

УДК 551.58

ЗАДАЧИ ПЛАНА АДАПТАЦИИ АПК К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА: ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

^{1,2}Ашабоков Б.А., ²Ашабокова М.Б., ²Темирханова Х.М.

¹*Институт информатики и проблем регионального управления – филиал
Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук, Нальчик,
e-mail: ashabokov.boris@mail.ru*

²*Высокогорный геофизический институт, Нальчик, e-mail: ashabokova.marina@rambler.ru*

Цель работы заключается в анализе проблемы адаптации различных сфер деятельности к изменению климата, в формулировке задач адаптации агропромышленного комплекса (АПК) и анализе особенностей информационного обеспечения и методов решения задач плана адаптации, в разработке алгоритма решения одной из задач данного плана – задачи определения траектории развития АПК на интервале адаптации. Алгоритм основан на использовании модели, разработанной для решения задачи формирования и согласования целевых индикаторов развития регионального АПК. Отмечено, что на региональном уровне ограничиться адаптацией к изменению климата только сельского хозяйства нецелесообразно, данную проблему на данном уровне следует рассмотреть для системы «сельское хозяйство – перерабатывающая отрасль» с учетом взаимосвязи между ее элементами, сформулированы цели адаптации данной системы к изменению климата. Приведены формулировки задач плана адаптации регионального АПК, изложен подход к решению задачи формирования и согласования целевых индикаторов АПК, приводятся некоторые результаты расчетов. Основными результатами работы являются: формулировка задач адаптации АПК к изменению климата, модель оптимизации функционирования системы, элементами которой являются отрасли, производящие и перерабатывающие растениеводческую продукцию, алгоритм решения задачи определения траектории развития АПК на интервале адаптации, включающий данную модель.

Ключевые слова: изменение климата; агропромышленный комплекс; задачи плана адаптации; формирование и согласование целевых индикаторов

CHALLENGES OF THE CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLAN FOR THE AGRICULTURE SECTOR: INFORMATION SUPPORT AND SOLUTION METHODS

^{1,2}Ashabokov B.A., ²Ashabokova M.B., ²Temirhanova Kh.M.

¹*Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch
of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik,
e-mail: ashabokov.boris@mail.ru*

²*High Mountain Geophysical Institute, Nalchik, e-mail: ashabokova.marina@rambler.ru*

The purpose of the work is to analyze the problem of adaptation of various spheres of activity to climate change, to formulate the objectives of adaptation of the agroindustrial complex (AIC) and to analyze the specifics of information support and methods of solving the adaptation plan, to develop an algorithm to solve one of the objectives of this plan – the problem of determining the trajectory of AIC development during the adaptation period. The algorithm is based on the use of the model developed for solving the problem of formation and coordination of target indicators of regional agroindustrial complex development. It is noted that at the regional level adaptation to climate change should not be limited only to agriculture, this problem at this level should be considered for the system “agriculture – processing industry”, taking into account the relationship between its elements, the goals of adaptation of this system to climate change are formulated. The article formulates the objectives of the adaptation plan of the regional agroindustrial complex, outlines the approach to solving the problem of formation and coordination of target indicators of the agroindustrial complex, and provides some results of the calculations. The main results of the work are: formulation of the problems of adaptation of the agroindustrial complex to climate change, a model for optimizing the functioning of the system, the elements of which are the industries producing and processing crop products, an algorithm for solving the problem of determining the trajectory of the agroindustrial complex during the adaptation interval, which includes this model.

Keywords: climate change; agro-industrial complex; objectives of the adaptation plan; formation and coordination of target indicators

Внимание к исследованию изменения климата, которое в последние десятилетия набирает силу быстрыми темпами, исследованию его последствий для отраслей экономики и других сфер деятельности постоянно повышается [1-3]. Количество публикаций, посвященных этим и другим проблемам изменения климата, также уве-

личивается быстрыми темпами. Это связано с тем, что изменение климата уже стало фактором, способным оказать значительное влияние на экономику, на процессы в окружающей природной среде, на экологические системы, на здоровье людей [4-6]. Если мировым сообществом не будут приняты эффективные меры, то последствия дан-

ного глобального фактора могут оказаться катастрофическими [4]. Цель Парижской конференции по климату (2015) и заключалась в том, чтобы разработать такие меры, которые позволили бы замедлить, а потом и остановить потепление климата.

В качестве таких мер на конференции были предложены: стабилизация содержания парниковых газов в атмосфере на уровнях, на которых будет возможным предотвращение опасного антропогенного воздействия на климат, а также адаптация отраслей экономики и других сфер деятельности к изменению климата [4]. Сельское хозяйство, как известно, функционирует в природных условиях, что делает его одной из самых чувствительных к изменению климата отраслей экономики. В связи с этим результатом несоответствия структуры производства сельскохозяйственных культур изменяющимся природным условиям будет снижение их урожайности и, как следствие, показателей отрасли. С этим связана необходимость ее адаптации к изменению климата.

При этом цель адаптации данной отрасли экономики к изменению климата должна заключаться в определении такой траектории ее развития, чтобы в каждый момент времени структура производства сельскохозяйственных культур наилучшим образом соответствовала изменяющимся природным условиям.

В настоящей работе были поставлены следующие цели:

- 1) проведение анализа проблем адаптации отраслей экономики к изменению климата;
- 2) формулировка задач адаптации АПК к изменению климата;
- 3) анализ методов решения задач плана адаптации данного сектора экономики к изменению климата, а также особенностей информационного их обеспечения;
- 4) разработка метода решения одной из задач данного плана – определения траектории развития АПК на интервале адаптации.

Материалы и методы исследования

В работе использованы результаты анализа изменения климата, показатели сельского хозяйства и технологические коэффициенты перерабатывающей отрасли в Кабардино-Балкарской Республике, математическое моделирование системы «растениеводческая отрасль – перерабатывающая отрасль».

Литературный обзор

Глобальное потепление климата Земли стало фактором, способным оказать колоссальное влияние на процессы, происходящие в обществе и в окружающей природной среде. Важно отметить, что современные климатические изменения, помимо изменений средних величин (медленное изменение), проявляются в резком изменении частоты и интенсивности экстремальных климатических событий как температуры, так и осадков, приводящих к засухам или наводнениям [1-3]. При этом одним из первых климатологов, предсказавших глобальное потепление климата в связи с эмиссией антропогенного углекислого газа в атмосферу, является американский климатолог Дж. Хансен [7]. Из работ, посвященных исследованию изменения климата на территории России, можно отметить [1; 3; 7; 8]. Данный фактор уже влияет на отрасли экономики, на окружающую среду, на здоровье людей и т.д. Поэтому исследованию последствий данного фактора стало уделяться большое внимание, из работ данного направления исследований можно отметить работы [6; 9-11]. Особенно значительными ожидаются они для горных территорий. Причем механизмов влияния данного фактора на сферы деятельности в этих районах достаточно много, а главными из них можно считать влияние посредством опасных склоновых процессов (лавины, сели, камнепады и т.д.). Важно отметить, что противостояние влиянию изменения климата может оказаться невозможным без принятия срочных и эффективных мер, последствия данного фактора могут принять катастрофический характер [4]. С этим связано то, что цель Парижской конференции по климату (2015) заключалась в выработке такого соглашения, которое позволило бы на первом этапе замедлить потепление климата, а потом и остановить его. В качестве таких мер на ней были сформулированы [4]:

- недопущение повышения концентрации парниковых газов в атмосфере выше таких уровней, на которых предотвращение опасного антропогенного воздействия на климат является возможным;

- адаптация отраслей экономики и других сфер деятельности к изменению климата.

Очевидно, что решение этих проблем требует проведения исследований изменений климата и их последствий для различных сфер деятельности, формулировки задач адаптации отраслей экономики к из-

менениям климата и разработки методов их решения, разработки методов снижения рисков, связанных с экстремальными погодными явлениями и т.д. [12-14].

*Формулировки задач плана адаптации
регионального аграрного сектора
к изменению климата*

На уровне регионов проблема адаптации к изменению климата, по нашему мнению, должна быть рассмотрена для системы «сельское хозяйство – перерабатывающая сельскохозяйственную продукцию отрасль» с учетом взаимосвязи между ее элементами. Это повысит эффективность АПК и ее элементов и, таким образом, доходы региона.

Остановимся на выборе интервала адаптации, т.е. отрезка времени, на котором должна быть рассмотрена проблема адаптации АПК к изменению климата. Длина данного интервала зависит от того, для какого отрезка времени могут быть решены задачи формирования плана адаптации с приемлемой точностью. Например, одной из этих задач является определение внешних и внутренних условий (природных, экономических, политических, социальных, демографических и т.д.), которые влияют на функционирование АПК и его элементов. Интервал адаптации не должен превышать отрезок времени, на котором эти условия могут быть определены с точностью, достаточной для решения задач адаптации. План адаптации АПК, видимо, должен быть составлен на 5-7-летний период времени, т.е. интервал адаптации для него не должен превышать данный отрезок времени.

Задачи адаптации АПК региона можно объединить в группы [3]: задачи формирования плана адаптации данного сектора экономики; задачи, решение которых направлено на снижение уязвимости АПК изменением климата; задачи, решение которых направлено на снижение влияния АПК на климат; задачи, решение которых необходимо для использования благоприятных последствий изменения климата.

Отметим, что при решении задач первой группы должны быть учтены отмеченные выше цели и задачи адаптации данного сектора экономики.

Что касается задач последних трех групп, то их можно рассматривать как направления, по которым должны проводиться постоянные исследования с целью получения новых методов, моделей, технологий, информации и т.д., которые будут использоваться для повышения эффективности от-

расли с учетом влияния изменения климата. Если такие результаты будут получены до завершения плана адаптации, то он может быть скорректирован с их учетом.

В этих исследованиях особое внимание, по нашему мнению, должно быть уделено разработке методов снижения рисков, связанных с опасными погодными явлениями (засухи, градобития), что связано с ростом частоты и воздействия этих явлений вследствие потепления климата [3].

Не останавливаясь на задачах этих групп, приведем формулировки задач формирования плана адаптации АПК к изменению климата [3]:

1) анализ и прогноз изменения климата и климатических факторов, определяющих урожайность сельхозкультур;

2) построение моделей и исследование изменений на интервале адаптации агроклиматических ресурсов территорий;

3) анализ и прогноз изменений внешних и внутренних условий (природных, экономических, технологических, политических, социальных, демографических и т.д.), под влиянием которых будет развиваться АПК региона;

4) разработка модели и решение задачи формирования и согласования целевых индикаторов отраслей, производящих и перерабатывающих растениеводческую продукцию;

5) определение комплекса климатосберегающих мероприятий, которые позволят повысить урожайности сельхозкультур, обусловленных природными факторами, до целевых значений;

6) разработка модели производства и переработки сельскохозяйственных культур и исследование на ее основе возможных сценариев развития АПК на интервале адаптации, выбор наиболее приемлемого из них;

7) разработка метода и выбор наиболее приемлемого сценария адаптации АПК к изменению климата;

8) оптимизация структуры вспомогательных служб АПК с учетом изменения климата;

9) выбор системы целевых показателей, разработка методов и проведение анализа эффективности мер адаптации и контроля реализации планов адаптации АПК к изменению климата, усовершенствование планов адаптации.

*Анализ методов решения задач
формирования плана адаптации АПК*

Остановимся на информационном обеспечении и методах решения задач форми-

рования планов адаптации отраслей АПК к изменению климата.

1. Цель решения первой задачи заключается в исследовании формирования природных условий производства сельхозкультур на интервале адаптации. При решении данной задачи в качестве климатических переменных следует использовать такие, на основе которых возможно определение изменений основных природных факторов, влияющих на урожайность сельхозкультур.

К ним можно отнести метеорологические параметры, характеризующие режим атмосферных осадков и температурный режим воздуха в различные сезоны года: количество и интенсивность атмосферных осадков, число дней с осадками выше 20 мм, средняя, максималная и минимальная температуры воздуха. В случае необходимости (в зависимости от природно-климатических условий региона и производимых сельхозкультур) перечень и число этих факторов можно изменить.

Для анализа и прогноза временных рядов метеорологических параметров можно использовать существующие методы. В работе [3] для этой цели использовались математико-статистические методы анализа временных рядов, для их прогноза использован сингулярно-спектральный метод «Гусеница» – SSA.

2. Цель решения следующей задачи заключается в построении интегральной функции, связывающей урожайность сельхозкультур с природными факторами. С помощью данной функции на интервале адаптации определяется динамика агроклиматических ресурсов (урожайность сельхозкультур, формируемая природными факторами). Для построения данной функции можно использовать существующие модели или разработать новые, которые корректируются с использованием данных, характеризующих природные условия конкретных регионов: многолетние данные о природных факторах, формирующих урожаи сельхозкультур, об урожайности сельхозкультур, сформированных этими факторами. Сбор данных о климатических факторах не встречает особых трудностей. Что касается формирования данных об урожайности сельхозкультур, сформированных природными факторами, то на его пути возникают серьезные проблемы. Для получения таких данных целесообразным, на наш взгляд, является использование результатов полевых экспериментов.

3. Цель решения третьей задачи заключается в определении производственно-эко-

номических условий функционирования АПК на интервале адаптации. Для этой цели необходимо использование информации, характеризующей производство сельхозкультур на всех уровнях, себестоимость ее производства и переработки, спрос на продукцию АПК, развитие и доступность технологий производства и переработки сельскохозяйственной продукции и т.д. Такая информация необходима для прогноза динамики этих показателей на интервале адаптации. При решении данной задачи климатическая информация непосредственно не используется. Но в зависимости от решаемой задачи и требований к этим условиям может возникнуть необходимость учета изменений климата и его влияния на производственно-экономические условия. В этом случае в качестве климатической информации для решения данной задачи можно использовать временные ряды отмеченных метеорологических параметров. При решении данной задачи перспективным может оказаться использование экспертных методов.

4. Цель решения следующей задачи состоит в определении целевых индикаторов системы «сельское хозяйство – перерабатывающая отрасль» в конце интервала адаптации [3]. Эти индикаторы должны быть согласованы между собой в рамках имеющихся ресурсов, наложенных на объемы производства продукции требований и т.д. При этом известны только целевые индикаторы и производственно-экономические показатели сельского хозяйства, а структура и показатели перерабатывающей отрасли должны определяться с учетом показателей сельского хозяйства, причем необходимо оптимизировать функционирование отмеченной системы.

Решение данной задачи требует разработки модели, связывающей показатели сельского хозяйства с показателями перерабатывающей отрасли (урожайности сельхозкультур с объемами продукции перерабатывающей отрасли). Для этой цели можно использовать модель оптимизации структуры продукции, производимой системой «сельское хозяйство – перерабатывающая отрасль», которая позволяет оптимизировать структуру производимой данной системой продукции с использованием в качестве критерия оптимальности, например максимума прибыли (или доходов отраслей). Ниже излагается модель, которую можно использовать для этой цели.

5. Решение пятой задачи направлено на разработку таких климатосберегающих агротехнических мероприятий, на основе

которых возможно доведение урожайности сельхозкультур, обусловленных природными условиями, до целевых индикаторов.

Если для каких-то культур доведение их урожайности до целевых индикаторов окажется невозможным или оно потребует больших затрат, то эти культуры необходимо заменить другими, т.к. природные условия уже являются непригодными для их производства.

6. Решение следующей задачи направлено на определение сценариев развития системы «сельское хозяйство – перерабатывающая отрасль» на интервале адаптации для возможных сценариев изменений условий ее функционирования. Для этой цели на первом этапе определяются траектория изменений агроклиматических ресурсов, на втором определяются наиболее вероятные сценарии изменений условий функционирования системы «с/хозяйство – перерабатывающая отрасль». Затем вдоль траектории изменения агроклиматических ресурсов моделируются сценарии развития данной системы, соответствующие сценариям изменений условий ее функционирования.

7. Цель решения следующей задачи состоит в выборе наиболее приемлемого из возможных сценариев развития системы «сельское хозяйство – перерабатывающая отрасль». Решение данной задачи может потребовать разработки специального метода. В качестве приемлемого может быть выбран сценарий, при котором показатели системы будут наиболее близкими к целевым индикаторам.

8. Цель решения восьмой задачи (оптимизация функционирования вспомогательных служб на интервале адаптации) заключается в адаптации функционирования вспомогательных служб к возможным изменениям условий и технологий производства продукции. При этом ставится цель, заключающаяся в том, чтобы вспомогательные службы были в состоянии эффективно выполнять свои функции.

9. Цель решения девятой задачи, по нашему мнению, должна заключаться в определении направлений, по которым следует совершенствовать план адаптации отрасли экономики к изменению климата. Данную задачу можно не включать в задачи формирования плана адаптации.

Метод и результаты решения задачи определения траектории развития АПК на интервале адаптации

Остановимся на методе и некоторых результатах решения задачи 6, которая, по на-

шему мнению, относится к наиболее сложным из задач плана адаптации АПК.

В результате решения данной задачи должны быть получены траектории изменений показателей отраслей АПК на интервале адаптации, соответствующие возможным сценариям изменения состояния внешней среды. Необходимость рассмотрения различных сценариев в данном случае, как было отмечено, связана с тем, что определение состояния внешней среды и влияния ее изменений на АПК возможно лишь приближенно. В большей степени это относится к производственно-экономическим, социальным, политическим и другим условиям. Что касается природных факторов (температура воздуха и количество осадков в различные сезоны года), то результаты исследований показали, что динамика этих факторов на интервале адаптации может быть получена с высокой точностью.

В предположении, что состояние внешней среды известно, остановимся на алгоритме определения соответствующей ему траектории развития АПК. Пусть интервал адаптации равен K лет. Определение показателей системы «растениеводческая отрасль – перерабатывающая отрасль» на данном интервале требует решения следующих задач:

- прогноз изменений климата (или динамики природных факторов, формирующих урожаи сельхозкультур) (задача 1). Методы и результаты решения данной задачи для юга европейской территории РФ подробно изложены в работе [3];

- определение динамики урожайности культур на интервале адаптации, формируемой природными факторами. Обозначим их U_{ni}^k ($k=1,2,3,\dots,K$; $i=1,2,3,\dots,n$), т.е. U_{ni}^k – есть формируемая природными факторами урожайность i -й культуры в k -м году интервала адаптации. Значения U_{ni}^k ($k=1,2,3,\dots,K$; $i=1,2,3,\dots,n$) определяются в результате решения задачи 2. При этом используются результаты решения задачи 1. В работе [3] приводится модель агроклиматических ресурсов, которая используется для решения данной задачи;

- определение динамики целевых индикаторов урожайности культур на интервале адаптации. Обозначим их U_{ci}^k ($k=1,2,3,\dots,K$; $i=1,2,3,\dots,n$), т.е. U_{ci}^k – есть целевой индикатор урожайности i -й культуры в k -м году. Для решения данной задачи используются значения U_{ci}^k в начале ($k=1$) и конце ($k=K$) интервала адаптации. В первом случае ($k=1$) в качестве U_{ci}^k используются фактические

значения урожайности культур, а во втором случае целевые индикаторы для урожайности культур. Предполагая, что урожайности культур на интервале адаптации меняются по известному закону, например по линейному, находятся значения Y_{ui}^k в промежуточных точках интервала адаптации, т.е. значения Y_{ui}^k ($k=2,3,\dots,K-1$; $i=1,2,3,\dots,n$).

После определения Y_{ni}^k и Y_{ui}^k ($k=1,2,3,\dots,K$; $i=1,2,3,\dots,n$) исследуются возможности доведения значений Y_{ni}^k до значений Y_{ui}^k (т.е. решается задача 5). В случае когда для какой-то культуры оно окажется невозможным или нецелесообразным с экономической точки зрения, данная культура заменяется другой. Зная значения Y_{ui}^k ($k=1,2,3,\dots,K$; $i=1,2,3,\dots,n$) на интервале адаптации, траекторию развития АПК на данном интервале можно определить путем решения задачи формирования и согласования целевых индикаторов АПК для каждого значения $k=1,2,3,\dots,K$ (т.е. для каждого сельскохозяйственного года). Таким образом, решение задачи 6 требует использования информации об изменении климата и о производственно-экономических показателях региона на интервале адаптации.

Остановимся на записи модели формирования и согласования целевых индикаторов АПК для производственно-экономической системы, элементами которой являются растениеводческая и перерабатывающая растениеводческую продукцию отрасли. Предположим, что в сельском хозяйстве производится n видов сельхозкультур, а в перерабатывающей отрасли m видов продуктов. В качестве сырья в перерабатывающей отрасли используется продукция сельского хозяйства. С целью упрощения модели ограничимся учетом в ней использования земельных и финансовых ресурсов. Введем обозначения: x_1, x_2, \dots, x_n – площади пашни, занимаемые сельскохозяйственными культурами, $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$ – объемы производства продукции перерабатывающей отрасли.

При записи целевой функции для простоты было предположено, что прибыль АПК приближенно равна прибыли перерабатывающей отрасли:

$$\Pi = \sum_{j=1}^m (c_{n+j} - z_{n+j}) x_{n+j} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где Π – прибыль перерабатывающей отрасли, c_{n+j} – цена реализации единицы j -го вида продукции, z_{n+j} – себестоимость производства единицы j -го вида продукции.

Система ограничений записывается в следующем виде:

- ограничение на использование земельных ресурсов для производства сельскохозяйственных культур:

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq x_0, \quad (2)$$

где x_0 – общая площадь пашни;

- ограничения, учитывающие соблюдение севооборота в сельском хозяйстве:

$$x_i = \alpha_i x_0, \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где α_i – доля пашни, занимаемой i -й культурой;

- ограничения, наложенные на объемы производства сельскохозяйственных культур:

$$Y_i x_i \geq u_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где Y_i – урожайность и u_i – минимальный объем производства i -й культуры;

- ограничения, учитывающие использование финансовых ресурсов отрасли:

$$\sum_{i=1}^n Y_i s_i x_i \leq \Phi_0^{(1)}, \quad (5)$$

где s_i – себестоимость производства i -й культуры, $\Phi_0^{(1)}$ – финансовые ресурсы отрасли;

- ограничения, учитывающие технологию переработки сельскохозяйственных культур:

$$\sum_{j=1}^m \alpha_{i,n+j} x_{n+j} = Y_i x_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где $\alpha_{i,n+j}$ – объем i -й культуры, затрачиваемый на производство единицы продукции вида j ;

- ограничения, наложенные на использование ограниченных финансовых ресурсов в перерабатывающей отрасли:

$$\sum_{j=1}^m x_{n+j} z_{n+j} \leq \Phi_0^{(2)}, \quad (7)$$

где $\Phi_0^{(2)}$ – финансовые ресурсы перерабатывающей отрасли;

- ограничения, наложенные на объемы производства продукции в перерабатывающей отрасли:

$$x_{n+j} \geq v_j, \quad j = \overline{1, m}, \quad (8)$$

где v_j – минимальный объем производства продукции j -го вида $j = \overline{1, m}$.

Используя в качестве входных данных целевые индикаторы для урожаев сельскохозяйственных культур и значения производственно-экономических показателей отраслей, с помощью модели можно опре-

делить согласованные между собой целевые индикаторы развития АПК.

С целью исследования возможности решения задачи 6 на основе модели (1)-(8) для природно-климатических и производственно-экономических условий конкретного региона (КБР) были проведены модельные расчеты. Для этой цели предполагалось, что в конце интервала адаптации показатели сельского хозяйства региона должны быть на уровне Германии. Расчеты проводились для следующих сельхозкультур: озимая пшеница, зерновые культуры, кукуруза, подсолнечник, картофель, сахарная свекла, овощи, фрукты, виноград, лекарственные травы. Целевые индикаторы для урожайности культуры равнялись: пшеницы 74 ц/га, ячменя 56 ц/га, кукурузы 92 ц/га, картофеля 403 ц/га, сахарной свеклы 593 ц/га, томатов 1244 ц/га, винограда 57 ц/га.

Обозначим площади пашни, занимаемые отмеченными культурами: (x_1) площадь озимой пшеницы, (x_2) зерновых культур (без озимой пшеницы и кукурузы), (x_3) кукурузы, (x_4) подсолнечника, (x_5) картофеля, (x_6) сахарной свеклы, (x_7) овощных культур, (x_8) садов, (x_9) виноградников, (x_{10}) лекарственных трав; $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{55}$ – объемы производства продукции предприятиями перерабатывающей отрасли.

В качестве продуктов переработки сельхозкультур рассматривались:

- пшеница: хлеб (x_{11}) , хлебобулочные изделия (x_{12}) , мука (x_{13}) , крупа (x_{14}) , макароны (x_{15}) , спирт (x_{16}) , крахмал (x_{17}) , кондитерские изделия (x_{18}) ;
- зерновые культуры: солод (x_{19}) , пиво (x_{20}) , спирт (x_{21}) , крупа (x_{22}) , хлеб (x_{23}) ;
- кукуруза: мука (x_{24}) , крупа (x_{25}) , хлопья (x_{26}) , спирт (x_{27}) , крахмал (x_{28}) , масло (x_{29}) ;
- картофель: замороженный картофель (x_{30}) , сушеная картошка (чипсы) (x_{31}) , спирт (x_{32}) , крахмал (x_{33}) , масло (x_{34}) ;
- свекла: сахар (x_{35}) , консервы (x_{36}) ;
- овощи: соки (x_{37}) , томат (x_{38}) , консервы (x_{39}) , косметические средства (x_{40}) ;
- подсолнечник: масло (x_{41}) , халва (x_{42}) , шрот (x_{43}) , козинаки (x_{44}) ;
- фрукты: соки (x_{45}) , джем (x_{46}) , варенье (x_{47}) , спирт (x_{48}) , вина (x_{49}) , уксус (x_{50}) , сухофрукты (x_{51}) , лекарства (x_{52}) ;
- виноград: соки (x_{53}) , вина (x_{54}) , изюм (x_{55}) .

Переработка лекарственных трав в модели не предусматривается.

- Затраты финансовых ресурсов на переработку сельхозкультур обозначим $x_{56} - x_{65}$, затраты на производство сельхозкультур $x_{66} - x_{74}$, а объемы финансовых ресурсов

перерабатывающей отрасли и сельского хозяйства обозначим x_{75}, x_{76} .

Можно заметить, что перерабатывающая отрасль производит 45 видов продуктов.

Результаты исследования и их обсуждение

Данные о показателях и структуре отраслей АПК в конце второго и пятого года интервала адаптации (на 1000 га пашни), полученные в результате решения задачи 6, приведены в таблицах 1 и 2. При проведении расчетов было предположено, что интервал адаптации равен 5 годам. Данные, приведенные в таблице 1, относятся к концу второго года, а данные таблицы 2 – к концу интервала адаптации (пятого года данного интервала). Таким образом, таблица 2 является последней из пяти таблиц, получающихся при решении задачи 6. Остальные таблицы не приводятся.

Остановимся на результатах расчетов.

Из таблицы 1 видно, что по занимаемой площади пшеница находится на первом месте (358 га), затем следуют зерновые культуры (без пшеницы и кукурузы), кукуруза, картофель. Объемы отдельных видов продуктов переработки сельхозкультур равны нулю или незначительны. Это указывает на то, что их производство является экономически невыгодным. В качестве примера можно отметить следующие: крупа из пшеницы (x_{14}) , замороженный картофель (x_{30}) , масло из картофеля (x_{34}) , спирт из фруктов (x_{48}) и т.д. Затраты финансовых ресурсов на производство сельхозкультур примерно в два раза меньше, чем затраты на их переработку, что совпадает с соотношением в реальных случаях.

Сравнение данных таблиц 1 и 2 показывает, что производственно-экономические показатели АПК на интервале адаптации заметно изменились. Это может быть связано с тем, что урожайности культур должны повышаться на интервале адаптации. Из таблицы 2 видно, что по занимаемой площади пшеница и в конце интервала адаптации оказалась на первом месте (364,0 га), за ней следуют зерновые. Кукуруза и картофель по занимаемой площади, по сравнению с таблицей 1, поменялись местами. Кроме этого, перечень продуктов переработки в таблице 1, производство которых было невыгодным, и в конце интервала адаптации остался неизменным. Поведение показателей АПК и их соотношение совпадают с их поведением в реальных случаях.

Таблица 1

Показатели регионального АПК в конце интервала адаптации

Площади пашни, занимаемые сельхозкультурами (га)			
$x_1 = 358,0$ $x_5 = 3,5$ $x_9 = 33,03$	$x_2 = 200,0$ $x_6 = 53,3$ $x_{10} = 0,5$	$x_3 = 148,0$ $x_7 = 30,0$	$x_4 = 141,8$ $x_8 = 0,25$
Объемы производства продукции в перерабатывающей отрасли (ц)			
$x_{11} = 877,0$ $x_{12} = 14,0$ $x_{13} = 1087,8$ $x_{14} = 0,0$ $x_{15} = 17,0$ $x_{16} = 21,0$ $x_{17} = 15,0$ $x_{18} = 17,0$ $x_{19} = 190,31$ $x_{20} = 0,0$ $x_{21} = 0,0$	$x_{22} = 10,0$ $x_{23} = 0,0$ $x_{24} = 7,7$ $x_{25} = 10,0$ $x_{26} = 10,0$ $x_{27} = 12,0$ $x_{28} = 10,0$ $x_{29} = 9,44$ $x_{30} = 0,0$ $x_{31} = 75,1$ $x_{32} = 0,0$	$x_{33} = 10,0$ $x_{34} = 0,0$ $x_{35} = 10,0$ $x_{36} = 10,0$ $x_{37} = 10,0$ $x_{38} = 207,5$ $x_{39} = 10,0$ $x_{40} = 30,0$ $x_{41} = 10,0$ $x_{42} = 10,0$ $x_{43} = 28,6$	$x_{44} = 10,0$ $x_{45} = 14,7$ $x_{46} = 0,0$ $x_{47} = 10,0$ $x_{48} = 0,0$ $x_{49} = 2,1$ $x_{50} = 10,0$ $x_{51} = 10,0$ $x_{52} = 10,0$ $x_{53} = 3,2258$ $x_{54} = 10,0$ $x_{55} = 10,0$
Финансовые затраты на переработку сельскохозяйственных культур (тыс. руб.)			
$x_{56} = 8235,5$ $x_{57} = 2000,0$ $x_{58} = 463,3$	$x_{59} = 55701,8$ $x_{60} = 200,0$ $x_{61} = 1866,7$	$x_{62} = 9163,1$ $x_{63} = 264,3$	$x_{64} = 600,0$ $x_{65} = 2117,5$
Объемы производства сельхозкультур (ц)			
$x_{66} = 1450,3$ $x_{67} = 286,8$ $x_{68} = 300,0$	$x_{69} = 1627,6$ $x_{70} = 70,0$	$x_{71} = 480,0$ $x_{72} = 52,3$	$x_{73} = 10,0$ $x_{74} = 106,0$
Затраты финансовых ресурсов на переработку сельхозкультур (тыс. руб.)		Затраты финансовых ресурсов на производство сельхозкультур (тыс. руб.)	
$x_{75} = 80612,1$		$x_{76} = 40000$	

Таблица 2

Показатели регионального АПК в конце интервала адаптации

Площади пашни, занимаемые сельскохозяйственными культурами (га)			
$x_1 = 364,0$ $x_5 = 3,5$ $x_9 = 33,0$	$x_2 = 200,0$ $x_6 = 40,0$ $x_{10} = 0,5$	$x_3 = 143,0$ $x_7 = 38,0$	$x_4 = 147,8$ $x_8 = 0,25$
Показатели (объемы производства продукции) перерабатывающей отрасли (ц)			
$x_{11} = 877,0$ $x_{12} = 14,0$ $x_{13} = 1370,0$ $x_{14} = 0,0$ $x_{15} = 10,0$ $x_{16} = 21,0$ $x_{17} = 15,0$ $x_{18} = 10,0$ $x_{19} = 190,31$ $x_{20} = 10,0$ $x_{21} = 10,0$	$x_{22} = 10$ $x_{23} = 165,0$ $x_{24} = 10,0$ $x_{25} = 12,0$ $x_{26} = 10,0$ $x_{27} = 21,0$ $x_{28} = 19,0$ $x_{29} = 6,44$ $x_{30} = 0,0$ $x_{31} = 215,4$ $x_{32} = 0,0$	$x_{33} = 14,0$ $x_{34} = 0,0$ $x_{35} = 115,0$ $x_{36} = 0,0$ $x_{37} = 141,7$ $x_{38} = 310,0$ $x_{39} = 10,0$ $x_{40} = 31,0$ $x_{41} = 30$ $x_{42} = 10,0$ $x_{43} = 949,2$	$x_{44} = 10,0$ $x_{45} = 14,7$ $x_{46} = 0,0$ $x_{47} = 10,0$ $x_{48} = 0,0$ $x_{49} = 2,1$ $x_{50} = 10$ $x_{51} = 10$ $x_{52} = 10$ $x_{53} = 10,0$ $x_{54} = 31,0$ $x_{55} = 10,0$
Финансовые затраты на переработку сельскохозяйственных культур (тыс. руб.)			
$x_{56} = 53310,7$ $x_{57} = 2000,0$ $x_{58} = 463,3$	$x_{59} = 4507,7$ $x_{60} = 2300,0$ $x_{61} = 1866,7$	$x_{62} = 13809,9$ $x_{63} = 1264,3$	$x_{64} = 600,0$ $x_{65} = 2117,5$
Объемы производства сельскохозяйственных культур (ц)			
$x_{66} = 2478,2$ $x_{67} = 300,0$ $x_{68} = 1053,2$	$x_{69} = 200,0$ $x_{70} = 974,0$	$x_{71} = 4140,0$ $x_{72} = 300,0$	$x_{73} = 20,0$ $x_{74} = 186,0$
Финансовые затраты на переработку сельскохозяйственных культур (тыс. руб.)		Финансовые затраты на производство сельскохозяйственных культур (тыс. руб.)	
$x_{75} = 82240,2$		$x_{76} = 25462,7$	

Важным выводом из результатов расчетов можно считать то, что мероприятия по адаптации должны непрерывно корректироваться на интервале адаптации, что требует решения задач плана адаптации на каждом шаге данного интервала.

Результаты расчетов показали, что предложенный алгоритм можно использовать для определения траектории развития АПК.

Заключение

Основные результаты настоящей работы, посвященной проблеме адаптации регионального агропромышленного комплекса к изменению климата, можно сформулировать следующим образом:

- с учетом невысокой устойчивости растениеводческой отрасли предложено на региональном уровне адаптировать к изменению климата систему отраслей, производящих и перерабатывающих сельскохозяйственные культуры, что более целесообразно с точки зрения повышения ее эффективности и улучшения финансового состояния региона;

- сформулированы цели адаптации к изменению климата отраслей экономики, включая и АПК;

- введено понятие интервала адаптации, величина которого не должна превышать длину отрезка времени, на котором достаточно надежно могут быть решены задачи формирования плана адаптации;

- приводятся задачи плана адаптации АПК к изменению климата и результаты анализа особенностей информационного обеспечения и методов решения задач плана адаптации;

- приводится метод решения одной из задач плана адаптации АПК – задачи определения траектории развития АПК на интервале адаптации. Приведены результаты модельных расчетов, проведенных для природно-климатических и производственно-экономических условий конкретного региона.

Список литературы

1. Золина О.Г., Булыгина О.Н. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2016. Т. 1. С. 84-103.

2. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2013. 1535 p.

3. Ашабоков Б.А., Федченко Л.М., Ташилова А.А., Кешева Л.А., Теунова Н.В. Пространственно-временное изменение климата юга европейской территории России, оценка его последствий, методы и модели адаптации АПК. Нальчик: ООО «Фрегат», 2020. 476 с.

4. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад. Вклад Рабочих групп I, II и III в Пятый оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата [основная группа авторов, Р.К. Папчаури и Л.А. Мейер (ред.)]. Женева, Швейцария, 2014. 163 с.

5. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации / под ред. В.М. Катцова. СПб., 2017. 106 с.

6. Кухта А.Е., Максимова О.В. Воздействие климатических факторов вегетационного периода на приросты сосны обыкновенной в Среднем Поволжье и на побережье Белого моря // *Метеорология и гидрология*. 2022. № 1. С. 72-83.

7. Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф., Кориева И.А. Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга // *Метеорология и гидрология*. 2020. № 5. С. 29-45.

8. Катцов В.М., Семенов С.М. Климат Земли: факторы изменения и причины беспокойности // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. С. 10-17.

9. Барвигенко Ю.Н., Росляков А.И., Елизарова И.О. Особенности влияния факторов погоды на обращаемость населения за медицинской помощью по поводу болезней сердечно-сосудистой системы // *Материалы междунар. научной конференции «Региональные эффекты глобальных изменений климата»* (Воронеж, 26-27 июня 2012 г.). 2012. С. 365-369.

10. Белова В.А., Ларина Е.С. Демографические последствия глобальных климатических изменений для России в XXI веке // *Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы): материалы международной научной конференции* (Воронеж, 26-27 июня 2012 г.). 2012. С. 375-377.

11. Либин И.Я., Перес П., Олейник Т.Л., Прудникова Р., Трейгер Е.М. Возможное влияние глобальных изменений климата на социальные процессы и экономику России // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. № 9. С. 105-108.

12. Ashabokov B.A., Fedchenko L.M., Tashilova A.A., Shapovalov A.V., Khavtsukov A.Kh. and Balkarova S.B. Modeling Risk Reduction in Agriculture Associated with Dangerous Agrometeorological Phenomena. in *International scientific and practical conference AgroSMART. Smart solutions for agriculture*. KnE Life Sciences. 2019. P. 223-231.

13. Бедринский А.И., Коршунов А.А., Хандожко Л.А., Шаймарданов М.З. Основы оптимальной адаптации экономики России к опасным проявлениям погоды и климата // *Метеорология и гидрология*. 2009. № 4. С. 5-14.

14. Ashabokov B.A., Shapovalov A.V., Tashilova A.A. Analysis of Changes in the Natural and Climatic Conditions of the Functioning of the Construction Industry (Operation of Buildings and Structures) in the Region. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. P. 1031-1036.