

Фінанси, банківська справа та страхування

УДК 368.5

**Писаренко Надія Василівна**

*аспірантка*

*Київського інституту банківської справи*

**Писаренко Надежда Васильевна**

*аспирантка*

*Киевского института Банковского дела*

**Pisarenko Nadiya**

*Graduate Student of*

*Kyiv Institute of Banking*

**ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ  
У СТРАХУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР  
ПРИМЕНЕНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В  
СТРАХОВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР  
APPLICATION OF ECONOMIC-MATHEMATICAL MODELS IN  
INSURANCE OF AGRICULTURAL CULTURES**

*Анотація.* В статті висвітлені характерні особливості процесу аграрного страхування сільськогосподарських культур та обґрунтовано їх врахування в застосуванні актуарних розрахунків. Представлено економіко-математичні моделі, які висвітлюють економічну діяльність основних учасників операцій по страхуванню виробництва рослинницьких культур. Наголошено на тому, що для створення зручних та оптимальних програм страхування врожаю необхідно враховувати фактори впливу на врожайність страхової культури та інтереси усіх учасників аграрного страхування. Представлено до розгляду мінімальний набір критеріїв для оцінки програми агрострахування в контексті сільськогосподарських

культур. Запропоновано зручні способи обчислення таких критеріїв на прикладі поширеної мультиризикової програми страхування. З'ясовано, що на показники врожайності сільськогосподарських культур можуть впливати фактори, які потрібно враховувати для прогнозування майбутнього врожаю. Зауважено, що для складання страхового договору із декількома страхувальниками за декількома видами сільськогосподарських культур, потрібно ознайомитися із інформацією про врожайність культур, які будуть застраховані. А для зручності визначення перспективного врожаю конкретного аграрного господарства корисно буде поділити територію країни на природно-кліматичні зони, в яких будуть визначати коефіцієнт середньої врожайності сільськогосподарських культур, порівнюючи цей коефіцієнт по всій страховій зоні і конкретного господарства за останні кілька років. Пропонується розрахувати параметри страхової програми сільськогосподарської культури враховуючи набори різних значень коригуючих коефіцієнтів. Наведено методичку актуарних розрахунків страхових тарифів щодо страхування посівів сільськогосподарської продукції. Запропоновано оптимальний варіант застосування економіко-математичних моделей в актуарних розрахунках для страхування сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** агрострахування, страховий продукт, страхові тарифи, тарифні ставки.

**Аннотація.** В статье рассмотрены характерные особенности процесса аграрного страхования сельскохозяйственных культур и обосновано их учет в применении актуарных расчетов. Представлены экономико-математические модели, которые освещают экономическую деятельность основных участников операций по страхованию производства растениеводческих культур. Отмечено, что для создания

*удобных и оптимальных программ страхования урожая необходимо учитывать факторы влияния на урожайность страховой культуры и интересы всех участников аграрного страхования. Представлены к рассмотрению минимальный набор критериев для оценки программы агрострахования в контексте сельскохозяйственных культур. Предложено удобные способы вычисления таких критериев на примере распространенной мультирисковой программы страхования. Выяснено, что на показатели урожайности сельскохозяйственных культур могут влиять факторы, которые нужно учитывать для прогнозирования будущего урожая. Замечено, что для составления страхового договора с несколькими страхователями по нескольким видам сельскохозяйственных культур, нужно ознакомиться с информацией об урожайности культур, которые будут застрахованы. А для удобства определения перспективного урожая конкретного аграрного хозяйства полезно будет разделить территорию страны на природно-климатические зоны, где будут определять коэффициент средней урожайности сельскохозяйственных культур, сравнивая этот коэффициент по всей страховой зоне и конкретного хозяйства за последние несколько лет. Предлагается рассчитать параметры страховой программы сельскохозяйственной культуры, учитывая наборы различных значений корректирующих коэффициентов. Приведена методика актуарных расчетов страховых тарифов по страхованию посевов сельскохозяйственной продукции. Предложен оптимальный вариант применения экономико-математических моделей в актуарных расчетах для страхования сельскохозяйственных культур.*

**Ключевые слова:** *агрострахования, страховой продукт, страховые тарифы, тарифные ставки.*

**Summary.** *In the articles lighted up characteristic features of process of*

*agrarian insurance of agricultural cultures and their taking into account is reasonable in application of actuarial calculations. Economic-mathematical models that light up economic activity of basic participants of operations on insurance of production of plant-grower cultures are presented. It is marked that for creation of the comfortable and optimal programs of insurance of harvest it is necessary to take into account the factors of influence on the productivity of insurance culture and interests of all participants of agrarian insurance. The minimum set of criteria is presented to consideration for the estimation of the program of aggroinsurance in the context of agricultural cultures. The comfortable methods of calculation of such criteria offer on the widespread multirisk sample of insurance program. It is found out, that factors that needs to be taken into account for prognostication of future harvest can influence on the indexes of the productivity of agricultural cultures. It is noticed that for the stowage of insurance agreement with a few insure after a few types of agricultural cultures, it is needed to become familiar with information about the productivity of cultures that will be insured. And for comfort of determination of perspective harvest of certain agrarian economy it will be useful to divide territory countries on natural and climatic zones, in that will determine the coefficient of the middle productivity of agricultural cultures, comparing this coefficient of the middle productivity on all insurance zone and certain economy for a few last years. It is suggested to expect the parameters of the insurance program of agricultural culture, taking into account the sets of different values of correcting coefficients. Methodology over of actuarial calculations of insurance tariffs is brought in relation to insurance of sowing of agricultural produce. The optimal variant of application of economic-mathematical models offers in actuarial calculations for insurance of agricultural cultures.*

**Key words:** *aggroinsurance, insurance product, insurance tariffs, tariff rates.*

**Постановка проблеми.** Основним способом забезпечення фінансової стійкості аграрних виробників є страхування сільськогосподарських ризиків. В умовах сучасного суспільства страхування перетворилося на універсальний засіб відшкодування шкоди практично у всіх галузях людської діяльності. Практично для всіх видів страхування, розроблені зручні методики, засновані на статистичних даних, які використовують сучасні досягнення актуарної математики. Виняток становить страхування в сільському господарстві і особливо в його рослинницької галузі. Недостатня кількість зручних програм для страхування сільськогосподарських культур спонукає до пошуку зручних та оптимальних економіко-математичних моделей для застосування в актуарних розрахунках у процесі агрострахування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Концептуальні положення теорії і методології актуарних розрахунків у аграрному страхуванні відображені у працях вчених В. Кисельов [1]; А. Бойков [2]; І. Стемковська [3], Н. Бауерс [4], Н. Писаренко [5] та ін. Проте, питання розвитку аграрного страхування – багатогранний процес, що потребує здійснення подальших досліджень, особливо у сегменті фінансово-економічних відносин, які формуються між суб'єктами ринку страхування сільськогосподарських культур.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Визначити характерні особливості процесу аграрного страхування та запропонувати оптимальний варіант застосування економіко-математичних моделей в актуарних розрахунках для страхування сільськогосподарських культур.

**Виклад основного матеріалу.** Важливим і невід'ємним елементом створення і реалізації якісного страхового продукту є актуарно збалансовані страхові тарифи. Розрахунок оптимальних, досконалих, збалансованих страхових тарифів та тарифних ставок, залежать від професійних прорахунків актуаріїв та зручних економіко-математичних

моделей в агрострахуванні [5].

Основні особливості страхування сільськогосподарських культур представлені Рис.1.

Основна особливість полягає в тому, що для обґрунтування різних програм агрострахування не вистачає головного - достатньої централізованої бази інформаційних ресурсів сільськогосподарських товаровиробників для страхування ризиків [6].



**Рис. 1** Особливості страхування сільськогосподарських культур

Джерело: складено автором

Другою важливою особливістю є кореляційність страхових випадків, що пояснюється тим, що багато застрахованих сільськогосподарських підприємств знаходяться в одній агрокліматичній зоні, і якщо в певний рік склалися несприятливі погодні умови в цій зоні, то недобір врожаю буде у всіх застрахованих господарств цієї зони і їм усім доведеться виплачувати



заподіяну погодою збиток, а це можливо тільки при наявності великих коштів, які страхова компанія може накопичити в інші сприятливі роки. Це суттєва відмінність агрострахування від інших класичних видів страхування, коли страхові випадки незалежні і одночасно відбуваються лише у малій частині страхувальників і страхові виплати можна проводити за рахунок великої кількості інших учасників страхової компанії, що не потерпіли шкоди [2].

Третьою особливістю, що відрізняє агрострахування від класичних видів страхування, є оцінка участі застрахованих природних факторів в недоборі врожаю. Достовірне оцінювання втрат врожаю є дуже складним завданням. Величина втрат залежить не тільки від природних (об'єктивних) факторів, а й від людського фактора, яким є виробнича діяльність агрофірми.

Для створення зручних програм страхування врожаю необхідно враховувати всі перелічені фактори, а також інтереси всіх учасників страхування. Участь держави, точніше - її підтримка, як показує міжнародний досвід, є обов'язковою. Всі ці вимоги необхідно враховувати при складанні конкретних програм страхування, їх можна виконати тільки залучаючи методи системного аналізу, зокрема методи теорії дослідження операцій, аналізу багатокритеріальних задач з неповною інформацією, а фундаментом таких досліджень є математичні моделі.

Сільськогосподарське виробництво складається з двох галузей - рослинництва і тваринництва, страхові програми також діляться на дві групи - страхові програми в рослинництві та страхові програми в тваринництві. Найбільш складне страхування - страхування при виробництві рослинницької продукції.

У світі існує два види програм - програми страхування врожайності і програми страхування доходів, які гарантують компенсацію втрат виробника сільськогосподарської продукції не тільки від неврожаю, а й від

падіння цін на вироблену продукцію.

У розробці програми агрострахування беруть участь три учасники: страхова компанія, страхувальник - аграрна фірма і держава. У кожній стороні є свої інтереси, які можна описати набором критеріїв. Значення критеріїв з цього набору визначають властивості кожної програми страхування. Але, деякі критерії з цього набору суперечливі, оскільки, наприклад, страхова фірма бажає максимізувати свій дохід, а дохід страхової фірми виходить з виплат страхувальника. Наведемо мінімальний набір критеріїв для оцінки програми агрострахування:

- $\Phi_0$  - частка участі держави в даній програмі;
- $\Phi_1$  - середній дохід агрофірми;
- $\Phi_2$  - ймовірність недоотримання запланованого врожаю (або, величина цього запланованого врожаю);
- $\Phi_3$  - середній дохід страхової компанії;
- $\Phi_4$  - ймовірність нерозорення (стабільності) страхової компанії, яка, визначається її початковим капіталом.

Значення критеріїв з цього набору визначають властивості кожної програми страхування. А значення цих критеріїв залежать від деяких параметрів конкретної програми, які потрібно зазначити перед оголошенням змісту програми.

Пропонуємо способи обчислення таких критеріїв на прикладі поширеної мультиризикової програми страхування.

Для випадку страхування врожаю однієї культури тільки однією компанією за умови, що відома емпірична функція розподілу врожайності культури потрібно врахувати такі компоненти [1]:

$S$  – застрахована площа;

$Y - i \quad y+$  - мінімальна і максимальна врожайності;

$E_y$  - середнє значення врожайності;



$c$  – ціна одиниці отриманої продукції;

$y\alpha$  – значення врожайності, нижче якої страхова компанія виплачує страхове відшкодування, що дорівнює вартості недоотриманого врожаю;

$\pi$  – страховий внесок (страхова премія).

Зазвичай значення страхової врожайності задають у вигляді [1]:

$$y\alpha = \alpha E y \quad (1)$$

де  $0 < \alpha < 1$  - деякий коефіцієнт.

При зроблених припущеннях страхова сума, виходячи з якої визначається величина страхового внеску, дорівнює:

$$\pi = c S y_\alpha \quad (2)$$

Страховий внесок (страхова премія) - це плата за страхування - сума, яку страхувальник повинен заплатити страховій компанії, дорівнює:

$$\pi = \delta c S y_\alpha \quad (3)$$

де  $0 < \delta < 1$  - страховий тариф - ставка страхової компанії, що складається з урахуванням фінансового благополуччя страховика.

З іншого боку, в страховій справі прийнято [1], що страхова премія призначається за умови:

$$\pi = c S (1 + \theta) E r \quad (4)$$

де  $\theta > 0$  - величина страхової надбавки;

$r$  - страхове відшкодування:

$$r = c S (y - y_\alpha)_+ \quad (5)$$

(нижній знак (+) означає функцію Хевісайда).

Якщо вважати, що частина  $0 < \gamma < 1$  страхової премії виплачується із державного бюджету. Тоді, страхувальник повинен заплатити страховій компанії тільки величину  $(1 - \gamma) \pi$ , за такою програмою страхування.

Потрібно навести такі співвідношення при нарахуванні величини страхового тарифу:

$$\delta = (1 + \theta) \int_{y-}^{y_a} (1 - \frac{y}{y_a}) f(y) dy \quad (6)$$

$\delta$  - величина страхового тарифу

$\theta$  - величина страхової надбавки

$ED$  - середній дохід страхової компанії.

$$ED_I = cS\theta \int_{y-}^{y_a} (y_a - y) f(y) dy = cS\theta Er \quad (7)$$

Для опису процесів, що відбуваються в системі страхування сільськогосподарських культур, необхідно знати розподіл випадкової величини - врожайності страхованої культури [3]. Для цього необхідно мати досить довгі статистичні ряди. Така інформація є як для всієї України в цілому, так і для окремих адміністративних одиниць в щорічних статистичних довідниках. Під час аналізу таких рядів, було з'ясовано, що на показники врожайності сільськогосподарських культур можуть впливати такі основні фактори:

- природно-кліматичні умови, які з часом мають тенденцію до зміни;
- науково-технічний прогрес - використання нових сучасних технологій і сучасної техніки, посіви перспективних сортів сільськогосподарських культур;
- людський фактор - якість виконуваних робіт.

Таким чином, будувати за наявними статистичними рядами емпіричні функції розподілу і прогнозувати на перспективу врожайності, спираючись тільки на наявні статистичні дані, потрібно дуже обережно. Якщо перший – природно-кліматичний фактор визначає в основному непередбачуваність одержуваних урожаїв, то другий і третій фактори в значній мірі визначають стараність та наполегливість страхувальників.

Якщо, страхова компанія укладає страховий договір з багатьма сільськогосподарськими підприємствами за декількома видами культур, тоді для виважених дій повинна знати інформацію про врожайність культур, які будуть застраховані у цих господарствах. Таких аграріїв-

страхувальників може бути дуже багато, тому потрібен спосіб використання агрегованої інформації. Корисно застосовувати поділ всієї території країни на природно-економічні зони, які визначаються середньою оцінкою ріллі (в балах), середньорічною температурою, сумою температур вище десяти градусів, кількістю опадів, тривалістю безморозного періоду [1].

Коефіцієнт середньої врожайності, можна отримати, порівнюючи середні врожайності по всій страховій зоні і конкретного господарства за останні кілька років.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Таким чином, досліджуючи набір різних значень коригуючих коефіцієнтів, потрібно розрахувати параметри страхової програми сільськогосподарської культури та укласти договори з кожним господарством, виходячи з цих значень. За цими даними необхідно уточнювати конкретні параметри програм страхування. Параметри повинні бути конкретизовані для кожної культури і для кожного регіону і не повинні бути фіксованими для всієї країни. Такий підхід, пов'язаний з моделюванням прогнозних значень врожайності, просто необхідний для виробників сільськогосподарської продукції, які переходять на інноваційні технології виробництва та мають привести до значного зростання врожайності, який потрібно вміти прогнозувати.

### **Література**

1. Кисельов В.Г. Экономико-математические модели в системе агрострахования / В.Г Кисельов // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ - 2014[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/5919.pdf>
2. Бойков А.В. Страхование: актуарные расчеты и математические модели страхования /А.В. Бойко. – М .: ОРГСЕРВИС-2000, 2008. -

172 с.

3. Стемковська І.В. Актуарні розрахунки: підходи до визначення та їх методика щодо страхування посівів сільськогосподарських культур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Economica/article/view/6065>
4. Бауерс Н. Актуарна математика / Н. Бауерс, Х. Гербер, Д. Джонс, С. Несбіт, Дж. Хикман. – М.: Янус-К, 2001., 655 с.
5. Писаренко Н.В. Сучасний стан та перспективи розвитку актуарних розрахунків в аграрному страхуванні / Н.В. Писаренко // Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку Науково-практичний журнал. – К.: Міленіум, 2018. – №15. – С. 107-120.
6. Писаренко Н.В. Формування системи інформаційного забезпечення сільськогосподарських товаровиробників у процесі страхування аграрних ризиків / Н.В. Писаренко // Збірник наукових праць КНЕУ: Стратегія економічного розвитку України – 2018. – №42. – С. 162-176.

### **References**

1. Kiselov V.G. Ekonomiko-matematicheskie modeli v sisteme agrostrakhovaniya / V.G Kiselov // XII Vserosiyskoe soveshchanie po problemam upravleniya VSPU - 2014 [Yelektronniy resurs] – Rezhim dostupu: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/5919.pdf>
2. Boykov A.V. Strakhovanie: aktuarnye raschety i matematicheskie modeli strakhovaniya /A.V. Boyko. – М.: ORGSYeRVIS-2000, 2008. 172 s.
3. Stemkovsjka I.V. Aktuarni rozrakhunky: pidkhody do vyznachennja ta jikh metodyka shhodo strakhuvannja posiviv siljsjkoghospodarsjkykh kuljtur [Elektronnyj resurs]. – Rezhym dostupu : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Economica/article/view/6065>
4. Bauers N. Aktuarna matematyka / N. Bauers, Kh. Gherber, D. Dzhons, S.

Nesbit, Dzh. Khykman. – M. : Janus-K, 2001., 655 s.

5. Pysarenko N.V. Suchasnyj stan ta perspektyvy rozvytku aktuarnykh rozrakhunkiv v aghrarnomu strakhuvanni / N.V. Pysarenko // Problemy innovacijno-investytsijnogho rozvytku Naukovo-praktychnyj zhurnal. – K.: Milenium, 2018. – №15. – S. 107-120.
6. Pysarenko N.V. Formuvannja systemy informacijnogho zabezpechennja siljsjkoghospodarsjkykh tovarovyrobnykiv u procesi strakhuvannja aghrarnykh ryzykiv / N.V. Pysarenko // Zbirnyk naukovykh pracj KNEU: Strateghija ekonomichnogho rozvytku Ukrainy – 2018. – №42. – S. 162-176.