виділених під посіви однієї культури в різних регіонах, які характеризуються різною ефективністю виробництва. Таким чином, застосування економіко-математичного моделювання для оптимізації розподілу ресурсів та пропорцій між галузями рослинництва або видами сільськогосподарських культур може стати інструментом підвищення ефективності аграрного виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Застосуванню методів оптимального планування на підприємствах різних галузей присвячені роботи таких відомих дослідників, як Дж.фон Нейман, Дж.Б. Данциг, В.А. Глушков, В.С. Немчинов, О.О. Орлов та ін. Питанням

диверсифікації виробництва в агропромисловому комплексі присвячені дослідження О.М. Одінцева [4], Н.В. Германюк [5], В.Є. Данкевича [6], В.І. Ткачука [7].

Вивченням ролі факторів, що впливають на підвищення рентабельності, а також математичним моделюванням ефективності виробництва зерна займалися В.В. Вітлінський, П.М. Грицюк [8] - [9], Л.В. Забуранна [10]. Незважаючи на значні зусилля у вивченні даної проблеми, дослідження динаміки основних факторів зерновиробництва та ризиків, що супроводжують його, зберігає свою актуальність завдяки різноманіттю природно-кліматичних умов різних регіонів України, змінам економічних умов виробництва та змінам клімату, які відбуваються особливо інтенсивно в останні роки.

**Мета статті.** Дана робота присвячена моделюванню економічної ефективності рослинної галузі в Україні на прикладі Рівненської області. Метою роботи є оптимізація структури посівних площ основних сільськогосподарських культур Рівненської області з врахуванням супутніх ризиків.

**Диверсифікація як інструмент зниження фінансових та аграрних ризиків.** Важливим інструментом зниження ризику є диверсифікація. Вперше методика диверсифікації була використана у галузі фінансів шляхом розподілу інвестованих та позикових грошових капіталів між різними об'єктами вкладення з метою зниження ризику можливих втрат капіталу або доходів від нього [11] - [12]. На практиці диверсифікація найчастіше реалізується шляхом створення портфеля фінансових активів. Основними показниками якості фінансового портфеля є його сподівана дохідність та ризик. Серед основних концептуальних підходів до формування портфеля розглядаються методи Марковіца, Шарпа та метод «квазі-Шарп» [13] - [15]. Однак, принцип диверсифікації можна поширити і на інші галузі економіки. Важливість диверсифікації у агропромисловому секторі, який сьогодні є одним з найважливіших секторів економіки України, описана у роботах [4] - [7], [16].

Головними елементами фінансового ринку є фінансові активи. Приймаючи рішення про купівлю того чи іншого активу, інвестор повинен бути впевнений, що через певний проміжок часу ринкова ціна буде більшою, ніж є тепер. Тому необхідно мати певний математичний апарат для передбачення майбутньої поведінки ринкової ціни фінансового активу [11]. Найчастіше інвестора цікавить не майбутня ціна фінансового активу, а очікувана зміна ціни за майбутній період часу  $(t, t+1)$ , або лише очікуваний напрям зміни ціни.

Головними елементами системи рослинництва є посівні площі, засіяні тими чи іншими сільськогосподарськими культурами. На відміну від фінансової системи, конфігурація якої змінюється щохвилини завдяки змінам ціни, попиту, пропозиції, конфігурація системи рослинництва визначається один раз на рік – після збору врожаю та його реалізації.

Основним критерієм економічної ефективності аграрного виробництва є прибуток  $P$ , отриманий з одного гектара культури, або рентабельність виробництва культури  $R$ , яка відображає відношення отриманого прибутку до понесених витрат. Ці величини зв'язані між собою співвідношенням:

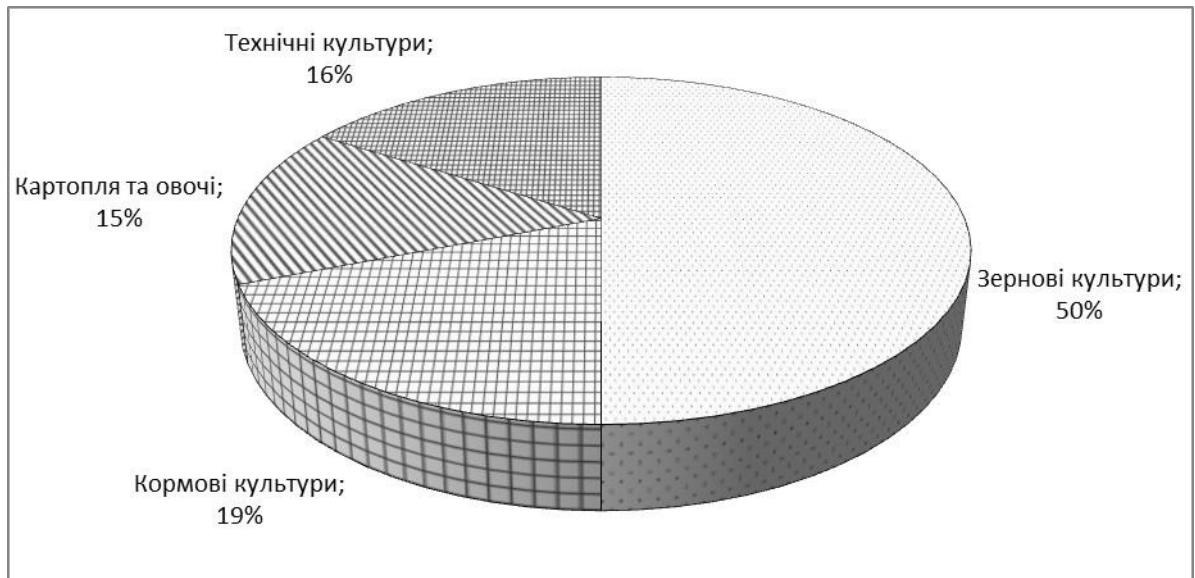
$$P = (R + 1) \cdot Z, \quad (1)$$

де  $Z$  – фінансові витрати на 1 гектар вирощуваної культури. Вираз для рентабельності рослинництва має вигляд

$$R = P/Z - 1 = Y \cdot C/Z - 1. \quad (2)$$

Тут  $P$  - дохід (грн./га),  $Y$  - урожайність (ц/га),  $Z$  - витрати (грн./га),  $C$  - ціна на культуру (грн./ц) [8].

**Оптимізація структури посівних площ.** Основними сільськогосподарськими культурами Рівненської області є картопля, цукрові буряки, зернові та зернобобові культури та овочі. На рис.1 відображено розподіл посівних площ між основним культурами аграрного сектора Рівненщини станом на 2014 рік.



**Рис. 1. Структура посівних площ Рівненської області у 2014 році**

Джерело: за даними [17].

Поставимо задачу оптимізувати структуру рослинництва Рівненській області з врахуванням супутніх ризиків виробництва шляхом зміни структури посівних площ вирощуваних культур. Введемо наступні позначення:

$S_i$ ;  $i = 1.. k$  – площа під  $i$ -ю культурою ( $k$  – кількість культур);

$S_0 = \sum_{i=1}^k S_i$  – сума усіх посівних площ;

$w_i = S_i / S_0$ ;  $i = 1.. k$  – частка площі  $S_i$  під  $i$ -ю культурою по відношенню до загальної посівної площі  $S_0$ ;

$r_i$ ;  $i = 1.. k$  – рентабельність  $i$ -ї культури.

Сукупність усіх посівних площ ми можемо розглядати як портфель, який характеризується своєю рентабельністю. Для оптимізації портфеля будемо використовувати середні значення рентабельності культур  $r_1, r_2, \dots, r_k$  та кореляційну матрицю  $\Sigma$ , побудовану на рядах рентабельності сільськогосподарських культур

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho_{12} & \cdots & \rho_{1k} \\ \rho_{21} & \sigma_2^2 & \cdots & \rho_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k1} & \rho_{k2} & \cdots & \sigma_k^2 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Рентабельність портфеля визначаємо як зважену суму рентабельностей його компонент (ваг):

$$R_p = \sum_{i=1}^k w_i r_i, \quad (4)$$

а ризик портфеля за методикою Марковіца:

$$V_p = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (w_i \times \sigma_i \times w_j \times \sigma_j \times \rho_{ij})}. \quad (5)$$

Модель Марковіца оптимізації портфеля фінансових активів ґрунтується на наступних припущеннях [20] - [21]:

- дохідності цінних паперів (рентабельності культур) розподілені за нормальним законом;
- дані минулих періодів, які використані при розрахунках дохідності і ризику, повністю відображають майбутні значення дохідності.

Виконуючи оптимізацію портфеля посівних площ, ми припускали, що значення рентабельності виробництва розподілені за нормальним законом розподілу. Можливі два підходи до розв'язування задачі про оптимізацію портфельних інвестицій. Перший підхід (пряма задача Марковіца) має за мету максимізацію рентабельності портфеля посівних площ при деякому заданому обмеженні ризику. Змінюючи розмір площі під кожною культурою у відповідності до її рентабельності та потреб ринку, можна збільшити загальну прибутковість рослинництва регіону. Математична модель першої оптимізаційної задачі (задача на максимум рентабельності) буде мати вигляд:

$$\begin{cases} R_p = \sum_{i=1}^k w_i \times r_i \rightarrow \max; \\ V_p = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (w_i \times \sigma_i \times w_j \times \sigma_j \times \rho_{ij})} \leq V_0; \\ \sum_{i=1}^k w_i = 1; \quad w_i \geq 0; \quad i = 1..k. \end{cases} \quad (6)$$

Тут  $R_p$  - загальна прибутковість рослинництва у Рівненській області (у частині культур, врахованих нами),  $w_i$  - відносна частка  $i$ -ї культури у портфелі земельних площ (вага  $i$ -го активу),  $r_i$  - рентабельність виробництва  $i$ -ої культури (середнє значення рентабельності за даними 2012-2016 рр.),  $\sigma_i$  - ризик  $i$ -го активу, розрахований як його стандартне відхилення за досліджуваний період,  $V_0$  - максимально допустиме значення ризику,  $\rho_{ij}$  - коефіцієнт лінійної кореляції між двома видами активів (ряди рентабельності сільськогосподарських культур). Перше співвідношення системи (6) описує цільову функцію, яка передбачає максимізацію загальної рентабельності рослинництва регіону шляхом перепланування структури посівних площ. Друге співвідношення встановлює допустимий рівень ризику. Третє і четверте співвідношення описують умови невід'ємності площ та незмінності загальної (сумарної) площі.

Слід мати на увазі, що рослинницька галузь є важливою складовою продовольчого забезпечення населення області, тому посівні площі не можна зменшувати нижче деякого мінімального значення навіть при невисокому значенні рентабельності виробництва. З метою недопущення різких змін посівних площ до моделі (6) ми додали ще одне обмеження наступного вигляду

$$0.8w_{i0} \leq w_i \leq 1.2w_{i0}; i = 1..k. \quad (7)$$

Тут  $w_{i0}$  - поточне значення частки посівної площі під  $i$ -ю культурою до початку оптимізації. Поточні значення посівних площ під культурами визначалися шляхом усереднення за даними 2011-2015 років.

Другий підхід (обернена задача Марковіца) полягає в мінімізації ризику при збереженні деякого гарантованого рівня рентабельності портфеля. Математичне описання моделі Марковіца для задачі на мінімум ризику буде мати вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_p = \sqrt{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (w_i \times \sigma_i \times w_j \times \sigma_j \times \rho_{ij})} \rightarrow \min; \\ R_p = \sum_{i=1}^k w_i \times r_i \geq R_0; \\ 0.8w_{i0} \leq w_i \leq 1.2w_{i0}; i = 1..k; \\ \sum_{i=1}^k w_i = 1; \quad w_i \geq 0; i = 1..k. \end{array} \right. \quad (8)$$

Перше співвідношення системи (8) описує умову, згідно з якою ризик рослинництва при переплануванні площ повинен бути мінімальним. Друге співвідношення забезпечує найменше допустиме значення рентабельності портфеля, встановлене експертним шляхом. Третє, четверте і п'яте співвідношення встановлюють межі допустимих змін посівних площ під культурами.

Задачі (6) та (8) є нелінійними; для розв'язування такого типу задач використовують методи нелінійного програмування. Крім того, описані задачі є взаємно двоїстими, тому достатньо обмежитися розв'язуванням задачі (6). Для розв'язування задачі оптимізації структури посівних площ нами були використані статистичні дані рентабельності чотирьох основних культур Рівненської області за період 2000 – 2016 роки (табл.1).

Розрахунки, виконані за співвідношеннями (5) – (6) показали, що при існуючому розподілі посівних площ між культурами Рівненської області загальний рівень ризику рослинництва становить  $V_0 = 17,68\%$ , а загальний рівень рентабельності рослинництва становить  $r_0 = 25,84\%$  (табл.2). Розв'язування задачі (6) – (7) на максимум рентабельності при існуючому рівні ризику дозволило отримати максимальне значення загального рівня рентабельності  $r_0 = 26,51\%$ , а також рекомендовані (оптимальні) значення посівних площ під культурами (4-ий і 5-ий стовпець табл.2). Для збільшення рівня рентабельності рослинництва Рівненської області на  $\Delta r = 0,67\%$  необхідно зменшити посівні площі під картоплею та збільшити їх для решти культур.

Таблиця 1

## Рентабельність рослинництва у Рівненській області за 2000-2016 рр. (%)

Рік	Зернові культури	Цукрові буряки	Картопля	Овочі ВГ
2000	77,1	-13,8	-6,4	42,1
2001	41,9	-12,5	7,8	16,4
2002	18,6	-8,5	8,5	15,6
2003	40,8	-1,8	4,8	67,7
2004	31,2	-14,0	9,7	-4,4
2005	-1,5	1,6	-9,5	0,9
2006	-1,5	4,8	36,3	-3,5
2007	32,4	25,5	33,8	71,4
2008	13,0	16,0	5,5	-17,6
2009	-1,3	4,9	0,9	-10,2
2010	10,2	5,7	142,1	37,3
2011	4,6	-5,7	71,3	18,0
2012	11,3	32,3	-37,0	115,0
2013	3,4	32,3	6,9	26,6
2014	44,9	4,9	64,0	8,3
2015	55,1	32,1	0,3	146,5
2016	28,6	44,6	3,8	35,1
Середня рентабельність за 2012-2016 рр. ( $r_i$ )	28,7	29,2	7,6	66,3
Ризик ( $\sigma_i$ )	22,7	18,5	40,9	44,7

Джерело: за даними [17]

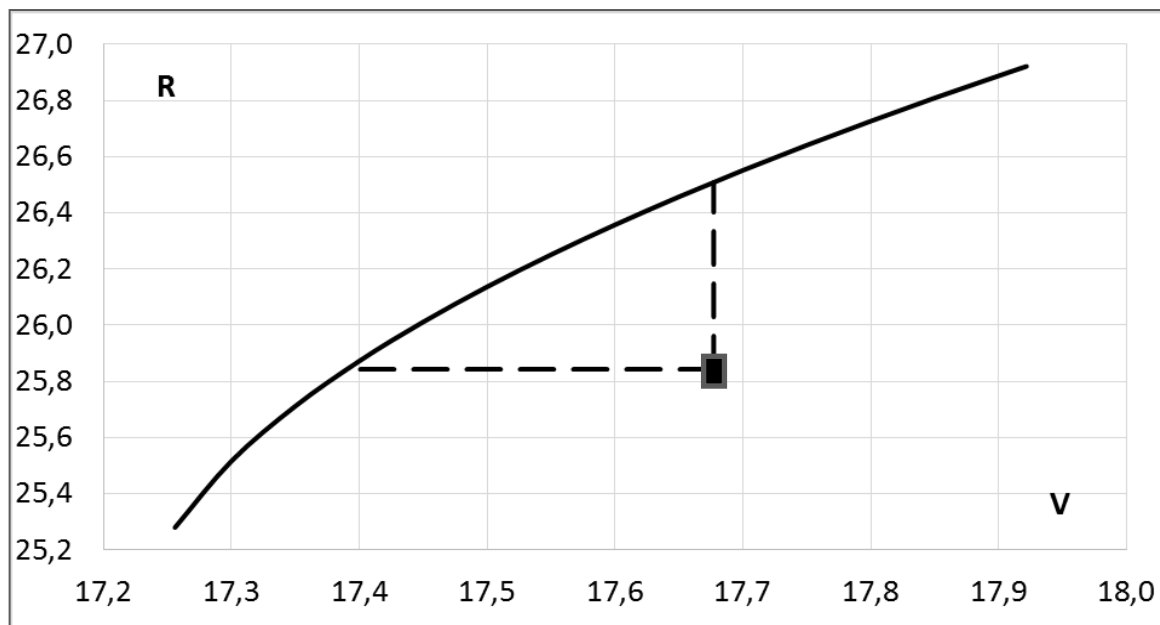
Таблиця 2

## Оптимізація портфеля посівних площ сільськогосподарських культур у Рівненській області

Культура	Фактична структура посівних площ		Максимум рентабельності при збереженні рівня ризику		Мінімум ризику при збереженні рівня рентабельності	
	Частка	Посівна площа, тис. га	Частка	Посівна площа, тис. га	Частка	Посівна площа, тис. га
Зернові культури	0,732	260,38	0,737	262,09	0,705	250,85
Цукрові буряки	0,039	13,98	0,047	16,78	0,047	16,78
Картопля	0,195	69,34	0,176	62,45	0,207	73,69
Овочі ВГ	0,034	11,96	0,040	14,35	0,040	14,35
Загальна площа	1	355,66	1	355,66	1	355,66
Рентабельність, %	25,84		26,51		25,84	
Ризик, %	17,68		17,68		17,39	

Джерело: розраховано авторами за даними [17]

Інший підхід (двоїста задача (8)) полягає у мінімізації ризику рослинництва при збереженні досягнутого раніше рівня рентабельності. Результати розв'язування задачі (8) наведені у двох останніх колонках табл. 2. Розрахунки показують, що можна зменшити рівень ризику до  $V_0 = 17,39\%$  при збереженні рівня рентабельності  $r_0 = 25,84\%$ . Для цього потрібно зменшити посівні площі під зерновими культурами, натомість збільшивши їх під іншими культурами. Розглянуті нами два підходи до оптимізації проілюстровані на рис. 2 (штрихові лінії).



**Рис.2. Ефективна множина портфелів посівних площ**

*Джерело:* розраховано авторами за даними [17]

Можливі також інші варіанти постановки задачі оптимізації портфеля посівних площ. Можна, наприклад, розв'язати задачу (8) не вводючи обмежень на рівень рентабельності. В результаті розв'язування такої задачі ми отримуємо портфель з мінімальним рівнем ризику та мінімальною загальною рентабельністю (табл.3, стовпці 2-3). Інший підхід полягає у побудові структури портфеля посівних площ, який характеризується максимальною рентабельністю без обмежень на ризик (це означає, що ми згодні на максимальний рівень ризику). Відповідна структура посівних площ наведена у стовпцях 4-5 табл.3.

Змінюючи значення ризику  $V_0$  в задачі (6)-(7) від мінімального до максимального значення з певним дискретним кроком та розв'язуючи задачу на максимум рентабельності, ми отримуємо множину портфелів відому як ефективна множина [21]. Вигляд ефективної множини портфелів посівних площ сільськогосподарських культур Рівненської області наведений на рис. 2. Вигляд графіка підтверджує наявність нелінійного прямого зв'язку між рівнем ризику рослинництва та його рентабельністю. Квадратна мітка на рис.2 відповідає існуючому стану рослинної галузі. Штрихові лінії, проведені від точки існуючого стану показують, що фактичний рівень ризику дещо вищий за оптимальний, а загальну рентабельність можна підвищити без зміни ризику.

**Ризики аграрного виробництва.** Рослинництво є високоризиковою галуззю економіки, оскільки результат виробництва тут сильно залежить від комплексу постійно змінних умов. Функціонування рослинної галузі пов'язане з невизначеністю стану зовнішнього середовища, що обумовлює виникнення ризиків виробництва різного роду.

**Оптимізація портфеля посівних площ сільськогосподарських культур  
у Рівненській області**

Культура	Портфель з мінімальним ризиком		Портфель з максимальною рентабельністю	
	Частка	Посівна площа, тис. га	Частка	Посівна площа, тис. га
Зернові культури	0,679	241,32	0,757	269,06
Цукрові буряки	0,047	16,78	0,047	16,78
Картопля	0,234	83,21	0,156	55,47
Овочі ВГ	0,040	14,35	0,040	14,35
Загальні площа	1,000	355,66	1,00	355,66
Рентабельність, %	25,28		26,92	
Ризик, %	17,26		17,92	

*Джерело: розраховано авторами за даними [17]*

В першу чергу ефективність рослинної галузі у значній мірі залежить від кліматичних факторів, які не підлягають управлінню. Погодно-кліматичні ризики пов'язані з настанням несприятливих природних явищ та погодних процесів. Тому, правильна стратегія аграрного виробництва полягає у пристосуванні до мінливих погодних умов з метою отримати максимальну економічну вигоду.

Значні коливання річних обсягів виробництва призводять до відповідних цінових коливань, і, як наслідок, до економічної нестабільності галузі. Високий урожай відповідно до закону залежності ціни від пропозиції викликає зниження ціни вирощеної продукції та рентабельності виробництва і навпаки. Коливання ціни продукції (рентабельності) є джерелом економічного ризику аграрного виробництва.

Виробничо-технічні ризики можуть включати: нестачу насінневого матеріалу; внесення недостатньої кількості добрив; нестачу пально-мастильних матеріалів; недостатню кількість сільськогосподарських машин та пристроїв; недотримання агротехнічних строків. До можливих фінансово-комерційних ризиків належать: неплатоспроможність сільськогосподарського товаровиробника; кредитний ризик; інфляційний ризик; валютний ризик (якщо господарство експортує продукцію, або купує імпортні матеріали); конкурентний ризик; ризик недоодержання прибутку; ціновий ризик; інвестиційний ризик; маркетинговий ризик тощо. Політико-правові ризики включають: зміну законодавчих норм; зміну умов підтримки (субсидії, дотації, пільги); обмеження монопольного рівня ціни; обмеження обсягу експорту тощо.

Класичний підхід, використаний Марковіцем до вимірювання ризиків фінансових портфелів полягає у розрахунку дисперсії. Але, такий підхід передбачає нормальний розподіл дохідностей фінансових активів. Крім того, дисперсія описує двосторонній ризик, тобто зростання ймовірності великих прибутків призводить до зростання дисперсії, що не відповідає означенню ризику, як очікуванню негативної події [11]. Дослідження статистики дохідностей фінансових активів показали, що їй притаманна властивість «важких хвостів» [18] - [19], [21]. Це означає, що закон розподілу дохідності відрізняється від нормального.



Останнім часом знайшли поширення інші міри, які застосовні до різних законів розподілу і обчислюють ризик на основі відповідних квантилей функції втрат, так звані квантильні міри ризику. Найпоширенішими серед них є *Value-at-Risk (VaR)* [22] та умовне *VaR (CVaR)*, яка є узагальненням *VaR* [23], [24].

Представлене нами дослідження опирається на традиційний підхід до оцінки економічного ризику аграрного виробництва, який полягає у розрахунку дисперсії рентабельності [25]. Однак, враховуючи вище зазначені критичні зауваження до такого підходу, більш доцільно оцінювати ризик як семіваріацію рентабельності, тобто враховувати лише негативні відхилення рентабельності від середнього значення. Тоді, для оцінки річного значення економічного ризику ми отримуємо вираз

$$V_{eij} = \begin{cases} \bar{r}_j - r_{ij}, & \text{якщо } \bar{r}_j > r_{ij}; \\ 0, & \text{якщо } \bar{r}_j \leq r_{ij}. \end{cases} \quad (9)$$

Тут  $r_{ij}$  - значення рентабельності  $j$ -ої культури у  $i$ -му році виражене у відсотках,  $\bar{r}_j$  - середнє значення рентабельності  $j$ -ої культури за певний часовий період. Загальна оцінка економічного ризику для  $j$ -ої культури визначається виразом

$$V_{ej} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_{eij}^2}{n-1}}, \quad (10)$$

де  $n$  – тривалість періоду спостережень.

Для оцінки річної величини погодно-кліматичного ризику можна використати частку втрати посівної площі  $j$ -ої культури внаслідок несприятливих умов впродовж  $i$ -го періоду вегетації

$$V_{kij} = \frac{S_{0ij} - S_{1ij}}{S_{0ij}} * 100\%. \quad (11)$$

Тут  $S_0$  - засіяна площа,  $S_1$  - зібрана площа,  $i$  – номер року.

Для оцінки величини загального ризику, який враховує і погодно-кліматичну і економічну складові потрібно використати співвідношення, яке враховує кореляцію між двома видами ризиків

$$V = \sqrt{V_k^2 + V_e^2 + 2V_k V_e \rho_{ke}}. \quad (12)$$

Із співвідношення (12) випливає, що різні ризики можуть підсилювати дію один одного у випадку однакової спрямованості, або ж послаблювати дію один одного у випадку різної спрямованості. Є підстави вважати, що погодно-кліматичний та економічний ризики будуть антикорельованими. Дійсно, у випадку втрати частини врожаю внаслідок несприятливих погодно-кліматичних умов, ціна на відповідний продукт зростає, що веде до зростання рентабельності виробництва. Однак, для окремих культур кореляція ризиків може бути як додатною, так і від'ємною, що залежить від порівняльної сили ефектів втрати частини врожаю та збільшення закупівельної ціни. Значення ризиків виробництва для різних культур, розраховані нами з використанням наявних статистичних даних [17] на підставі співвідношень (9) – (12) наведені у табл. 4.

Таблиця 4

## Ризики виробництва сільськогосподарських культур у Рівненській області (%)

	Зернові культури	Цукрові буряки	Картопля	Овочі ВГ
Погодно-кліматичні	3,73	4,55	0,23	0,98
Економічні	14,27	11,71	20,79	24,73
Загальні	13,50	15,41	20,87	24,56
Коефіцієнт кореляції між двома видами ризиків	-0,33	0,74	0,36	-0,19

Джерело: розраховано авторами за даними [17]

Для оцінки річної величини загального ризику для портфеля декількох культур ми використали співвідношення

$$V = \frac{\sum_{j=1}^k V_j S_{0j}}{\sum_{j=1}^k S_{0j}} \quad (13)$$

Річні оцінки погодно-кліматичного та економічного ризику для рослинної галузі Рівненської області виконані нами з використанням співвідношень (9) – (12) та статистичних даних щодо засіяних та зібраних площ і відповідної рентабельності представлені на рис.3.

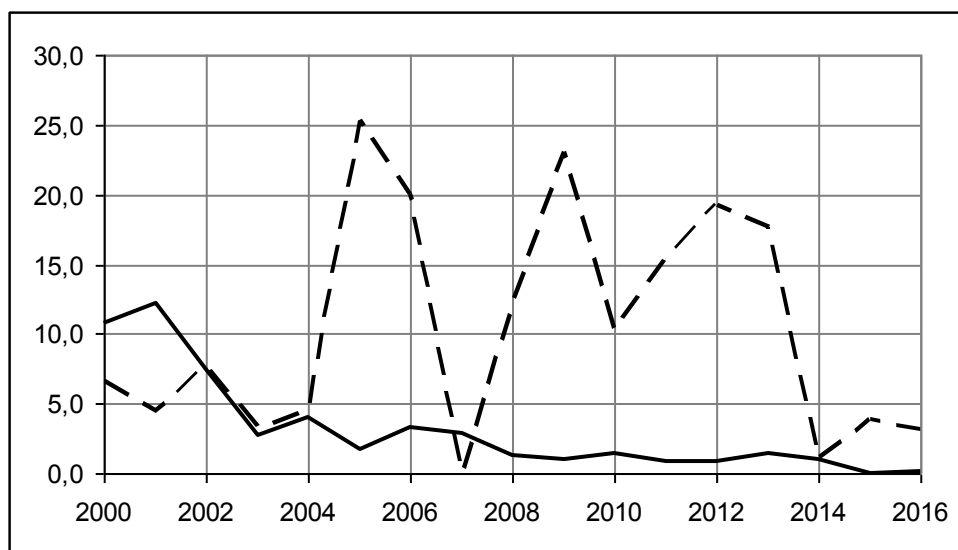


Рис.3. Оцінка (%) погодно-кліматичного (суцільна лінія) та економічного ризику (штрихова лінія) рослинної галузі Рівненської області

Джерело: складено авторами за даними [17]

З рисунка видно, що основний вклад у загальний ризик рослинництва вносить економічний ризик. Погодно-кліматичний ризик в останні роки значно зменшився, що пов'язано з використанням нових засухоустійких сортів насіння та удосконаленням технології аграрного виробництва. Коефіцієнт лінійної кореляції між двома видами ризиків рослинницької галузі Рівненської області, розрахований нами із використанням співвідношень (9) - (13) дорівнює  $\rho_{ke} = -0,27$ .

Аналогічним чином можна побудувати ефективну множину портфелів використовуючи оцінку загального ризику рослинної галузі, який включає економічну та погоднокліматичну компоненти. Оцінки загального ризику були здійснені нами з використанням співвідношень (9) – (13). Розрахунки показали, що формула портфеля з мінімальною рентабельністю (мінімальним ризиком) та формула портфеля з максимальною рентабельністю (максимальним ризиком) не відрізняються від наведених у табл. 3. Це можна пояснити тим, що ранги ризикованості окремих культур практично не змінилися при переході від економічного ризику до загального ризику (табл. 4). Лише ризик вирощування цукрових буряків став помітно більшим, але це мало вплинуло на загальний розв'язок задачі з огляду на малі розміри посівної площі цукрового буряка.

#### **Висновки і перспективи подальших досліджень у даному напрямі.**

Нами запропонована методика застосування теорії оптимального портфеля до оптимізації структури рослинної галузі регіону з врахуванням супутнього економічного та погоднокліматичного ризику. Визначено рівні мінімального та максимального ризику рослинної галузі Рівненської області. Сформовані портфелі посівних площ сільськогосподарських культур регіону з максимальною рентабельністю, які відповідають різним рівням ризику (ефективна множина портфелів). Запропоновані нами підходи та отримані оцінки можуть служити підґрунтям для планування структури рослинної галузі Рівненської області з врахуванням супутніх ризиків. Аналогічний підхід можна використати для оптимізації структури рослинної галузі інших областей України та України в цілому. Подальші дослідження у цьому напрямку повинні врахувати можливі відхилення значень рентабельності від нормального закону розподілу.

#### **Список використаної літератури**

1. УкрАгроКонсалт. Україна. Рекордний експорт зерна не принес рекордної валютної виручки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukragroconsult.com/news/ukraina-rekordnyi-eksport-zerna-ne-prines-rekordnoi-valyutnoi-vyruchki>.
2. Продовольча та сільськогосподарська організація Об'єднаних Націй : офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.fao.org/publications/save-and-grow/maize-rice-wheat/en/>
3. Агропортал. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agroportal.ua/views/blogs/dobavlenneya-stoimost-v-selskom-khozyaistve-formirovanie-i-raspredelenie/>
4. Одінцов О. М. Управління диверсифікацією аграрного виробництва на основі економікоматематичного моделювання / О. М. Одінцов // Науковий інформаційний журнал «Бізнес інформ», Харківський національний економічний університет МОН України. – 2014. – № 7. – С. 113–117.
5. Германюк Н. В. Теоретико-методологічні аспекти диверсифікації у сільському господарстві / Н. В. Германюк // Економіка АПК. – 2010. – № 8. – С. 25–29.
6. Данкевич В. Є. Диверсифікація діяльності високотоварних сільськогосподарських підприємств / В. Є. Данкевич // Вісник ЖНАУ. – 2010. – № 1. – Т. 2. Економічні науки. – С.147–155.
7. Ткачук В. І. Мотиваційні засади диверсифікації діяльності аграрних підприємств / В. І. Ткачук // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). – 2013. – № 1 (3). – С. 263–271.
8. Грицюк П.М. Аналіз, моделювання та прогнозування динаміки врожайності озимої пшениці в розрізі областей України: монографія. – Рівне: НУВГП, 2010. – 350 с.
9. Грицюк П.М. Оптимізація структури рослинної галузі Рівненської області // Економіка АПК. – 2013, №1 (219). – С. 24–30.
10. Забуранна Л.В. Економічна ефективність виробництва зерна та шляхи її підвищення в сільськогосподарських підприємствах / Л. В. Забуранна // Економіка АПК. – 2014. – № 3. – С. 55–61.

11. Заболоцький Т.М. Моделювання за альтернативними гіпотезами в управлінні портфелем фінансових активів: автореферат дис. ... д-ра екон. наук : спец. 00.08.11 / Т.М. Заболоцький. – Київ : КНЕУ імені В. Гетьмана, 2017. – 36 с.
12. Экономическая энциклопедия / Ин-т экономики; Гл. ред. Л. И. Абалкин. – М.: Экономика, 1999. – 1055 с., - с. 161.
13. Борщук І. В. Ризик і дохідність при портфельному інвестуванні комерційних банків / І. В. Борщук // Фінанси України. – 2002. – № 7. – С. 115–126.
14. Куц О. О. Методи управління інвестиційним портфелем банку та їх характеристика / О. О. Куц // Інвестиції: практика та досвід. – 2011. – № 10. – С. 12-16.
15. Фірсова М. О. Моделювання інвестиційного портфеля акцій українських компаній на основі моделі квазі-Шарпа / М. О. Фірсова // Інвестиції: практика та досвід. – 2014. – № 2. – С. 76-78.
16. Зінчук Т. О. Теоретико-методологічні засади диверсифікації сільської економіки в контексті європейського досвіду / Т. О. Зінчук, В. І. Ткачук // Економіка АПК. – 2011. – № 1. – С. 27–34.
17. Стратегія розвитку Рівненської області на період до 2020 року : Рівненська обласна державна адміністрація [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rv.gov.ua/siteweb/main/ua/15565.html>
18. Bollerslev T. Modeling the coherence in short-run nominal exchange rates: a multivariate generalized ARCH model / T. Bollerslev // The review of economics and statistics. – 1990. – № 72. – P. 498–505.
19. Fama E. F. Foundations of finance / E. F. Fama. – New York : Basic Books. 1976. – 391 p.
20. Harry Markowitz. Portfolio Selection / The Journal of Finance, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), pp. 77-91.
21. Markowitz H. Foundations of portfolio theory / H. Markowitz // Journal of finance. – 1991. – № 7. – P. 469–477.
22. Хохлов В. Ю. VaR и проблема «больших хвостов» распределения доходности / В. Ю. Хохлов // Риск-менеджмент в кредитной организации. – 2012. – № 2. – С. 35–49.
23. Embrechts P. Modelling extremal events for insurance and finance / P. Embrechts, S. Kluppelberg, T. Mikosch. – Berlin : Springer. 1997. – 655 p.
24. Pflug, G. Ch. Some remarks on the value-at-risk and conditional value-at-risk / G. Ch. Pflug // Probabilistic constrained optimization : methodology and applications / ed. S. Uryasev. – Netherlands : Kluwer. 2000. – P. 272–281.
25. P.M. Hrytsiuk, T.Yu. Babych. Mathematical modelling of grain production profitability in Ukraine taking into account risks. - Int. J. Risk Assessment and Management. – 2017. - Vol. 20, No. 4. – pp.307 – 321.

## **OPTIMIZATION OF CROP INDUSTRY RIVNE REGION'S STRUCTURE, TAKING INTO ACCOUNT RISKS**

**Hrytsiuk P.M., Babych T.Yu.**

*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

Crop production is the main branch of the Ukrainian agro-industrial complex. The subject of this research is the optimization of plant growing structure in Rivne region, taking into account the associated risks. Increasing the efficiency of production can be achieved by redistributing existing sown areas. Such distribution should be well-grounded by optimizing economic and mathematical modeling.

The paper considers the Markowitz's optimal portfolio theory application to agro-production. Formulation of the problem finding the minimum risk with the established value of the plant growing profitability, as well as the task of finding the maximum profitability at a limited level of risk is made. An effective set of agricultural crops sown area optimal portfolio of the Rivne region has been formed. The maximal possible level of profitability and the minimum possible risk of the plant branch are determined. The technic of taking into account the combined effect of economic and weather-climatic risks on the crop production is developed. It has been shown that the main contribution to the overall crop risk is an economic risk.

*Key words:* crop production, profitability, risk, portfolio of agricultural cultures.