

DOI:
АНАЛИЗ РИСКОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Киселев В.Г.

ФИЦ ИУ РАН Вычислительный центр им. А.А. Дородницына , г. Москва

vgkiselev@yandex.ru

Аннотация: В работе рассматриваются риски, которым подвержены фермерские хозяйства, специализирующиеся на производстве в двух отраслях: растениеводстве и животноводстве. Перечислены способы борьбы с этими рисками. Более подробно рассматриваются в качестве этих способов страхование и хеджирование. В животноводстве в случае нехватки кормов предлагается способ максимизации производимой продукции на основе динамической модели животноводства. . Обсуждаются связанные с этим проблемы информационного обеспечения.

Ключевые слова: риски, урожайность, доход, страхование, хеджирование, фьючерсы, опционы, имитационное моделирование.

Введение

Мы не можем влиять на погоду и зависим от ее капризов, в частности, при выращивании сельскохозяйственных культур в естественных условиях под открытым небом. Одно единственное неблагоприятное погодное событие может уничтожить плоды всех усилий производителя сельскохозяйственной продукции.

В сельском хозяйстве имеются две основные отрасли: растениеводство и животноводство. Растениеводческая отрасль является одним из самых рискованных производств. В этой отрасли риски связаны с неопределенностью в урожайности выращиваемых культур и с ценой на производимую продукцию.

Известны три способа борьбы с рисками в таких производствах, каким является растениеводство в сельском хозяйстве. Это: диверсификация производства, страхование и, наконец, хеджирование. Диверсификация производства в растениеводстве – это выращивание некоторого расширенного набора культур и в данной работе не рассматривается, поскольку объект исследования – это фермерские хозяйства, специализирующиеся на производстве монокультуры.

Агрострахование, как способ борьбы с погодными рисками, подробно было изучено в [5-6] и эти результаты будут здесь использоваться. Хеджирование, как способ борьбы с ценовыми рисками, широко используется на финансовых рынках. Здесь же известные методы ценового хеджирования применяются к сельскохозяйственной специфике.

В животноводстве рисками являются падеж животных и недополучение необходимого количества корма. Если падеж животных страхуется традиционным способом, то проблему недополучения нужного количества корма нужно решать как задачу максимального использования этого корма, т.е. получения максимальной продукции как в этом году, так и в последующие годы.

1 Обзор литературы по борьбе с рисками в сельском хозяйстве.

Проблема агрострахования является частной проблемой общего страхования и общие вопросы актуарной математики рассмотрены в классической книге [1]. В данной работе нас интересует обзор литературы по агрострахованию. Эта проблема агрострахования рассматривается во многих публикациях как отечественных, так и зарубежных авторов. Можно привести в качестве примера работы [2-3], которые носят в значительной степени описательный характер. Однако имеются и математические исследования данной проблемы, например, в работах зарубежных авторов [8]. Проблема агрострахования всесторонне исследовалась и автором данной работы [5-6].

Проблеме управления сельскохозяйственными рисками с помощью хеджирования посвящено гораздо меньше работ. В качестве отечественных работ, затрагивающих данную проблему, можно привести, например, работы [7], которые носят постановочный характер. В качестве примера работ, использующих математический аппарат для описания и решения проблемы хеджирования можно привести иностранные работы [8].

Проблема рационального использования имеющихся дефицитных кормов с возможностью изменения структуры стада животных (именно так предлагается бороться с рисками в животноводстве) рассматривается в оригинальной работе [4].

2 Цель и задачи исследования

Целью данной работы является анализ проблемы управления рисками в сельском хозяйстве и разработка методов решения этой проблемы. В растениеводческой отрасли, которой будет уделено особое внимание, подразумевается использование страхования и различные методы ценового хеджирования. В животноводстве для борьбы с рисками планируется разработать метод получения максимальной продукции при недостатке кормов. Все эти работы должны основываться на наличии достаточной информации. Получение такой информации также является задачей исследования. Разрабатываемые методы в качестве исходной информации должны использовать реально имеющуюся информацию, т.е. имеющиеся временные ряды урожайностей культур и реальную информацию относительно рынка производимой продукции.

3 Анализ одной программы страхования урожая.

Существует два типа программ агрострахования: программы страхования урожая и программы страхования дохода. Первый тип программ гарантирует фермеру получение продукции не меньше некоторого застрахованного уровня, а страхование дохода обеспечивает фермеру получение дохода, не меньше запланированной величины, т.е. страхуется и потеря урожайности и снижение цен на производимую продукцию.

Выясним сейчас смысл агрострахования. Для этого рассмотрим основные характеристики одной из самых распространенных программ страхования – мультирисковой программы страхования урожая. Рассмотрим случай страхования урожая одной культуры одной фирмой на площади S . Пусть y_- и y_+ – минимальная и максимальная урожайности соответственно, а Ey – ее среднее значение. Пусть прогнозная цена единицы полученной продукции равна c . Страховая урожайность y_α – то значение урожайности, ниже которой страховая компания выплачивает страховое возмещение, равное стоимости недополученного урожая. Обычно значение страховой урожайности задают в виде $y_\alpha = \alpha Ey$, где $0 < \alpha < 1$ – некоторый коэффициент. При сделанных предположениях страховая сумма, исходя из которой определяется величина страхового взноса, равна cSy_α . Страховая премия – это плата за страхование – сумма, которую страхователь должен заплатить страховой компании, равна $\pi = \delta cS y_\alpha$, где $0 < \delta < 1$ – страховой тариф – ставка страховой компании, задаваемая ею с учетом собственного финансового благополучия. С другой стороны, как это принято в страховом деле [1], страховая премия вычисляется из условия $\pi = cS(1 + \theta)Er$, где $\theta > 0$ – величина страховой надбавки, а страховое возмещение $r = \max[0, cS(y - y_\alpha)]$. Величины страхового тарифа и страховой

надбавки связаны соотношением $\delta = (1 + \theta) \int_{y_-}^{y_\alpha} (1 - \frac{y}{y_\alpha}) f(y) dy$. Далее, будем считать, что часть $0 < \gamma < 1$ страховой премии выплачивается из федерального и местного бюджетов. Такова программа страхования.

Перечислим теперь минимальный набор критериев для оценки фермером этой программы агрострахования. Это: Φ_1 – средний доход агрофирмы и Φ_2 – вероятность недополучения запланированного урожая. Второй показатель, ради чего и производится страхование, – это надежность получения урожая. Здесь все просто. Если страховая урожайность равна y_α , $P(y < y_\alpha) = p_\alpha$, то это значит, что с вероятностью p_α будет недобор (до застрахованного уровня), который в какой-то мере будет компенсироваться страховой компанией.

Теперь об экономическом показателе фермерского производства. Средний доход равен

$$\frac{1}{cS} ED_f = Ey + \psi \int_{y_-}^{y_\alpha} (y_\alpha - y) f(y) dy = Ey + \psi Er, \quad \text{где} \quad \psi = \gamma - \theta(1 - \gamma) -$$

очень важный показатель – индикатор программы страхования. Отсюда следует, что при $\psi > 0$ средний доход агрофирмы при страховании больше среднего дохода без страхования.

Это условие выполняется, когда рискованная надбавка невелика и величина господдержки достаточна. При отсутствии господдержки ($\gamma = 0$) при страховании средний доход фирмы убывает и тем меньше, чем выше уровень страхования y_α .

Таким образом, для оценки фермером страховой программы мы имеем два критерия Φ_1, Φ_2 .

Задачу выбора стратегии страхования фермер должен решить неформально, используя, например, паретовское множество решений и из этого множества выбрать значения y_α и S и сообщить свое решение страховщику. Рассмотрим сейчас эти критерии, используя приведенные выше соотношения. За стабилизацию производства надо платить – это выражается в виде премии, выплачиваемой фермером страховой компании. При отсутствии государственной поддержки средний доход фермера уменьшается и становится тем меньше, чем выше уровень страхования. Тогда возникает вопрос: зачем вообще нужно страхование в таком случае? В общих чертах ответ такой: для стабилизации производства, эффект от которого часто трудно описать количественно. Жизненный опыт показывает, что люди в большинстве случаев не склонны к риску и поэтому они согласны отказаться от большей прибыли ради уменьшения риска потерь. Далее, имеется экономическое обоснование. Ведь для того, чтобы рассчитывать в хозяйственной деятельности на среднюю урожайность, необходимо складировать производимый продукт (если он складировуемый), что ведет к дополнительным затратам.

Наконец, приведем исторический пример, когда неурожай привел к катастрофическим последствиям. Это пример правления царя Бориса Годунова, когда неурожай, продолжавшийся в течении трех последовательных лет, привел к известным трагичным политическим последствиям.

Таким образом, мы видим, что в страховании урожая имеются как положительные, так и отрицательные стороны. Аналогичные оценки справедливы и для программ страхования урожая, когда страхуется не только потеря урожая, но и риски снижения цены на производимую продукцию. Поэтому возникает мысль о том, что может быть следует дополнить страхование некоторым хеджированием или, быть может, вообще ограничиться каким-либо вариантом хеджирования без страхования. Чтобы решить подобную проблему необходимо рассмотреть сначала различные варианты хеджирования.

4 Хеджирование сельскохозяйственного производства с помощью форвардных и фьючерсных контрактов

Под хеджированием в широком смысле понимаются действия, уменьшающие потери на наличном рынке за счет проведения сделок на финансовом рынке. Для фермера потерями являются недополучение плановой урожайности и снижение на наличном рынке запланированной цены на производимую продукцию. Как правило, для продавца под хеджированием понимают защиту от снижения цен. Этот вид хеджирования и будет рассматриваться в данном разделе. В перспективе предполагается рассмотреть хеджирование в случае недополучения планируемого урожая.

4.1 Форвардное хеджирование

Это самый простой способ хеджирования. Он заключается в следующем: фермер (продавец) заключает непосредственную сделку с покупателем о продаже ему определенного количества товара по заранее оговоренной (форвардной) цене в определенный, заранее оговоренный момент; В момент заключения контракта никто ничего не платит.

Таким образом, фермер с заключением форвардного контракта гарантирует себе получение определенного дохода, но в то же время он теряет возможность получить дополнительный доход при более высокой цене на наличном рынке, чем договоренная форвардная цена.

Неудобство форвардного контракта заключается в том, что фермер непосредственно должен искать себе покупателя на свой товар и в отсутствии гарантии на исполнение этого контракта.

4.2 Фьючерсное хеджирование

Фьючерсный контракт (для продавца – фермера) – это обязательство поставить определенное количество товара по определенной цене в указанном месте на заранее договоренную дату. Фьючерсный контракт стандартизирован по следующим пунктам: количество, качество, время и место поставки. Цена устанавливается на сырьевой бирже в ходе свободного биржевого торга.

Расчеты по фьючерсному контракту продажи, заключенному весной во время посева, проводятся осенью после уборки урожая путем заключения компенсационной сделки покупки или поставкой реального товара по условиям заключенной сделки. Как показывает практика, последний случай по сельскохозяйственным сделкам реализуется менее, чем в 2% случаях.

Функция фьючерсной биржи сводится к организации всего процесса торговли, выступая в качестве посредника при установлении цены в ходе биржевого торга, предоставлении торговых площадок.

Фьючерсная сделка защищена от риска невыполнения контракта благодаря механизму применения маржи. Маржа в данном случае фьючерсной торговли – это средства, которые фермер (продавец фьючерсного контракта) должен передать в качестве залога брокерской конторе, а та, в свою очередь, передает их клиринговой палате – организатору исполнения сделки. Величина маржи определяется брокерской фирмой с учетом правил брокерской и клиринговой палат. Обычно величина маржи выражается в процентах от величины сделки.

Теперь о сути фьючерсного хеджирования. Пусть цена на продукт упала. Поскольку цены на товар на наличном и фьючерсном рынках имеют тенденцию к коррелированности, то и фьючерсная цена уменьшилась и убытки, понесенные на наличном рынке из-за снижения цен, будут в какой-то степени компенсироваться на фьючерсном рынке путем заключения фьючерсной сделки покупки фьючерсного контракта с теми же параметрами, что и в заключенном ранее контракте продажи, но по другой, более низкой осенней фьючерсной цене. Говорят, что при этом занимает противоположная позиция на фьючерсном рынке и реальном рынке.

Рассмотрим теперь случай, когда цена на наличном рынке осенью стала больше прогнозируемой. Тогда фермер продает свой товар на наличном рынке и получает выигрыш по сравнению с планируемым. Но из-за коррелированности наличных и фьючерсных цен и фьючерсная цена выросла. Поэтому при закрытии весенней фьючерсной позиции путем покупки такого же количества фьючерсов, но по более высокой цене, фермер понесет убытки, которые компенсируют выигрыш на наличном рынке.

Такой тип хеджирования называется коротким хеджем. Недостатком короткого хеджа является то, что утрачивается возможность получить прибыль от повышения цен.

4.3 Сравнение стратегий форвардного и фьючерсного хеджирования

Описанные выше две стратегии хеджирования обладают разными свойствами и выбор одной из них неоднозначен. Это относится и к другим стратегиям, которые будут описаны позже, но сейчас проиллюстрируем это на самом простом примере хеджирования форвардным и фьючерсным контрактами. Сравним эти контракты. Фьючерсный контракт – это по существу тот же форвардный контракт, но со стандартизированными параметрами, и торговля которым производится на бирже.

Форвардный контракт заключается непосредственно с конкретным покупателем, которого можно найти в этом же районе. Условия этой сделки, возможно, далеко не оптимальные. Заключение фьючерсного контракта на продажу проводится в гораздо более благоприятных условиях на фьючерсной бирже с незнакомыми, возможно, более выгодными, покупателями, поскольку круг этих покупателей гораздо шире, чем при форвардной торговле. Но за эти удобства требуется платить в виде определенной страховой маржи. Таким образом, при одном и том же уровне хеджирования риска заключение фьючерсного контракта с использованием фьючерсной биржи гораздо более удобнее и, возможно, более выгоднее в смысле продажной цены, но за эти преимущества следует платить. И еще, выбор стратегии хеджирования зависит от того, кто продает выращенный товар. Если это простой фермер, не знакомый с биржевыми технологиями, то он наверняка выберет форвардный контракт.

5 Стратегии хеджирования сельскохозяйственного производства опционами

Опцион (в рассматриваемом случае для фермера) – это право купить или продать определенный фьючерс по заранее установленной цене в будущем. Опцион ПУТ – подразумевает право на продажу базового фьючерсного контракта по определенной, заранее установленной цене, опцион КОЛЛ – право на покупку того же. Цена СТРАЙК – это фиксированная цена, оговоренная в опционе – цена исполнения опциона. Существуют два вида опционов: европейский, который может быть исполнен только в указанный срок, и американский, который может быть использован в любой срок до даты истечения.

Для покупки фермером любого опциона не требуется платить маржу – гарантийное обеспечение сделки. Но покупатель опциона вносит плату за права, которые дает опцион. Эта плата называется ПРЕМИЕЙ. Величина премии определяется в результате торгов между покупателями и продавцами с использованием технических возможностей биржи. Для опциона ПУТ премия возрастает с ценой страйк опциона, а для опциона КОЛЛ премия является убывающей функцией.

Приобретая опцион, фермер защищается от уменьшения цены и в то же время может получить прибыль при ее увеличении.

У продавца опциона имеются обязательства перед биржей и он обязан внести маржу – гарантию исполнения контракта.

Здесь будет рассмотрена только стратегия хеджирования, похожая на форвардное и фьючерсное хеджирование.

5.1 Стратегия хеджирования : покупка опционов ПУТ

Эта стратегия защищает от снижения цены и позволяет получить выгоду при их повышении. Действия фермера в этом случае следующие.

Весной, после анализа текущего состояния рынка и исходя из прогноза рынка на осень, фермер покупает опцион пут с исполнением осенью с выбранной страйк ценой. За это фермер платит премию в размере Π , которая зависит от страйк цены выбранного опциона. Осенью возможны два случая.

1⁰. Цена на реальном рынке меньше ожидаемой. Тогда в силу коррелированности рыночных и фьючерсных цен и фьючерсная цена меньше страйк цены ранее купленного опциона пут. В этом случае фермер продает базовый актив по страйк цене ранее купленного опциона пут. И тут же сразу перекупает его по текущей, более низкой цене. В результате этой офсетной сделки получается выигрыш RF , определяемый разностью $(c_{f0} - c_f)$ страйк цены c_{f0} и текущей фьючерсной цены c_f . Вычитая из этого выигрыша премию, уплаченную при покупке опциона пут, получаем чистую прибыль на фьючерсном рынке. Продав на рынке свой товар за $R(c)$, в результате проведенного хеджирования фермер получит чистую выручку в размере

$$RC = R(c) + RF(c_{f0} - c_f) - \Pi.$$

2⁰. Цена на актив выросла и стала больше страйк-цены. В этом случае можно либо позволить опциону истечь и продать товар по текущей рыночной цене или провести офсетную сделку по опциону пут при наличии у него остаточной временной стоимости. В первом (реальном) случае чистая выручка равна

$$RC = R(c) - \Pi.$$

5.2 Другие стратегии хеджирования

Выше были рассмотрены несколько способов ценового хеджирования производства сельскохозяйственной продукции. Можно предложить и другие способы, например, способы хеджирования, приведенные в [9], однако они более подходят для специалистов – брокеров, а в данной работе рассматриваются способы борьбы с рисками, пригодными для простых фермерских хозяйств.

Однако следует сделать одно важное замечание. Все эти способы относятся только к ценовому хеджированию, когда известен объем продаваемого товара, а в сельскохозяйственном производстве одним из важных рисков является нестабильность производства. Учет этого фактора совместно с ценовым риском является самостоятельной проблемой и в данной работе не рассматривается.

7 Борьба с рисками в животноводческой отрасли

В животноводстве риски бывают двух типов: падеж животных и недополучение кормов. Падеж животных страхуется обычным методом, а последствия недополучения корма зависят от той стратегии, которая будет применена в фермерском хозяйстве. Очевидно, что решения, принимаемые в текущий год, будут сказываться и в последующие годы и поэтому необходимо рассматривать динамику стада на годы вперед.

Кормовая база подвержена влиянию случайных погодных и других неопределенных факторов. К этим неопределенным факторам можно отнести, например, количество или цену закупаемых кормов. В данном случае мы можем лишь рассматривать некоторые возможные прогнозные варианты.

В текущий год, когда уже известно количество произведенных кормов, необходимо принимать оперативное решение по дальнейшему состоянию стада животных. Прежде чем рассматривать эти возможности, кратко опишем динамическую модель животноводческого стада [4], которая будет использоваться в дальнейшем.

Стадо домашних животных состоит из трех главных групп: основного стада, в котором содержатся взрослые особи (в стаде КРС – это стадо дойных коров), репродуктивного стада молодняка и откормочного стада – основного поставщика мясной продукции. В некоторых случаях отдельные группы животных могут отсутствовать, например, может отсутствовать откорм животных, когда откормочный молодняк стада продается в силу специализации хозяйства. Возможны и другие ситуации. Каждая из перечисленных основных групп в свою очередь состоит из других групп,

назначение которых будет пояснено ниже. Время пребывания животных в соответствующих группах известно.

Все связи между отдельными группами стада животных можно представить в виде ориентированного взвешенного графа. Каждая вершина этого графа характеризуется весом – численностью соответствующей группы животных, а дуги с приписанными к ним весами характеризуют интенсивность переходов между этими группами. Предполагается, что возможны различные технологии, характеризующиеся различными уровнями кормления и, соответственно, различной продуктивностью. Предполагается, что имеется возможность проводить забой в каждой из групп, тем самым регулируя их численность. Это и является управлением в данной задаче, т.е. имеется возможность переводить животных на более экономный рацион кормления при сохранении численности стада, а можно численность некоторых групп сократить.

В данной модели переменными являются $U_{ij}(\tau)$ – количество животных, перешедших из i -й группы в j -ю за временной интервал номера τ . Управлениями являются $V_i(t)$ – количество забитых животных из i -й группы за тот же интервал.

Динамическая модель функционирования стада домашних животных сводится к системе линейных ограничений вида $L(U_{ij}(\tau), V_i(\tau), \zeta_h(\tau)) \geq 0$, где $\zeta_h(\tau)$ – годовой запас корма вида h .

Данная модель применима для любой отрасли животноводства и даже птицеводства. В каждом конкретном случае меняется только структура графа и содержательный смысл вершин.

И критерий (производство продукции за ряд лет) и другие возможные дополнительные ограничения несложно записать, используя полученные соотношения, описывающие динамику различных групп стада. Ясно, что они будут линейными. Наконец, последнее замечание. Если в хозяйстве имеется несколько отраслей животноводства, то для оперативного управления требуется рассматривать многоотраслевую модель животноводства, которая состоит из независимых, но единообразных моделей отдельных отраслей, объединенных только общими ограничениями по кормам.

Одним из способов оперативного управления является способ, иногда называемый скользящим управлением, когда на ряд лет вперед задается прогноз неопределенных факторов и текущее управление принимается из условия достижения максимума некоторого функционала. Мы модифицируем этот метод и применим его к решению задачи оперативного управления. Будем считать, что начало года совпадает с началом стойлового периода, когда сделаны основные запасы корма. Сделаем еще одно упрощающее предположение, что известны все корма до конца года, включая те, которые будут выращены до начала следующего стойлового периода. Это нам нужно для того, чтобы интервал планирования можно было бы принять равным календарному году.

Рассмотрим следующую задачу управления.

К началу текущего года t известен годовой запас кормов $\xi(t)$. Кроме того, известен прогноз кормов на следующие годы: $\xi(t+1)$, $\xi(t+2)$. Найдем максимум функционала, но, вообще говоря, на бесконечном интервале времени. Из всей последовательности оптимальных управлений зафиксируем только управление $U(t)$ – вектор оперативного управления в год t .

Для реализации описанной процедуры на каждом шаге нужно, вообще говоря, решать оптимизационную задачу на бесконечном интервале времени. Это гарантирует от влияния величины рассматриваемого интервала на выбор управления на начальной стадии процесса. Заметим, что при решении задачи в момент t нам нужно избежать влияния интервала планирования только на текущее управление. Как показывает опыт решения подобных задач, для этого достаточно ограничиться небольшим количеством лет (не более десяти).

Метод p -траекторий оперативного управления

Опишем сейчас модификацию метода скользящего планирования, который применялся для решения задачи оперативного управления.

Для определения оперативного управления в текущий год воспользуемся следующим подходом. Будем считать, что из наблюдаемого состояния $\xi(t)$ в текущий год t возможны $n(t)$ прогнозных траекторий $\xi^i(t)$, которые реализуются с вероятностями $p_i(\xi^i(t))$, $\sum_i p_i = 1$. В качестве таких траекторий могут быть взяты траектории, сформированные из наблюдаемых рядов, а по концентрированным кормам можно рассмотреть несколько вариантов поставок этих кормов с весами,

интерпретируемыми как соответствующие вероятности. В этих предположениях величина ожидаемого производства за T лет равна $F = \sum_{i=0}^T e^{-\theta t} \sum_{i=1}^{n(t)} p_i(\xi^i(t)) F_i(\xi^i)$,

где $F_i(\xi^i(t))$ – производство продукции на траектории i , а θ – коэффициент дисконтирования. Далее применяется метод скользящего планирования с этим функционалом при условии

$$U^1(t) = U^2(t) = \dots = U^{n(t)} = U(t)$$

Полученное таким образом управление и будем считать управлением, минимизирующим риски, реализовавшиеся в этом году.

8 Информационная база методов борьбы с рисками

Ясно, что при заключении страхового договора и операции хеджирования необходимо знать прогнозные значения некоторых параметров. Будем считать, что это урожайность.

Будем предполагать, что при заключении договоров имеется информация об урожайности за n . В работах [5,6] были исследованы вопросы, касающиеся наличной информации по урожайности культур, были исследованы тренды во временных рядах и предложен метод построения эмпирической функции распределения урожайности в этих условиях. Таким образом, можно считать, что в рассматриваемой в данной работе проблеме борьбы с рисками при производстве растениеводческой продукции (включая и производимые местные корма) вопрос об обеспечении информацией по урожайности достаточно исследован.

С прогнозом цен все гораздо сложнее. Идеальный рынок предполагает, что снижение уровня урожайности приводит к снижению объема предлагаемой продукции на рынке и, таким образом, способствует повышению цен и наоборот, уровень урожайности, превышающий средний, является причиной снижения цены. Таким образом, в условиях идеального рынка должна существовать отрицательная корреляция уровня урожайности и цены, но реальный рынок отличается от идеальной модели. В обзоре [10] германской компании Munich Re выделяется четыре основных отличия:

1) Наблюдается большое количество случаев значительного снижения урожайности на местном уровне без всякого влияния на глобальный рынок, поскольку, например, в других регионах показатели урожайности превышают средний уровень и, следовательно, компенсируют снижение урожайности в данном регионе. 2) Значительные запасы продукции могут компенсировать последствия снижения уровня урожайности на региональном или глобальном уровне. 3) Мировой кризис может способствовать снижению спроса на определенные виды сельскохозяйственной продукции и удерживать цены от повышения. 4) Реакция финансовых рынков на колебания цен или только ожидания колебаний часто является иррациональной (необъяснимой с точки зрения разума).

Для хеджирования и программ страхования дохода нужно знать прогноз цены на выращиваемый продукт. Из приведенных выше замечаний следует, что эта задача не всегда разрешима. Мы сейчас ограничимся случаем, когда справедливы рыночные законы, т.е. c и y – коррелированные величины. Здесь мы для определенности будем считать, что цена и урожайность связаны линейной зависимостью $c = \lambda + \mu y + \eta$, где η – случайная величина, не зависящая от y .

Более сложные зависимости из-за неопределенности этого вопроса рассматривать не имеет смысла. В противном случае (когда нет уверенности в существовании определенной корреляционной связи) проблему возможно решить только методами имитационного моделирования, задаваясь некоторыми вариантами прогнозной цены.

Следует заметить, что временные ряды по ценам гораздо короче рядов по урожайности, поскольку новые экономические отношения в стране начались только с 2000 года.

Далее об информации, необходимой для хеджирования. Практически вся необходимая информация для принятия решения о хеджировании имеется на бирже. Это: прогнозная цена фьючерсов с исполнением в определенный будущий момент, величины премий опционов пут и колл в зависимости от их цены страйк. Предполагается также, что известна величина базиса как функция времени. Базисом называют разность цен на наличном рынке и рынке фьючерсов, т.е. $\Delta = c - c_f$.

Предполагается также, что величина базиса меняется мало со временем. Вообще говоря, только при выполнении этого условия возможно идеальное хеджирование, т.е. потери на реальном рынке будут компенсироваться полностью на фьючерсном. Реально это условие строго не выполняется и надо знать прогнозную зависимость базиса от времени. Тогда, при наличии такой зависимости

необходимую информацию можно получить следующим образом. Сначала вычисляем прогнозное значение урожайности, по нему вычисляем прогноз цены и по этой цене и прогнозному значению базиса вычисляем фьючерсную цену. Таким образом вся необходимая информация получена.

8.1 Экстраполяция статистических рядов

При принятии решения о страховании или хеджировании мы имеем информацию за несколько предыдущих лет, включая последний год t_M . Тогда при всех расчетах под расчетной урожайностью надо понимать будущую урожайность в год заключения договора, т.е. в году $t_M + 1$. Следовательно, надо уметь прогнозировать имеющуюся информацию по крайней мере на один год вперед. Методы такой экстраполяции зависят от того, как была обработана предыдущая информация. Мы рассмотрим два известных способа экстраполяции.

В самом простом случае при предположении, что изменение среднего на прогнозируемом интервале незначительно, допустимо в качестве прогноза на l периодов принять $y(t_M + l) = \bar{y}$, где \bar{y} – среднее значение урожайности за последние несколько лет.

Это самый простой способ прогнозирования, но именно он используется в рекомендациях по страхованию. Если предположить, что тренд мал, то увеличение интервала усреднения позволяет получить более надежное среднее на перспективу, но при наличии заметного тренда увеличение интервала усреднения ведет к заметному искажению прогноза. В подобных случаях приходится выбирать некоторое компромиссное значение этого интервала.

Если статистическая обработка временных рядов проводилась с помощью рассмотренного выше метода с применением линейных сплайнов, то для прогнозирования урожайности можно воспользоваться трендом на последнем сплайновом интервале.

На этом интервале сплайн задается уравнением $y(t) = \alpha^N + \beta^N t$, где α^N, β^N – выборочные оценки параметров линейной регрессии. Прогнозная оценка выглядит следующим образом:

$$y(t_M + l) = \alpha^N + \beta^N (t_M + l)$$

Такова ситуация по информации, необходимой для исследования проблемы борьбы с рисками в сельском хозяйстве в настоящее время.

Заключение

Были рассмотрены основные способы борьбы с рисками как в растениеводческой отрасли сельского хозяйства, так и в животноводстве. Для растениеводства – это страхование и хеджирование. Для животноводства (если не считать обычное страхование от падежа животных) приемлемым способом компенсации сложившихся неблагоприятных кормовых условий является рациональное использование полученных кормов. Для страхования были обсуждены критерии этого способа стабилизации производства. С одной стороны, страхование обеспечивает некоторую стабильность производства, но при этом (если государство не оказывает помощь страхователю в должном объеме) средние доходы производителя падают. Поэтому политика страхования фермером должна вырабатываться неформально путем оценки названных выше показателей.

Далее были рассмотрены основные известные способы хеджирования от изменчивости цен на производимую продукцию при известном количестве производимой продукции. Результаты этого исследования представлены в формульном виде. Были предложены два метода хеджирования результатов производства в условиях неопределенности количества произведенной продукции и неопределенности цен. Были также рассмотрены важные вопросы обеспечения необходимой информацией.

Для животноводства был предложен метод рационального использования дефицитных кормов и определения оптимальной структуры стада животных.

В качестве дальнейших исследований по данной тематике имеет смысл рассмотреть проблему выбора оптимального в некотором смысле способа управления рисками из числа рассмотренных в данной статье.

Литература

1. Бауэрс Н., Гербер Х., Джонс Д., Несбит С., Хикман Дж. Актуарная математика, М.: Янус-К, 2001. 655 с.

2. Страхование урожая сельскохозяйственных культур с государственной поддержкой./Практическое пособие по организации страхования сельхозкультур. М.: МСХ РФ, ФГУФАГПССАП (Федеральное государственное учреждение «Федеральное агентство по государственной поддержке страхования в сфере агропромышленного производства» Министерства сельского хозяйства РФ).
3. *Ginder M., Spaulding A., Fudor K.* Factors affecting crop insurance purchases decisions by farmers in Northern Illinois// *Agricultural Finance Review*, 2009, v.69, №1.
4. *Kiselev V.G . Kiselev B.G.* «Сетевые модели управления в животноводческой отрасли АПК» Сборник «Управление большими системами» вып.32.М.: ИПУ РАН, 2011, С.172-194 Гос. Регистрац. номер: 0421100023\0008
5. *Киселев В.Г.* Обоснование региональной мультирисковой программы страхования сельскохозяйственных культур. Управление большими системами, Сборник трудов. Выпуск 61. М.: ИПУ РАН. 2016.С.168–190.
6. *Киселев В.Г.* Система моделей для оценки программ страхования дохода в растениеводстве // Управление большими системами . Выпуск 78. М. : ИПУ РАН 2019 С.149-173 URL: <https://doi.org/10.25728/ubs.2019.78.7>
7. *Федюкович В., Рустамова О.* Хеджирование рисков в сельском хозяйстве как альтернатива страхованию с господдержкой // *Агробизнес*, 2014, №2
8. *Mahul O.* Hedging price risk in the presence of crop yield and revenue insurance // *European Review of Agricultural Economics*, 2003 v.30 №2.
9. Руководство по хеджированию зерновых и масличных культур с помощью фьючерсов и опционов// cmegroup.com/trading/agricultural/files/AC_216_GrainOileseed_Hedging_Guide_Russian_SR.pdf
10. *Мур Ламбер.* Страхование дохода – основные требования с точки зрения страхования (перевод аналитического обзора издания перестраховочной компании Munich Re) // agroinsurance.com