



## ЭКОНОМИКА

Научная работа  
УДК 338.432  
<https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-190-198>

**НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ  
К АНАЛИЗУ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Борис Игнатьевич Смагин**

Мичуринский государственный аграрный университет, Мичуринск, Россия  
[bismagin2023@mail.ru](mailto:bismagin2023@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье показано, что сельскохозяйственное производство является материальной, открытой, сложной, активной динамической системой со стохастическим принципом действия. Поэтому наиболее объективный анализ аграрного сектора экономики возможен только в рамках вероятностных категорий. Модель же, описывающая процесс производства продукции, должна носить принципиально нелинейный характер. Любое материальное производство (в том числе и аграрное), по сути, представляет собой процесс преобразования ресурсов в продукцию, математическим выражением которого является производственная функция, отражающая вероятностно-статистическую зависимость между величиной затраченных ресурсов и объемом производимой продукции и удовлетворяющая вышеуказанным условиям. В работе рассмотрен анализ логических предположений, лежащих в основе построения наиболее распространенных производственных функций, методика их построения и использование в аграрном секторе экономики.

**Ключевые слова:** сельскохозяйственное производство, теория систем, ресурсы, производственная функция, производственный потенциал

**Для цитирования:** Смагин Б.И. Некоторые методологические и методические подходы к анализу производства сельскохозяйственной продукции // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2026. № 2(85). С. 190-198. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-190-198>.

Original article

**SOME METHODOLOGICAL AND METHODICAL APPROACHES TO ANALYZING  
AGRICULTURAL PRODUCTION**

**Boris I. Smagin**

Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia  
[bismagin2023@mail.ru](mailto:bismagin2023@mail.ru)

**Abstract.** This article shows that agricultural production is a material, open, complex, active dynamic system with a stochastic principle of operation. Therefore, the most objective analysis of the agricultural sector of the economy is possible only within the framework of probabilistic categories. The model describing the production process should be fundamentally non-linear. Any material production (including agricultural production), in fact, is a process of converting resources into products, the mathematical expression of which is a production function reflecting a probabilistic and statistical relationship between the amount of resources consumed and the volume of products produced and satisfying the above conditions. The paper considers the analysis of the logical prerequisites underlying the construction of the most common production functions, the methodology of their construction and use in the agricultural sector of the economy.

**Keywords:** agricultural production, theory of systems, resources, production function, production potential

**For citation:** Smagin B.I. Some methodological and methodical approaches to analyzing agricultural production. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2026, no. 2(85), pp. 190-198. <https://doi.org/10.24412/1992-2582-2026-2-190-198>.

**Введение.** При исследовании того или иного явления или процесса, как правило, на первый план выходит проблема определения данной предметной области. Тем самым надо ответить на вопросы: назначение данного объекта; указание факторов и параметров, определяющих особенности его функционирования и форма связи между независимыми переменными и результативными показателями; его связь с внешней средой.

Следовательно, необходимо с общеметодологических позиций определить место и роль сельскохозяйственного производства, учитывая при этом особенности его функционирования. Важное значение при этом имеет определение степени сложности и обусловленности действия анализируемого объекта, его взаимодействия с внешней средой и внутренние взаимодействия между составляющими его элементами.

**Материалы и методы исследований.** На наш взгляд, многие аспекты данной проблемы могут быть рассмотрены с позиций общей теории систем, причем основной вопрос, на который следует ответить состоит в следующем: является ли данный объект (в нашем случае сельскохозяйственное производство) системой.

Особо следует заметить, что в качестве систем рассматривают такие объекты, которые обладают свойством целостности, т.е. нерасчленимости его на составные части без потери общего функционирования этого объекта. Целостность объекта как системы означает принципиальную несводимость его свойств к сумме свойств составляющих его элементов и несводимость из последних свойств целого. Таким образом, для того чтобы исследовать некоторый объект как систему, необходимо обладать средствами анализа его как определенной целостности. Если каждая часть системы так соотносится с каждой другой частью, что изменение в некоторой части вызывает изменения во всех других частях и во всей системе в целом, то говорят, что система ведет себя как целостность, или как некоторое связанное образование.

Иначе говоря, термин «системный» означает «целостно трактуемый». Поэтому даже на уровне интуитивных представлений мы признаем в качестве системы объект, объединяющий множество материальных элементов и функционирующий в качестве единого целого. При этом целостность системы следует оценивать не как возможность естественного объединения в классы заранее имеющих объектов. Общность этих объектов состоит в наличии у них единой природы, позволяющей естественным образом сопоставлять между собой эти объекты и образовывать из них естественные классы. Элементы системы образуют полностью связанное множество, которое невозможно разложить на несвязанные подмножества. Поэтому, хотя система может являться частью большей системы, ее нельзя разложить на независимые подсистемы. Таким образом, исходными являются законы, управляющие поведением целого. Если же нас интересуют особенности функционирования частей, то их следует вывести из законов, управляющих поведением целого [13].

Основные идеи теории систем группируются вокруг изучения специфики целостных свойств системы, не редуцируемых к свойствам ее составляющих. В системном подходе мы сначала имеем целостную систему, а затем рассматриваем ее как составленную из элементов.

Познание механизма, управляющего поведением целого, является чрезвычайно сложной проблемой.

Мы считаем необходимым показать, что аграрный сектор экономики (равно как и конкретное сельскохозяйственное предприятие), действительно, является системой с присущими ему всеми системными характеристиками.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для производства сельскохозяйственной продукции необходимо применение совокупности взаимосвязанных и взаимообусловленных производственных ресурсов (земельных, трудовых и материальных). Эти составные части процесса производства образуют сложную систему взаимодействий с постоянным изменением их количественных пропорций, качественных характеристик, определяющихся уровнем развития производства. Между затратами производственных ресурсов должны соблюдаться определенные пропорции, обусловленные технологическими требованиями и спецификой производства сельскохозяйственной продукции. Изменения в объеме и характере использования какого-либо ресурса приводят к изменениям количественных и качественных характеристик использования

других ресурсов. Это в свою очередь сопровождается изменениями количественных и структурных характеристик производимой продукции.

Взаимодействие факторов производства образует производительную силу сельскохозяйственного предприятия, величина которой не совпадает с суммой производительных сил каждого из факторов в отдельности. Особенно ярко этот эффект проявился при функционировании агропромышленных образований.

Важнейшим и определяющим свойством системы является ее целостность, которая обуславливается взаимодействием элементов системы в соответствии с целью ее функционирования. Не элементы системы сами по себе определяют сущность целого, а наоборот, система как целостное образование, как первичное порождает при своем делении или формировании элементы системы. Например, сельскохозяйственное предприятие как система, представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих подразделений. При анализе особенностей его функционирования, сначала следует рассматривать предприятие как целое, изучить его свойства и связи с внешней средой и только потом – компоненты предприятия. Предприятие как целое существует не потому, что на нем работают люди, используются земельные ресурсы, основные производственные фонды и оборотные средства, а, наоборот, все производственные ресурсы используются потому, что функционирует предприятие.

Если каждая часть системы так соотносится с каждой другой частью, что изменение в некоторой части вызывает изменения во всех других частях и во всей системе в целом, то говорят, что система ведет себя как целостность, или как некоторое связанное образование. Таким образом, сельскохозяйственное производство как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих единое целое, представляет собой систему.

Закономерность целостности проявляется в системе в возникновении новых интегративных качеств. Данное свойство систем, получившее название *эмерджентность* (emergence – англ. – возникновение, появление нового) отмечается практически всеми исследователями. В силу эмерджентности системы нельзя ограничиться изучением лишь ее элементов и связей между ними, необходим целостный анализ ее. В этой связи Б. Рассел отметил, что если мы определили действие только одной причины, а затем действие только другой причины, то мы не сможем найти действие их обеих путем складывания двух определенных порознь действий [11]. На основе этого можно сделать вывод о том, что функционирование системы не может быть описано линейным уравнением, в котором значение результирующего показателя совпадает с суммой эффектов действующих элементов, т.е. оно имеет существенно нелинейный характер. Методологическая задача теории систем, таким образом, состоит в решении проблем, которые носят более общий характер, чем аналитически-суммативные проблемы классической науки.

Возникновение эмерджентности связано с тем, что, наряду с действиями элементов, образующих систему, определенный эффект обусловлен и взаимодействием элементов между собой. Свойства объекта не могут быть определены из свойств его изолированных элементов, без учета их взаимосвязи и взаимозависимости. Таким образом, развитие, усложнение объекта не есть простое суммирование развития его отдельных элементов. Высокая степень взаимосвязи между элементами приводит к тому, что изменения в какой-либо части системы приводят к изменению функционирования всей системы в целом. Именно в такой ситуации система и проявляет себя как целостность. Таким

образом, невозможно изучить функционирование системы, изучая порознь действие на нее различных факторов. Применение процедуры, при которой исследуемый объект разлагается на части, а затем может быть воссоздан из собранных вместе частей, требует выполнения двух условий. Во-первых, необходимо, чтобы взаимодействие между частями данного явления отсутствовало или было бы пренебрежимо мало. Только при этом условии части можно реально, логически или математически «извлекать» из целого, а затем «собирать». Во-вторых, отношения, описывающие поведение частей должны быть линейными. Только в этом случае имеет место отношение суммативности, т.е. форма уравнения, описывающего поведение целого, такова же, как и форма уравнений, описывающих поведение частей; наложение друг на друга частных процессов позволяет получить процесс в целом. Для образований, называемых системами, т.е. состоящих из взаимодействующих частей, образующих единое целое, эти условия не выполняются.

Определенная выше эмерджентность объекта как системы означает принципиальную несводимость его свойств к сумме свойств составляющих его элементов и несводимость из последних свойств целого. Поэтому, хотя сельскохозяйственное производство как система является частью большей системы (народное хозяйство), ее нельзя разложить на независимые подсистемы. Так, сельскохозяйственное предприятие характеризуется показателями, отражающими ее особые свойства. Но исчерпывающая характеристика отрасли в целом не может быть получена путем механической сводки показателей предприятий.

По характеру взаимодействия с внешней средой различают открытые и замкнутые системы. В открытой системе происходит непрерывный обмен энергией, веществом, информацией с внешней средой. Окружающая среда представляет собой совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы. В замкнутой системе элементы взаимодействуют только между собой. Замкнутые системы не могут быть подсистемами любой системы, а, следовательно, все подсистемы открыты. Строго говоря, замкнутых систем (кроме Вселенной) вообще не бывает. Любые системы подвержены воздействию среды и сами влияют на нее. Но иногда в методических целях возникает необходимость абстрагироваться от несущественных (с позиций проводимого исследования) взаимодействий системы со средой и рассматривать ее как замкнутую.

Сельскохозяйственное производство является открытой системой. В первую очередь это связано с тем, что на ее состояние, функционирование и развитие значительное влияние оказывают природные факторы. Особенно тесная связь имеет место при взаимодействии живых организмов (животных и растений) с окружающей их физической средой. Кроме того, аграрное производство является одной из отраслей национальной экономики. Между сельским хозяйством и другими отраслями народного хозяйства существует тесная взаимосвязь. Сельское хозяйство является одним из основных поставщиков сырья для легкой, пищевой, комбикормовой и других отраслей промышленности.

В то же время сельское хозяйство – крупный потребитель промышленных товаров. Промышленность предоставляет селу тракторы, автомобили, машины, оборудование, топливо и смазочные материалы, минеральные удобрения, комбикорма и т.д. В структуре затрат на производство сельскохозяйственной продукции на долю промышленных товаров приходится до 40%.

Следовательно, развитие некоторых отраслей промышленности в значительной мере зависит от сельского хозяйства, в то же время успешное функционирование сельскохозяйственных товаропроизводителей определяется уровнем развития промышленности.

Кроме того, сельскохозяйственное производство испытывает на себе влияние общеэкономической ситуации, социальных напряжений, изменений законодательной системы и другие воздействия, которые носят характер изменения внешней среды. Обратное же воздействие аграрного сектора экономики на среду незначительно, так как сельскохозяйственные предприятия не интегрированы, а каждое конкретное предприятие содержит недостаточное количество ресурсов и обладает низким социально-экономическим потенциалом.

Таким образом, аграрное производство характеризуется тесным переплетением биологических, производственно-технологических, экономических и социальных процессов. Воспроизводственные циклы различных видов ресурсов взаимосвязаны и взаимообусловлены [13].

Среда, в которой функционирует аграрный сектор экономики, сама по себе не является статической. Она динамична, так как всегда изменяется, подвергаясь как внешним, так и внутренним воздействиям. Само сельскохозяйственное производство также непрерывно изменяется в результате технологического прогресса, изменений в социальной сфере и т.д. Таким образом, аграрное производство является сложной динамической системой.

По степени сложности системы принято делить на простые и сложные. Все исследователи придерживаются практически единой точки зрения при определении простой системы. Простыми называют системы, состоящие из небольшого числа элементов, с несложными взаимосвязями и неразветвленной внутренней структурой, предназначенные для выполнения элементарных функций.

Однозначного же определения сложной системы не существует. Зачастую это связано с тем, что интуиции, связанные с понятием сложной системы, часто ассоциируются с понятием «большой системы» или «громоздкой системы».

Сложные системы отличаются от прочих систем сравнительно низким уровнем наших знаний о характере их функционирования, особенностями взаимодействий с внешней средой и отношений к внешним воздействиям, спецификой протекающих в них эволюционных процессов и т.п. Поэтому сложность можно трактовать как меру понимания поведения системы.

Мы придерживаемся той точки зрения, что сложная система – это система, обладающая сложным поведением. Одна из существенных особенностей сложного поведения – это способность осуществлять переходы между различными режимами. Иначе говоря, понятие сложности относится к таким системам, в которых наблюдаемое поведение в значительной мере связано с их эволюцией, т.е. предисторией. Степень же этой сложности должна определяться с помощью гносеологического подхода. В данном случае вопрос стоит уже не о конструировании определения сложной системы, но о выяснении того, чем характеризуются способы представления знаний о таких системах. Термин «сложная система» становится тогда обозначением некоторой формы знания об объектах.

По обусловленности действия системы разделяют на детерминированные и стохастические. Связи детерминированной системы носят функциональный характер. Поведение такой системы может быть точно, однозначно предсказано в любой момент времени. Поведение же стохастической системы носит качественно более сложный характер

и детальное описание ее возможно лишь в рамках вероятностных категорий. Некоторые исследователи называют детерминированные системы хорошо организованными, а стохастические – плохо организованными системами.

С позиций жесткого механистического детерминизма все процессы в природе носят строго однозначный (детерминированный) характер. Введение же случайности всецело обусловлено слабостью человеческого ума и играет роль своеобразных «временных костылей», используемых до тех пор, пока не выявлена до конца суть изучаемого явления. Как только процесс будет познан, категория случайности (вероятности) будет отброшена за ненадобностью. Иначе говоря, если уметь измерять все причины, то можно точно предсказать их следствия. Наиболее последовательно эту точку зрения выразил французский ученый Лаплас в известном отрывке из «Аналитической теории вероятностей» [7]. Следует отметить, что эта точка зрения оказалась чрезвычайно живучей.

Однако современное естествознание свидетельствует, что вероятность не принадлежит всецело уму, а обусловлена специфической природой объектов. Впервые это было выявлено в области квантовой механики при изучении законов микромира. В настоящее время выявлен целый ряд других областей объективной реальности, в которых действуют похожие закономерности. Иначе говоря, современной наукой строго доказано, что в самой природе вещей существует определенный класс закономерностей, отражаемый в науке в форме вероятностных законов. Подробный анализ этих процессов провел А.С. Кравец [7]. Им было выявлено, что вероятностная структура обладает тремя специфическими свойствами:

- 1) единством иррегулярности и устойчивости;
- 2) единством автономности и зависимости событий;
- 3) единством беспорядка и порядка в классе событий.

Развитие естествознания, изучение сложных динамических систем показало, что в природе существуют объекты, поведение которых носит *принципиально* случайный характер. В этом случае неопределенность носит объективный (неустраняемый) характер. Для описания функционирования исследуемой системы мы вводим понятие вероятности не из-за незнания, а в силу объективной неупорядоченности системы, иррегулярности ее поведения.

На наш взгляд, существует тесная взаимосвязь и взаимозависимость классификации систем по степени сложности и обусловленности действия. Сам по себе стохастический характер функционирования является одним из признаков сложности системы. Рассматривая вопрос об обусловленности действия, отметим, что неопределенность свойственна любой экономической системе и отношение к риску должно играть важную роль в определении того, как работает экономика. Как отмечает В.-Б. Занг, экономический хаос может возникнуть даже в моделях, описываемых совершенно простыми дифференциальными уравнениями. Это ошеломляющее открытие изменило наши взгляды на процесс экономического развития. Системы обладают внутренними свойствами, порождающими опасность непредсказуемого поведения. Мы обнаруживаем новые фундаментальные ограничения возможностей экономического прогнозирования [4].

Серьезные исследования, характеризующие радикальную неопределенность в поведении экономических систем, провел Р. Букстейбер. Самовозникающие явления экономических процессов показывают, что даже если мы будем следовать проторенному пути, мы лишены видения системы в целом. И мы даже не знаем, куда стремиться, из-за *радикальной неопределенности*: будущее неизвестно в глубоком, метафизическом смысле [3].

Сельское хозяйство является системой со стохастическим принципом действия. Нам было показано, что здесь имеется объективная неопределенность, обусловленная функционированием объектов биологической природы (составляющих основу его функционирования), которые объективно могут быть описаны только с помощью статистических закономерностей. Именно учет стохастического характера функционирования позволяет проводить объективные исследования по управлению аграрным сектором экономики [23].

Приходится констатировать постоянное присутствие в аграрном производстве неопределенности, связанной с оценкой состояния внешней среды. Имеет место неопределенность в природных, трудовых, материальных и финансовых ресурсах. Поэтому серьезное внимание должно уделяться всестороннему анализу результатов, получаемых при разных условиях внешней среды. На основе проведенного анализа должно приниматься окончательное решение о количественных, качественных и структурных показателях развития производства. Неизбежной реакцией любой системы на изменения в обеспечении ее ресурсами, является адаптация к новым условиям. Однако инерционность, присущая производственно-экономическим системам, значительно сужает возможность адаптации и часто приводит к тому, что при уменьшении объемов используемых ресурсов снижается выпуск продукции, – происходит так называемая пассивная адаптация.

Значительное влияние на функционирование сельскохозяйственной производственной системы оказывают неуправляемые, а зачастую и неконтролируемые факторы.

Рассматривая процессы, происходящие в сельскохозяйственном производстве, следует отметить, что здесь мы имеем объективную неопределенность, обусловленную функционированием объектов биологической природы.

На принципиально стохастический характер биологических законов указывал еще Э. Шредингер [25]. Все физические и химические законы, которые, как известно, играют важную роль в жизни организмов, являются статистическими. Э. Шредингер установил зависимость между размерами биологической структуры и величиной ошибки действующих биологических законов. Пусть в деятельности организма принимают участие  $n$  молекул. Если мы захотим проверить это утверждение, то найдем его неточным: отклонение будет порядка  $\sqrt{n}$ . Следовательно, если  $n = 100$ , то отклонение составит приблизительно 10. Таким образом, относительная погрешность измерения равна 10%. Но если  $n = 1\,000\,000$ , то отклонение будет равным примерно 1000, и относительная погрешность 0,1%. Грубое говоря, этот статистический закон является весьма общим. Законы физики и физической химии неточны в пределах вероятной относительной погрешности, имеющей порядок  $1/\sqrt{n}$ , где  $n$  – количество молекул, участвующих в проявлении этого закона. Таким образом, организм должен представлять собой относительно большую структуру, чтобы ошибка в действии законов как в своей внутренней жизни, так и при взаимодействии с внешним миром была очень мала. Если бы количество участвующих частиц было слишком мало, то «закон» оказался бы слишком неточным, чтобы быть «Законом Природы». Любой другой вид закономерности и упорядоченности, который можно себе представить, постоянно нарушается и становится недействительным вследствие непрерывного теплового движения атомов. Рассматривая процессы, происходящие в биологических системах, следует помнить, что их течение определяется на микроуровне, а в соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга: все процессы в микромире случайны.

Поэтому случайны и те макропроцессы, чье функционирование определяется на микроуровне. В настоящее время эту точку зрения разделяют практически все исследователи в области биологических систем.

На существенные отличия в проявлении физических и биологических законов обратил внимание В.В. Налимов. В физике дифференциальные уравнения применяются для описания свойств материи в ее изменении. Но эти изменения происходят в мире с устойчивой структурой. Устойчивость структуры, в свою очередь, определяется неизменностью фундаментальных физических постоянных (постоянная Планка, гравитационная постоянная, диэлектрическая постоянная и др.). Набор этих постоянных необходим и достаточен для существования нашего мира. Доказано, что даже небольшое изменение одной из физических постоянных при неизменности остальных и при сохранении всех физических законов приводит к невозможности существования основных устойчивых связанных состояний: ядер, атомов, звезд, галактик. События, происходящие в физическом мире, натянуты на устойчивые, в своих численных значениях, фундаментальные постоянные. В этом стационарность нашего мира. В мире живого, конечно, есть свои постоянные, но они не поднимаются до ранга фундаментальных констант. Их численные значения не являются критическими для существования самого мира [8].

Таким образом, объекты биологической природы, составляющие основу функционирования сельскохозяйственного производства, объективно могут быть описаны только с помощью статистических закономерностей.

Ситуация еще более усложняется, если мы приступаем к рассмотрению экономических процессов в сельскохозяйственном производстве. Наряду с указанными особенностями, особо следует учитывать влияние человеческого фактора, т.е., как было указано ранее, данный объект следует анализировать как активную систему. Поведение человека является практически не формализуемым. Неоклассическая экономическая теория не может помочь, поскольку она игнорирует ключевые элементы человеческого природы и пределы, которые они подразумевают. Именно человеческие пределы являются ядром, из-за которого экономические методы терпят неудачу в попытке объяснить кризисы, поскольку в кризисы эта сложность наиболее очевидна и эти ограничения особенно сильно мешают [3].

Неопределенность свойственна любой экономической системе и отношение к риску должно играть важную роль в определении того, как работает экономика. В рамках синергетической экономики, рассматривающей проблемы, относящиеся к эволюции и переменам в нелинейных неустойчивых экономических системах, было показано, что экономический хаос может возникнуть даже в моделях, описываемых совершенно простыми дифференциальными уравнениями. Это ошеломляющее открытие изменило наши взгляды на процесс экономического развития. Системы обладают внутренними свойствами, порождающими опасность непредсказуемого поведения. Мы обнаруживаем новые фундаментальные ограничения возможностей экономического прогнозирования [4].

Следует особо отметить, что развитие экономики в существенной степени зависит от предыстории. Эта особенность отличает ее от других объектов исследования.

Резюмируя вышесказанное, можно утверждать, что сельскохозяйственное производство является материальной, открытой, сложной, активной динамической системой со стохастическим принципом действия. Поэтому наиболее объективный анализ аграрного сектора экономики возможен только в рамках вероятностных категорий. Модель же,

описывающая процесс производства продукции, должна носить принципиально нелинейный характер [13].

Любое материальное производство (в том числе и сельскохозяйственное), по сути, представляет собой процесс преобразования ресурсов в продукцию. Математическим выражением этого процесса является производственная функция, отражающая вероятностно-статистическую зависимость между величиной затраченных ресурсов и объемом производимой продукции.

По нашему мнению, значимым моментом является анализ логических предпосылок, лежащих в основе построения производственной функции [12,18,21].

Наиболее распространенной является производственная функция Кобба-Дугласа, имеющая вид:

$$Y = a_0 x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot x_n^{\alpha_n} = a_0 \cdot \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_j}$$

В общем случае производственная функция Кобба-Дугласа основана на следующих предпосылках:

1) в процессе производства имеет место определенная взаимозаменяемость ресурсов;

2) прирост продукции, обусловленный увеличением затрат определенного ресурса прямо пропорционален произведению средней производительности этого ресурса на величину дополнительных затрат.

Пусть для выпуска продукции требуется  $n$  видов ресурсов. Обозначим через  $Y$  объем выпускаемой продукции, а через  $x_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) затраты ресурсов  $j$ -го вида. Тогда

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Предполагается, что имеет место относительная взаимозаменяемость ресурсов, т.е. одно и то же количество продукции может быть произведено при различных затратах ресурсов, и нехватка одного ресурса может быть покрыта избытком другого.

Если увеличить затраты  $j$ -го ресурса на величину  $\Delta x_j$ , то при неизменных объемах других ресурсов количество выпускаемой продукции будет равно  $f(x_1, x_2, \dots, x_j + \Delta x_j, \dots, x_n)$ , а прирост объема выпускаемой продукции, обусловленный дополнительным увеличением затрат ресурса  $j$ -го вида  $\Delta Y = f(x_1, x_2, \dots, x_j + \Delta x_j, \dots, x_n) - f(x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n)$

Как известно, величина  $Y/x_j$  представляет собой среднюю производительность  $j$ -го ресурса. В этом случае естественно предположить наличие равенства

$$\Delta Y = \alpha_j \cdot \frac{Y}{x_j} \cdot \Delta x_j; \quad j = \overline{1, n}$$

т.е. прирост продукции, обусловленный дополнительным увеличением затрат ресурса  $j$ -го вида прямо пропорционален произведению средней производительности этого ресурса на величину дополнительных затрат. Коэффициент пропорциональности  $\alpha \in (0; 1)$ . Это означает, что при увеличении затрат ресурса  $j$ -го вида выпуск продукции возрастает, но в то же время прирост  $\Delta Y$  меньше своего «естественного» уровня  $(Y/x_j) \Delta x_j$ , т.к. дополнительное увеличение затрат ресурса  $j$ -го вида происходит при неизменной производственной базе.

Поделив полученные уравнения на  $\Delta x_j$  и переходя к пределу при  $\Delta x_j \rightarrow 0$ , получим:

$$\frac{\partial Y}{\partial x_j} = \alpha_j \cdot \frac{Y}{x_j}; \quad j = \overline{1, n}$$

Решение полученной системы приводит к функции Кобба-Дугласа [12].

Изложенные логические предпосылки, как правило, хорошо согласуются с особенностями функционирования производственных систем. В частности, эти функции применялись нами для анализа сельскохозяйственного производства.

Кинетическая производственная функция

$$Y = a_0 x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot x_n^{\alpha_n} \cdot e^{a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n} = a_0 \cdot \prod_{j=1}^n x_j^{\alpha_j} \cdot e^{a_j x_j}$$

характеризуется большей гибкостью по сравнению с функцией Кобба-Дугласа, причем последняя является ее частным случаем. В общем случае кинетическая производственная основана на следующих предпосылках:

1) в процессе производства имеет место определенная взаимозаменяемость ресурсов;

2) прирост продукции, обусловленный увеличением затрат определенного ресурса прямо пропорционален произведению средней производительности этого ресурса и достигнутого уровня производства на величину дополнительных затрат [12].

Производственная функция с постоянной эластичностью замещения

В случае использования  $n$  производственных ресурсов производственная функция с постоянной эластичностью замещения имеет вид:

$$Y = A \cdot (\alpha_1 x_1^{-\rho} + \alpha_2 x_2^{-\rho} + \dots + \alpha_n x_n^{-\rho})^{-\frac{1}{\rho}}$$

Логические предпосылки, лежащие в основе построения этой функции, аналогичны рассмотренным для функции Кобба-Дугласа, только средняя производительность берется в степени  $(1 + \rho)$  [21]. Построение данной функции сопряжено с определенными трудностями, т.к. она неприводима к функции линейной по параметрам. Для расчетов, как правило, используется либо нелинейный метод наименьших квадратов, либо метод максимального правдоподобия, которые характеризуются определенной неоднозначностью [6]. Мы чаще всего использовали кинетическую производственную функцию.

В построении производственных функций имеется много общего с построением многофакторных уравнений регрессии. В то же время специфика сельскохозяйственного производства вносит свои коррективы. Одной из существенных особенностей аграрного сектора экономики является тот факт, что по каждой переменной, участвующей в построении производственной функции, имеется только одно наблюдение за год. Поэтому не представляется возможным построить производственную функцию по конкретному хозяйству. Следовательно, необходимо иметь значительный массив данных по сельскохозяйственным организациям региона. При этом общепринято, что обработку статистических данных надо производить только в однородных группах наблюдений. Данные же статистической отчетности, применяемые в экономических исследованиях, отличаются своей неоднородностью. Для формирования однородных групп предприятий следует применять методы кластерного анализа.

Одним из наиболее важных вопросов при проведении кластерного анализа является выбор тех признаков, по которым проводится классификация предприятий. Мы считаем, что в основу должны быть положены те факторы, которые определяют значение результативного признака. В силу того, что зависимой переменной в производственной функции является валовое производство сельскохозяйственной продукции, в основу кластеризации нами были положены следующие факторы: площадь сельскохозяй-

ственных угодий, затраты труда (среднегодовая численность работников), объем основных производственных фондов, объем производственных оборотных средств, а также затраты ресурсов в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий.

При анализе эффективности использования производственных ресурсов важное значение имеет такой показатель, как специализация. Специализация не является ресурсом в его классическом определении, а представляет собой фактор, способствующий лучшему, более интенсивному использованию производственных ресурсов. От специализации сельскохозяйственного предприятия в значительной степени зависит потребность в ресурсе того или иного вида. Производство одного и того же объема валовой продукции в денежном исчислении осуществляется при существенно различных затратах ресурсов и различной их структуре.

Мы считаем, что в основу кластеризации следует положить не только затраты ресурсов и интенсивность их использования, но и структуру товарной продукции. Анализ однородных совокупностей (кроме методологических требований) позволяет обнаружить тот факт, что внутри разных кластеров имеют место существенно различные взаимосвязи между анализируемыми признаками. При этом для каждого кластера необходимо построить адекватную модель, обладающую надежными статистическими характеристиками, по которой можно принимать обоснованные управленческие решения.

Производственные функции находят широкое применение в анализе эффективности использования производственных ресурсов [9,15,16,17,19,21,24].

В частности, с учетом стохастического характера функционирования нами предложен альтернативный подход к оценке эффективности аграрного сектора экономики, применение которого свидетельствует, что в общем случае показатель эффективности использования любого ресурса не является константой, а представляет собой функцию, зависящую от обеспеченности предприятия всеми производственными ресурсами и характером их влияния на величину полученного эффекта. Данный подход позволил предложить методику определения частного показателя эффективности использования отдельно взятого ресурса, основанную на выделении из полученного эффекта той части, которая обусловлена действием именно этого ресурса [19].

Для реализации данного подхода предлагаем использовать следующую последовательность действий (алгоритм):

1. Строится производственная функция, в которой результативный показатель  $Y$  отражает эффект анализируемой производственной системы (объем произведенной продукции). Независимые переменные  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – величины затраченных ресурсов.

2. Учитывая, что система обладает стохастическим характером функционирования, анализируемые факторы определяют лишь некоторую долю изменчивости результативного показателя, обусловленную влиянием всех ресурсов, включенных в модель. Поэтому эффект совокупного воздействия всех факторов будет равен  $\Theta = Y \cdot R^2$ .

3. Для оценки степени влияния произвольного ( $j$ -го) фактора на результат производственной деятельности следует использовать теоретический коэффициент эластичности:

$$E_j = \frac{\partial Y}{\partial x_j} \cdot \frac{x_j}{Y},$$

который приближенно показывает, на сколько процентов возрастает  $Y$  при однопроцентном увеличении  $j$ -го фактора. В таком случае доля влияния  $j$ -го фактора ( $\alpha_j$ ) как отношение коэффициента его эластичности к эластичности производства, определится по формуле:

$$\alpha_j = \frac{E_j}{\sum_{k=1}^n E_k}.$$

4. Частный показатель эффективности  $j$ -го производственного фактора ( $\Theta_j$ ), определяемый отношением доли эффекта, обусловленной влиянием данного фактора, к его размеру, может быть определен по формуле:

$$\Theta_j = \frac{\alpha_j \cdot \Theta}{x_j},$$

где  $x_j$  – объем  $j$ -го производственного фактора. Проведенные нами вычисления по данной методике отражены в [8].

Используя аппарат теории производственных функций, можно оценить риск недополучения продукции, что также позволяет в целях повышения эффективности сельскохозяйственного производства более полно и обоснованно использовать современные методы управления рисками, их снижения и прогнозирования, т.е. формировать современную систему риск-менеджмента сельскохозяйственного предприятия [10]. Алгоритм вычисления риска недополучения продукции имеет следующий вид:

$$R = \sum_{i \in G} p_i \cdot (Y_i^T - Y_i),$$

где  $Y_i$  и  $Y_i^T$  соответственно фактический и теоретический (предсказанный по производственной функции) уровень валового производства для  $i$ -го предприятия;  $G$  – множество предприятий, для которых  $(Y_i - Y_i^T) < 0$ ,  $p_i$  – вероятность недополучения продукции.

Особую значимость имеет теория производственных функций в методике определения ресурсного и производственного потенциалов и эффективности их использования [16,20,14,24]. Учитывая нетривиальную методику их вычисления, отметим лишь, что ресурсный потенциал отражает объем продукции, который должно произвести предприятие при средней эффективности использования имеющихся производственных ресурсов. Производственный же потенциал, представляет максимальный объем продукции, который в состоянии произвести предприятие при наличии имеющихся ресурсов и отражает его объективные возможности.

В свою очередь теория производственного потенциала позволяет определить некоторые направления в решении задачи оптимального управления. Упрощенно суть данной задачи можно определить как оптимизацию некоторого функционала при переводе данной системы из состояния  $M_0$  в состояние  $M_1$ . Отметим, что в области экономики эта задача не получила удовлетворительного реше-

ния. Использование же теории производственного потенциала позволяет сформировать допустимое множество конечных состояний  $M_1$  таким образом, чтобы оно было реально достижимым [24].

Также производственный потенциал позволяет дать оценку потенциала товарной продукции, что позволяет решать проблемы импортозамещения в аграрном секторе экономики. Учитывая, что производственный потенциал оценивает максимальный объем валовой продукции, а для решения проблем импортозамещения требуется, как правило, оперировать объемом товарной продукции, считаем необходимым для каждого вида продукции использовать коэффициент его товарности. Предлагаемая нами зависимость имеет следующий вид:

$$T_j^m = k_j^m \cdot PP^m \cdot \gamma_j^m,$$

где  $T_j^m$  – объем товарной продукции  $j$ -й отрасли в  $m$ -м кластере;  $k_j^m$  – коэффициент товарности  $j$ -й отрасли в  $m$ -м кластере;  $PP^m$  – производственный потенциал  $m$ -го кластера;  $\gamma_j^m$  – удельный вес  $j$ -й отрасли в структуре товарной продукции  $m$ -го кластера [5,22].

Производственные функции имеют фундаментальное значение в исследовании проблем экономического роста [1,2].

**Заключение.** В аграрном секторе экономики анализируются многие зависимости между факторами самой различной природы и результативными показателями. Однако базовой, фундаментальной моделью является та, которая описывает «закон», по которому производственные ресурсы преобразуются в выпускаемую продукцию. Этой моделью является производственная функция. Нами показано, что сельскохозяйственное производство является материальной, открытой, сложной, активной динамической системой со стохастическим принципом действия. Поэтому наиболее объективный анализ аграрного сектора экономики возможен только в рамках вероятностных категорий. Модель же, описывающая процесс производства продукции, должна носить принципиально нелинейный характер. Производственная функция должна обладать вышеперечисленными свойствами. На основе использования методов кластерного анализа необходимо для каждого кластера на значимых факторах построить адекватную модель, обладающую надежными статистическими характеристиками, по которой можно принимать обоснованные управленческие решения.

Производственные функции находят широкое применение в анализе эффективности использования производственных ресурсов, разработке альтернативного подхода к оценке эффективности аграрного сектора экономики, оценке риска недополучения продукции, методике определения ресурсного и производственного потенциалов и эффективности их использования, определении некоторых направлений в решении задачи оптимального управления аграрным сектором экономики, оценке потенциала товарной продукции, что позволяет решать проблемы импортозамещения в аграрном секторе экономики и т.д.

**Список источников**

1. Асемоглу Д. Введение в теорию современного экономического роста: в 2-х кн. Книга 1. М.: Издательский дом «Дело» РАНХ и ГС, 2018. 928 с.
2. Асемоглу Д. Введение в теорию современного экономического роста: в 2-х кн. Книга 2. М.: Издательский дом «Дело» РАНХ и ГС, 2018. 736 с.
3. Букстейбер Р. Радикальная неопределенность. Манифест о природе экономических кризисов, их прогнозировании и преодолении. ООО «Издательство «Эксмо», 2021. 366 с.
4. Занг В. Б. Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории. М.: Мир, 1999. 335 с.
5. Иванова Е.В., Смагин Б.И. Оценка потенциала товарного производства сельскохозяйственной продукции в решении импортозамещения в аграрном секторе экономики // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 105-112.
6. Кеннеди П. Путеводитель по эконометрике. Книга 1. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2016. 528 с.
7. Кравец А.С. Природа вероятности (Философские аспекты). М.: Мысль, 1976. 173 с.
8. Налимов В.В. Анализ оснований экологического прогноза (Паттерн-анализ как ослабленный вариант прогноза) // Вопросы философии. 1983. № 1. С. 108-117.
9. Попова В.Б., Смагин Б.И. Экономико-статистическое исследование эффективности аграрного производства: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2010. 166 с.
10. Пчелинцева Н.В., Смагин Б.И. Оценка риска недополучения продукции в аграрной сфере производства // Наука и бизнес: Пути развития. 2012. № 11(17). С.79-83.
11. Рассел Б. Человеческое познание: его сфера и границы. Киев: Ника-Центр, 1997. 560 с.
12. Смагин Б.И. Некоторые свойства производственной функции Кобба-Дугласа // Экономика и математические методы. 1990. Том 26. Вып. 3. С. 561.
13. Смагин Б.И. Формирование и развитие сельского хозяйства как системы: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2002. 92 с.
14. Смагин Б.И. Производственный потенциал сельского хозяйства: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2002. 310 с.
15. Смагин Б.И., Дачкин А.В. Применение производственных функций в анализе эффективности использования ресурсов аграрного производства // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. 2005. № 1. С. 27-30.
16. Смагин Б.И., Акиндинов В.В. Эффективность использования ресурсного потенциала в аграрном производстве: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2007. 150 с.
17. Смагин Б.И. Экономический анализ и статистическое моделирование аграрного производства: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2007. 153 с.
18. Смагин Б.И. К вопросу об идентификации и модификации производственной функции с постоянной эластичностью замещения // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 5. С. 71-76.
19. Смагин Б.И. Исчисление показателей эффективности в аграрном секторе экономики: альтернативный подход // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 91-98.
20. Смагин Б.И. Производственный потенциал аграрного сектора экономики // Методическое обеспечение проведения научных исследований экономических проблем развития АПК России: монография. М.: Фонд «кадровый резерв», 2016. С. 376-389.
21. Смагин Б.И. Производственные функции в аграрном секторе экономики: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2018. 99 с.
22. Смагин Б.И. К вопросу об оценке потенциала товарной продукции в аграрной сфере производства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 139 - 144.
23. Смагин Б.И. Стохастичность функционирования как атрибут аграрной сферы производства // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 196 - 203.
24. Смагин Б.И. Ресурсный и производственный потенциалы аграрного сектора экономики: монография. Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2024. 147 с.
25. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. М.: Атомиздат, 1972. 88 с.

**References**

1. Asemoglu D. Introduction to the theory of modern economic growth: in 2 books. Book 1. Moscow: Publishing house "Delo" RANH and GS, 2018. 928 p.
2. Asemoglu D. Introduction to the theory of modern economic growth: in 2 books. Book 2. Moscow: Publishing house "Delo" RANH and GS, 2018. 736 p.
3. Bookstaber R. Radical uncertainty. A manifesto on the nature of economic crises, their forecasting and overcoming. Eksmo Publishing House, LLC, 2021. 366 p.
4. Zang V.B. Synergetic Economics: Time and Changes in nonlinear Economic Theory. Moscow: Mir, 1999. 335 p.
5. Ivanova E.V., Smagin B.I. Assessment of the potential of commercial agricultural production in solving import substitution in the agricultural sector of the economy. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2016, no. 3, pp. 105-111.
6. Kennedy P. Guide to econometrics. Book 1. Moscow: Publishing House "Delo" RANHiGS, 2016. 528 p.
7. Kravets A.S. The nature of probability (Philosophical aspects). Moscow: Mysl, 1976. 173 p.
8. Nalimov V.V. Analysis of the foundations of environmental forecasting (Pattern analysis as a weakened version of the forecast). Questions of Philosophy. 1983, no. 1, pp. 108-117.

9. Popova V.B., Smagin B.I. Economic and statistical study of the effectiveness of agricultural production: monograph. Michurinsk, Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2010. 166 p.
10. Pchelintseva N.V., Smagin B.I. Assessment of the risk of product shortage in the agricultural sector. Science and business: Ways of development, 2012, no. 11(17), pp. 79-83.
11. Russell B. Human cognition: its scope and boundaries. Kiev: Nika-Center, 1997. 560 p.
12. Smagin B.I. Some properties of the Cobb-Douglas production function. Economics and Mathematical Methods, 1990, vol. 26, issue 3, pp. 561.
13. Smagin B.I. Formation and development of agriculture as a system: monograph. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2002. 92 p.
14. Smagin B.I. Production potential of agriculture: a monograph. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2002. 310 p.
15. Smagin B.I., Dachkin A.V. The use of production functions in the analysis of the efficiency of the use of agricultural production resources. Issues of modern science and practice. V.I. Vernadsky University, 2005, no. 1, pp. 27-30.
16. Smagin B.I., Akindinov V.V. Efficiency of using resource potential in agricultural production: monograph. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2007. 150 p.
17. Smagin B.I. Economic analysis and statistical modeling of agricultural production: monograph. Michurinsk: Publishing House Michurinsk State Agrarian University Publishing House, 2007. 153 p.
18. Smagin B.I. On the issue of identification and modification of a production function with constant elasticity of substitution. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2014, no. 5, pp. 71-76.
19. Smagin B.I. Calculation of efficiency indicators in the agricultural sector of the economy: an alternative approach, Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2015, no. 4, pp. 91-98.
20. Smagin B.I. Production potential of the agricultural sector of the economy. Methodological support for conducting scientific research on economic problems of the development of the Russian agro-industrial complex: a monograph. Moscow: HR Reserve Foundation, 2016. Pp. 376-389.
21. Smagin B.I. Production functions in the agricultural sector of the economy: a monograph. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2018. 99 p.
22. Smagin B.I. On the issue of assessing the potential of marketable products in the agricultural production sector. Bulletin of Michurinsk State Agricultural University, 2019, no. 1, pp. 139-144.
23. Smagin B.I. Stochasticity of functioning as an attribute of the agrarian sphere of production. Bulletin of Michurinsk State Agrarian University, 2020, no. 4, pp. 196-203.
24. Smagin B.I. Resource and production potentials of the agricultural sector of economics: monograph. Michurinsk: Publishing House of Michurinsk State Agrarian University, 2024. 147 p.
25. Schrodinger E. What is life? From the point of view of a physicist. M.: Atomizdat, 1972. 88 p.

**Информация об авторе**

**Б.И. Смагин** – доктор экономических наук, профессор кафедры математики, физики и информационных технологий, профессор, СПИН-код 3603-1785.

**Information about the author**

**B.I. Smagin** – Doctor of Economics, Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technology, Professor, SPIN code 3603-1785.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the Authors:** all the authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

Статья поступила в редакцию 30.04.2026; одобрена после рецензирования 30.04.2026; принята к публикации 15.06.2026.  
The article was submitted 30.04.2026; approved after reviewing 30.04.2026; accepted for publication 15.06.2026.

