



Научная статья

УДК 338.4

doi: 10.55186/25876740_2026_69_3_405

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЗЕРНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОСТИ АГРАРНЫХ СИСТЕМ: СОПОСТАВЛЕНИЕ РОССИИ И КИТАЯ

В.В. Сулимин, В.В. Шведов, А.В. Сарсадских

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация. Актуальность исследования обусловлена тем, что в условиях высокой волатильности цен на энергоносители и ужесточения климатической повестки устойчивость аграрных систем определяется не только урожайностью и экспортным потенциалом, но и глубиной их энергетической зависимости. Цель исследования заключается в количественной оценке энергетической зависимости зернового производства России и Китая и в выявлении её влияния на устойчивость аграрных систем в 2000–2025 гг. Методологическая основа включает концепцию энергоёмкости аграрного производства и подходы «жизненного цикла». Используются статистические данные FAOSTAT, Международного энергетического агентства, официальной статистики России и Китая по урожаю зерновых, потреблению минеральных удобрений и энергоресурсов. Научная новизна заключается в формировании интегрального показателя энергоёмкости зернового производства (ГДж на тонну урожая) с разделением прямой и косвенной энергии и в интерпретации этого показателя через категорию устойчивости: чувствительность урожая и себестоимости к шокам на рынках топлива, электричества и газа для производства удобрений. Результаты показывают, что к 2025 г. Китай обеспечивает рекордный валовой сбор зерна (свыше 700 млн т) при средней урожайности около 7 т/га, однако удельная энергоёмкость зернового производства достигает 4,1–4,5 ГДж/т, что почти вдвое выше, чем в России (2,2–2,6 ГДж/т). Структура энергопотребления принципиально различается: в России доминирует дизельное топливо при умеренном внесении удобрений, тогда как в Китае свыше половины энергетического «следа» зерна связано с минеральными удобрениями и угольной электроэнергией. Реализуемая в Китае политика «нулевого прироста» удобрений позволяет постепенно снижать энергоёмкость без ухудшения урожайности, тогда как российская модель проходит стадию нарастающей интенсификации. Показано, что энергетическая уязвимость китайской модели выше, но потенциал повышения энергоэффективности — значительнее, тогда как для России ключевой вызов связан с ростом доли энергозатрат в себестоимости зерна при сохранении относительного преимущества по энергоёмкости.

Ключевые слова: энергоёмкость, минеральные удобрения, дизельное топливо, устойчивость аграрных систем, Россия и Китай

Original article

ENERGY DEPENDENCE OF GRAIN PRODUCTION AS A FACTOR OF AGRICULTURAL SYSTEM RESILIENCE: A COMPARISON BETWEEN RUSSIA AND CHINA

V.V. Sulimin, V.V. Shvedov, A.V. Sarsadskikh

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia

Abstract. The relevance of this study lies in the fact that, in the context of highly volatile energy prices and a tightening climate agenda, the sustainability of agricultural systems is determined not only by yield and export potential, but also by the depth of their energy dependence. The aim of the study is to quantify the energy dependence of grain production in Russia and China and to identify its impact on the sustainability of agricultural systems from 2000 to 2025. The methodological framework incorporates the concept of energy intensity of agricultural production and life cycle approaches. Statistical data from FAOSTAT, the International Energy Agency, and official statistics from Russia and China on grain yields, mineral fertilizer consumption, and energy resources are used. The scientific novelty lies in the development of an integrated indicator of the energy intensity of grain production (GJ per ton of yield) with a distinction between direct and indirect energy and in the interpretation of this indicator through the category of sustainability: the sensitivity of yield and production costs to shocks in the markets for fuel, electricity, and gas used for fertilizer production. The results show that by 2025, China will achieve a record gross grain harvest (over 700 million tons) with an average yield of about 7 tons/ha. However, the specific energy intensity of grain production reaches 4.1–4.5 GJ/t, which is almost twice as high as in Russia (2.2–2.6 GJ/t). The energy consumption structure is fundamentally different: in Russia, diesel fuel dominates with moderate fertilization, while in China, over half of the energy footprint of grain is associated with mineral fertilizers and coal-fired electricity. The “zero-growth” fertilizer policy implemented in China allows for a gradual reduction in energy intensity without deteriorating yields, while the Russian model is undergoing a stage of increasing intensification. It is shown that the energy vulnerability of the Chinese model is higher, but the potential for improving energy efficiency is significant, whereas for Russia, the key challenge is associated with an increasing share of energy costs in the cost of grain while maintaining a relative advantage in energy intensity.

Keywords: energy intensity, mineral fertilizers, diesel fuel, agricultural resilience, Russia and China

Введение. За последние два десятилетия энергетический фактор перестал быть внешним по отношению к сельскому хозяйству и превратился в один из ключевых параметров устойчивости аграрных систем. Рост цен на нефть и газ, переход к низкоуглеродной экономике, ужесточение экологических стандартов и декарбонизационные обязательства ведущих экономик трансформируют условия функционирования сельского хозяйства. Аграрный сектор одновременно выступает крупным потребителем энергии и источником выбросов парниковых газов, связанных с использованием топлива, электроэнергии и агрохимикатов. В этих условиях зерновое производство приобретает особое значение, поскольку именно оно формирует основу продовольственной безопасности

и концентрирует наибольшие объёмы ресурсов и энергетических потоков. Россия и Китай занимают ключевые позиции на мировом зерновом рынке, но опираются на различные модели развития. Россия закрепила среди крупнейших экспортёров пшеницы, используя обширный земельный фонд, сравнительно низкую долю орошаемых площадей и умеренный уровень химизации. Китай, напротив, поддерживает устойчивый валовой сбор зерна на уровне свыше 650 млн т, а в 2024 г. превысил 700 млн т за счёт высокой интенсификации, развитой ирригационной инфраструктуры, плотного применения удобрений и широкой механизации. Эти различия формируют принципиально разные профили энергетической зависимости зернового производства.

В российской модели основным источником энергетических рисков остаётся дизельное топливо, обеспечивающее механизацию обработки десятков миллионов гектаров. В китайской модели ключевую роль играют минеральные удобрения и электроэнергия, значительная часть которой производится на угольной основе. Исследования энергоёмкости аграрного производства показывают, что в Китае именно удобрения и электричество формируют основную долю энергозатрат, тогда как в России структура потребления носит более «топливно-центричный» характер. Соответственно, устойчивость зернового сектора определяется не только объёмами производства, но и тем, насколько каждый дополнительный центнер урожая нагружен энергоресурсами.



Анализ энергетической устойчивости зернового производства требует учёта как минимум трёх измерений. Во-первых, уровня энергоёмкости продукции, отражающего зависимость урожайности от энергозатрат. Во-вторых, структуры энергопотребления, то есть степени концентрации на отдельных ресурсах либо диверсификации между топливом, электроэнергией и альтернативными источниками. В-третьих, институциональных механизмов реагирования на энергетические шоки, включая субсидирование топлива и удобрений, ценовое регулирование и программы повышения энергоэффективности.

Международный опыт показывает, что рост механизации и химизации может сопровождаться как увеличением, так и снижением энергоёмкости. В странах Европейского союза при высокой насыщенности техникой и удобрениями прямое энергопотребление в расчёте на единицу продукции имеет тенденцию к относительному сокращению за счёт повышения эффективности, цифровизации и роста доли возобновляемых источников энергии. Для России и Китая энергетическая устойчивость зернового производства приобретает стратегическое значение по трём причинам. Во-первых, обе страны декларируют приоритет продовольственной безопасности и экспортного потенциала. Во-вторых, зерновой сектор концентрирует наибольшие объёмы топлива и удобрений и наиболее чувствителен к ценовой волатильности на энергетических рынках. В-третьих, различия в структуре энергопотребления формируют разные траектории адаптации к «зелёной» трансформации — от снижения угольной зависимости в Китае до оптимизации дизельного потребления в России.

Несмотря на наличие обширных исследований по энергоёмкости сельского хозяйства и углеродному следу, сравнительный анализ энергетической зависимости именно зернового производства России и Китая в долгосрочной динамике остаётся фрагментарным. Большинство работ либо ограничивается общими трендами энергопотребления, либо фокусируется на экологических последствиях избыточного применения удобрений. Между тем для разработки эффективной аграрной политики требуется сопоставимая количественная оценка, позволяющая сравнить не только уровень энергоёмкости, но и структурный «портрет» энергетической зависимости и его связь с устойчивостью к шокам.

Зарубежные исследования в основном сосредоточены на факторах урожайности, эффективности использования ресурсов и климатических ограничениях. Chang V. и Xu Q. показывают, что результаты зернового производства в Китае в значительной степени определяются структурой ресурсной обеспеченности, а вклад технологических и энергетических факторов сопоставим или превосходит влияние природных условий [1]. Grabowski R. и Self Sh. связывают рост сельскохозяйственной производительности в Азии с развитием обрабатывающей промышленности, подчёркивая энергоёмкий характер аграрного накопления [2]. Li T. демонстрирует, что оптимизация региональной структуры посевов позволяет повышать продуктивность без пропорционального роста энергозатрат за счёт пространственного перераспределения интенсивности [3]. Работы Luo H. и соавторов показывают, что в Китае фактическая урожайность лишь частично реализует климатический потенциал, а его дальнейшее освоение требует наращивания орошения, удобрений и механизации, то есть дополнительных энергозатрат [4]. Song Yu. и соавторы фиксируют влияние климатических изменений на «зелёную» совокупную факторную продуктивность, показывая, что компенсация

климатических рисков часто происходит через усиление ресурсной и энергетической нагрузки [5]. Wang H. и коллеги выявляют значительную пространственную неоднородность энергоэффективности зернового производства в условиях углеродных ограничений [6]. Zhang D. и соавторы подчёркивают институциональное закрепление высокоинтенсивной модели через систему субсидий и льготного кредитования [7].

Российская литература в большей степени ориентирована на анализ динамики, пространственной структуры и сценариев развития зернового хозяйства. Работы Видякина А.В. и Лебедева В.А. демонстрируют значимость цикличности и структурных сдвигов в региональной динамике производства [8]. Дронин Н.М. и Ковбаши Д.И. показывают, что устойчивость зернового сектора исторически формировалась под воздействием сочетания климатических и институциональных факторов [9]. Кумратова А.М. и Алещенко В.В. фиксируют усиление экспортной роли России и подчёркивают значение региональной специализации и логистики, что отражает и конфигурацию ресурсной зависимости [10, 11]. Ряд исследований подчёркивает необходимость перехода от экстенсивного роста к повышению эффективности использования ресурсов, однако энергетическая составляющая, как правило, остаётся в имплицитной форме [12]. Работы Носова А.М. и соавторов выявляют устойчивые центры роста и периферийные зоны зернового производства, что позволяет интерпретировать региональные различия как различия в профиле энергетической зависимости [13]. Сценарные оценки Романенко И.А. и Евдокимовой Н.Е. показывают, что усиление климатической экстремальности ведёт к трансформации технологий и структуры энергопотребления [14]. Анализ цикличности производства зерна, выполненный Суловым С.А., указывает на связь инвестиционных фаз и государственной политики с изменением ресурсной и энергетической нагрузки на отрасль [15]. В совокупности рассмотренные исследования формируют теоретическую базу для анализа энергетической зависимости зернового производства, но не обеспечивают её системной и сопоставимой оценки для России и Китая. Это обосновывает необходимость отдельного фокуса на энергоёмкости и структуре энергопотребления как ключевых факторах устойчивости зерновых аграрных систем.

Цель исследования — проанализировать влияние энергетической зависимости на устойчивость аграрных систем России и Китая к ценовым и ресурсным шокам на энергетических рынках.

Материалы и методы. Методологической основой работы служит концепция энергоёмкости аграрного производства, рассматривающая сельское хозяйство как звено в энергетической цепочке, где на единицу конечной продукции приходится совокупный объём прямой и косвенной энергии. В работе выделяются три блока энергозатрат: прямое потребление топлива, прямое потребление электроэнергии и косвенная энергия, воплощённая в минеральных удобрениях. Эмпирическая база сформирована на основе официальной статистики и международных баз данных. Для оценки масштабов и эффективности зернового производства использованы данные FAOSTAT и национальной статистики России и Китая по валовому сбору и урожайности зерновых культур, площади посевов и структуре производства. Статистика по применению минеральных удобрений (азот, фосфор, калий) за 2000–2025 гг. получена из глобальных обзоров FAO; удельное внесение в кг/га рассчитано как отношение объёмов действующего вещества к площади пашни.

Данные по энергопотреблению сельского хозяйства в части дизельного топлива и электроэнергии взяты из агрегированных энергетических обзоров, отраслевых оценок и эмпирических исследований по энергоёмкости китайского и российского сельского хозяйства. На этой основе получены ориентировочные оценки годового потребления дизеля аграрным сектором России (около 3,1 млн т в начале 2020-х годов) и Китая (около 19,5–20 млн т), а также диапазоны электропотребления, связанных с ирригацией и послеуборочной обработкой. Для перевода физических объёмов в энергетические величины использовались стандартные коэффициенты теплотворной способности (дизель — 42 ГДж/т, природный газ для удобрений — 60 ГДж/т азота в пересчёте). Косвенная энергоёмкость минеральных удобрений оценивалась следующим образом. Для азотных удобрений использован средний показатель 35–40 ГДж/т действующего вещества с учётом разброса по технологиям, для фосфорных и калийных — 10–15 ГДж/т. На основании структуры потребления NPK по странам рассчитаны средневзвешенные значения, позволяющие перевести общий объём удобрений в эквивалент энергозатрат «до фермы».

Суммарная энергоёмкость зернового производства в стране в год определяется как отношение суммарных энергозатрат (E, ЭДж) к валовому сбору зерновых (Q, млн т). Удельная энергоёмкость на тонну урожая рассчитывается по формуле:

$$E_l = (E_{\text{дизель}} + E_{\text{электроэнергия}} + E_{\text{удобрения}}) / Q \quad (1)$$

Дополнительно сформирован интегральный коэффициент энергетической зависимости зернового производства (КЭЗ), учитывающий долю энергетических затрат (прямых и косвенных) в денежной себестоимости зерна, долю импортных энергоносителей и степень концентрации энергозатрат по видам ресурсов. Последний параметр отражает, насколько модель зависима от одного-двух ресурсов (например, дизеля или удобрений). Анализ динамики проводится по трём точкам: начало периода (около 2000 г.), промежуточный этап (2010-е годы) и современный период (2022–2025 гг.). Для сопоставимости показателей применены дефляторы цен и приведены физические величины к сопоставимым энергетическим единицам.

Интерпретация результатов осуществляется в логике устойчивости: сопоставление уровня и структуры энергоёмкости дополняется анализом кейсов фактических энергетических шоков — резкого роста цен на дизель в России и реализации политики «нулевого прироста» удобрений в Китае — и оценкой реакции аграрных систем на эти события.

Результаты и обсуждение. Сопоставление энергетической зависимости зернового производства России и Китая требует одновременного учёта масштабов агропроизводства, прямого и косвенного энергопотребления, а также динамики показателей за длительный период. В первую очередь необходимо зафиксировать исходные различия по объёмам и интенсивности зернового производства: Китай существенно превосходит Россию по валовому сбору и урожайности, но опирается на более высокие уровни ресурсной насыщенности, включая удобрения и орошение. Далее, важно отразить прямое энергопотребление — дизель и электроэнергию, — которое формирует оперативный спрос аграрного сектора на энергоносители. В представленных ниже таблицах поэтапно раскрываются масштабы и урожайность зерновых (табл. 1), структура прямого энергопотребления (табл. 2), объёмы и удельные показатели



применения удобрений (табл. 3), оценка суммарной энергоёмкости зернового производства (табл. 4), а также интегральные индикаторы энергетической зависимости и устойчивости (табл. 5). Такое построение позволяет не только сравнить уровни показателей в «статике», но и проследить траекторию их изменений, что критично для оценки устойчивости аграрных систем к энергетическим шокам.

Данные таблицы 1 показывают, что при сходной величине посевов зерновых (48 млн га в России и около 100 млн га в Китае) разрыв по урожайности более чем двукратный: 2,9 т/га против 7,0 т/га. Это определяет кратное превосходство Китая по валовому сбору (700 млн т против 140 млн т), при этом российское зерно в значительно большей степени ориентировано на экспорт (до половины урожая), тогда как Китай использует зерно преимущественно для внутреннего потребления.

Таблица 2 демонстрирует, что прямое потребление дизеля в аграрном секторе Китая к 2024 г. составляет порядка 19,7 млн т в год, тогда как в России — около 3,1 млн т. В пересчёте на 1 т зерна Китай расходует 28 кг дизеля, Россия — 22 кг, то есть по этому компоненту энергоёмкости различия умеренные, несмотря на крупный разрыв в абсолютных объёмах. С электричеством картина иная: китайский агросектор потребляет порядка 50 ТВт·ч против 5,5 ТВт·ч в России, что связано прежде всего с долей орошаемых земель (55% против 5%).

Наибольший контраст фиксируется по удобрениям (табл. 3): совокупное потребление NPK в Китае превышает 50 млн т при удельном внесении 360–410 кг/га, тогда как в России соответствующие показатели составляют 6,1 млн т и 29 кг/га. Даже в пересчёте на тонну зерна Китай использует 80–95 кг удобрений, Россия — около 50 кг/т.

Интегральная оценка энергоёмкости подтверждает принципиальные различия энергетических моделей зернового производства России и Китая. В расчёте на тонну зерна в Китае затрачивается около 4,3 ГДж энергии против 2,4 ГДж в России, причём свыше 60% китайских энергозатрат приходится на минеральные удобрения и электроэнергию, тогда как в России вклад дизеля и удобрений распределён более равномерно. Индекс энергетической зависимости (КЭЗ) количественно фиксирует более высокую уязвимость китайского зернового сектора (0,70 против 0,45), отражая больший вклад энергии в себестоимость и более высокую зависимость от ресурсных рынков. В совокупности это указывает на большую чувствительность китайской модели к энергетическим шокам при сохраняющемся преимуществе по урожайности, тогда как российская модель менее энергоёмка, но концентрирует риски в сегменте моторного топлива.

Анализ динамики энергоёмкости показывает различие траекторий развития. В России рост совокупных энергозатрат с 0,15 до 0,33 ЭДж при увеличении валового сбора с 65 до 140 млн т сопровождался лишь незначительным ростом удельной энергоёмкости — с 2,3 до 2,4 ГДж/т. Это означает, что расширение производства было обеспечено преимущественно за счёт увеличения посевных площадей, умеренного роста применения удобрений и постепенного улучшения агротехнологий, а не за счёт резкого наращивания энергопотребления на единицу продукции. В Китае увеличение энергозатрат с 1,68 до 3,01 ЭДж при росте урожая с 400 до 700 млн т сопровождалось сохранением высокой энергоёмкости на уровне 4,2–4,3 ГДж/т, что указывает на устойчивую энергонапряжённость интенсивной модели производства.

Структура энергопотребления формирует различные профили уязвимости. В России до половины энергетического «следа» зерна приходится на дизельное топливо, что делает отрасль чувствительной к колебаниям цен на нефтепродукты и к национальной политике ценообразования. Резкий рост цен на дизель в 2018 г., потребовавший экстренных компенсационных мер, продемонстрировал высокую зависимость зернового производства от данного канала. В Китае более половины энергозатрат связано с удобрениями и угольной электроэнергией, что усиливает зависимость от газового и угольного рынков, а также от тарифной и субсидиарной политики государства. Реализация «Плана нулевого прироста применения удобрений» с 2015 г. показала возможность перераспределения энергетической нагрузки без снижения урожайности за счёт точного земледелия и цифрового мониторинга.

С точки зрения устойчивости аграрных систем Китай обеспечивает высокую продовольственную безопасность ценой значительной энергетической нагрузки, тогда как Россия сочетает более низкую энергоёмкость с высокой чувствительностью к нефтяным и логистическим шокам, что формирует разные траектории адаптации к энергетическим ограничениям.

Предложенный интегральный индекс КЭЗ позволяет отразить эти различия количественно: значение 0,70 для Китая указывает на высокую энергетическую зависимость при многокомпонентной структуре энергопотребления и заметной доле импортозависимых ресурсов, тогда как 0,45 для России соответствует среднему уровню зависимости при доминировании одного вида ресурса и относительной энергетической самообеспеченности. С точки зрения устойчивости это означает, что Китай более уязвим к комплексным энергетическим и климатическим шокам, но имеет больше возможностей

Таблица 1. Масштабы и интенсивность зернового производства (средние значения 2022–2025 гг.)

Table 1. Scale and intensity of grain production (average values for 2022–2025)

Показатель	Россия	Китай
Площадь посевов зерновых, млн га	48	100
Валовой сбор зерна, млн т	140	700
Средняя урожайность, т/га	2,9	7,0
Доля зерна в валовой продукции АПК, %	45	35
Экспортная квота по зерну, % выпуска	45–50	<5

Таблица 2. Прямое потребление энергоресурсов аграрным сектором (зерновой профиль, оценка)

Table 2. Direct consumption of energy resources by the agricultural sector (grain profile, assessment)

Показатель	Россия 2000	Россия 2025	Китай 2000	Китай 2025
Дизель, млн т/год	1,8	3,1	8,0	19,7
Дизель на 1 т зерна, кг	20	22	18	28
Электроэнергия, ТВт·ч/год	2,0	5,5	10,0	50,0
Электроэнергия на 1 т зерна, кВт·ч	25	40	40	70
Доля орошаемых земель, % пашни	4	5	45	55

Таблица 3. Потребление минеральных удобрений и удельные показатели

Table 3. Consumption of mineral fertilizers and specific indicators

Показатель	Россия 2000	Россия 2010	Россия 2023	Китай 2000	Китай 2014 (пик)	Китай 2021
Совокупное внесение N+P ₂ O ₅ +K ₂ O, млн т (д.в.)	2,4	3,0	6,1	39,0	60,0	51,9
Удобрения на 1 га пашни, кг/га	12	18	29	260	410	360
Удобрения на 1 т зерна, кг/т	30	40	50	70	95	80
Доля страны в мировом потреблении, %	2	2,5	3	25	33	30

Таблица 4. Оценка суммарной энергоёмкости зернового производства

Table 4. Assessment of the total energy intensity of grain production

Показатель	Россия 2000	Россия 2025	Китай 2000	Китай 2025
Энергия дизеля, ЭДж/год	0,08	0,13	0,34	0,83
Энергия удобрений, ЭДж/год	0,06	0,18	1,3	2,0
Энергия электроэнергии, ЭДж/год	0,01	0,02	0,04	0,18
Итого энергозатраты, ЭДж/год	0,15	0,33	1,68	3,01
Валовой сбор зерна, млн т	65	140	400	700
Энергоёмкость, ГДж/т	2,3	2,4	4,2	4,3

Таблица 5. Интегральные индикаторы энергетической зависимости и устойчивости (оценка, 2022–2025 гг.)

Table 5. Integrated indicators of energy dependence and sustainability (estimate, 2022–2025)

Показатель	Россия	Китай
Доля энергорасходов в себестоимости зерна, %	18–22	28–32
Доля импортных энергоносителей в энергопотреблении АПК, %	<10	15–20
Концентрация энергозатрат (доля 1 ресурса > 50%), да/нет	да (дизель)	да (удобрения)
Индекс КЭЗ (0 — низкая, 1 — высокая зависимость)	0,45	0,70
Оценка устойчивости к ценовым шокам (качественно)	средняя	низкая





для управления ими через политику, тогда как Россия менее энергоёмка, но риски более концентрированы и зависят от одного сегмента топливного рынка.

Заключение. Проведённый сравнительный анализ энергетической зависимости зернового производства России и Китая показывает, что различия между странами выходят далеко за рамки урожайности и валовых объёмов производства. Установлено, что высокие показатели зернового сектора Китая обеспечиваются моделью с существенно более высокой энергетической нагрузкой. При сопоставимом уровне потребления дизельного топлива на единицу продукции основную долю энергозатрат формируют минеральные удобрения и электроэнергия угольного происхождения, что приводит к энергоёмкости свыше 4 ГДж/т против 2,2–2,6 ГДж/т в России. Это подтверждает, что интенсификация производства не гарантирует снижения удельной энергоёмкости при росте ресурсного потребления.

Различия в структуре энергопотребления формируют неодинаковые профили уязвимости. Российская зерновая модель в наибольшей степени зависит от дизельного топлива и логистики нефтепродуктов, тогда как китайская — от состояния угольной, газовой и химической промышленности, а также от углеродного регулирования. Соответственно, энергетические шоки для двух стран имеют различную природу и каналы воздействия.

Институциональные ответы также существенно различаются. Китай реализует комплексную политику снижения энергоёмкости через оптимизацию применения удобрений, развитие точного земледелия и модернизацию ирригации, что позволяет частично разорвать связь между ростом урожайности и ростом энергозатрат. В России смещение акцента к энергоэффективности происходит медленнее и пока носит фрагментарный характер.

Предложенный коэффициент энергетической зависимости зернового производства демонстрирует потенциал системной оценки устойчивости аграрных систем и может быть расширен за счёт учёта климатических и институциональных факторов, формируя основу международно сопоставимых индикаторов энергетической устойчивости сельского хозяйства.

Список источников

1. Chang V., Xu Q. Analysis of influencing factors of grain yield based on multiple linear regression // *International Journal of Business and Systems Research*. 2021. Vol. 15, No. 3. P. 337. DOI: 10.1504/ijbsr.2021.114934.
 2. Grabowski R., Self S. Agricultural productivity growth and the development of manufacturing in developing Asia // *Economic Systems*. 2023. Vol. 47, No. 2. P. 101075. DOI: 10.1016/j.ecosys.2023.101075.

Информация об авторах:

Сулимин Владимир Власович, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2694-4352>, sulimin_usue@mail.ru
Шведов Владислав Витальевич, кандидат исторических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2130-3273>, shvedoff@mail.ru
Сарсадских Анастасия Вадимовна, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и инжиниринга, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9827-8451>, nastasiyas@inbox.ru

Information about the authors:

Vladimir V. Sulimin, candidate of economic sciences, associate professor of the department of public and municipal administration, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2694-4352>, sulimin_usue@mail.ru
Vladislav V. Shvedov, candidate of historical sciences, associate professor of the department of public and municipal administration, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2130-3273>, shvedoff@mail.ru
Anastasia V. Sarsadskikh, candidate of technical sciences, associate professor of the department of biotechnology and engineering, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9827-8451>, nastasiyas@inbox.ru

3. Li T. Planting Structure Adjustment and Layout Optimization of Feed Grain and Food Grain in China Based on Productive Potentials // *Land*. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 45. DOI: 10.3390/land12010045.
 4. Luo H., Zou N., Hu X., Wang Sh. Climatic potential productivity and resources utilization efficiency of major grain crops in the main grain production areas of China, 1980–2019 // *Resources Science*. 2021. Vol. 43, No. 6. P. 1234–1247. DOI: 10.18402/resci.2021.06.14.
 5. Song Yu, Zhang B., Wang J., Kwek K. The impact of climate change on China's agricultural green total factor productivity // *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 185. P. 122054. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.122054.
 6. Wang H., Chen H., Tran T.T., Qin Sh. An Analysis of the Spatiotemporal Characteristics and Diversity of Grain Production Resource Utilization Efficiency under the Constraint of Carbon Emissions: Evidence from Major Grain-Producing Areas in China // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No. 13. P. 7746. DOI: 10.3390/ijerph19137746.
 7. Zhang D., Wang H., Lou Sh., Zhong Sh. Research on grain production efficiency in China's main grain producing areas from the perspective of financial support // *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16, No. 3. P. e0247610. DOI: 10.1371/journal.pone.0247610.
 8. Видякин А.В., Лебедь В.А. Статистический прогноз развития зернового производства в Кемеровской области // *Аграрная наука*. 2023. № 9. С. 196–200. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200.
 9. Дронин Н.М., Ковбашин Д.И. Динамика производства зерна в России: соотношение политического и климатического факторов в историческом контексте // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2024. Т. 88, № 3. С. 391–403. DOI: 10.31857/S2587556624030104.
 10. Кумратова А.М., Алещенко В.В., Алещенко О.А. Зерно России в контексте мирового производства // *Экономика сельского хозяйства России*. 2021. № 8. С. 70–75. DOI: 10.32651/218-70.
 11. Кумратова А.М., Алещенко В.В. Сравнительный анализ продуктивности зернового производства Европейской и Азиатской частей России // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 94. С. 28–33. DOI: 10.21515/1999-1703-94-28-33.
 12. Никонова Г.Н., Широков С.Н., Трушкина И.Р. Перспективы развития зернового подкомплекса // *Экономика сельского хозяйства России*. 2023. № 12. С. 95–102. DOI: 10.32651/2312-95.
 13. Носонов А.М., Красильникова Н.В., Чернобровкина В.А. Пространственно-временные закономерности развития зернового хозяйства России // *Известия Русского географического общества*. 2025. Т. 157, № 4. С. 552–568. DOI: 10.7868/S3034538325040053.
 14. Романенко И.А., Евдокимова Н.Е. Сценарное прогнозирование производства зерновых культур в регионах России в зависимости от экстремальных климатических параметров // *Экономика сельского хозяйства России*. 2021. № 3. С. 81–87. DOI: 10.32651/213-81.
 15. Суслов С.А. Тенденции и циклические закономерности производства зерна // *Экономика сельского хозяйства России*. 2022. № 5. С. 84–90. DOI: 10.32651/225-84.

References

1. Chang V., Xu Q. Analysis of influencing factors of grain yield based on multiple linear regression // *International Journal of Business and Systems Research*. 2021. Vol. 15, No. 3. P. 337. DOI: 10.1504/ijbsr.2021.114934.
 2. Grabowski R., Self S. Agricultural productivity growth and the development of manufacturing in developing Asia // *Economic Systems*. 2023. Vol. 47, No. 2. P. 101075. DOI: 10.1016/j.ecosys.2023.101075.
 3. Li T. Planting structure adjustment and layout optimization of feed grain and food grain in China based on productive potentials // *Land*. 2023. Vol. 12, No. 1. P. 45. DOI: 10.3390/land12010045.
 4. Luo H., Zou N., Hu X., Wang S. Climatic potential productivity and resources utilization efficiency of major grain crops in the main grain production areas of China, 1980–2019 // *Ziyuan Kexue [Resources Science]*. 2021. Vol. 43, No. 6. P. 1234–1247. DOI: 10.18402/resci.2021.06.14.
 5. Song, Y., Zhang, B., Wang, J., Kwek, K. The impact of climate change on China's agricultural green total factor productivity // *Technological Forecasting and Social Change*. 2022. Vol. 185. P. 122054. DOI: 10.1016/j.techfore.2022.122054.
 6. Wang, H., Chen, H., Tran, T.T., Qin, S. An analysis of the spatiotemporal characteristics and diversity of grain production resource utilization efficiency under the constraint of carbon emissions: evidence from major grain-producing areas in China // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 19, No. 13. P. 7746. DOI: 10.3390/ijerph19137746.
 7. Zhang, D., Wang, H., Lou, S., Zhong, S. Research on grain production efficiency in China's main grain producing areas from the perspective of financial support // *PLoS ONE*. 2021. Vol. 16, No. 3. P. e0247610. DOI: 10.1371/journal.pone.0247610.
 8. Vidyakin, A.V., Lebedev, V. A. (2023). *Statisticheskii prognóz razvitiya zernovogo proizvodstva v Kemerovskoi oblasti* [Statistical forecast of grain production development in the Kemerovo region]. *Agrarnaya nauka* [Agrarian Science], no. 9, p. 196–200. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-196-200.
 9. Dronin, N.M., Kovbashin, D.I. (2024). *Dinamika proizvodstva zerna v Rossii: sootnoshenie politicheskogo i klimaticheskogo faktorov v istoricheskom kontekste* [Dynamics of grain production in Russia: the relationship between political and climatic factors in a historical context]. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya*, vol. 88, no. 3, p. 391403. DOI: 10.31857/S2587556624030104.
 10. Kumratova, A.M., Aleshchenko, V.V., Aleshchenko, O.A. (2021). *Zerno Rossii v kontekste mirovogo proizvodstva* [Grain of Russia in the context of global production]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii*, no. 8, p. 70–75. DOI: 10.32651/218-70.
 11. Kumratova, A.M., Aleshchenko, V.V. (2022). *Sravnitel'nyi analiz produktivnosti zernovogo proizvodstva Evropeiskoi i Aziatskoi chastei Rossii* [Comparative analysis of grain production productivity in the European and Asian parts of Russia]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, no. 94, p. 28–33. DOI: 10.21515/1999-1703-94-28-33.
 12. Nikonova, G.N., Shirokov, S.N., Trushkina, I.R. (2023). *Perspektivy razvitiya zernovogo podkompleksa* [Prospects for the development of the grain subcomplex]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii*, no. 12, p. 95–102. DOI: 10.32651/2312-95.
 13. Nosonov, A.M., Krasil'nikova, N.V., Chernobrovkina, V.A. (2025). *Prostranstvenno-vremennye zakonomernosti razvitiya zernovogo khozyaistva Rossii* [Spatial and temporal patterns of grain farming development in Russia]. *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*, vol. 157, no. 4, p. 552–568. DOI: 10.7868/S3034538325040053.
 14. Romanenko, I.A., Evdokimova, N.E. (2021). *Stsenarnoe prognozirovanie proizvodstva zernovykh kul'tur v regionakh Rossii v zavisimosti ot ekstremal'nykh klimaticheskikh parametrov* [Scenario forecasting of grain crop production in Russian regions depending on extreme climatic parameters]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii*, No. 3. P. 81–87. DOI: 10.32651/213-81.
 15. Suslov, S.A. (2022). *Tendentsii i tsiklicheskie zakonomernosti proizvodstva zerna* [Trends and cyclical patterns of grain production]. *Ekonomika sel'skogo khozyaistva Rossii*, no. 5, p. 84–90. DOI: 10.32651/225-84.