

УДК 338.436.33
doi:10.35853/vestnik.gu.2023.3(42).04
5.2.3

Согласованность климатической стратегии АПК с другими отраслями: методический подход

Николай Михайлович Светлов

ВИАПИ имени А. А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ,
Москва, Россия, svetlov@viapi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6906-6129>

Аннотация. Для определения наилучших траекторий приростов валовых выпусков (в разрезе заданной номенклатуры видов экономической деятельности), обеспечивающих выполнимость заданных целей стратегии адаптации АПК к изменениям климата и к ужесточению политики сокращения антропогенного воздействия на климат, предложена экономико-математическая модель в форме задачи дробно-линейного программирования, основанная на данных симметричной таблицы «Затраты–выпуск» России, таблицы использования товаров и услуг и данных Росстата об эмиссии парниковых газов. Модель вычисляет приросты валовых выпусков, необходимые для осуществления стратегии. Стратегия осуществима, если все эти приросты не превосходят резервов производственных мощностей либо предусмотрены достаточные капитальные вложения для наращивания мощностей. Особенности предложенного подхода, отличающиеся от предшествующих решений схожих задач, – адаптация математической модели к существующей в России эмпирической базе; максимизация доли конечного использования продукции в валовом выпуске; достижение реалистичности решения модели путем применения инструментальных методов анализа рынков для последовательного дополнения модели ограничениями по приростам конечного использования отдельных видов продукции; принцип оценки дефицита оборотных средств, обусловленного (при прочих равных условиях) осуществлением стратегии. Полученные результаты допускают развитие применительно к задачам разработки стратегий адаптации к тем же факторам других отраслей материального производства. Росстату дана рекомендация публиковать данные об эмиссии парниковых газов в разрезе номенклатуры видов экономической деятельности, используемой для базовых таблиц «Затраты–выпуск» России.

Ключевые слова: стратегическое планирование, математическое моделирование, дробно-линейное программирование, эмиссия парниковых газов, климатическая политика, валовой выпуск, оборотные средства, таблица «Затраты–выпуск», таблица использования товаров и услуг

Для цитирования: Светлов Н. М. Согласованность климатической стратегии АПК с другими отраслями: методический подход // Вестник Гуманитарного университета. 2023. № 3 (42). С. 35–46. DOI 10.35853/vestnik.gu.2023.3(42).04.

Coherence of Agribusiness Climate Strategy with Other Sectors: a Methodological Approach

Nikolay M. Svetlov

All-Russia Institute of Agrarian Problems and Computer Science after A. A. Nikonov –
a branch of Federal Research Centre for Agrarian Economy and Social Development
of Rural Territories – All-Russia Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia,
svetlov@viapi.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6906-6129>

Abstract. The paper proposes an economic and mathematical model in the form of a fractional linear programming problem based on data from the Russian symmetric table “Costs-Output”, the table of the use of goods and services, and Rosstat data on greenhouse gas to determine the optimal trajectories of gross outputs growth (in the context of a given nomenclature of economic activities), which would ensure the feasibility of the set goals of the strategy of adaptation of the agro-industrial complex to climate change and strengthen the policy of reducing the anthropogenic impact on the climate. The model calculates the increase in gross output that is required for the strategy to be implemented. The strategy is feasible if all these increases are within capacity reserves or if sufficient capital investment is available for capacity increases. Characteristics of the proposed approach, which differ from previous solutions to similar problems, are: adaptation of the mathematical model to the empirical base available in Russia; maximization of the share of the final use in gross output; achievement of realistic solutions to the model by applying instrumental methods of market analysis to consistently supplement the model with restrictions on the growth of the final use of certain types of products; the principle of assessing the shortage of working capital caused (*ceteris paribus*) by the implementation of the strategy. The results obtained allow for further elaboration in relation to developing strategies aimed at adapting other branches of material production to the same factors. Rosstat has been advised to publish data on greenhouse gas emissions in compliance with the nomenclature of economic activities used for Russia’s basic input-output tables.

Keywords: strategic planning, mathematical modeling, fractional linear programming, greenhouse gas emission, climate policy, gross output, circulating capital, input-output table, the use of goods and services table

Введение

В аннотации статьи [Порфирьев 2022] справедливо отмечается, что «несмотря на предусмотренный Парижским соглашением по климату (2015 г.) комплексный подход, подчеркивающий равную значимость целей и необходимость сбалансированности усилий по минимизации нетто-выбросов парниковых газов и по адаптации экономики к климатическим изменениям, последняя оказалась отодвинутой далеко на задний план при принятии стратегических решений». Далее в статье приводятся цифры и факты, доказывающие этот тезис применительно ко многим странам, и Россия не исключение.

Наблюдение академика Б. Н. Порфирьева – повод задуматься над информационными процессами выработки стратегических решений, определяющих долгосрочную климатическую политику. В самом деле, с этой точки зрения подготовить и принять решения по декарбонизации проще, чем по адаптации к изменениям климата. Когда речь идет о декарбонизации, правительства доводят до бизнеса контрольные цифры снижения эмиссии парниковых газов (ЭПГ), а бизнес ищет требуемые ему решения на рынках. Рынки, в свою очередь, подстраиваются под потребности бизнеса. Что касается адаптации к изменению климата – рынки выпадают из контура регулирования этого процесса. Следуя логике обсуждаемой статьи, заниматься адаптацией нужно уже сейчас; но рынки оценят ее результаты лишь тогда, когда изменения климата достигнут уровней, на которые ориентирована адаптация¹. Поэтому решение непростой задачи балансирования интересов участников процессов адаптации к изменению климата требует, с одной стороны, создания адекватных институтов согласования интересов (см.: [Osberghaus et al. 2010]), а с другой – разработки соответствующих инструментов и

¹ Проблемы дисфункции рынков при адаптации к изменениям климата обсуждаются во многих публикациях (см. [Fankhauser 2017; The economics ... 2018]). В статье [Moser, Ekstrom 2010] разработаны методологические основы выявления препятствий адаптации. Авторы следующих статей из числа препятствий выделяют несовершенство финансовых рынков, в том числе барьеры доступа к кредитным ресурсам [Pauw et al. 2022; Bellon, Massetti 2022]. Известные автору работы на эту тему не упоминают проблему, имеющую первостепенное значение, – разрыв обратной связи согласования интересов. Ближе других к этой проблеме подошли Х. Г. Хонг и соавторы, отметившие принципиальную неспособность финансовых рынков (в частности, рынков фьючерсов) эффективно хеджировать климатические риски [Hong, Li, Xu 2016].

практик моделирования последствий различных вариантов адаптации². Всё это замедляет процесс.

Исследование, представленное в данной статье, обращается ко второму аспекту этой задачи, связанному с инструментарием моделирования, ограничивая его рамками АПК³ – группы отраслей, в число которых входят наиболее чувствительные к изменению климата. В статье ставится задача согласования динамики производства продукции АПК с динамикой производства других отраслей, дается ее математическая формулировка, после чего исследуются возможности ее практического применения с учетом состояния информационной базы и возможностей существующих инструментальных средств.

В ближайшем будущем на основе этих наработок намечено перейти к многовариантному числовому моделированию, а его ключевые результаты довести до сведения Правительства РФ.

Постановка задачи

Предположим, что результат стратегического планирования адаптации АПК к изменениям климата и климатической политики выражен некоторым перечнем контрольных цифр в привязке к определенным срокам. Допустим, что эти цифры достаточны для того, чтобы дать, по крайней мере, интервальную оценку темпов роста производства продукции двух сфер АПК – II (сельское хозяйство; сюда же отнесем рыбохозяйственный подкомплекс) и III (пищевая промышленность) – на период адаптации.

Встает вопрос: какими должны быть *необходимые* темпы роста производства продукции или услуг других видов экономической деятельности (далее в.э.д.), согласующиеся с ожидаемой динамикой производства в двух сферах АПК и не приводящие к сокращению конечного использования продукции или услуг какого-либо в.э.д.

Ответ на этот вопрос важен в двух отношениях. Во-первых, он позволяет выявить те в.э.д., которые не обладают достаточными экономическими возможностями (например, производственными мощностями) для поддержки развития АПК по намеченной адаптационной траектории. Это необходимо, чтобы заблаговременно проинформировать участников рынков о том, что такие-то в.э.д. испытывают потребность в инвестициях, окупаемость которых обеспечивается мерами, предусмотренными правительственной адаптационной стратегией. Если одного лишь информирования окажется недостаточно для привлечения требуемых инвестиций, то для предупреждения проблемной ситуации понадобится подключить ресурсы Фонда национального благосостояния.

Во-вторых, он необходим для выработки гарантий обеспеченности необходимого роста отраслей за пределами АПК источниками оборотных средств – собственными и привлеченными. Дело здесь в том, что в условиях осуществления стратегии суммарный денежный оборот по всем в.э.д. будет расти быстрее, чем чистый приток денежных средств. В отсутствие заранее продуманных мер возникающий разрыв создаст дополнительную нагрузку на банковскую систему, которая столкнется с растущим спросом

² Существующие инструментальные средства направлены на то, чтобы воспроизвести ожидаемую реакцию бизнеса и рынков на изменения климата и, в их числе, адаптацию к этим изменениям (см., например: [Fisher-Vanden et al. 2013; Светлов 2018; Svetlov et al. 2019]). Они, за немногими исключениями [Сиптиц, Романенко, Евдокимова 2022], не приспособлены для исследования полного спектра проактивных адаптационных мероприятий. При этом уже решена важная частная задача: имеется множество инструментов моделирования проактивных мер декарбонизации сельского хозяйства (см.: [Duan et al. 2020; Zhou et al. 2019; Сиптиц 2022; Светлов 2023] и др.). Некоторые из существующих инструментов применимы для согласования проактивных адаптационных мер не только в национальном, но и в глобальном масштабе; однако они предназначены для анализа сценариев, а не для расчетных задач стратегического планирования (см.: [Ciscar, Dowling 2014; Eboli, Parrado, Roson 2010]).

³ Ввиду общности задач продовольственного обеспечения населения рыбохозяйственный комплекс рассматривается в данной статье как составная часть АПК.

на кредиты, и одновременно ухудшит качество бухгалтерских балансов предприятий – партнеров АПК.

Методологическую основу для ответа на поставленный вопрос формирует анализ «затраты–выпуск». В частности, в статье [Леонтьев 1990], оригинал которой вышел в свет в 1970 г., предложен способ решения задач корректировки объемов выпуска продукции каждой отрасли экономики в соответствии с запланированным сокращением антропогенного воздействия на окружающую среду. С математической точки зрения задача достижения межотраслевой согласованности при проактивной адаптации к изменениям климата принципиально не отличается от задачи, рассмотренной В. Леонтьевым. Его работа особенно ценна тем, что определяет, какие данные необходимы для искомого ответа и какими допущениями этот ответ обусловлен.

В строгой формулировке задача, отвечающая на поставленный вопрос, выглядит так.

Даны: номенклатура в.э.д.⁴; статистическая таблица «затраты–выпуск» базового года, соответствующая этой номенклатуре; предусмотренные адаптационной стратегией относительные приросты производства продукции II и III сфер АПК (по видам; к базовому году) для заданных годов стратегического плана; относительные приросты к базовому году эмиссии парниковых газов (отрицательные) для обозначенных годов стратегического плана.

Найти: темпы прироста производства продукции (оказания услуг) каждого в.э.д. на период осуществления стратегии **при следующих условиях:**

1) относительные приросты производства продукции II и III сфер АПК и эмиссии парниковых газов соответствуют предусмотренным адаптационной стратегией;

2) объемы конечного использования продукции (услуг) за пределами этих двух сфер АПК сохраняются на уровне базового года на протяжении периода осуществления стратегии;

3) объемы импорта продукции всех в.э.д. сохраняются на уровне базового года в течение того же периода;

4) при вышеуказанных условиях обеспечивается равенство производства (включая импорт) и использования (производственного и конечного, включая экспорт) по всем в.э.д.;

5) обеспечена монотонность динамики производства каждого в.э.д. (спады производства по отношению к предшествующему году недопустимы);

6) при соблюдении всех вышеперечисленных условий достигается максимальное отношение конечного использования продукции к ее валовому производству в целом по экономике⁵.

Эта постановка обусловлена рядом упрощающих предположений, а именно:

1) номенклатура в.э.д. неизменна в течение срока, на который рассчитана адаптационная стратегия;

2) технология, используемая национальной экономикой, описывается производственной функцией Леонтьева, подразумевающей, в частности, абсолютную complementarity ресурсов;

3) эта технология на горизонте времени стратегического планирования неизменна.

Второе и третье предположения на практике выполняются лишь в некотором приближении. Неточности, обусловленные вторым предположением, можно свести к минимуму выбором подходящей номенклатуры, построив ее таким образом, чтобы «упрятать» возможности замещения внутри в.э.д., включенных в номенклатуру, при помощи агрегирования. При составлении номенклатуры в.э.д. симметричных таблиц «Затраты–

⁴ Подразумевается, что номенклатура должна отражать структуру видов деятельности как в АПК, так и за его пределами с детализацией, достаточной для целей адаптационной стратегии.

⁵ Этот критерий обеспечивает выбор из всех возможных вариантов согласования адаптационной стратегии АПК с остальной экономикой такого, при котором совокупная производительность факторов производства национальной экономики оказывается наибольшей.

выпуск» статистические агентства, включая Росстат, придерживаются этого принципа. Что касается третьего предположения, – если изменения в технологии ожидаются строго прогрессивные, то есть они не приводят к увеличению ни одного коэффициента прямых затрат, – то приросты выпусков, обусловленные адаптационной стратегией, не превысят приростов, обусловленных адаптационной стратегией в условиях неизменной технологии. Поэтому готовность отраслей за пределами АПК к осуществлению адаптационной стратегии при неизменной технологии гарантирует готовность к ее же осуществлению в условиях технологического прогресса. Помимо того, преодоление неточностей, обусловленных принятыми упрощениями, вряд ли актуально, ввиду наличия неточностей из-за неполноты информации о настоящем и принципиальной неопределенности будущего. Принимая во внимание все эти источники расхождения между результатами моделирования и реальностью, практическое значение моделирования определяется возможностью предотвратить только самые крупномасштабные проблемы из числа тех, с которыми может столкнуться осуществление стратегии.

Экономико-математическая модель

Поставленной задаче отвечает следующая математическая модель в форме задачи дробно-линейного программирования.

Множества

G – множество групп в.э.д., содержащее идентификаторы следующих шести групп: сельского хозяйства; рыбного хозяйства; пищевой промышленности; в.э.д., участвующие в производстве средств производства для АПК; в.э.д., предоставляющие отраслям АПК услуги инфраструктуры; остальные в.э.д.;

$G_0 \subset G$ – подмножество групп в.э.д., содержащее три элемента: сельское хозяйство, рыбное хозяйство и пищевую промышленность;

I – множество в.э.д. согласно выбранной номенклатуре;

$I_g \subset I, g \in G$ – подмножество в.э.д., относящихся к группе g ;

T_0 – множество лет моделируемого периода;

T – множество лет моделируемого периода, за исключением начального (базового) года $\tau = \inf(T_0)$;

$T_i \subset T$ – множество лет моделируемого периода, для которых заданы относительные приросты продукции в.э.д. $i \in I_g$, где $g \in G_0$, к году τ ;

$T_D \subset T$ – множество лет моделируемого периода, для которых заданы относительные приросты (отрицательные) эмиссии парниковых газов к году τ .

Переменные

$x_t = (x_{jt})$, $j \in I, t \in T$ – неотрицательный вектор валового продукта в разрезе выбранной номенклатуры в.э.д. в году t ;

x_{Dt} , $t \in T$ – неотрицательный размер эмиссии парниковых газов (в эквиваленте CO_2) в году t ;

$y_t = (y_{it})$, $i \in I, t \in T$ – неотрицательный вектор конечного использования продукции в разрезе выбранной номенклатуры в.э.д. в году t ;

$x_g = (x_{gt})$, $g \in G, t \in T$ – неотрицательный вектор валового продукта группы в.э.д. g в году t ;

$y_g = (y_{gt})$, $g \in G, t \in T$ – неотрицательный вектор конечного использования группы в.э.д. g в году t .

Параметры

$A = (a_{ij})$, $i \in I, j \in I$ – матрица неотрицательных коэффициентов прямых затрат;

$a_{Dt} = (a_{Djt})$, $j \in I$ – удельная эмиссия парниковых газов (в пересчете на CO_2) на единицу выпуска в.э.д. j в году t , предусмотренная адаптационной стратегией;

I – единичная матрица, порядок которой равен порядку матрицы A ;

$B = (b_{ji}) = (I - A)^{-1}$ – матрица неотрицательных коэффициентов полных затрат;

$x_\tau = (x_{j\tau})$, $j \in I$ – неотрицательный вектор валового продукта в разрезе в.э.д. в начальном году периода, заданного множеством T_0 ;

$y_\tau = (y_{i\tau}) = (I - A)x_\tau$, $i \in I$ – неотрицательный вектор конечного использования в разрезе в.э.д. в году $\tau = \inf(T_0)$, то есть в начальном году периода, заданного множеством T_0 ;
 $c_{it} \geq 0$, где $i \in I_g$, $g \in G_0$, – предусмотренный адаптационной стратегией относительный прирост (к году τ) производства продукции в.э.д. i в году t ;
 d_t – предусмотренный адаптационной стратегией относительный прирост (к году τ) эмиссии парниковых газов в году t .

Уравнения и неравенства

- межотраслевой баланс в году t :

$$x_t = By_t, t \in T; \quad (1)$$

- эмиссия парниковых газов в году t :

$$x_{Dt} = x_t^T a_{Dt}, t \in T; \quad (2)$$

- темп роста производства продукции АПК:

$$x_{it} = (1 + c_{it})x_{i\tau}, i \in I_g, g \in G_0, t \in T_i; \quad (3)$$

- темп снижения эмиссии парниковых газов:

$$x_{Dt} = (1 + d_t)x_{D\tau}, t \in T_D; \quad (4)$$

- условие монотонности динамики конечного использования:

$$y_t \geq y_{t-1}, t \in T; \quad (5)$$

• целевая функция – максимум доли конечного использования в валовом выпуске по состоянию на конец моделируемого периода:

$$\frac{\sum_{i \in I} y_{it}}{\sum_{i \in I} x_{it}} \rightarrow \max, t = \sup(T_0). \quad (6)$$

Модель предназначена для решения аналитической задачи – предвидения возможной реакции экономики России на меры по достижению целевых темпов роста II и III сфер АПК, соответствующих изучаемому варианту стратегии адаптации АПК к изменениям климата. В связи с этим методика ее использования допускает (и даже предполагает) возможность уточнения постановки задачи по итогам анализа и оценки результатов моделирования.

Информационная база моделирования

Составление вышеописанной модели на основе существующих открытых источников данных возможно, но связано с определенными ограничениями, обусловленными сроками публикации данных и несопадением номенклатур. В помещаемой ниже таблице приведены сведения о публикуемых Росстатом наборах данных, содержание которых соответствует информационной потребности экономико-математической модели, представленной выше.

Базовые таблицы «Затраты–выпуск» России используются для расчета матриц A и B . Они публикуются раз в пять лет с задержкой на три года, то есть к моменту публикации очередного выпуска в свободном доступе имеются данные, описывающие ситуацию восьмилетней давности. Такая задержка не критична, поскольку данные матриц A и B , относящиеся к отраслям материального производства, устойчивы во времени. Что касается сферы услуг, то связанные с ней изменения имеют второстепенное влияние на осуществимость разрабатываемой стратегии⁶.

⁶ Как альтернатива, существует возможность использования для этой цели таблиц «Затраты–выпуск» ряда стран (в том числе России), публикуемых ОЭСР. Эти данные публикуются ежегодно с пятилетней задержкой (на конец июня 2023 г. доступны таблицы за 2018 г.). Номенклатура в.э.д. этих таблиц охватывает 36 позиций.

**Состояние информационной базы для решения задачи согласования
климатической стратегии АПК с другими отраслями**

Набор и источники данных	Периодичность опубликования	Длительность подготовки к опубликованию, лет	Число позиций в номенклатуре
Базовые таблицы «Затраты–выпуск» России (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/baz-tzv-2016(1).xlsx)	Раз в 5 лет	3,0	98
Таблица использования товаров и услуг (в основных ценах) (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/tri-2019.xlsx)	Ежегодно	3,0	61
Данные по эмиссии парниковых газов:	×	×	12
Выбросы парниковых газов по секторам (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KI-1.xlsx)	Ежегодно	2,5	4
Выбросы парниковых газов, связанные с энергетикой (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KI-3.xlsx)	Ежегодно	2,5	+2*
Выбросы парниковых газов, связанные с промышленными процессами и использованием промышленной продукции (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KI-4.xlsx)	Ежегодно	2,5	+4*
Выбросы парниковых газов, связанные с лесным хозяйством и землепользованием (URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/KI-6.xlsx)	Ежегодно	2,5	+2*

* Число позиций номенклатуры, добавляемых к имеющимся в источнике «Выбросы парниковых газов по секторам».

Источник: материалы Росстата (по состоянию на 25.07.2023 г.) – ссылки даны в таблице.

Для моделирования целесообразно использовать прогнозные оценки векторов x_t и y_t на год, следующий за годом выполнения расчетов. Поэтому, хотя данные о валовом производстве и конечном использовании продукции в разрезе в.э.д. присутствуют в базовых таблицах «Затраты–выпуск» России, из-за большого временного разрыва они мало пригодны для прогнозирования. Построить требуемые оценки можно экстраполяцией на основе трендов конечного использования, отслеживаемых по данным таблицы использования товаров и услуг. Валовое производство для прогнозного конечного использования восстанавливается по формуле $x_t = Vy_t$ после приведения данных таблицы использования товаров и услуг в основных ценах к номенклатуре таблиц «Затраты–выпуск» с помощью подходящего отображения. Один из способов – распределение конечного использования из каждой агрегированной строки таблицы использования товаров и услуг между соответствующими ей⁷ строками таблицы «Затраты–выпуск» в пропорции приведенных в ней объемов конечного использования.

Что касается вектора a_{Dt} , то, к сожалению, ни Росстат, ни какая-либо другая организация не публикует данных, нужных для его определения, в разрезе номенклатуры, соответствующей одному из двух предыдущих источников. Совокупность данных, имеющихся в открытом доступе, позволяет сформировать укрупненную номенклатуру

⁷ Некоторые строки таблицы использования товаров и услуг невозможно соотнести с единственной строкой таблицы «Затраты–выпуск». При отображении одной номенклатуры на другую приходится мириться с возникающей в связи с этим погрешностью.

в.э.д., содержащую 16 позиций⁸. Как и в случае с вектором y_t , данные о выбросах в году t могут быть только прогнозными, для их определения придется опираться на те или иные предположения об их предстоящей динамике.

Остальные параметры экономико-математической модели задаются изучаемым вариантом адаптационной стратегии. Их источником служат материалы стратегического планирования.

Методика применения модели

Применение модели (1)...(6) требует решения трех методических вопросов: о преодолении номенклатурных различий в источниках данных; о реалистичности решений задачи согласования; об оценке на основе полученного решения модели дефицита оборотных средств при следовании адаптационной стратегии.

Преодоление номенклатурных различий в источниках данных. Учитывая состояние информационной базы, приходится признать, что номенклатура данных по выбросам ограничивает возможности моделирования адаптационными стратегиями сельского хозяйства, но не АПК: входящие в него отрасли, кроме сельского хозяйства, в этой номенклатуре не выделены. Решение задачи в такой упрощенной постановке не представляет сложности: для этого достаточно агрегировать данные таблицы «Затраты–выпуск» в основных ценах до 16 укрупненных видов деятельности, после чего вычислить матрицы A и B порядка 16×16 по обычным правилам анализа «затраты–выпуск» – и построение модели (1)...(6) применительно к укрупненной номенклатуре будет обеспечено всеми исходными данными.

Альтернатива данному подходу – приведение данных об эмиссии парниковых газов к номенклатуре базовых таблиц «Затраты–выпуск» России – возможна лишь с привлечением очень смелых предположений. Пожалуй, наиболее разумное из них (но все же существенно искажающее реальное положение дел) – это расчет пропорционально затратам ископаемых энергоносителей (природный газ, нефть, уголь) по данным таблиц «Затраты–выпуск», переведенным из денежного выражения в энергетические единицы. Принимая во внимание, что полученные таким путем оценки выбросов наверняка будут значительно расходиться с реальным положением дел, применение такой процедуры необходимо сопровождать проверкой чувствительности результатов моделирования к ошибкам, которые она порождает.

Достижение реалистичных решений задачи согласования. Формулировка (1)...(6) не ограничивает сверху конечное использование продукции. Максимум доли конечного использования в валовом выпуске на конец моделируемого периода достигается, вероятнее всего, при условии, что среди всех элементов множеств I_g , где $g \in G_0$, найдется лишь один в.э.д., конечное использование продукции которого возрастет – тот, рост доли которого в совокупном конечном использовании продукции приводит к наибольшему росту стоимости конечного использования продукции и услуг в расчете на стоимость их валового выпуска. Если стратегия предусматривает достаточно высокие (но достижимые) темпы роста валовых выпусков, то темпы роста конечного использования продукции одного из в.э.д. к оптимальному решению модели могут оказаться (и скорее всего, действительно окажутся) нереально высокими⁹.

⁸ Добыча нефти и газа; добыча твердого топлива; энергетика; производство продукции из минерального сырья; химическая промышленность; металлургия; электронная промышленность; производство и использование другой продукции; сельское хозяйство, включая сельскохозяйственное землепользование; лесное хозяйство; сфера услуг; обращение с отходами.

⁹ Справочно: «Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 8.09.2022 г. № 2567-р, предусматривает темп прироста валового производства продукции АПК, составляющий 3 % в год. По расчетам автора (в которых не учтены ограничения по эмиссии парниковых газов), такой темп прироста может сопровождаться годовыми приростами конечного использования продукции сельского хозяйства свыше 10 % в год, то есть втрое в течение десятилетия. Такой рост был бы возможен только за счет масштабного вытеснения конкурентов с мировых рын-

По этой причине практическое применение модели предполагает получение ее оптимальных решений поэтапно. После каждого этапа в задачу вводятся дополнительные неравенства вида

$$y_{it} \leq (1 + k_{it})y_{it-1} \quad \exists i \in I_g, \exists g \in G_0, \forall t \in T, \quad (7)$$

где k_{it} – максимально приемлемый темп прироста конечного использования соответствующей продукции. Параметры k_{it} можно рассчитать при помощи подходящих методик оценки емкости рынков – например, опирающихся на числовые экономико-математические модели [Крылатых, Строков 2012; Применение математических методов ... 2020, гл. 5], или производственным методом в сочетании со статистическим анализом тенденций [Лещева 2015]. Вводить такие ограничения для всех в.э.д. при первой же пробе модели нецелесообразно: это почти наверняка приведет к тому, что множество допустимых решений задачи окажется пустым.

Еще одна возможная причина нереалистичных решений – темпы роста валового выпуска продукции некоторых в.э.д., исчерпывающие не только свободные производственные мощности, но и возможности их наращивания в течение периода времени T , преодолевается уменьшением параметров c_{it} .

Оценка дефицита оборотных средств, провоцируемого адаптационной стратегией. Практически любое решение, полученное при помощи предложенной математической модели, окажется нереализуемым в ситуации, если каждый в.э.д. будет в течение всего периода T располагать лишь тем объемом оборотных средств, которые были ему доступны в начале этого периода. Как правило, стратегические документы сосредотачиваются на создании условий поступления долгосрочных инвестиций (в том числе из госбюджета) в объемах, достаточных для достижения поставленных стратегических целей, тогда как вопросы наращивания оборотных средств хозяйствующим субъектам предлагается решать самостоятельно. Однако на практике они не всегда разрешимы. В самом деле, если пренебречь возможным ростом скорости денежного оборота, то в масштабах всей экономики общая сумма прибылей и краткосрочного кредита, которые можно направить на приращение оборотных средств, ограничивается объемом денежной массы, а ее рост, в конечном счете, – темпом роста активов банков¹⁰. Кроме того, из прибылей нужно вычесть расходы, связанные с инвестициями. Наконец, предпосылка получения кредитов в необходимом размере – благоприятное состояние балансов *всех* предполагаемых получателей, что практически недостижимо при планировании в масштабе страны.

По этой причине, оценивая любой вариант стратегии, следует просчитывать связанные с ним потребности в наращивании оборотных средств, а для этого требуется соответствующая методика. Не претендуя на законченное решение этого вопроса, обозначим возможный принцип получения оценки дефицита оборотных средств в масштабах всей экономики по результатам решения модели (1)...(7). Исходная его идея заключается в том, что сальдированный денежный поток, порождаемый промежуточным потреблением, в целом по экономике нулевой: притоки продавцов равны оттокам покупателей. Как следствие, весь положительный сальдированный денежный поток стратегии – источник приращения оборотных средств – обусловлен приростом конечного использования. Оно, в свою очередь, для любого плана, построенного с помощью модели (1)...(7), имеет место только у в.э.д. из групп, входящих в G_0 , то есть у II и III сфер АПК. Так происходит в силу того, что модель отражает *чистый* (при прочих равных условиях) эффект стратегии. В то же время рост сальдированного оборота пропорционален росту валового выпуска всех в.э.д. Чтобы обеспечить устойчивое финан-

ков сельхозпродукции. Такой стратегический план можно было бы признать реалистичным, только если бы он предусматривал мероприятия с доказанной результативностью, направленные на достижение соответствующего уровня конкурентоспособности.

¹⁰ В условиях открытой экономики есть еще один источник пополнения оборотных средств – кредиты зарубежных банков. Обращение к ним в принципе возможно и сегодня, но связано с высокими рисками для обеих сторон, что влечет за собой кратный рост затрат на их компенсацию.

сирование прироста оборотных средств, нужно поддерживать отношение входящего денежного потока к обороту как минимум на уровне, имевшем место «без стратегии», то есть зафиксированном данными таблицы использования товаров и услуг, примененной для составления модели. Разница между положительным денежным потоком на конкретный год $t \in T$ согласно решению модели и потоком, отвечающим вышеуказанному требованию, деленная на среднегодовое число оборотов оборотных средств, и будет оценкой дефицита последних.

В отсутствие мер, направленных на его покрытие, дефицит по цепочке межотраслевых связей распространяется из II и III сфер АПК в другие в.э.д., наращивающие производство для удовлетворения возросших потребностей этих сфер. В долгосрочном горизонте времени размер дефицита в разрезе в.э.д. пропорционален долям каждого из них в приращении валового выпуска, обусловленном стратегией. Поэтому локализация мер по преодолению дефицита оборотных средств исключительно во II и III сферах АПК не решает проблему – в надлежащих масштабах такие меры должны планироваться для каждого в.э.д., наращивающего валовой выпуск своей продукции в порядке осуществления стратегии.

В число источников его покрытия входят, помимо субсидий, сокращение портфельных инвестиций; временное смягчение условий кредитования (под госгарантии); госбюджетные инвестиции в капитал банков; меры по финансовому оздоровлению хозяйствующих субъектов, прямо или косвенно вовлеченных в осуществление стратегии и нуждающихся в дополнительных краткосрочных кредитах; заимствования за рубежом (перечень можно продолжить). Исходя из сказанного, стратегию преждевременно признавать осуществимой до того момента, когда будут определены и согласованы с бизнесом источники покрытия провоцируемого ею дефицита оборотных средств.

Заключение

Различные математические модели, основанные на межотраслевом балансе, производственных функциях В. Леонтьева и данных симметричных таблиц «Затраты–выпуск», применяются для целей стратегического планирования и совершенствования экономической политики в разных странах мира немногим менее века, однако существующие приложения не исчерпывают имеющийся потенциал пользы от их возможных приложений. Именно к этим, пока еще не реализованным, возможностям относится новизна проведенного исследования, подготовительного по отношению к предстоящим эмпирическим расчетам.

В современной (постсоветской) России принятию документов, определяющих перспективы долгосрочного развития сельского хозяйства или АПК, не предшествовала проработка согласованности их положений с положением дел в других в.э.д. Соответственно, не вставал вопрос о методических подходах к решению подобных задач. Это не стало препятствием тем успехам, которые в течение текущего века продемонстрировало развитие АПК страны, в особенности его II сфера – сельское хозяйство, что во многом объясняется открытостью российской экономики, значительными валютными поступлениями от продажи невозпроизводимых природных ресурсов и, как следствие, широкими возможностями компенсации возникающих материальных дисбалансов за счет мирового рынка. Сегодня такие возможности стали весьма стесненными, поэтому разрабатывать и принимать стратегические документы надо более осмотрительно. Представленный в статье методический подход призван восполнить возникший пробел.

Степень оригинальности этого подхода определяется четырьмя аспектами: его адаптацией к доступной в России эмпирической базе; выбранным критерием оптимизации, направленным на достижение, при прочих равных условиях, максимально возможной конкурентоспособности экономики *в целом*, а не только отраслей АПК; рекомендациями по достижению реалистичности составленного стратегического плана; принципом оценивания дефицита оборотных средств, вызываемого осуществлением стратегии.

Помимо очевидной рекомендации применять разработанный методический подход (с необходимыми доработками) на правительственном уровне при выработке стратегии адаптации российского АПК к предстоящим изменениям климата и климатической политики, проведенное исследование приводит еще к двум рекомендациям, одна из которых адресована Росстату, а другая – научным учреждениям секции экономики Российской академии наук. Росстату предлагается заняться проработкой вопроса о публикации данных об эмиссии парниковых газов в номенклатуре в.э.д., используемой для базовых таблиц «Затраты–выпуск» России. Сильным аргументом в пользу этого предложения служит, помимо проведенного исследования, классическая работа [Леонтьев 1990]: из нее следует, что межотраслевая модель современной экономики, в которой формируются институты контроля за выбросами парниковых газов, уже не может быть признана исчерпывающей без этих данных. Профильным институтам РАН можно рекомендовать обратить внимание на данную разработку с тем, чтобы развить ее применительно к задачам выработки стратегий адаптации других отраслей материального производства к изменению климата и климатической политики.

Список источников

- Крылатых Э. Н., Строков С. Н. Опыт прогнозирования развития агропродовольственных рынков России с использованием модели Aglink-Cosimo // Международный сельскохозяйственный журнал. 2012. № 4. С. 3–6.
- Леонтьев В. В. Воздействие на окружающую среду и экономическая структура: подход «затраты–выпуск» // Леонтьев В. В. Экономические эссе: Теории, исследования, факты и политика : пер. с англ. / предисл. С. С. Шаталина, Д. В. Валового. М. : Политиздат, 1990. С. 318–339.
- Лещева М. Г. Экономический анализ обеспеченности продовольствием и перспективы развития регионального агропродовольственного рынка // Региональная экономика: теория и практика. 2015. № 9 (384). С. 40–53.
- Порфирьев Б. Н. Декарбонизация versus адаптация экономики к климатическим изменениям в стратегии устойчивого развития // Проблемы прогнозирования. 2022. № 4 (193). С. 45–54. DOI 10.47711/0868-6351-193-45-54.
- Применение математических методов в управлении АПК Беларуси и России : монография / под ред. Н. М. Светлова, В. И. Буць. М. : ЦЭМИ РАН, 2020. 177 с.
- Светлов Н. М. Размещение отраслей сельского хозяйства России в условиях глобального потепления // Экономист. 2018. № 10. С. 70–88.
- Светлов Н. М. Сокращение азотного питания растений для борьбы с парниковым эффектом: оценка последствий для сельского хозяйства // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 130–142. DOI 10.26897/0021-342X-2023-1-130-142.
- Сиптиц С. О. Концепция теоретической модели низкоуглеродной трансформации региональных агропродовольственных систем // АПК: экономика, управление. 2022. № 11. С. 10–19. DOI 10.33305/2211-10.
- Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Моделирование агропродовольственных систем для разработки стратегии адаптации к глобальному изменению климата и снижению выбросов углерода // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 2 (84). С. 50–59. DOI 10.33938/222-50.
- Bellon M., Massetti E. Economic Principles for Integrating Adaptation to Climate Change into Fiscal Policy // Staff Climate Notes. Vol. 2022, Issue 001. International Monetary Fund, 2022. DOI 10.5089/9781513592374.066.
- Ciscar J.-C., Dowling P. Integrated Assessment of Climate Impacts and Adaptation in the Energy Sector // Energy Economics. 2014. Vol. 46. P. 531–538. DOI 10.1016/j.eneco.2014.07.003.
- Duan H., Rogelj J., Veysey J., Wang Sh. Modeling Deep Decarbonization: Robust Energy Policy and Climate Action // Applied Energy. 2020. Vol. 262. Paper 114517. DOI 10.1016/j.apenergy.2020.114517.

- Eboli F., Parrado R., Roson R. Climate-Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model // *Environment and Development Economics*. 2010. Vol. 15 (5). P. 515–533. DOI 10.1017/S1355770X10000252.
- Fisher-Vanden K., Sue Wing I., Lanzi E., Popp D. Modeling Climate Change Feedbacks and Adaptation Responses: Recent Approaches and Shortcomings // *Climatic Change*. 2013. Vol. 117 (3). P. 481–495. DOI 10.1007/s10584-012-0644-9.
- Fankhauser S. Adaptation to Climate Change // *Annual Review of Resource Economics*. 2017. Vol. 9 (1). P. 209–230. DOI 10.1146/annurev-resource-100516-033554.
- Hong H. G., Li F. W., Xu J. Climate Risks and Market Efficiency // *Journal of Econometrics*, Forthcoming, 2016. 41 p. DOI 10.2139/ssrn.2776962.
- Moser S. C., Ekstrom J. A. A Framework to Diagnose Barriers to Climate Change Adaptation // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2010. Vol. 107 (51). P. 22026–22031. DOI 10.1073/pnas.1007887107.
- Osberghaus D., Dannenberg A., Mennel T., Sturm B. The Role of the Government in Adaptation to Climate Change // *Environment and Planning C: Government and Policy*. 2010. Vol. 28 (5). P. 834–850. DOI 10.1068/c09179j.
- Pauw W. P., Kempa L., Moslener U., Grüning C., Çevik C. A Focus on Market Imperfections can Help Governments to Mobilize Private Investments in Adaptation // *Climate and Development*. 2022. Vol. 14 (1). P. 91–97. DOI 10.1080/17565529.2021.1885337.
- Svetlov N., Siptits S. O., Romanenko I. A., Evdokimova N. E. The Effect of Climate Change on the Location of Branches of Agriculture in Russia // *Studies on Russian Economic Development*. 2019. Vol. 30 (4). P. 406–418. DOI 10.1134/S1075700719040154.
- The Economics of (and Obstacles to) Aligning Development and Climate Change Adaptation : Discussion paper / S. Hallegatte, C. Brandon, R. Damania et al. Rotterdam : Global Commission on Adaptation, 2018. 21 p. URL: https://gca.org/wp-content/uploads/2018/10/18_WP_GCA_Economics_1001_final.pdf (access date: 08.05.2023).
- Zhou W., Mccollum D. L., Fricko O., Gidden M. A Comparison of Low Carbon Investment Needs between China and Europe in Stringent Climate Policy Scenarios // *Environmental Research Letters*. 2019. Vol. 14, No. 5. Paper 054017. DOI 10.1088/1748-9326/ab0dd8.

Информация об авторе

Николай Михайлович Светлов, д-р экон. наук, профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник отдела системных исследований экономических проблем АПК, ВИАПИ имени А. А. Никонова – филиал ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ (Москва, Россия).

Information about the author

Nikolay M. Svetlov, Dr. Sci. (Economics), Prof., corresponding member of RAS, Chief Researcher, Department of Systemic Research on Economic Problems of the Agroindustrial Complex, All-Russia Institute of Agrarian Problems and Computer Science after A. A. Nikonov – a branch of Federal Research Centre for Agrarian Economy and Social Development of Rural Territories – All-Russia Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia).

Статья поступила в редакцию | The article was submitted 17.07.2023.

Одобрена после рецензирования | Approved after reviewing 31.07.2023.