

УДК 330.173.34

UDC 330.173.34

**УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗВИТИЯ АГРАРНОГО СЕКТОРА: КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ**

**STABILITY OF DEVELOPMENT OF AGRARIAN SECTOR: COMPLEX OF MATHEMATICAL METHODS AND MODELS**

Попова Елена Витальевна  
д.э.н., профессор  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Popova Elena Vitaljevna  
Dr. Sci. Econ., professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Кумратова Альфира Менлигуловна  
к.э.н., доцент  
*Кубанский государственный университет, Краснодар, Россия*

Kumratova Alfira Menligulovna  
Cand. Econ. Sci., assistant professor  
*Kuban State University, Krasnodar, Russia*

Чикатуева Любовь Анатольевна  
д.э.н., профессор  
*Филиал Ростовского государственного экономического университета, Черкесск, Россия*

Chikatueva Lubov Anatoljevna  
Dr. Sci. Econ., professor  
*Branch of Rostov State Economic University, Cherkessk, Russia*

Предлагаемые к использованию инструментальные и математические методы представляют собой принципиально новую базу для прогнозирования дискретных эволюционных процессов. Авторы представляют завершённую систему моделей и методов прогнозирования временных рядов с памятью.

Tools and mathematical methods offered for usage represent essentially new base for forecasting of discrete evolutionary processes. Authors represent complete system of models and methods of temporary ranks' with memory forecasting.

Ключевые слова: МЕТОДЫ, МОДЕЛИ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, АГРАРНЫЙ СЕКТОР, УСТОЙЧИВОСТЬ

Keywords: MODELS, METHODS, FORECASTING, AGRARIAN SECTOR, STABILITY

В новых условиях хозяйствования, сельское хозяйство – типичная рискованная сфера деятельности, поэтому проблема устойчивости сельскохозяйственного производства – одна из наиболее дискутируемых тем.

Устойчивость имеет большое значение для комплексного развития аграрного сектора, она выражает степень надёжности и экономической безопасности организации и развития всей хозяйственной системы страны.

Проблема надёжного снабжения страны продовольствием и сельскохозяйственным сырьём остаётся до сих пор нерешённой. Это объясняется не только низким уровнем развития производительных сил, с дефицитом помещений для хранения продукции, некоторых видов уборочной техники и транспортных средств, но и недостатками в

планировании сельскохозяйственного производства в плане повышения его устойчивости. От устойчивого развития сельскохозяйственного производства зависит функционирование все большего числа отраслей, перерабатывающих и использующих его продукцию. Поэтому от того, насколько рационально ведется растениеводство в каждом регионе России, в значительной степени зависит эффективность всего продовольственного комплекса страны.

Растениеводство в зонах рискового земледелия относится к системам стохастических категорий, развитие которых связано с неопределенностью объективного и субъективного характера, что обуславливает риски в их различных формах, как макроэкономического, так и микроэкономического уровня.

Экономический риск является неотъемлемой чертой реальных хозяйственных решений. Основная особенность современного риска заключается в его тотальном и всеобъемлющем характере. Особенно остро встает вопрос управления рисками в регионах, относящихся к зонам рискового земледелия. Особенности и апробированные методы управления рисками в экономике изучены недостаточно. Это происходит из-за низкого уровня развития рыночных отношений, из-за слабой специальной подготовки значительной части кадров, из-за того, что не хватает статистических данных, позволяющих строить экономико-математические модели. И, наконец, из-за того, что современная теория оценки меры экономических рисков, прогнозирования и управления ими еще далеко неадекватна реальным потребностям практического менеджмента.

Риск, т.е. неопределенность и непредсказуемость результатов растениеводческой деятельности в зонах рискового земледелия значительно выше, чем в других отраслях АПК. Актуальность темы рисков в АПК в настоящее время осознана не только в научных кругах, но и в среде предпринимателей, а также государственных структур. Вопреки

расхожему мнению, что главное достать средства для затрат с длительным циклом освоения, отечественный и зарубежный опыт свидетельствует, что самое важное – наиболее эффективное их применение на базе надежного прогнозирования.

Повышенный уровень неопределенности в отрасли растениеводства требует особых управленческих решений по анализу рисков и разработке мероприятий по их снижению. В зонах рискованного земледелия важнейшим фактором, воздействующим на принятие управленческих решений в сфере растениеводства, снижающих их субъективность и обеспечивающим контроль уровня риска, становится качество управления на базе надежного прогнозирования. Данные обстоятельства обуславливают актуальность углубленных исследований экономико-математических методов прогнозирования и управления рисками в растениеводстве.

В то же время методология изучения рисков в сфере АПК в основном сосредотачивает внимание более всего на макроэкономических рисках, связанные с неопределенностью внешней экономической среды, структурными сдвигами в производстве, бюджетным дефицитом и др., тогда как нет достаточно обоснованных исследований рисков в области принятия решений в условиях, связанных с потенциально возможным появлением неблагоприятных ситуаций и последствий, которые могут ухудшить показатели эффективности хозяйственной деятельности.

К настоящему времени в публикациях Э. Петерса, В.-Б. Занга, В.С. Сафонова и других авторов вызрела идея «дополнительного измерения» по отношению к установившейся хрестоматийной теории экономического риска. «Дополнительное измерение» предполагает, что в реальных ситуациях математический инструментальный оценки меры экономического риска так или иначе теряет свою прогностическую способность и, соответственно, требуется дополнить или заменить его на другой инструментальный, более эффективный в конкретной рыночной ситуации.

Проблемным становится вопрос, как определить те моменты, когда одни факторы становятся определяющими, а значимость других ослабевает? В качестве одного из продуктивных подходов к решению этого вопроса в научных публикациях появилась идея так называемого многокритериального подхода к оценке меры риска. На идеях многокритериального подхода и фрактального анализа базируются исследования, результаты которых изложены в настоящей работе.

В работе особое внимание уделено агрометеорологическим условиям, которые являются одним из наиболее главных факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. Как отмечено [3] ряды урожайностей аккумулируют информацию о колебаниях погодных условий и влияния их на урожайность сельскохозяйственных культур. Иными словами, в этих рядах заключена информация об определенных закономерностях, которые в научной литературе принято относить к так называемой долговременной памяти [2]. Одно из основных научных положений в [3] звучит так: «Межгодовые колебания природных условий зернопроизводства происходят в зависимости от природно-климатических условий, складывающихся в предшествующем году». Там же сформулировано предположение о существовании так называемой «скрытой дробной квазипериодичности в рядах урожайностей».

Рассмотрим ВР урожайности озимой пшеницы по КЧР за период с 1952 года по 2012 год ( $n=2012-1952+1=61$ ):

$$O = \langle o_i \rangle, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

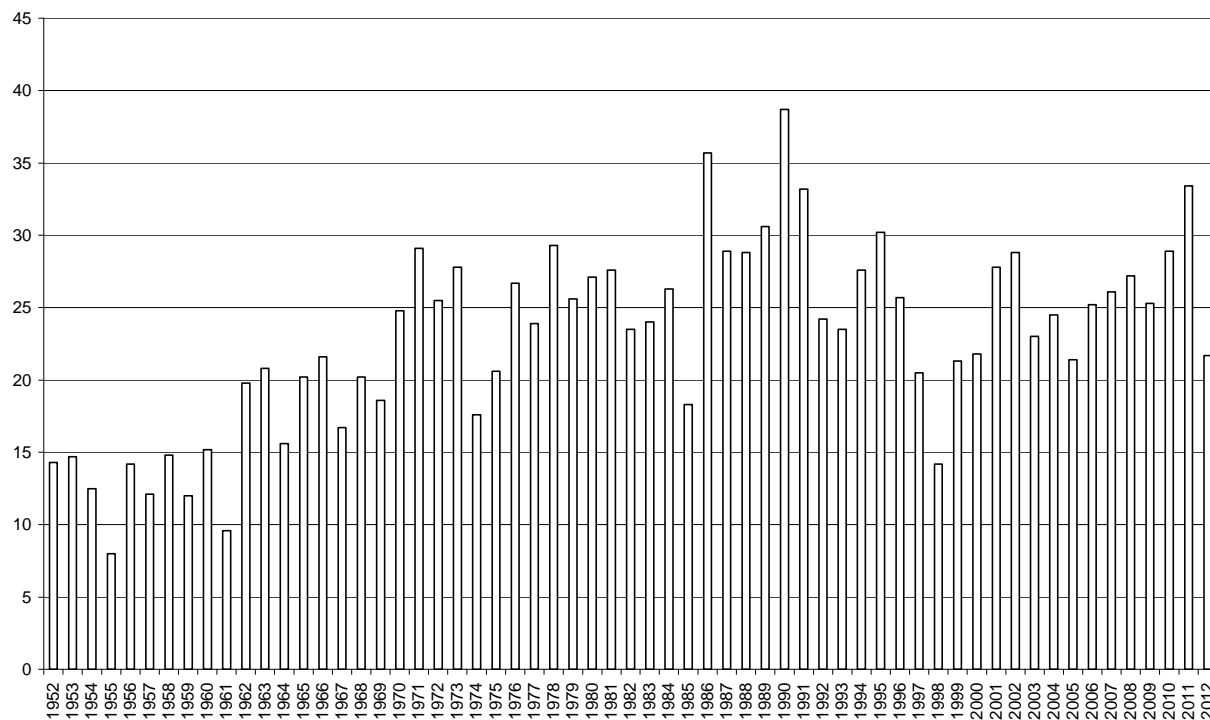


Рисунок 1 – Гистограмма ВР урожайности озимой пшеницы по КЧР за период с 1952-2012 гг.

На рис.2. представлены  $R/S$ -траектория и  $H$ -траектория, полученных в результате применения последовательного алгоритма  $R/S$ -анализа к временному ряду урожайности озимой пшеницы по КЧР.

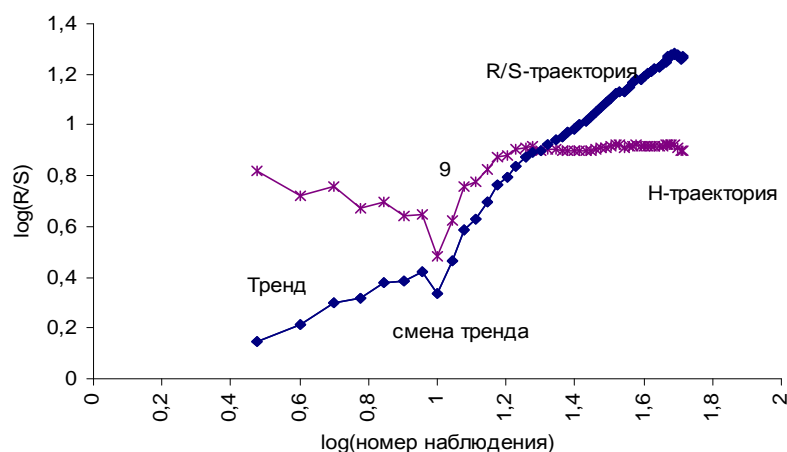


Рисунок 2 –  $R/S$  - и  $H$  - траектории ВР  $O^1$  по КЧР

На основании визуализации представленных на рис.2 типичных для этого ВР траекторий можно сформулировать следующее заключение:

- для первых 9 точек ( $t = \overline{1,9}$ )  $H$ -траектория отрезка  $O^1$  находится в зоне черного шума, из которого она уходит в область белого шума (значение  $H(t)=0,8$  для  $t=9$ ), что говорит о наличии долговременной памяти в отрезке  $O^1$  рассматриваемого ВР;
- смена тренда  $R/S$ -траектории в точке  $t=9$ , сопровождаемая уходом  $H$ -траектории в зону белого шума, позволяет оценить глубину долговременной памяти числом 9.

Таблица 1 – Результат работы алгоритма  $a_1$  для ВР  $O$

Глубина $l$	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество $N(l)$	9	13	12	6	3	1	1	1
Доля $d(l)$	0,17	0,28	0,26	0,13	0,06	0,02	0,02	0,02
Значения функции принадлежности $m(l)$	0,56	0,92	0,85	0,42	0,28	0,07	0,07	0,07

$$M(O) = \{(3;0,64), (4;0,92), (5;0,85), (6;0,42), (7;0,21), (8;0,07), (9;0,07), (10;0,07)\} \quad (2)$$

Фазовый портрет этого временного ряда в двумерном фазовом пространстве представлен на рис.3.

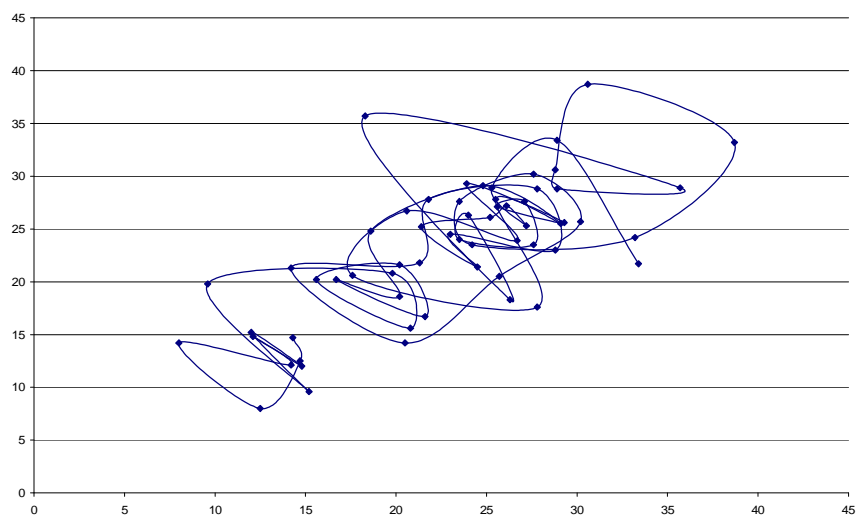


Рисунок 3 – Фазовый портрет временного ряда урожайности озимой пшеницы по Карачаево-Черкесии за период с 1952 по 2012 гг.

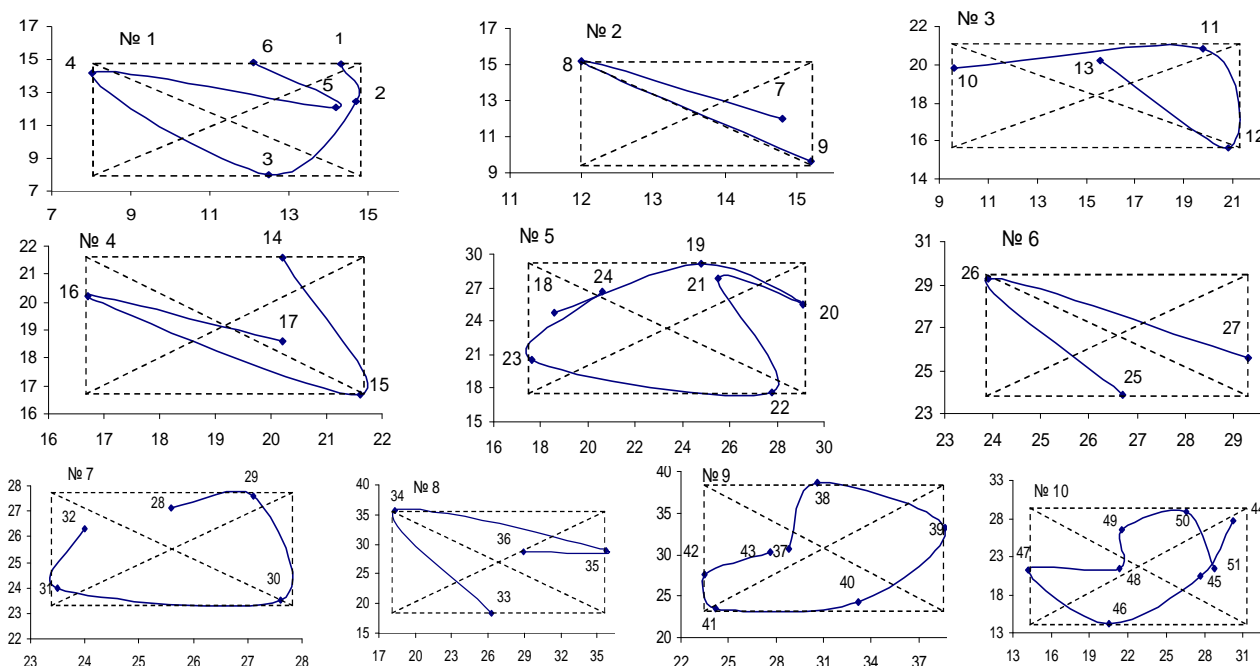


Рисунок 4 – Квазициклы ВР  $O$ , выделенные из рис.3

Размерности  $L_k$  этих квазициклов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Квазициклы и их размерности – результат фазового портрета, для рассматриваемого ВР урожайности озимой пшеницы по КЧР

$C_k$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$	$C_9$	$C_{10}$	$C_{11}$
$L_k$	5	3	4	4	7	3	5	4	7	8	7

Из визуализации рис.3 вытекает принципиально важный факт: длина квазициклов практически совпадает с глубиной памяти соответствующих им отрезков ВР. Этот факт, за редким исключением, имеет место и для остальных квазициклов, составляющих фазовую траекторию ВР  $O$ .

Авторами рассмотрен ВР урожайности озимой пшеницы по КЧР за период с 1952 года по 2012 год. Предложен следующий вариант раскраски данного ВР в 3 цвета: Н – низкий, С – выше среднего и В – высокий ожидаемый урожай озимой пшеницы.

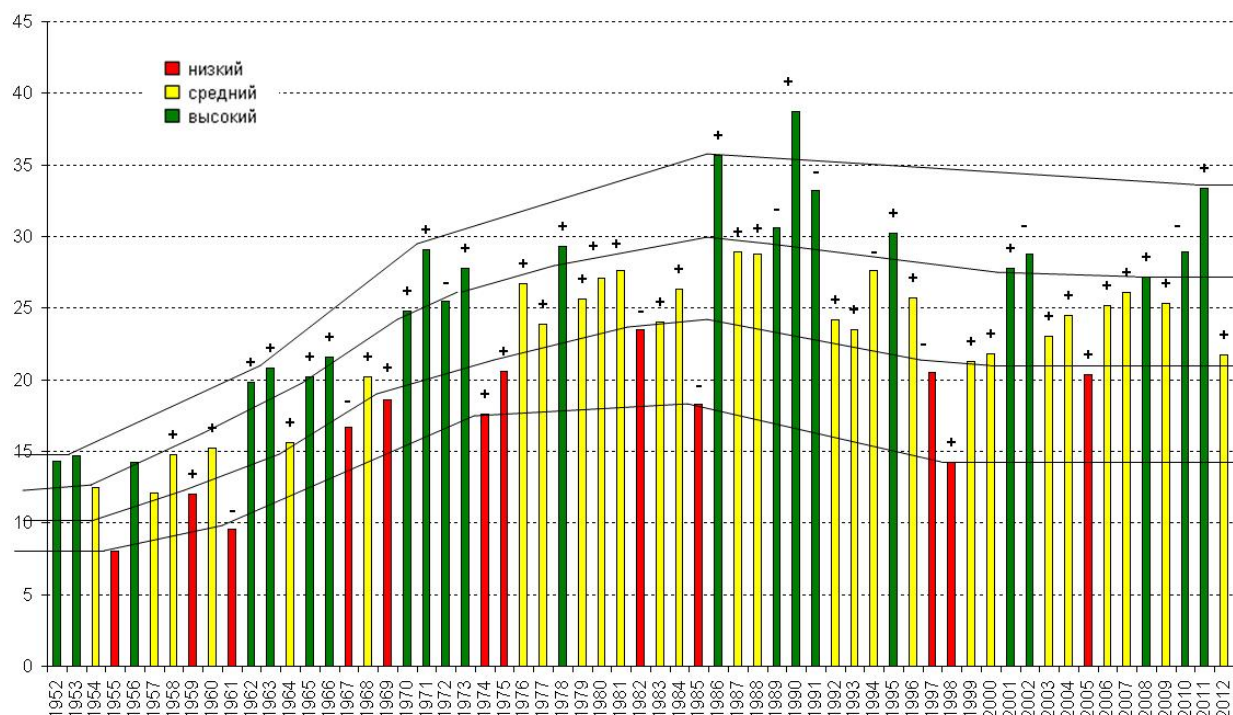


Рисунок 5 – Гистограмма ВР урожайности озимой пшеницы по КЧР за период с 1952-2012 гг.

Результаты валидации: количество угаданных уровней – 44 шт., количество неугаданных уровней – 11 шт. Прогноз на 2013 год составил 24 ц/га.

На сегодняшний день стоит вопрос о проблеме прогноза межгодовых колебаний урожайностей сельскохозяйственных культур и ее значение в решении задач повышения устойчивости и экономической эффективности сельскохозяйственного производства.

Отметим, что перспективное планирование урожайности сельскохозяйственных культур с большой точностью возможно только при учете цикличности солнечно-земных связей, что возможно при современном развитии компьютерной техники. Так, по сообщениям СМИ, в 2002 году на Северном Кавказе был получен максимальный урожай, равный примерно тому, что был 12 лет назад, и это при весьма неблагоприятных погодных условиях. Данный пример – еще одно подтверждение того, что цикличность урожайности сельскохозяйственных



культур играет весьма важную роль и что ее учет в экономике необходим.

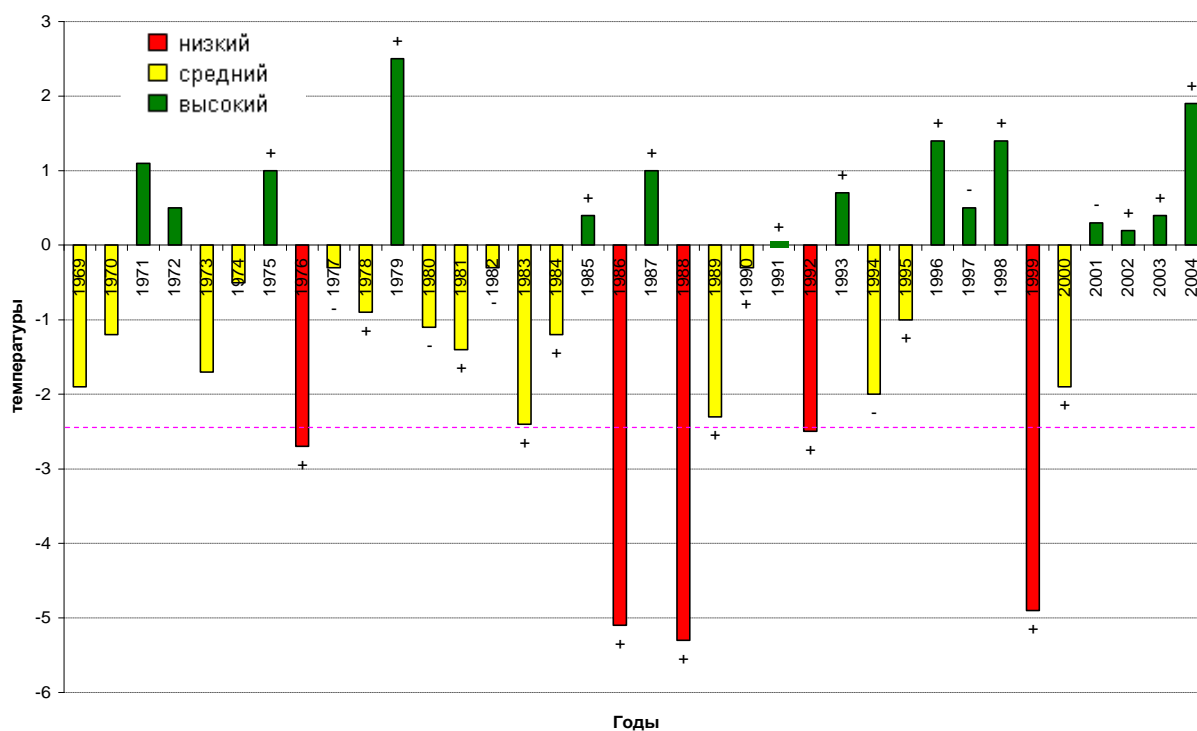


Рисунок 6 – Гистограмма ВР минимальных значений майских температур за период с 1969 года по 2004 год

Результаты валидации: количество угаданных уровней – 24 шт., количество неугаданных уровней – 6 шт.

В качестве практической реализации оценки устойчивости предприятий АПК авторами предложено использовать двухуровневый подход к моделированию [5], используя прогнозные значения вышеописанных показателей. Так, в качестве модели верхнего уровня, на базе которой ЛПР принимает решение, использована модель адаптивной системы ведения агропромышленного производства. Причем, прогнозные значения, поставляемые для построения модели верхнего уровня обеспечивают реализацию главной задачи научно-информационного обеспечения, а именно эффективного функционирования сельскохозяйственных товаропроизводителей в условиях изменчивости внешней и внутренней среды, связанной с погодным разнообразием, динамикой рыночной конъюнктуры, возможным изменением

экологической обстановки, инфляцией и другими случайными факторами.

Коренное реформирование агропромышленного комплекса, включающее изменение организационно-правовых форм предприятий, развитие рыночных отношений, введение частной собственности на землю и т.д., по-новому ставит вопрос о создании систем ведения сельского хозяйства в современных условиях.

Эффективное управление возможно лишь при обеспечении соответствующего баланса функций, полномочий и ответственности, а именно: каждый из субъектов управленческой деятельности должен нести ответственность за возможные последствия рискованных решений лишь в той мере, в какой он, во-первых, участвует в их разработке, а, во-вторых, имеет реальные возможности регулировать степень риска в процессе реализации. Определить возможности регулирования риска сельскохозяйственного производства можно только в результате анализа адаптивных технологий и оценки вероятности ожидаемых погодных, экономических и иных условий хозяйствования. Решение этой задачи и призвано обеспечить использование адаптивных систем ведения сельского хозяйства. Следует отметить, что риск-менеджмент на основе управления по слабым сигналам, информационной основой которого служат прогнозные значения, получаемые на выходе реализованных выше клеточно-автоматных прогнозных моделей, как основных агрометеорологических факторов, так и прогнозных значений урожайностей основных сельскохозяйственных культур предполагает использование методов обоснования решений, включая и такие, как построение «деревьев решений».

На основе проведенного комплексного прогнозного анализа по основным сельскохозяйственным культурам, выращиваемым в Карачаево-Черкесской республике, авторами предложены практические рекомендации на базе рассмотренной ниже адаптивной модели, которая

фактически представляет собой верхний уровень моделирования.

Рассмотрим следующий пример построения «деревьев решений», причем особо отметим, что прогнозные значения урожайностей, используемые в этом примере, базируются на реальном статистическом материале [1].

**Задача 1.** Фермер должен найти средства на посевные работы в размере 500 тыс.р. Допустим, что «живых» денег у него нет, но есть 300 т. зерна. Поскольку урожай прошлого года был хорошим, цена на зерно в марте (когда необходимо найти деньги на посевную) оказалась невысокой – 1,8 тыс.р. за тонну. По опыту прошлых лет фермер знает, что, придержав зерно до июня, возможно, его удастся продать дороже. Все зависит от видов на урожай: если в июне прогноз будущего урожая будет плохим, то цена на зерно прошлого года поднимется, скажем, до 2 тыс.р. за тонну; если будет прогнозироваться средний урожай – цена останется на уровне 1,8 тыс.р. за тонну; а при прогнозе хорошего урожая, допустим, снизится до 1,51 тыс. р. Предположим, что, опираясь на среднеголетние данные, можно утверждать, что вероятность названных прогнозов урожая в июне равна соответственно: 0,22; 0,36 и 0,42. Какое решение должен принять фермер (продать зерно в марте или придержать его до июня), если известно, что в банке кредит в сумме 500 тыс. руб. на 3 месяца можно взять под 28% годовых?

Для решения этой задачи предлагается использовать метод построения «дерева решений» [5]. Процесс обоснования выбора оптимального решения представлен на рис.1. Заметим только, что затраты на кредит в размере 500 тыс. руб. составят 35 тыс. (500 тыс. руб.  $\times$  0,07 = 35 тыс. руб.).

Из рис.4.18 видно, что если продажа зерна в марте дает гарантированный доход, равный 500 тыс. рублей, то доход от реализации зерна в июне является случайной величиной и зависит от ожидаемой

конъюнктуры цен. При этом математическое ожидание дохода с учетом необходимости оплаты процентов за кредит составляет 511,06 тыс. рублей. Таким образом, при заданных оценках вероятности вариантов конъюнктуры цен более предпочтителен способ финансирования посевных работ за счет собственных средств путем продажи зерна весной.

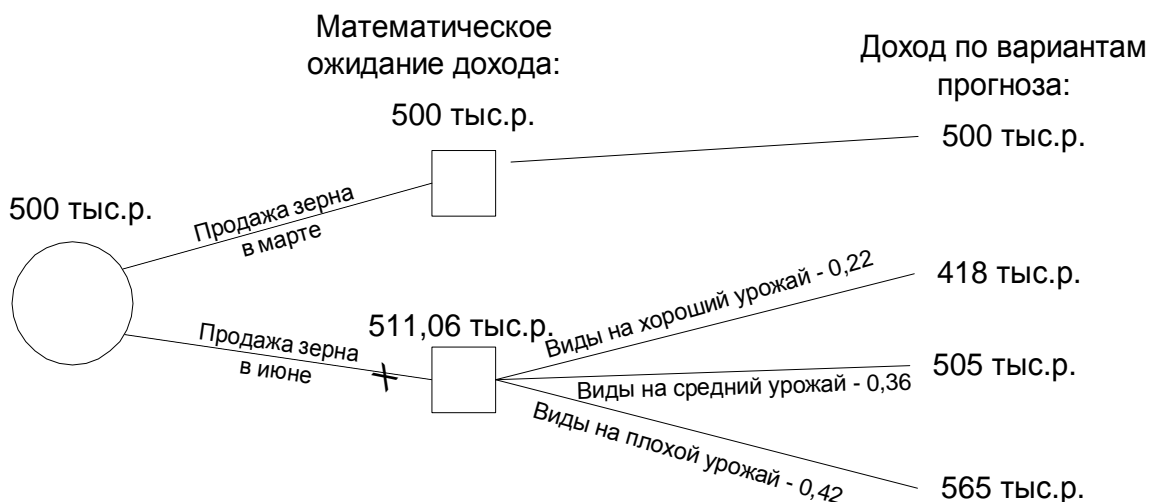


Рисунок 7 – «Дерево решений» для выбора способа финансирования посевных работ (по условиям задачи 1)

Расчет дохода от продажи зерна в июне по вариантам конъюнктуры цен (с учетом затрат на оплату процентов за кредит):

1.  $300 \times 1,51 - 35 = 418$
2.  $300 \times 1,8 - 35 = 505$
3.  $300 \times 2 - 35 = 565$

Математическое ожидание дохода при продаже зерна в июне:

$$0,22 \times 418 + 0,36 \times 505 + 0,42 \times 565 = 511,06$$

Эту же задачу можно усложнить, введя дополнительную информацию.

**Задача 2.** Пусть, дополнительно к данным задачи 1 имеется следующая информация. Фермеру становится известным, что в НИИ конъюнктуры цен за небольшую плату (5 тыс. руб.) можно приобрести прогноз цен на зерно в июне. При этом на основании статистических данных оправдываемость прогноза НИИ имеет следующие характеристики: если в марте они дают прогноз, что виды на урожай в июне будут хорошие, то этот прогноз оправдается с вероятностью 60%

(при этом плохие виды на урожай можно ожидать с вероятностью 0,1, а средние – 0,3); если НИИ спрогнозирует средние виды на урожай, то вероятность такого прогноза также составит 60%, а плохих и хороших видов на урожай – по 0,2; наконец, если НИИ спрогнозирует плохие виды на урожай в июне, то оправдываемость такого прогноза можно принять на уровне 0,6 и, соответственно, средних и хороших видов – 0,3 и 0,1. Допустим, что известно также, что НИИ спрогнозирует хорошие виды на урожай с вероятностью 22%, средние – 36%, плохие – 42%. В новой постановке задача, стоящая перед фермером, усложняется. Ему необходимо не только принять решение относительно срока продажи зерна (продавать его в марте или в июне), но и определиться с целесообразностью заказа прогноза в НИИ.

Решение данной задачи также можно представить в виде «дерева решений» (см. рис.8). Легко заметить, что рис.7 является фрагментом рис.8. Эта часть рис.8 отражает ситуацию, когда фермер не заказывает в НИИ прогноз видов на урожай в июне (нижняя часть рис.8).

В верхней части рис.8 отражены возможные решения, которые фермер должен принять при условии заказа прогноза. Так же как и при решении задачи 1, при различных вариантах конъюнктуры производится расчет математического ожидания дохода.

Поясним данные рис.8 Первое решение, которое фермер должен принять: заказывать или не заказывать прогноз в НИИ. Если прогноз не заказывается, то логика его дальнейших действий ясна. Он сравнивает математическое ожидание дохода при условии продажи зерна в июне (и, соответственно, получения кредита на 3 месяца) с вариантом продажи зерна в марте и проведением посевной за свой счет. Поскольку математическое ожидание дохода при продаже зерна в июне (с учетом оплаты процентов за кредит) ниже, чем гарантированный доход от продажи зерна в марте, он должен принять второй вариант, т.е. продать

зерно весной.

Более сложное решение ему придется принять при условии заказа прогноза в НИИ. Как видно из верхней части рис.8, решение о целесообразности продажи зерна весной фермер должен принять в зависимости от результатов прогноза: если НИИ спрогнозирует хорошие виды на урожай в июне, то зерно необходимо продать в марте; если спрогнозирует средние виды на урожай, то зерно также лучше продать весной и гарантированно получить 500 тыс. рублей; наконец, при условии прогнозирования плохих видов на урожай в июне целесообразно взять кредит и продать урожай летом. Как видно на рис.8, такая стратегия хозяйственного проведения позволит обеспечить математическое ожидание дохода на уровне 514,6 тыс., рублей, что даже с учетом необходимости оплаты прогноза выше, чем ожидаемые доходы при отказе от прогноза. Таким образом, можно заключить, что покупка прогноза является целесообразной. При таком решении математическое ожидание дохода составит 509,6 тыс. рублей.

Анализ решения приведенных задач позволяет заключить, что любая информация о конъюнктуре цен, ожидаемом уровне урожая и т.д. может быть весьма полезна для выработки эффективных хозяйственных решений в условиях стохастичности и неопределенности. Важно только уметь ее правильно использовать.

Отметим, что разработка научно-обоснованных систем ведения сельского хозяйства для конкретных предприятий, учитывающих в комплексе и природные условия, и степень материального обеспечения производственно-технологических процессов, и положение на рынке сельскохозяйственной продукции и т.д., позволяет обеспечить условия для продуктивного управления. По нашему убеждению, практическое использование результатов, получаемых на выходе прогнозных моделей, и таким образом построение и реализация адекватных моделей верхнего

уровня позволит ЛПР принимать обоснованные управленческие решения и обеспечивать возможность маневрирования ресурсами и технологиями, стимулировать поиск гибких хозяйственных решений [1].

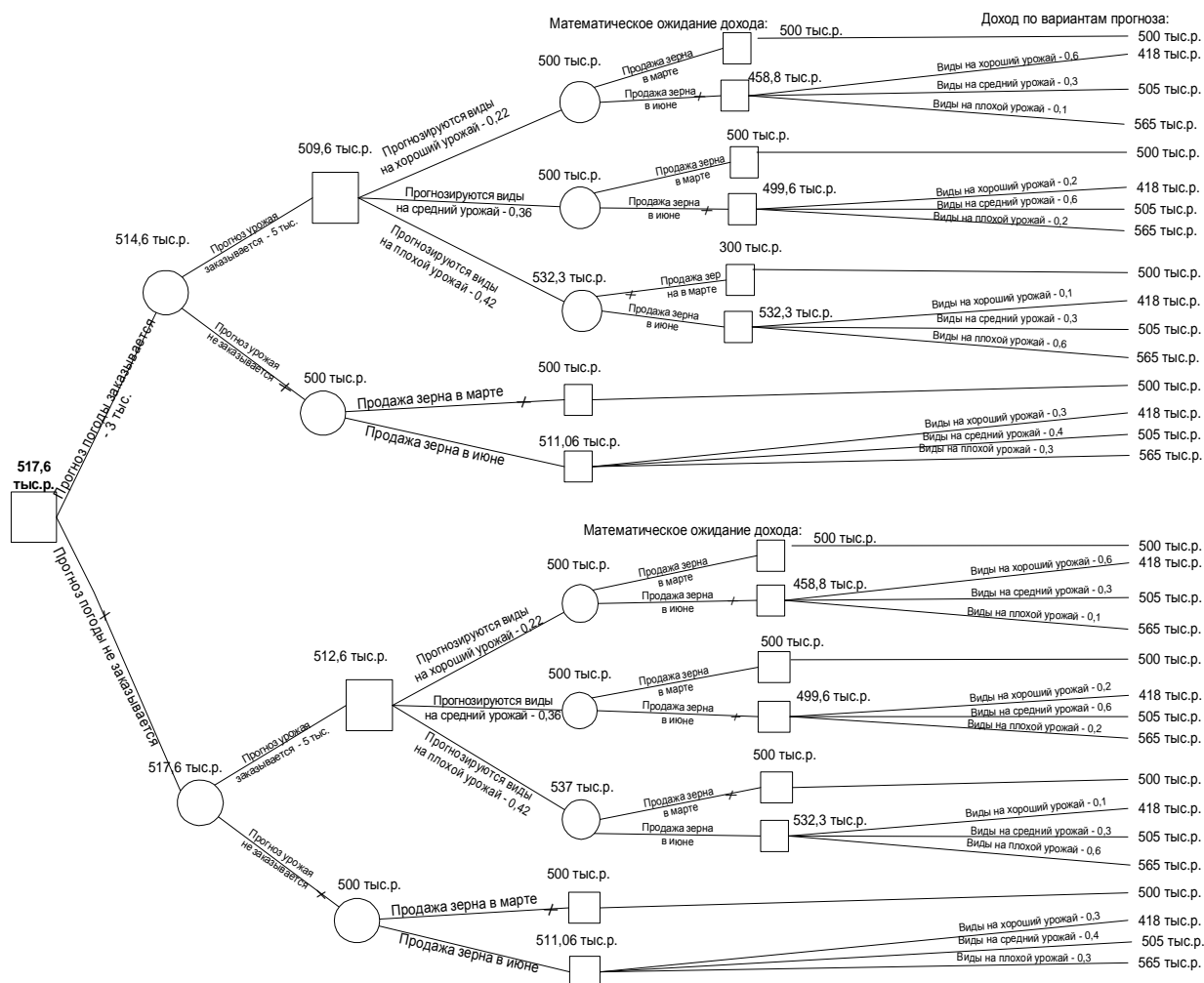


Рисунок 8 – «Дерево решений» для выбора способа финансирования посевных работ (по условию задачи 2)

### Литература

1. Курцев И.В., Задков А.П. Адаптивные системы ведения сельского хозяйства//Управление риском. №4. 2003. С.41-48.
2. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. - М.: Мир, 2000. - 333 с
3. Яновский Л.П. Принципы, методология и научное обоснование урожая по технологии «Зонт». - Воронеж: ВГАУ, 2000.-379 с.
4. Курцев И.В., Задков А.П. Адаптивные системы ведения сельского хозяйства//Управление риском. №4. 2003. С.41-48.

5. Попова Е.В., Салпагаров А.Д., Шебзухова М.В., Янгишиева А.М. Математическое моделирование развития рекреационных систем на основе двухуровневого подхода / Межрегиональная конференция «Перспектива развития маркетинговой и коммерческой деятельности в регионе». (24 декабря 2004г.) – Ростов-на-Дону, 2005. - С.86-87.

6. Эддоус М., Стэнсфилд Р. Методы принятия решений. М.: Аудит, ЮНИТИ, 1997. - 590с.

#### Literatura

1. Kurcev I.V., Zadkov A.P. Adaptivnye sistemy vedenija sel'skogo hozjajstva//Upravlenie riskom. №4. 2003. S.41-48.

2. Peters Je. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка. - М.: Мир, 2000. - 333 с

3. Janovskij L.P. Principy, metodologija i nauchnoe obosnovanie urozhaja po tehnologii «Zont». - Voronezh: VGPU, 2000.-379 s.

4. Kurcev I.V., Zadkov A.P. Adaptivnye sistemy vedenija sel'skogo hozjajstva//Upravlenie riskom. №4. 2003. S.41-48.

5. Popova E.V., Salpagarov A.D., Shebzuhova M.V., Jangishieva A.M. Matematicheskoe modelirovanie razvitija rekreacionnyh sistem na osnove dvuhurovneвого podhoda / Mezhhregional'naja konferencija «Perspektiva razvitija marketingovoj i kommercheskoj dejatel'nosti v regione». (24 dekabrja 2004g.) – Rostov-na-Donu, 2005. - S.86-87.

6. Jeddous M., Stjensfild R. Metody prinjatija reshenij. M.: Audit, JuNITI, 1997. - 590s.