

Оптимизация производственной деятельности лесопромышленных предприятий с учетом принципов устойчивого развития

М.О. Якушева^a, С.О. Медведев^b, А.П. Мохирев^c

Сибирский государственный университет науки и технологий им. М.Ф. Решетнёва,
проспект им. газеты Красноярский рабочий, 31, Красноярск, Россия

^a m_o_pozdnyakova@mail.ru, ^b medvedev_serega@mail.ru, ^c ale-mokhirev@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-2015-8246>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7459-3150>, ^c <https://orcid.org/0000-0002-1692-3323>

Статья поступила 20.01.2025, принята 04.03.2025

Статья посвящена исследованию методов оптимизации деятельности лесопромышленных предприятий с учетом принципов устойчивого развития. Рассматриваются профиль и объемы деятельности предприятий, наличие ресурсов (финансовых, трудовых, энергетических) для внедрения решений, а также воздействие внешней среды, включая конкуренцию, рынок и технические инновации. Анализируется важность синергетического эффекта, возникающего при трансформации ресурсов. Этот эффект должен быть максимальным, так как он способствует достижению целей устойчивого развития. Итоговая эффективность предприятий определяется не только экономическими результатами, но и соответствием международным стандартам, включая экологические и социальные аспекты. Проанализирована степень готовности предприятий к изменениям, отмечено различие в адаптивности между малым, средним и крупным бизнесом. Подчеркивается необходимость внедрения системы ограничений, направленной на экологическую и социальную устойчивость, с учетом постепенности их реализации через долгосрочные «дорожные карты», предусматривающей постепенное усиление ограничений, таких как сокращение выбросов и отходов, с учетом временных интервалов (5-10-15 лет). Такой метод позволяет минимизировать возможные негативные последствия для экономики. Представленный алгоритм демонстрирует связь между эффективностью предприятия, максимизацией синергетических эффектов и соответствием принципам устойчивого развития. Делается вывод о важности восприятия лесопромышленных предприятий как социально-эколого-экономических систем и необходимости учета устойчивого развития при формировании стратегий их оптимизации. Авторы приходят к выводу, что внедрение комплекса мер, направленных на оптимизацию и экологизацию производства, повышает конкурентоспособность предприятий на мировых рынках. Представленная работа формирует основу для дальнейшего изучения процессов развития лесопромышленной отрасли России. Социально-эколого-экономические вопросы становятся ключевыми в стратегиях роста и модернизации предприятий, ориентированных на долгосрочную устойчивость.

Ключевые слова: оптимизация; лесопромышленное предприятие; устойчивое развитие; социально-эколого-экономическая система.

Optimization of the production activities of timber enterprises, taking into account the principles of sustainable development

M.O. Yakusheva^a, S.O. Medvedev^b, A.P. Mokhirev^c

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology; 31, Krasnoyarsky Rabochii Ave., Russia

^a m_o_pozdnyakova@mail.ru, ^b medvedev_serega@mail.ru, ^c ale-mokhirev@yandex.ru

^a <https://orcid.org/0000-0003-2015-8246>, ^b <https://orcid.org/0000-0001-7459-3150>,

^c <https://orcid.org/0000-0002-1692-3323>

Received 20.01.2025, accepted 04.03.2025

The article is devoted to the study of methods for optimizing the activities of timber enterprises, taking into account the principles of sustainable development. The profile and scope of enterprises' activities, the availability of resources (financial, labor, energy) for implementing solutions, as well as the impact of the external environment, including competition, the market, and technical innovations, are considered. The importance of the synergetic effect arising from the transformation of resources is analyzed. This effect should be maximized, as it contributes to the achievement of sustainable development goals. The final efficiency of enterprises is determined not only by economic results, but also by compliance with international standards, including environmental and social aspects. The degree of readiness of enterprises to change is analyzed, and the difference in adaptability between small, medium and large businesses is noted. The need to introduce a system of restrictions aimed at environmental and social sustainability is emphasized, taking into account the gradual implementation of these restrictions through long-term "roadmaps", which provide for a gradual strengthening of restrictions, such as reducing emissions and waste, taking into account time intervals (5-10-15 years). This method allows minimizing possible negative consequences for the economy. The presented algorithm demonstrates the relationship between the effectiveness of an enterprise, maximizing synergetic effects and compliance with the principles of sustainable development. The conclusion is made about the importance of the perception of timber enterprises as socio-ecological and economic systems and the need to take into account sustainable development when forming strategies for their optimization. The conclusion is made that the introduction of a set of measures

aimed at optimizing and greening production increases the competitiveness of enterprises in global markets. The presented work forms the basis for further study of the processes of development of the Russian timber industry. Socio-ecological and economic issues are becoming key in the strategies of growth and modernization of enterprises focused on long-term sustainability.

Keywords: optimization; timber industry; sustainable development; socio-ecological and economic system.

Введение. В условиях современной глобализации и цифровизации экономики промышленные предприятия остаются важнейшим элементом народного хозяйства. Без налаженного промышленного производства в современном мире не может функционировать ни одна развитая страна. Отдельным блоком в ряду промышленных предприятий стоят производства, использующие в своих процессах природные ресурсы [1]. В процессе промышленной переработки природные ресурсы становятся экономическими ресурсами, выступая объектом хозяйственных отношений различных контрагентов. В разрезе данного вопроса все обозначенные производства можно разделить на добывающие и перерабатывающие. Добыча природных ресурсов осуществляется в соответствии с особенностями их естественного происхождения: полезные ископаемые добывают карьерными или шахтными методами, скважинными и дражными; лесные ресурсы заготавливают путем валки; сельскохозяйственные культуры – агротехническими методами и т. д. [2]. Переработка заготовленного сырья также осуществляется в соответствии с его физическими свойствами на перерабатывающих предприятиях. Последние, как правило, располагают либо вблизи мест добычи сырья, либо ближе к местам потребления производимой продукции, либо по принципу близости к инфраструктурным узлам (железные дороги, крупные автомобильные развязки, морские и речные порты) [3]. В любом случае промышленное предприятие, использующее природные ресурсы, функционирует внутри системы, образованной природными условиями (экология), экономической средой (макро- и микроэкономика, глобальная мировая экономика) и социумом (персонал предприятия, контрагенты, местное население, общемировое информационное пространство) [4].

Рассматривая способы взаимодействия предприятия с окружающей средой, следует выделить три основные сферы – социальную, экономическую и экологическую, в рамках которых предприятие может оказывать то или иное влияние [5]. Социальная сфера представляет собой всю совокупность событий, происходящих в социуме, и оказывающих на его членов (или их коллективы) некоторое влияние. Ни одно предприятие (как любая другая человеческая организация) не может существовать в отрыве от социальных отношений. Рабочие, специалисты, инженерно-технические работники, менеджмент среднего и высшего звена образуют коллектив предприятия, для которого свойственно возникновение социальных потребностей (в социальной защите, обеспечении социальной инфраструктуры, общественном признании трудовых успехов и т. д.) [6]. Кроме того, существует внешняя социальная среда – это население территорий присутствия предприятия, персонал предприятий-контрагентов. Социальные события и явления могут оказывать сильнейшее влияние на деятельность предприятия как изнутри, так и снаружи.

Экологическая сфера деятельности предприятия заключается в его влиянии на локальную и глобальную экосистемы. Предприятие потребляет сырьевые ресурсы и энергию и в процессе производства выделяет различные отходы в твердом, жидком или газообразном состоянии. Готовая продукция поступает на дальнейшие этапы ее потребления, которые также сопровождаются определенным экологическим следом [7]. В большей степени влияние предприятия на экологическую ситуацию имеет негативный окрас, реже – позитивный. Примером положительного экологического влияния может быть лесовосстановление, производимое лесозаготовительным предприятием [8]. К сожалению, примеров негативного влияния со стороны предприятий существенно больше.

Экономическую сферу деятельности предприятия можно назвать первичной, базовой. Изначально главная цель практически любой промышленной структуры – получение прибыли, поэтому действия во всех остальных сферах подчиняются экономическим интересам. Если решение проблем экологического или социального характера будет противоречить экономическим интересам предприятия, велика вероятность, что такие решения не будут поддержаны его руководством. Также вероятно противоположное явление: если для достижения экономических целей необходимо принятие решений, влекущих за собой ущерб экологического или социального характера, такие решения могут быть поддержаны руководством предприятия. Однако практика последних лет, особенно за рубежом, указывает на то, что такой подход перестает быть актуальным [9, 10]. Во многом это обусловлено реализацией принципов устойчивого развития и внедрением в принципы управления техническими системами соответствующей концепции [11].

Лесная отрасль является одной из тех, где принципы устойчивого развития могут быть реализованы в полной мере [12, 13]. Это во многом определяется исходным сырьем, используемым на лесопромышленных предприятиях и имеющим биологическое происхождение. Российская действительность во многом отстает от передового зарубежного опыта. В условиях действующих санкционных ограничений развитие социальной и экологической сфер и вовсе зачастую крайне проблематично. Тем не менее, общемировой вектор развития лесной отрасли указывает на то, что и отечественные предприятия будут существенно трансформировать свою деятельность в направлении устойчивого развития. Это во многом определит проведение на них оптимизации производственных процессов. При этом, не смотря на существующие отдельные разработки в данном направлении, должное научное обоснование данной тематики отсутствует. Цель представленной работы – разработка отдельных методических основ по оптимизации производственной

деятельности лесопромышленных предприятий с учетом принципов устойчивого развития.

Материалы и методы исследования. Работа опирается на анализ литературных источников, посвященных особенностям развития лесопромышленных предприятий, техническим аспектам оптимизации производственных процессов, перспективам устойчивого развития промышленности. В качестве исходных данных использованы результаты исследований, рассматривающих влияние ограничений, инноваций и рыночных факторов на производственные процессы. Математические модели построены на основе работы авторов [14]. Модели и алгоритм получены исходя из анализа практики деятельности лесопромышленных предприятий (отечественных и зарубежных).

Методологическая основа исследования состоит из следующих методов.

1. Анализ литературных источников. Изучение научных трудов и аналитических отчетов позволило выявить современные подходы к оптимизации производственных процессов и особенности внедрения экологических и социальных норм. Это обеспечило теоретическую базу для построения модели исследования.
2. Сравнительный анализ. Проведено сопоставление адаптивности малых, средних и крупных предприятий к изменениям внешней среды. Уделено внимание их различным реакциям на воздействие рыночных факторов, технологических инноваций и нормативных требований.
3. Системное моделирование. Разработана комплексная модель оптимизации деятельности предприятий, включающая ресурсы, ограничения и эффекты. Она рассматривает предприятия как социально-эколого-экономические системы с учетом взаимосвязей между их элементами.
4. Экономико-математическое моделирование. Для оценки синергетического эффекта преобразования ресурсов применен аналитический подход. Обоснованы параметры, влияющие на эффективность производства, включая экологические ограничения и социальные аспекты.
5. Прогнозирование и планирование. Разработана «дорожная карта», предполагающая постепенное внедрение изменений, таких как сокращение выбросов и отходов. Это позволило учесть временные интервалы для адаптации предприятий (5–10–15 лет).

Результаты и обсуждение. В результате проведенной работы по изучению научной литературы и практики деятельности промышленных структур была получена модель социально-эколого-экономической деятельности предприятия (рис. 1).

На практике обозначенные сферы зачастую пересекаются, и тогда деятельность предприятия направляется на решение комплексных задач. Например, вопросы заботы о сохранности экологического равновесия окружающей среды, решением которых выступает рациональное природопользование, притягивают экономические интересы предприятия, выражающиеся в бережливом хозяйственном отношении к природному сырью (используя весь потенциал добытого сырья,

предприятие извлекает дополнительную прибыль от выпуска побочной продукции) [15].



Рис. 1. Модель предприятия как социально-эколого-экономической системы

Пересечение всех сфер направления интересов предприятия дает представление о его миссии – глобальной цели его существования, охватывающая все сферы его интересов, а также интересов его персонала и клиентов, учитывающая роль данного предприятия в социуме и в экологической системе. Формулировка миссии – это важная и сложная задача высшего менеджмента компании. Миссия определяет стратегию предприятия, а значит, задает курс его деятельности и развития.

В табл. 1 подробно отражены способы влияния предприятия на различные сферы деятельности, а также требуемые модели поведения в тех или иных случаях.

Анализируя представленные в таблице данные, следует понимать, что основой для всех сфер влияния является технология – непосредственная производственная деятельность. Так, технические аспекты связаны с персоналом предприятия, достижением экономических показателей, соблюдением экологических нормативов. В лесной отрасли способны проявиться ряд важных эффектов за счет возможности использования древесных ресурсов, в том числе вторичных, в различных направлениях [16]. Также следует отметить, что разделение сфер влияния в отдельных случаях достаточно условно, а на практике каждый из аспектов деятельности лесопромышленных предприятий связан со множеством процессов, которые формально можно отнести к другой сфере.

Таблица. Роли предприятия внутри социально-эколого-экономической модели

Способ влияния	Суть	Результат	Требуемый ответ от предприятия
Экономическая сфера влияния			
Потребление сырьевых ресурсов	Предприятие выступает потребителем продукции сырьевых отраслей, различных полуфабрикатов	Обеспечение стабильной работы предприятий-поставщиков	Поддержка отечественных (местных) производителей и поставщиков
Производство продукции	Предприятие производит товары народного потребления для внутреннего или экспортного рынка, либо сырье для последующих производственных процессов	Рост ВВП страны, обеспечение потребностей населения в товарах	Регулярный мониторинг рынка на предмет спроса на продукцию, способность к быстрой диверсификации и подстраиванию под запросы рынка
Налоговые отчисления	Оплата налога на прибыль, отчисления в страховые фонды, экологические налоги и пошлины и т. д.	Пополнение бюджетов (местных и федеральных)	Строгое соблюдение налогового законодательства
Социальная сфера влияния			
Создание рабочих мест для населения	Источник дохода для населения, обеспечение занятости как фактора стабильной жизни взрослого населения	Рост благосостояния населения, демографические улучшения (рост рождаемости)	Поддержка достойного уровня оплаты труда персонала, а также его постоянный рост
Формирование социальной инфраструктуры	Развитие местной торговли, строительство жилья, образование детских садов, больниц	Демографические улучшения (рост рождаемости), повышение качества жизни населения	Участие в формировании инфраструктуры на территориях присутствия предприятия (строительство дорог, спонсирование открытия и работы социально значимых объектов)
Экологическая сфера влияния			
Образование вредных воздействий на окружающую среду	Практически любое предприятие образует перерабатываемые отходы (газообразные, жидкие, твердые), в том числе углеродный след	Негативное влияние на качество жизни и здоровье людей	Развитие рециклинговых процессов, стремление к безотходности
Энергопотребление	Предприятие выбирает наиболее доступные и дешевые источники энергии	Потребление наиболее доступной "грязной" энергии (углеводородной)	Поиск и развитие альтернативных источников энергии
Нейтрализация вредных воздействий	Отдельные воздействия, взаимодействуя с другими, уже существующими, приводят к нейтрализации обоих	Улучшение качества окружающей среды	Поиск способов нейтрализации воздействия на окружающую среду
Социально-экономическая сфера влияния			
Развитие потенциала людей	Повышение кадрового потенциала (переобучение, повышение квалификации и т. п.) ведет к повышению уровня образования, навыков и компетенций рабочей силы в регионе/стране	Рост компетентности рабочей силы	Расширение программ развития кадров
Социально-экологическая сфера влияния			
Повышение вовлеченности людей в проблематику охраны окружающей среды	Предприятие развивает персонал и уделяет внимание охране окружающей среды, тем самым увеличивая их вовлеченность в данную проблематику и за пределами предприятия	Развитие внимания к проблематике охраны окружающей среды	Развитие программ обучения и вовлечения персонала к проблематике охраны окружающей среды
Эколого-экономическая сфера влияния			
Бережливое хозяйствование	Применение технологий комплексного использования древесины (КИД)	Извлечение большей прибыли при экономии природных ресурсов	Развитие технологий КИД, диверсификация в сторону выпуска "побочной продукции" из отходов основного производства

Из анализа приведенной таблицы становится очевидно, что деятельность современного промышленного предприятия, потребляющего природные ресурсы, сопряжена с постоянным взаимодействием с окружающей средой. В условиях постоянного роста общественного осознания ответственности предприятия за результаты своей деятельности социальные и экологические аспекты его работы выходят на один уровень с экономическими, а иногда и пересиливают их. В этих обстоятельствах принятие управленческих решений должно основываться на четком следовании стратегическому курсу, намеченному в соответствии с миссией предприятия. Текущие экономические выгоды, полученные в результате решений, игнорирующих эколого-социальные запросы окружающего мира, могут стоить крупному промышленному предприятию существенных имиджевых убытков в краткосрочной перспективе, а в долгосрочной – стратегического провала и полного прекращения деятельности [17].

В ходе исследований как авторского коллектива, так и множества других авторов была многократно подтверждена необходимость учета в деятельности лесопромышленных (как и других) предприятий не только экономических, но и социальных, экологических и иных параметров [5, 12, 18]. При этом предприятия, реализующие концепцию устойчивого развития, исходят из позиции, что расходы на социальную и экологическую составляющие ведут к получению определенных выгод, сказывающихся на экономических параметрах. Такое влияние не всегда прямое, а проявляется в различных аспектах деятельности – изменениях как во внутренней, так и внешней среде предприятия.

Продуцируемые эффекты от деятельности в рамках социально-эколого-экономической системы сложны для подсчета. Вместе с тем, может быть представлена общая модель получения данных эффектов и их влияния на деятельность лесопромышленного предприятия (рис. 2).

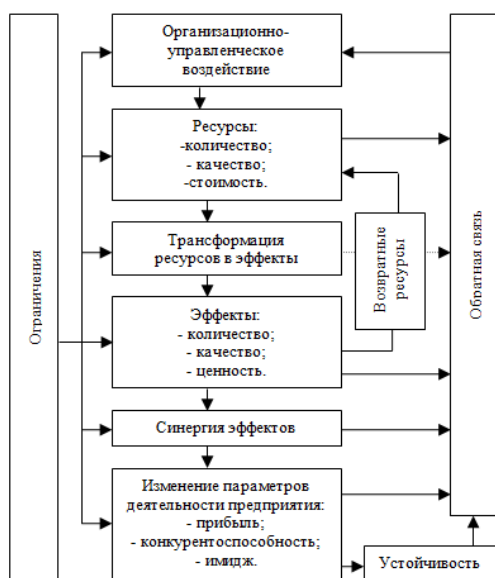


Рис. 2. Модель оптимизации деятельности лесопромышленного предприятия

Следует отметить, что ограничения действуют на лесопромышленное предприятие на всех этапах его

деятельности и практически на все процессы [19]. Они могут носить экономический, нормативно-правовой, экологический, технический и иные характеры [20]. Также вполне очевидно, что для эффективной оптимизации должна осуществляться обратная связь от всех элементов данной модели к управлению и соответствующим управленческим воздействиям.

Возвратные ресурсы – это не только привычные для лесной отрасли древесные отходы, используемые вторично для получения разнообразной продукции (плиты, пеллеты, компост и т. д.). В данном случае это различные ресурсы, возвращающиеся на предприятие после определенных действий технического или организационно-экономического характера. Например, мотивация работников или соблюдение хороших условий труда ведет к приросту заинтересованности персонала в результатах труда, привлечению и удержанию более квалифицированных сотрудников, а также множеству других, зачастую скрытых эффектов, по своей сути выполняющих функцию ресурсов предприятий.

Ранее авторским коллективом была предложена модель оптимизации деятельности лесопромышленного предприятия [14]. Она предусматривала расчет чистой прибыли (Π), исходя из разницы продуцируемых эффектов, затрат на их получение и штрафов за несоблюдение нормативных значений эффектов. Упрощенно модель можно представить в следующем виде:

$$\Pi = p \cdot F(x_1, x_2, \dots, x_n) - c \cdot Z(x_1, x_2, \dots, x_n) - L, \quad (1)$$

где p – цена реализации продукции, получаемой из ресурсов предприятия; $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – ресурсы предприятия; $F(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – производственная функция; c – стоимость использования ресурсов; $Z(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – функция использования ресурсов; L – расходы в случае несоблюдения нормативных значений эффектов.

При этом предприятия, согласно предложенной модели, действуют в рамках системы ограничений.

Оценивая практические аспекты деятельности лесопромышленных предприятий, авторами разработан алгоритм оптимизации их деятельности (рис. 3).

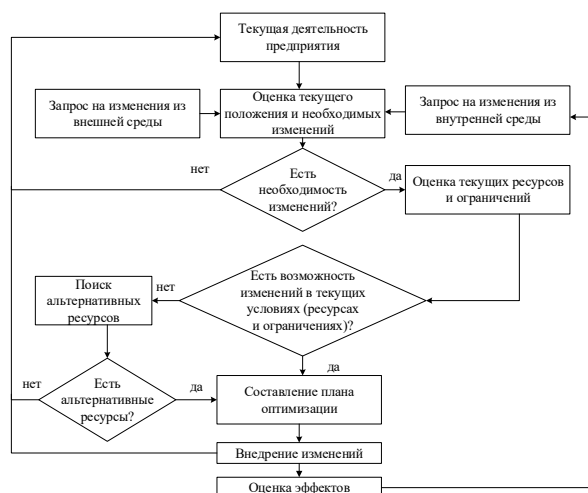


Рис. 3. Алгоритм оптимизации деятельности лесопромышленного предприятия.

Применительно к данному алгоритму следует понимать, что объект исследования – это промышленная структура, и значительная часть процессов носят технический характер. Соответственно, и непосредственные преобразования в большинстве случаев будут касаться техники, технологий и производства. Они зависят от следующих факторов:

- профиль и объемы деятельности предприятия;
- наличие ресурсов для обеспечения внедрения решений (финансовых, трудовых, энергетических и т. п.);
- воздействие внешней среды (конкуренты, рынок, технические инновации и т. д.);
- текущий уровень развития и автоматизации предприятия и т. д.

Однако в значительной степени многие из возможных технических решений достаточно неплохо изучены и освещены в литературе [21, 22].

Представленный алгоритм указывает на то, что ключевыми элементами в деятельности предприятия выступают ресурсы, ограничения и получаемые эффекты. При этом конечное решение о необходимости изменений и характеристиках текущего положения может принять только руководство (владельцы) предприятий. Таким образом, при наличии вполне понятного алгоритма оптимизации, потенциально возможных технических решений и достигаемых целей в оптимизации в направлении устойчивого развития ключевым вопросом становятся воля и заинтересованность управленческих структур в изменениях.

Исходя из существующей практики, лишь малая часть бизнеса готова в достаточно сжатые сроки к перестройке процессов. При этом гибкость и адаптируемость характерны, по большей части, для малого и среднего бизнеса. Напротив, крупный лесной бизнес, отвечающий за подавляющую долю результатов отрасли, в большинстве случаев инертен и замкнут в существующих процессах. В таких условиях ключевым фактором изменений становятся изменения во внешней среде и/или изменения системы ограничений для бизнеса.

В России с 1996 г. действует Концепция перехода к устойчивому развитию [23]. Однако за достаточно большой период времени, несмотря на отдельные и качественные изменения, кардинальных перемен в формировании и развитии предприятий лесной отрасли как социально-эколого-экономической системы не произошло (как и в целом в экономике страны). Очевидно, что внешнее воздействие и установка для бизнеса на устойчивое развитие недостаточны. Причин у данного положения достаточно много, что отражено в ряде научных исследований [24, 25].

По авторскому мнению, вполне понятен и принципиальный подход к увеличению внимания к рассматриваемой Концепции и развитию бизнеса. В рамках представленных в данной работе модели и алгоритма, ключевым элементом для отдельных преобразований на лесопромышленных предприятиях являются действующие ограничения.

Необходимость более жестких ограничений для бизнеса в экологической и социальной сферах указывается многими экспертами [20, 26]. При этом вполне понятно, что одномоментное принятие различных рестрикций, санкций и иных мер, влияющих на предпри-

ятия, может привести к крайне нежелательным последствиям для экономики и промышленности. По этой причине необходима детальная проработка механизма принятия, внедрения и контроля системы ограничений, позволяющих трансформировать деятельность бизнеса в направлении устойчивого развития. На практике это может выражаться в формировании «Дорожной карты» внедрения соответствующей политики и преобразований в отраслях экономики. Одним из ее важных элементов может выступать, например, поэтапное усиление ограничений (в частности, на объем выбросов, сбросов, отходов и соответствующие экономические санкции за превышение допустимых размеров их образования) через определенные временные интервалы (5-10-15 лет). Следует указать, что подобные планы долгосрочного развития в целом соответствуют модели государственного управления и способны быть реализованы при должном выполнении всех условий заинтересованными сторонами.

Опираясь на предыдущие исследования и общие представления о деятельности предприятий, можно сказать, что конечным итогом деятельности, по которой будет оцениваться целесообразность любых модернизаций, является эффективность. При использовании обозначений формулы (1) эффективность (E) может быть представлена следующим образом:

$$E = \frac{p \cdot F(x_1, x_2, \dots, x_n)}{c \cdot Z(x_1, x_2, \dots, x_n)} - 100\%. \quad (2)$$

Однако так как используемые здесь операнды имеют определенную зависимость от синергетического эффекта [27] преобразования ресурсов (рис. 2), то данный эффект должен быть также максимизирован. Обозначим его как S . При этом отдельные эффекты (результаты) от использования ресурсов и развития производств могут носить отрицательный характер (выраженный, например, в снижении прибыли). Так, повышение оплаты труда ведет к увеличению расходов, но также сказывается на производительности, вовлеченности персонала и т. д. В конечном итоге для предприятия важен именно суммарный синергетический эффект.

Еще одним важным аспектом в оптимизации деятельности лесопромышленных предприятий является соответствие комплексу ограничений, предъявляемых к бизнесу. При этом оптимально, чтобы выполнялись требования (ограничения), формируемые с учетом принципов устойчивого развития. Это позволит соответствовать передовым мировым требованиям и конкурировать за лидерство на различных рынках. В конечном итоге выполнение данных ограничений ведет к получению дополнительных эффектов. Таким образом, важно, чтобы производственные параметры (N) стремились к параметрам, соответствующим устойчивому развитию ($N_{уст}$).

С учетом приведенных выше положений можно вывести следующую зависимость оптимизации производственной деятельности лесопромышленных предприятий с учетом принципов устойчивого развития:

$$\begin{cases} E \rightarrow \max. \\ S \rightarrow \max. \\ N \rightarrow N_{уст.} \end{cases} \quad (3)$$

Очевидно, что определение эффектов – крайне сложная в техническом плане задача, а расчет их влияния на итоговые экономические параметры лесопромышленных предприятий вследствие огромного количества взаимовлияющих параметров практически невыполним [28]. Тем не менее, общая модель должна служить основой для понимания процессов, протекающих на исследуемых предприятиях. Однако, что более важно, в перспективном развитии отрасли социально-эколого-экономические аспекты будут становиться все более значимыми. Это подтверждается текущим развитием мирового ЛПК.

Выводы. В результате проведенного исследования были получены важные результаты, которые имеют большое значение для оптимизации деятельности лесопромышленных предприятий в контексте устойчивого развития.

Лесная отрасль представляет собой одну из перспективных и ведущих в направлении развития устойчивого производства. Однако предприятия, работающие в ней, должны восприниматься как социально-эколого-экономические системы, важнейшими компонентами которых являются взаимосвязанные процессы и ресурсы, влияющие друг на друга. Это требует более гибкого подхода к управлению, учитывающего экологические, экономические и социальные аспекты.

Оптимизация производственной деятельности предприятий невозможна без учета таких факторов, как

доступность ресурсов, существующие ограничения и получаемые эффекты. Ресурсы и ограничения играют ключевую роль в принятии управленческих решений. Определение этих факторов – основа для дальнейшего планирования и внедрения изменений.

Важнейшим показателем оптимизации является стремление к максимизации экономической эффективности и синергетических эффектов. Эти эффекты могут выражаться как в повышении производительности, так и в оптимизации использования природных и трудовых ресурсов. Не менее значимы социальные и экологические аспекты, которые становятся все более важными в условиях глобализации и ужесточения экологических требований.

Внедрение ограничений в экологической и социальной сферах, а также поэтапное введение новых норм – это эффективный путь к устойчивому развитию. Процесс адаптации к новым условиям должен быть плавным и учитывать временные интервалы для минимизации негативных последствий для экономики. Разработка «дорожной карты» позволяет систематически и поэтапно интегрировать экологические и социальные изменения в стратегию компании.

Таким образом, внедрение принципов устойчивого развития в деятельность лесопромышленных предприятий России будет способствовать повышению их конкурентоспособности, эффективности и внедрению инновационных технологий. Это, в свою очередь, позволит предприятиям успешно конкурировать на мировых рынках и развиваться в долгосрочной перспективе.

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

Литература

- Liu X., Yang M., Shao Z., Liu L., Gu W. Assessment of impacts of mineral raw material resource efficiency on enterprise performance // *Resources Policy*. 2024. Vol. 90. DOI:10.1016/j.resourpol.2024.104803
- He X., Teng R., Feng D., Gai J. Industrial robots and pollution: Evidence from Chinese enterprises // *Economic Analysis and Policy*. 2024. Vol. 79. P. 629-650.
- Кадеева З.К. Принципы территориального размещения промышленных предприятий: кластерный подход // *Вестн. Казан. технолог. ун-та*. 2012. Т. 15, № 8. С. 385-387.
- Bhatti U.A., Tang H., Khan A., Yasin Ghadi Y., Bhatti M.A., Khan K.A. Investigating the nexus between energy, socioeconomic factors and environmental pollution: A geo-spatial multi regression approach // *Gondwana Research*. 2024. Vol. 130. P. 308-325.
- Mochalova L.A., Sokolova O.G. Assessment of socio-economic effectiveness of circular business models in mineral production // *Изв. высш. учеб. заведений. Горный журнал*. 2020. № 4. С. 80-89.
- Lebedev K.A., Reznikova O.S., Dimitrieva S.D., Ametova E.I. Methodological approaches to assessing the efficiency of personnel management in companies // *Journ. of Advanced Research in Law and Economics*. 2018. Vol. 9. № 4 (34). P. 1331-1336.
- Mehmood K., Saifullah, Qiu X., Abrar M.M. Unearthing research trends in emissions and sustainable development: Potential implications for future directions // *Gondwana Research*. 2023. Vol. 119. P. 227-245.
- Hu Y., Zheng W., Zeng W., Lan H. The economic effects of clean development mechanism afforestation and reforestation project: evidence from China // *Internat. Journ. of Climate Change Strategies and Management*. 2021. Vol. 13 (2). P. 142-161.
- Cavalletti B., Cors, M. The system of environmental and economic accounting and the valuation problem: a review of the literature // *Journ. of Environmental Planning and Management*. 2022. Vol. 65(11). P. 1999-2028.
- Архипова Т.В. Учет ESG-критериев в процессе управления устойчивым развитием промышленных предприятий // *Финансовый бизнес*. 2024. № 9 (255). С. 3-7.
- Паскевская В.Н. Роль ESG-факторов в минимизации рисков стратегического развития предприятий индустрии медицинских изделий // *Инновации и инвестиции*. 2021. № 8. С. 186-189.
- Alcalde-Calonge A., Ruiz-Palomino P., Sáez-Martínez F.J. Sustainability in the forest bioeconomy: how social capital may favour the development of circular economy business models // *Social Capital: Issues, Challenges and Perspectives*. 2021. Nova Science Publishers, Inc. P. 139-163.
- Русецкая Г.Д. Реализация концепции устойчивого развития в управлении лесным хозяйством // *Изв. Байкал. гос. ун-та*. 2022. Т. 32, № 3. С. 512-526.
- Medvedev S.O., Zyryanov M.A. Developing a model of forest enterprises activities with the prospect of moving into sustainable development. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2024. Vol. 17(2). P. 129-145.

15. Александров Г.А., Вязина И.В., Сковцова Г.Г. Модель устойчивого развития и инвестиционная привлекательность предприятий: экологический аспект // Экономика, предпринимательство и право. 2022. Т. 12, № 2. С. 573-586.
16. Мохирев А.П., Рукомойников К.П., Герасимова М.М., Медведев С.О., Зырянов М.А. Технологический алгоритм производства продукции из порубочных остатков // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. 2023. № 1 (391). С. 153-171.
17. Afzal A., Rasoulinezhad E., Malik Z. Green finance and sustainable development in Europe // Economic Research. 2022. Vol. 35 (1). P. 5150-5163.
18. Резанов В.К., Осипова Е.А. Концепция устойчивого интегративного социально-эколого-экономического развития лесопромышленной компании // Власть и управление на Востоке России. 2019. № 3 (88). С. 26-36.
19. Бутко Г.П., Запруднов В.И., Гречиц А.А., Тихонов Е.Д. Эколого-экономическая система в контексте устойчивого развития сегментов лесного сектора региона // Вестн. Моск. гос. ун-та леса – Лесной вестник. 2016. Т. 20, № 2. С. 98-105.
20. Xu Y., Wen S., Tao C.-Q. Impact of environmental tax on pollution control: A sustainable development perspective // Economic Analysis and Policy. 2023. Vol. 79. P. 89-106.
21. Софронова Е.Д., Липин В.А. Современные технологии в целлюлозной промышленности // Изв. Санкт-Петербург. лесотехнич. академии. 2018. № 223. С. 267-284.
22. Тамби А.А., Угрюмов С.А., Бирман А.Р., Черноградская И.А., Рунова Е.М., Никифорова В.А. Обоснование необходимости внедрения процессов комплексного использования древесины на лесопильных предприятиях // Системы. Методы. Технологии. 2020. № 2 (46). С. 47-54.
23. Указ Президента Российской Федерации от 01.04.1996 г. № 440 // Официальные сетевые ресурсы Президента России [Электронный ресурс]. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120> (дата обращения 15.03.2025).
24. Gandolfo A., Lupi L. Circular economy, the transition of an incumbent focal firm: How to successfully reconcile environmental and economic sustainability? // Business Strategy and the Environment. 2021. Vol. 30(7). P. 3297-3308.
25. Barney J.B. Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view // Journ. of Management. 2001. Vol. 27. P. 643-650.
26. Bocken N.M.P., Short S.W., Rana P., Evans S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes // Journ. of Cleaner Production. 2014. Vol. 65. P. 42-56.
27. Lee C.-C., Olasehinde-Williams G., Gyamfi B.A. The synergistic effect of green trade and economic complexity on sustainable environment: A new perspective on the economic and ecological components of sustainable development // Sustainable Development. 2023. Vol. 31. P. 976-989.
28. Медведев С.О., Зырянов М.А., Мохирев А.П. Эффективность лесной отрасли России по федеральным округам: портфельный анализ // Креативная экономика. 2023. Т. 17. № 2. С. 713-730.
- multi regression approach // Gondwana Research. 2024. Vol. 130. P. 308-325.
5. Mochalova L.A., Sokolova O.G. Assessment of socio-economic effectiveness of circular business models in mineral production // News of higher educational institutions. Mining Magazine. 2020. № 4. P. 80-89.
6. Lebedev K.A., Reznikova O.S., Dimitrieva S.D., Ametova E.I. Methodological approaches to assessing the efficiency of personnel management in companies // Journ. of Advanced Research in Law and Economics. 2018. Vol. 9. № 4 (34). P. 1331-1336.
7. Mehmood K., Saifullah, Qiu X., Abrar M.M. Unearthing research trends in emissions and sustainable development: Potential implications for future directions // Gondwana Research. 2023. Vol. 119. P. 227-245.
8. Hu Y., Zheng W., Zeng W., Lan H. The economic effects of clean development mechanism afforestation and reforestation project: evidence from China // International Journ. of Climate Change Strategies and Management. 2021. Vol. 13 (2). P. 142-161.
9. Cavalletti B., Cors, M. The system of environmental and economic accounting and the valuation problem: a review of the literature // Journ. of Environmental Planning and Management. 2022. Vol. 65(11). P. 1999-2028.
10. Arkhipova T.V. Accounting ESG-criteria in the process of management of sustainable development of industrial enterprises // Financial Business. 2024. № 9 (255). P. 3-7.
11. Paskevskaya V.N. The role of ESG-factors in minimizing the risks of strategic development of enterprises of the medical devices industry // Innovations and Investments. 2021. № 8. P. 186-189.
12. Alcalde-Calonge A., Ruiz-Palomino P., Sáez-Martínez F.J. Sustainability in the forest bioeconomy: how social capital may favour the development of circular economy business models // Social Capital: Issues, Challenges and Perspectives. 2021. Nova Science Publishers, Inc. P. 139-163.
13. Rusetskaya G.D. Realization of the concept of sustainable development in forest management // Tidings of the Baikal State University. 2022. Vol. 32. № 3. P. 512-526.
14. Medvedev S.O., Zyryanov M.A. Developing a model of forest enterprises activities with the prospect of moving into sustainable development. Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast. 2024. Vol. 17(2). P. 129-145.
15. Alexandrov G.A., Vyatkina I.V., Skvortsova G.G. Model of sustainable development and investment attractiveness of enterprises: environmental aspect // Economics, entrepreneurship and law. 2022. Vol. 12. № 2. P. 573-586.
16. Mokhiev A.P., Handmoinikov K.P., Gerasimova M.M., Medvedev S.O., Zyryanov M.A. Technological algorithm for the production of products from felling residues // Tidings of higher educational institutions. Forest journal. 2023. № 1 (391). P. 153-171.
17. Afzal A., Rasoulinezhad E., Malik Z. Green finance and sustainable development in Europe // Economic Research. 2022. Vol. 35 (1). P. 5150-5163.
18. Ryazanov V.K., Osipova E.A. The concept of sustainable integrative socio-ecological and economic development of a timber company // Power and management in the East of Russia. 2019. № 3 (88). P. 26-36.
19. Butko G.P., Zaprudnov V.I., Grechits A.A., Tikhonov E.D. Ecological and economic system in the context of sustainable development of segments of the forest sector of the region // Bulletin of the Moscow State University of the Forest – Forest Bulletin. 2016. Vol. 20. № 2. P. 98-105.
20. Xu Y., Wen S., Tao C.-Q. Impact of environmental tax on pollution control: A sustainable development perspective // Economic Analysis and Policy. 2023. Vol. 79. P. 89-106.
21. Sofronova E.D., Lipin V.A. Modern technologies in the pulp industry // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Academy. 2018. № 223. P. 267-284.

References

1. Liu X., Yang M., Shao Z., Liu L., Gu W. Assessment of impacts of mineral raw material resource efficiency on enterprise performance // Resources Policy. 2024. Vol. 90. DOI:10.1016/j.resourpol.2024.104803
2. He X., Teng R., Feng D., Gai J. Industrial robots and pollution: Evidence from Chinese enterprises // Economic Analysis and Policy. 2024. Vol. 79. P. 629-650.
3. Kadeeva Z.K. Principles of territorial location of industrial enterprises: cluster approach // Bulletin of Kazan Technological University. 2012. Vol. 15, № 8. P. 385-387.
4. Bhatti U.A., Tang H., Khan A., Yasin Ghadi Y., Bhatti M.A., Khan K.A. Investigating the nexus between energy, socio-economic factors and environmental pollution: A geo-spatial

22. Tambi A.A., Ugryumov S.A., Birman A.R., Chernogradskaya I.A., Runova E.M., Nikiforova V.A. Justification of the need to introduce integrated wood use processes at sawmills // Systems. Methods. Technologies. 2020. № 2 (46). P. 47-54.
23. Decree of the President of the Russian Federation dated 04.01.1996 № 440 // Official network Resources of the President of Russia [Electronic resource]. <http://www.kremlin.ru/acts/bank/9120> (date of address 03.15.2025).
24. Gandolfo A., Lupi L. Circular economy, the transition of an incumbent focal firm: How to successfully reconcile environmental and economic sustainability? // Business Strategy and the Environment. 2021. Vol. 30(7). P. 3297-3308.
25. Barney J.B. Resource-based theories of competitive advantage: A ten-year retrospective on the resource-based view // Journ. of Management. 2001. Vol. 27. P. 643-650.
26. Bocken N.M.P., Short S.W., Rana P., Evans S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes // Journal of Cleaner Production. 2014. Vol. 65. P. 42-56.
27. Lee C.-C., Olasehinde-Williams G., Gyamfi B.A. The synergistic effect of green trade and economic complexity on sustainable environment: A new perspective on the economic and ecological components of sustainable development // Sustainable Development. 2023. Vol. 31. P. 976-989.
28. Medvedev S.O., Zyryanov M.A., Mokhirev A.P. Efficiency of the Russian forest industry by federal districts: portfolio analysis // Creative Economics. 2023. Vol. 17. № 2. P. 713-730.