



Научная статья

УДК 519.86

doi: 10.55186/25876740_2025_68_4_517

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В АГРАРНОМ И ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ СЕКТОРАХ

С.О. Медведев, А.К. Назарова, А.П. МохиревСибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

Аннотация. Аграрный сектор и лесная промышленность выступают важными элементами экономик многих стран мира. Две данные отрасли имеют множество сходств, позволяющих проводить комплексные исследования, дополняющие друг друга. Ключевое качество данных отраслей — использование биологических ресурсов, по большей части растительного происхождения. В современных условиях аграрный и лесной сектора должны использовать современные достижения науки и информационных технологий. Одним из важнейших элементов современной экономики является использование средств математического моделирования. В данном исследовании анализируются возможности его применения в аграрном и лесопромышленном секторах (на примере российской практики). Представлен теоретический анализ возможностей использования данных инструментов на предприятиях исследуемых отраслей. Проведено практическое исследование деятельности российских предприятий. Выявлены факторы, влияющие на развитие деятельности аграрного и лесного секторов, дана оценка степени их влияния на каждую из отраслей. Проведена апробация использования средств математического моделирования и оптимизации деятельности предприятия на примере одного из лесозаготовительных предприятий. Одним из важных итогов стало определение особенностей внедрения программного обеспечения на предприятиях АПК и лесной отрасли.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, лесная промышленность, эффективность, математическое моделирование, оптимизация

Благодарности: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-78-10002, <https://rscf.ru/project/22-78-10002/>

Original article

MATHEMATICAL MODELING IN THE AGRICULTURAL AND FORESTRY SECTORS

S.O. Medvedev, A.K. Nazarova, A.P. MokhirevReshetnev Siberian State University of Science and Technology,
Krasnoyarsk, Russia

Abstract. The agricultural sector and the forestry industry are important elements of the economies of many countries around the world. These two industries have many similarities that allow for comprehensive research that complement each other. The key quality of these industries is the use of biological resources, mostly of plant origin. In modern conditions, the agricultural and forestry sectors should use modern achievements of science and information technology. One of the most important elements of modern economics is the use of mathematical modeling tools. This study analyzes the possibilities of its application in the agricultural and forestry sectors (using the example of Russian practice). A theoretical analysis of the possibilities of using these tools in enterprises of the studied industries is presented. A practical study of the activities of Russian enterprises has been conducted. The factors influencing the development of the agricultural and forestry sectors are identified, and the degree of their influence on each of the industries is assessed. The approbation of the use of mathematical modeling tools and optimization of the enterprise's activities was carried out on the example of one of the logging enterprises. One of the important results was the determination of the features of software implementation at the enterprises of the agro-industrial complex and the forestry industry.

Keywords: agro-industrial complex, forestry industry, efficiency, mathematical modeling, optimization

Acknowledgments: the research was carried out at the expense of the Russian Science Foundation grant No. 22-78-10002, <https://rscf.ru/en/project/22-78-10002/>

Введение. Наибольший успех в агропромышленном комплексе и лесной промышленности тесно связан с инженерными достижениями [1]. Платформа этих достижений включает в себя мощную научно-техническую базу. При этом ключевая роль отведена современным техническим решениям и информатике. На переднем плане выступают облачные и аддитивные технологии. Они ускоряют установки, повышают гибкость бизнес-моделей. Использование компьютерной техники позволяет минимизировать человеческие ошибки [2]. Автоматизация и компьютеризация — ключевые элементы любого современного предприятия. Работа оборудования и техники отслеживается дистанционно. Наличие множества датчиков и автоматических настроек позволяет оптимизировать работу различной техники и качество осуществления операций. Автоматизация и цифровые технологии используются практически во всех процессах предприятий. При этом хранение и обработка данных выполняется раздельно, в зависимости

от функциональной принадлежности. Так, производственная информация стекается в производственный отдел или к ответственному за данный сегмент работы предприятия, экономическая — к профильному экономическому отделу и т.д. Это ведет к большей эффективности обработки и использования данных. При этом важно, чтобы все подразделения предприятий работали на единый экономический результат. Согласованная работа отделов и подразделений определяет итоговый эффект всей компании.

В последние десятилетия промышленность и сельское хозяйство активно модернизируются [3]. Инновации делают деятельность предприятий более устойчивой. Цифровизация охватывает все этапы производственного цикла: от заготовки сырья до переработки, использования потребителем и послепродажного обслуживания [4]. Управление энергетическими ресурсами становится более точным, это обеспечивает экономию и сохраняет экосистемы. Использование дронов в сельском хозяйстве — пример

высокой технологии в действии. Они используются для регулярного мониторинга сельскохозяйственных угодий, способствуя должному и объективному контролю [5].

Множество имеющихся в научной литературе исследований указывают на активное использование информационных технологий и моделирования в аграрном и лесопромышленном секторах [3-7]. Цель данного исследования — доказать значимость и выявить ключевые особенности использования математического моделирования в аграрном и лесопромышленном секторах (на примере российской практики).

Материалы и методы. Исследование опирается на анализ литературных данных, представленных в комплексе международных рецензируемых журналов, а также предыдущие работы авторского коллектива [8, 9]. Отдельная часть работы посвящена анализу возможностей использования современных инструментов на предприятиях аграрного и лесного секторов. Практическая часть исследования и апробация



получаемых результатов проводились на примере российской лесной промышленности и аграрного сектора. Исследование проводилось в период с января 2023 г. по декабрь 2024 г. Данные получены путем выборки из Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС), а также опроса представителей более 100 компаний. Опрос проводился методом интервьюирования. Обработка статистических данных осуществлялась классическими методами с использованием программных комплексов Microsoft Office и Statistica. Составление карт оценки влияния факторов на развитие отраслей осуществлялось с привлечением экспертов, которыми выступали представители промышленных предприятий и научные работники. Специализация экспертов — экономика аграрного сектора и лесной промышленности. Каждый эксперт заполнял информацию о влиянии исследуемых факторов на соответствующую его профилю деятельность отрасль. Полученные в результате оценки влияния факторов проверялись на согласованность и адекватность классическими методами.

Результаты. Первый этап исследования был направлен на оценку общего состояния аграрного и лесопромышленного секторов России. Были изучены структуры, общая характеристика и региональные различия. Следует отметить, что Россия — огромная по площади страна, с существенно различающимися природно-климатическими условиями на своей территории. Это оказывает существенное влияние как на агропромышленный комплекс, так и на лесную отрасль. При этом сельскохозяйственное направление получило большое развитие в более мягких климатических зонах (преимущественно южные и центральные регионы европейской части страны). Лесная промышленность в основном сосредоточена в умеренной климатической зоне (практически по всей территории страны от Северо-Запада до Дальнего Востока).

Учитывая существенные различия в особенностях деятельности различных предприятий, расположенных в существенно отличающихся природно-климатических условиях, ориентироваться при оценках аграрного и лесопромышленного секторов, по мнению авторов, следует на их экономические показатели. Они могут выступать универсальными критериями эффективности и даже целесообразности деятельности отдельных исследуемых направлений. Ключевыми при этом должны выступать показатели прибыли и рентабельности. Вполне логично, что они должны иметь положительное значение, а их размер указывать на эффективность деятельности и перспективы развития.

Проведенное исследование позволило выявить существенные сложности в финансовом состоянии агропромышленного и лесного комплексов в России (рис. 1). Внутренние и международные обстоятельства поддерживают устойчивую негативную динамику. Согласно статистическим данным ситуация ухудшается.

С 2021 по 2024 гг. на агропромышленный комплекс влияет множество факторов. Рентабельность предприятий падает, что особенно заметно в 2023 г., 21% агропромышленных компаний стали убыточными. Причины очевидны: производственные затраты, сложные природные условия, негативная макроэкономическая ситуация. Ожидаемое снижение числа убыточных предприятий на 1% в 2024 г. не внушает оптимизма. Лесной комплекс также сдерживается

рядом проблем. В 2023 г. 18% компаний в этом секторе несли убытки. В значительной степени ситуация осложняется высокой долей транспортных расходов предприятий отрасли. Доставка сырья на большие расстояния, превышающие порой 1,5 тыс. км, негативно отражается на финансах предприятий. Ожидается, что доля убыточных компаний вырастет на 3%. Тем не менее в производстве фанеры, пиломатериалов и различной целлюлозно-бумажной продукции наблюдается позитивная тенденция. При этом логистические и экологические трудности остаются не решенными. Значительных улучшений в прогнозе на 2024 г. не наблюдается. Это подчеркивает значимость государственной поддержки и поиск инновационных решений.

Помимо экономических и организационных причин на предприятия исследуемых отраслей могут существенное влияние оказывать природно-климатические факторы. Особенно подвержено влиянию погоды и климата сельскохозяйственное направление. В отдельных случаях данные факторы могут привести к потере части или даже всего урожая, что ведет к существенным экономическим убыткам. Лесная промышленность менее подвержена влиянию природно-климатических факторов. Основное влияние может проявиться на лесозаготовительном процессе. При этом, как показали проведенные опросы предприятий, падение объемов лесозаготовок при неблагоприятных условиях может составлять 10-15%. Большая часть представителей лесного бизнеса адаптирована под возможные изменения, имеет опыт управления данными рисками. Проведенное

исследование позволило выявить, что существенных природно-климатических колебаний и аномалий за исследуемый период не было. Имевшие место отклонения (температура, осадки и их производные) находились в рамках стандартных и вполне приемлемых. Это подчеркивает, что ключевым фактором негативных тенденций в исследуемых отраслях являются сугубо экономические.

По результатам проведенного исследования выявлено, что математическое моделирование широко применяется в агропромышленном комплексе и лесной промышленности. При этом оптимизационные модели распространены в наибольшей степени как в теории, так и на практике. Они используются в различных экономических задачах, позволяя совершать более эффективное использование различных ресурсов, снижая при этом издержки. Важно отметить, что они не просто решают задачи, а позволяют планировать процесс производства. Значительная часть исследованных предприятий указывает на применение моделирования при управлении цепочками поставок (как для аграрного, так и лесного сектора). При этом одно из ключевых значений для бизнеса имеет качество исходных данных. Комплементарные модели предсказывают спрос и предложение, помогают адаптироваться к динамичным рыночным условиям [10]. Что касается управления рисками, тут активно используются стохастические модели.

В ходе проведенного исследования были определены ведущие программы для математического моделирования в лесном и агропромышленном комплексе в России (табл. 1).

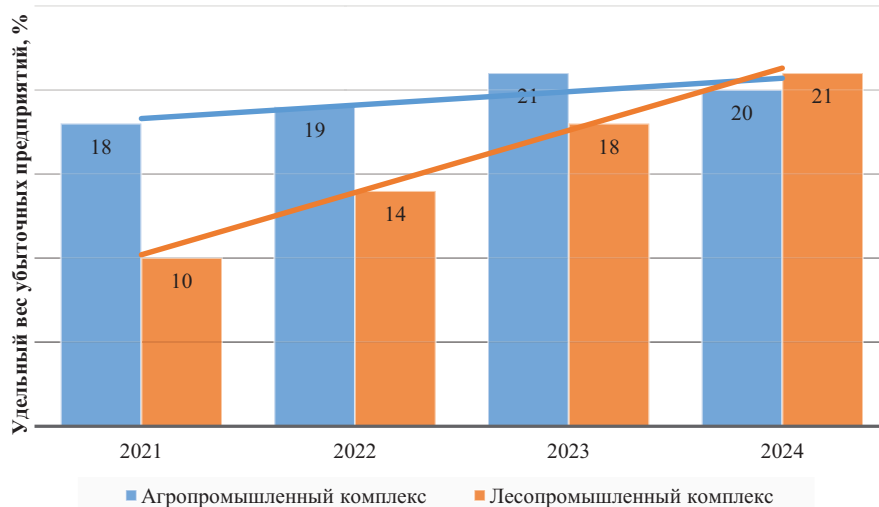


Рисунок 1. Удельный вес убыточных предприятий АПК и ЛПК
Figure 1. The share of unprofitable agricultural and forestry enterprises

Таблица 1. Ведущие программы для математического моделирования в лесном и агропромышленном секторах в России
Table 1. Leading programs for mathematical modeling in the forestry and agro-industrial sectors in Russia

Программное обеспечение	Предназначение
SAP Business One	Управление бизнес-процессами, включая логистику и управление ресурсами
AnyLogistix	Проектирование, оптимизация и анализ цепи поставок
Ag Leader	Агрономический анализ, планирование и мониторинг сельскохозяйственных процессов
MATLAB	Выполнение математического моделирования, анализ данных и алгоритмов
Simulink	Создание моделей, симуляции и анализ систем, включая производственные и логистические издержки
Lingo	Линейное и нелинейное математическое программирование



Представленные программные продукты упрощают процесс решения сложных задач, а их востребованность постоянно растет. Инновационные подходы и использование разнообразных инструментов позволяют оптимизировать процесс анализа данных.

В ходе исследования был проведен опрос в целях выявления ключевых факторов, влияющих на деятельность агропромышленной и лесопромышленной отраслей (рис. 2). Основное внимание в проводимом опросе было уделено факторам развития предприятий.

Для каждого вышеизложенного фактора была определена его весомость. Работа в данном направлении проводилась с привлечением экспертов. Они заполняли заранее разработанные формы по оценке влияния предложенных факторов на отрасль. Далее проводилась обработка данных статистическими инструментами и проверка полученных результатов на согласованность и адекватность. В конечном итоге для каждой из отраслей была получена оценка влияния каждого фактора на развитие отрасли. На основании полученных результатов была построена диаграмма весомости факторов, отображающая сравнительный анализ влияния факторов на указанные отрасли (рис. 3).

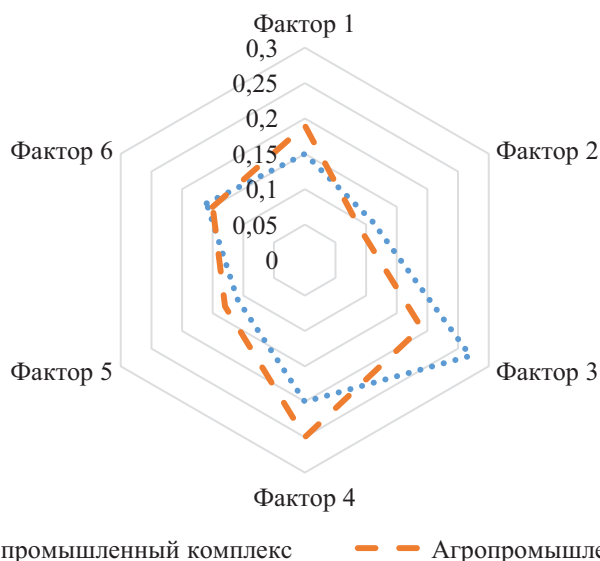
Анализ представленных данных показал, что наибольшее влияние на деятельность в лесопромышленном и агропромышленном комплексе оказывают факторы: 1 — Недоступность наиболее эффективных технологий и низкое качество имеющихся технических решений, 3 — Проблемы рынков и 4 — Сложности в организации производственного процесса. При этом для лесной отрасли проблемы рыночного характера являются наиболее важными. Это обусловлено достаточно высокой экспортной ориентированностью отрасли. Для аграрного сектора наибольшее значение имеют сложности в организации производственных процессов. Это определяется комплексом факторов технического характера и общим уровнем развития сельского хозяйства в стране. Остальные факторы, оказывают существенно меньшее значение для исследуемых отраслей. Существующие отличия указывают в том числе на то, что важно адаптировать стратегию инвестирования предприятий под специфику каждой отрасли. Это позволит достичь максимальной эффективности.

В ходе исследования авторским коллективом была апробирована математическая модель оптимизации производственных и логистических процессов. В частности, была оптимизирована деятельность одного из лесозаготовительных предприятий Красноярского края (вследствие конфиденциальности используемой информации организация просила не раскрывать свое наименование). Полученные результаты свидетельствуют в пользу перспективности использования аналогичных решений на предприятиях с переработкой природных ресурсов. Результаты оптимизации производства представлены в таблице 2.

Внедрение на предприятии математической модели оптимизации производственных и логистических процессов позволило существенно модернизировать лесозаготовительную деятельность по следующим направлениям: организация вспомогательных процессов (обслуживание, ремонт, обеспечение инструментом, топливом, материалами), складское хозяйство (размещение заготовленных лесоматериалов,



Рисунок 2. Факторы, влияющие на развитие деятельности АПК и ЛПК (усредненные данные)
Figure 2. Factors influencing the development of agricultural and agro-industrial production (average data)



Факторы: 1 — Недоступность наиболее эффективных технологий и низкое качество имеющихся технических решений; 2 — Высокие затраты на привлечение заемного капитала; 3 — Проблемы рынков; 4 — Сложности в организации производственного процесса; 5 — Налоговая нагрузка на бизнес; 6 — Недостаток квалифицированных специалистов.

Рисунок 3. Оценка влияния факторов на развитие отраслей
Figure 3. Assessment of the impact of factors on the development of industries

Таблица 2. Эффекты после внедрения математической модели на одном из лесозаготовительных предприятий Красноярского края
Table 2. Effects after the introduction of the mathematical model at one of the logging enterprises of the Krasnoyarsk territory

Показатель	До	После	Изменение, %
Себестоимость, млн руб./год	2476,2	2247,3	-9,2
Прибыль, млн руб./год	133,6	182,0	36,2
Логистические затраты, млн руб./год	120,2	90,8	-24,5
Использование вторичных ресурсов, %	18,0	35,0	94,4
Производительность оборудования, %	85,0	95,0	11,8
Экологические штрафы, млн руб./год	15,2	7,3	-52,0



Таблица 3. Особенности внедрения программного обеспечения на предприятиях АПК и лесной отрасли
Table 3. Features of software implementation in agricultural and forestry enterprises

Область деятельности	Особенности	
	позитивные	негативные
Информационная составляющая	Повышение точности и скорости обработки данных; комплексное повышение эффективности; улучшение безопасности данных; получение подробной аналитики для принятия обоснованных решений	Требуется совместимость с существующими системами; повышение зависимости от IT — сбои могут сказаться на всех процессах предприятия
Кадры	Повышение квалификации сотрудников; помощь в отслеживании соблюдения трудового законодательства; автоматизация HR-процессов; развитие кадрового потенциала	Сопrotивление изменениям со стороны сотрудников; необходимость переподготовки, требующей большого времени; риск утечек конфиденциальной информации о сотрудниках
Экономика	Снижение издержек на логистику, производство, организационное сопровождение — оптимизация затрат; финансовая прозрачность; качественное планирование и прогнозирование экономических аспектов работы компании	Дополнительные расходы на внедрение программного обеспечения и обучение персонала; обновление программного обеспечения; неверные данные или способы их обработки могут привести к принятию ошибочных решений
Организационные аспекты	Ускорение принятия решений; улучшение коммуникации между подразделениями; оптимизация бизнес-процессов; более эффективное управление проектами	Дополнительное время и затраты на отладку работы измененных процессов; сопротивление изменениям со стороны подразделений; комплексные риски при изменениях
Рыночная конкуренция	Повышение качества работы с клиентами и контрагентами в целом; повышение эффективности процессов; снижение операционных расходов; повышение гибкости и адаптируемости; возможность принятия более обоснованных решений на основе качественной аналитической информации; получение дополнительных конкурентных преимуществ	Повышение затрат на закупку, внедрение и обслуживание программного обеспечения; сложность интеграции в действующие процессы и информационную систему предприятия; повышение зависимости от информационной составляющей; необходимость регулярных обновлений; повышение рисков нарушения информационной безопасности
Экология	Поддержка устойчивого развития компании по множеству направлений; улучшение мониторинга воздействия на окружающую среду; повышение эффективности использования вторичных ресурсов; автоматическое отслеживание соблюдения требований стандартов и экологического законодательства	Дополнительное время для полной адаптации экосистемы предприятия к новым стандартам; сложность количественных оценок отдельных видов воздействия на окружающую среду; необходимость регулярных обновлений в целях соответствия изменяющимся требованиям в сфере охраны окружающей среды и природопользования

погрузочно-разгрузочные работы), вывозка лесоматериалов, взаимодействие с контрагентами и т.д. Ключевым элементом экономии стали расходы на вывозку лесоматериалов. Часть работ была переведена на аутсорсинг. Также предприятие получило больший объем информации для эффективного планирования всех процессов. Это снизило простои, позволило повысить производительность и сократить расходы. Одним из важных эффектов стало вовлечение в поддержание и ремонт лесных дорог большого объема вторичных древесных ресурсов (часть из них используется для производства тепла и энергии на лесосеках). Помимо экономического эффекта это позволило частично улучшить инфраструктуру, качество жизни и труда в сложных условиях (в лесу). Также, благодаря оптимизации доставки грузов, появилась возможность для передачи вторичных древесных ресурсов (ранее отходов производства) двум компаниями, использующим их для производства топлива (топливные гранулы и древесный уголь). Это снижает объем отходов производства и развивает зеленую экономику в целом. За счет более грамотного планирования, отслеживания процессов, снижения воздействия на окружающую среду произошло сокращение экологических штрафов. Общее сокращение себестоимости производства и получение ряда дополнительных выгод привело к приросту прибыли. Необходимо отметить, что полученный опыт оптимизации деятельности планируется использовать авторским коллективом для развития других предприятий аграрно- и лесопромышленного секторов.

Помимо очевидных экономических эффектов, следует выделить отдельные аспекты внедрения предлагаемых инструментов в практику деятельности предприятий (табл. 3). Данные результаты были выявлены в ходе внедрения программного обеспечения AnyLogistix на исследуемом предприятии, а также консультации с экспертами из ряда других компаний и в целом согласуются с имеющимися в научной литературе данными.

Представленные особенности являются лишь наиболее главными среди множества деталей, выявленных в ходе исследования. На практике каждое предприятие может иметь собственные как позитивные, так и негативные особенности использования различных информационных технологий и инструментов математического моделирования. Внедрение программного продукта на исследуемом предприятии действительно было сопряжено с рядом сложностей. Среди основных можно назвать следующие: необходимость перестройки множества внутренних процессов, внедрение и согласование с действующей информационной системой; дополнительные затраты; сопротивление нововведениям со стороны отдельных сотрудников. Однако полученные эффекты полностью устроили руководство предприятия. Среди наиболее заметных результатов руководителями названы следующие: прирост экономических показателей; большая прозрачность процессов; оперативное получение множества аналитических данных; ускорение коммуникации между сотрудниками и подразделениями и т.д. Важно отметить, что руководство полностью поддержало идею оптимизации деятельности предприятия. Без этого и всесторонней поддержки на всех этапах внедрения (разработка алгоритмов, пошаговых инструкций, интеграция на предприятие, адаптация к реалиям предприятия и т.д.) результат мог быть не настолько хорошим. По мнению команды, проводившей внедрение, данный процесс мог занять в два раза больше времени и потребовать как минимум удвоения расходов. По факту весь процесс занял четыре месяца, а прибыль предприятия выросла как минимум на 35% по итогам года (второй год проекта будет более показательным, но по предварительным расчетам эффективность будет не ниже первого года реализации проекта).

Внедрение программного обеспечения на предприятиях имеет как положительные, так и отрицательные аспекты в каждой из рассмотренных сфер. В условиях рыночной кон-

куренции данный шаг может стать мощным инструментом для повышения эффективности и конкурентоспособности. Однако важно внимательно подходить к процессу внедрения, учитывая возможные риски и затраты, чтобы минимизировать негативные последствия и максимально использовать преимущества новых технологий.

Заключение. В аграрном и лесном секторах моделирование играет одну из ключевых ролей. Оно оптимизирует различные процессы, что ведет к устойчивому использованию ресурсов. Важное направление реализации математических моделей — это анализ и оценка эффективности различных технических решений. Например, они помогают выбрать оптимальные системы машин и оборудования, учитывая специфику и факторы конкретно выполняемых работ. Моделирование используется для планирования транспортных потоков продукции предприятий двух исследуемых секторов, что ведет к снижению логистических затрат. В совокупности с оптимизацией производства и использования ресурсов, данный инструмент позволяет планировать выпуск продукции с наибольшей добавленной стоимостью.

В результате проведения исследования получены ключевые выводы о важности и значимости математического моделирования в аграрном и лесопромышленном секторах. Определены ключевые особенности использования данного инструмента. Показано на практическом примере, что его использование ведет к ощутимому экономическому эффекту. Однако оно может принести и дополнительные результаты. В частности, повышается устойчивость развития бизнеса, качество трудовых условий, охрана окружающей среды. Вместе с тем итоги внедрения во многом зависят от желания руководства предприятий. В случае заинтересованности в проведении модернизации могут быть получены крайне интересные результаты в части повышения эффективности по многим направлениям. В противном случае эффект может быть противоположным. Полученные



результаты могут быть использованы как для теоретических разработок, так и практических работ по повышению эффективности деятельности предприятий различных отраслей. Авторский коллектив планирует продолжить работу в направлении исследования возможностей использования инструментов математического моделирования для различных целей на предприятиях аграрного и лесопромышленного секторов.

Список источников

1. Воробьев И., Сидорова Е. Проблемы устойчивого развития АПК и ЛПК в Беларуси // Аграрная экономика. 2018. № 2 (273). С. 39-41.
2. Савицкий А.А., Кожухов Н.И. Моделирование процессов межотраслевой кооперации в ЛПК и смежных отраслях в сфере инвестиционной деятельности // Экономика и предпринимательство. 2016. № 3-2 (68). С. 137-143.
3. Самохвалова А.А., Эссауленко Д.В. Системные факторы развития сельского хозяйства // АПК: экономика, управление. 2021. № 6. С. 19-25.
4. Zhao, F., Shewry, P.R. (2011). Recent developments in modifying crops and agronomic practice to improve human health. *Food Policy*, no. 36 (1), pp. 94-101.
5. Escribà-Gelonch, M., Butler, G.D., Goswami, A. et al., (2023). Definition of agronomic circular economy metrics and use for assessment for a nanofertilizer case study. *Plant Physiology and Biochemistry*, no. 196, pp. 917-924.

6. Huttunen, S. (2019). Revisiting agricultural modernisation: Interconnected farming practices driving rural development at the farm level. *Journal of Rural Studies*, no. 71, pp. 36-45.

7. Zhang, C., Kovacs, J.M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, no. 13 (6), pp. 693-712.

8. Medvedev, S.O., Zyryanov, M.A., Mokhiev, A.P. et al. (2022). Russian timber industry: current situation and modelling of prospects for wood biomass use. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, no. 17 (5), pp. 745-752.

9. Medvedev, S.O., Zyryanov, M.A. (2024). Developing a model of forest enterprises activities with the prospect of moving into sustainable development. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, no. 17 (2), pp. 129-145.

10. Kowgier, H. (2022). Selected Mathematical-Economics Theoretical Models of the Static Equilibrium of the Demand-Supply Type. *Procedia Computer Science*, no. 207, pp. 1850-1860.

References

1. Vorob'ev, I., Sidorova, E. (2018). Problemy ustoichivogo razvitiya APK i LPK v Belarusi [Problems of sustainable development of agriculture and agriculture in Belarus]. *Agrarnaya ekonomika* [Agrarian economics], no. 2 (273), pp. 39-41.
2. Savitskii, A.A., Kozhukhov, N.I. (2016). Modelirovanie protsessov mezhotraslevoi kooperatsii v LPK i smezhnykh otraslyakh v sfere investitsionnoi deyatel'nosti [Modeling of the processes of intersectoral cooperation in agricultural and related industries in the field of investment activity]. *Eh-*

konomika i predprinimatel'stvo [Economy and entrepreneurship], no. 3-2 (68), pp. 137-143.

3. Samokhvalova, A.A., Ehssauleenko, D.V. (2021). Sistemye faktory razvitiya sel'skogo khozyaistva [Systemic factors of agricultural development]. *APK: ekonomika, upravlenie* [AIC: economy, management], no. 6, pp. 19-25.

4. Zhao, F., Shewry, P.R. (2011). Recent developments in modifying crops and agronomic practice to improve human health. *Food Policy*, no. 36 (1), pp. 94-101.

5. Escribà-Gelonch, M., Butler, G.D., Goswami, A. et al., (2023). Definition of agronomic circular economy metrics and use for assessment for a nanofertilizer case study. *Plant Physiology and Biochemistry*, no. 196, pp. 917-924.

6. Huttunen, S. (2019). Revisiting agricultural modernisation: Interconnected farming practices driving rural development at the farm level. *Journal of Rural Studies*, no. 71, pp. 36-45.

7. Zhang, C., Kovacs, J.M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, no. 13 (6), pp. 693-712.

8. Medvedev, S.O., Zyryanov, M.A., Mokhiev, A.P. et al. (2022). Russian timber industry: current situation and modelling of prospects for wood biomass use. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, no. 17 (5), pp. 745-752.

9. Medvedev, S.O., Zyryanov, M.A. (2024). Developing a model of forest enterprises activities with the prospect of moving into sustainable development. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, no. 17 (2), pp. 129-145.

10. Kowgier, H. (2022). Selected Mathematical-Economics Theoretical Models of the Static Equilibrium of the Demand-Supply Type. *Procedia Computer Science*, no. 207, pp. 1850-1860.

Информация об авторах:

Медведев Сергей Олегов, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7459-3150>, Scopus ID: 57194876019, Researcher ID: N-8240-2016, SPIN-код: 1652-1042, medvedev_serega@mail.ru

Назарова Алина Константиновна, магистрант, инженер, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1161-0942>, alina.nazarova.01@list.ru

Мохирев Александр Петрович, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1692-3323>, Scopus ID: 57204100688, Researcher ID: N-9961-2019, SPIN-код: 9036-6828, ale-mokhiev@yandex.ru

Information about the authors:

Sergey O. Medvedev, candidate of economic sciences, senior researcher,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7459-3150>, Scopus ID: 57194876019, Researcher ID: N-8240-2016, SPIN-code: 1652-1042, medvedev_serega@mail.ru

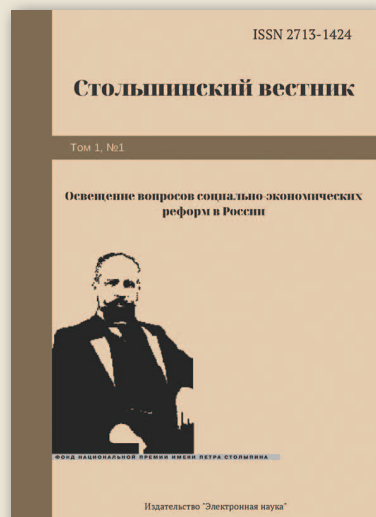
Alina K. Nazarova, master student, engineer, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-1161-0942>, alina.nazarova.01@list.ru

Alexander P. Mokhiev, doctor of technical sciences, associate professor, senior researcher,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1692-3323>, Scopus ID: 57204100688, Researcher ID: N-9961-2019, SPIN-code: 9036-6828, ale-mokhiev@yandex.ru

✉ medvedev_serega@mail.ru

ЖУРНАЛЫ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ЭЛЕКТРОННАЯ НАУКА»



Научный сетевой журнал «Столыпинский вестник»

- Издаётся при поддержке **Государственного университета по землеустройству** и **Фонда национальной премии имени П.А.Столыпина**.
- Журнал освещает опыт и актуальные вопросы социально-экономических реформ в России.
- Цитируется в РИНЦ и КиберЛенинка.

Контакты: <https://stolypin-vestnik.ru/vestnik/>,
stolypin_vestnik@mail.ru

