

## Экономико-математическое моделирование оценки эффективности деятельности предприятий лесопромышленного комплекса

П.Б. Рябухин

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Тихоокеанская 136, Россия

PRyabukhin@mail.khstu.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Статья поступила 16.03.2021, принята 20.04.2021

*Работа посвящена вопросу проведения оценки деятельности предприятий лесопромышленного комплекса по параметру экономической эффективности с учетом задач Программы совершенствования лесопромышленного комплекса Дальневосточного федерального округа на принципах неистощительного лесопользования, предусматривающих рост объемов переработки древесины, отпущенной в рубку, и создание современных экономических регуляторов развития отрасли. Выполнен анализ лесных сырьевых ресурсов, определен объем низкокачественной древесины и древесных стволовых остатков после проведения технологических операций на лесосеках, представлена регрессионная зависимость, позволяющая делать прогнозы по объему формирующихся древесных остатков с целью разработки мероприятий по их использованию в качестве сырья для получения продукции для регионального рынка. Составлена экономико-математическая модель по определению эффективности реализации выбранного типа технологического процесса лесопромышленного предприятия, которая полностью отражает условия комплексного использования лесосырьевых и производственных ресурсов предприятия в условиях рыночной экономики с учетом принципов устойчивого лесопользования.*

**Ключевые слова:** лесопромышленный комплекс, лесные сырьевые ресурсы, сортиментная технология, хлыстовая технология, низкокачественная древесина, древесные остатки, экономико-математическая модель, экономическая эффективность.

## Economic and mathematical modeling of performance evaluation of timber industry enterprises

P.B. Ryabukhin

Pacific National University; 136, Tikhookeanskaya St., Khabarovsk, Russia

PRyabukhin@mail.khstu.ru

<https://orcid.org/0000-0003-1735-1942>

Received 16.03.2021, accepted 20.04.2021

*The work is devoted to evaluation activities of forestry enterprises on the parameter of economic efficiency taking into account the objectives of the Program of Improvement of the Forestry Complex of the Far Eastern Federal District on the principles of sustainable forest management, requiring greater volumes of timber processed, released to the wheelhouse, and the creation of modern economic regulators of the industry. The analysis of forest raw materials is performed, the volume of low-quality wood and tree trunk residues after technological operations in cutting areas is determined, and a regression dependence is presented that allows making forecasts on the volume of wood residues formed in order to develop measures for their use as raw materials for obtaining products for the regional market. An economic and mathematical model is developed to determine the effectiveness of the selected type of technological process of a timber enterprise, which fully reflects the conditions for the integrated use of forest resources and production resources of the enterprise in a market economy, taking into account the principles of sustainable forest management.*

**Keywords:** timber industry, forest raw materials, sorting technology, whiplash technology, low-quality wood, wood residues, economic and mathematical model, economic efficiency.

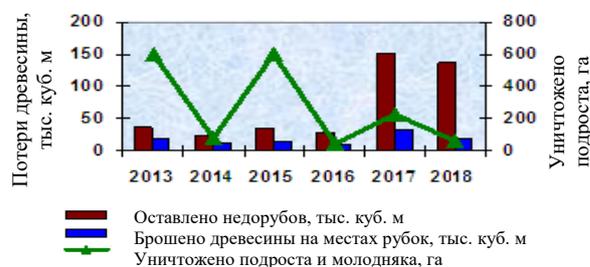
**Введение.** Концепция развития лесопромышленного комплекса Дальневосточного федерального округа до 2030 года [1, 2] предполагает значительный рост эффективности отрасли за счет более полной переработки заготавливаемой древесины и разработки новых и актуальных для региона экономических аспектов, позволяющих регулировать деятельность предприятий и наметить пути их дальнейшего развития. Решение поставленной задачи может быть достигнуто путем внедрения современных и перспективных технологий и оборудования, направленных на производство допол-

нительной и нетрадиционной продукции из низкотоварной древесины и отходов лесозаготовительного производства. Дальневосточный федеральный округ является одним из богатейших лесных регионов, поэтому здесь необходимо развивать производства по переработке древесины с получением продукции повышенной стоимости. Внедрение на всех этапах лесопромышленного производства современного оборудования, обеспечивающего высокую степень переработки древесины любого качества позволит лесопромышленникам региона, наконец то, перейти к задекларирован-

ной реализации принципов устойчивого лесопользования. Предлагаемая концепция потребует коренной ломки всех установившихся финансово-производственных взаимоотношений между предприятиями лесопромышленного комплекса, повлечет к созданию крупных промышленно-финансовых групп, таких как RFP «Дальлеспром» в Хабаровском крае и ОАО «Тернейлес» в Приморском крае, которые уже сегодня способны самостоятельно регулировать движение финансовых потоков по фазам лесопромышленного производства для обеспечения эффективного использования всего объема заготовленного древесного сырья и увеличения номенклатуры производимой продукции. Проблемы роста эффективности лесопромышленных предприятий региона связаны, прежде всего, со снижающимся качеством лесных ресурсов, отсутствием технологий и соответствующего оборудования для переработки этих ресурсов, слабостью внутреннего рынка древесной продукции, высокими тарифами на энергоносители и транспортные услуги. Все это обуславливает необходимость создания нового механизма, который позволил бы оперативно соотносить внутренние сырьевые и финансовые возможности, устанавливать коммерческие риски, обнаруживать скрытые резервы и эффективно их использовать.

**Объект исследования.** Начиная с 90-х годов прошлого столетия и до сегодняшнего дня, большинство лесопромышленных предприятий дальневосточного региона реализуют технологический процесс с вывозкой из лесосеки готовой продукции в виде круглых лесоматериалов (сортиментная технология), при этом в ходе лесозаготовок используются сплошной способ рубки, при реализации которого на выделенных лесных участках вырубается практически вся древесина с различными размерно-качественными характеристиками. При этом деловая древесина в общем объеме лесозаготовок приближается к 80%, что при современном качестве древостоев можно обеспечить только за счет проведения интенсивных истощительных рубок. Лесопромышленники вырубает лучшую часть запаса древесины, а древесное сырье с низкими качественными характеристиками оставляется на делянках. Практика показывает, что даже в высокопродуктивных хвойниках промышленного назначения из насаждения изымается не вся древесина, которая отпущена в рубку и может быть заготовлена по существующим регламентам. Хвойные древостои имеют до 70% деловой древесины, из которой пиловочник 1–2 сортов (наиболее востребованный для реализации на экспорт) составляет только 20–25%. Основная же часть стволовой древесины более низкого класса товарности остается на лесосеках как невостребованный продукт в связи со сложившимися региональными производственно-экономическими обстоятельствами (значительное расстояние вывозки древесины, высокие транспортные тарифы, цена топлива, низкая потребительская способность рынка и др.). Лесопромышленники с точки зрения финансовых затрат не заинтересованы в вывозке из лесосек низкокачественной древесины, отходов (НКДО) и части объемов низкотоварного пиловочника внутреннего рынка. В процессе заготовки одного кубометра хвойной древесины технологические потери в среднем составляют не

менее 0,3–0,5 м<sup>3</sup>, а на последующих фазах производства предприятия на каждый кубометр переработанной древесины в отходы уходит дополнительно до 0,4 м<sup>3</sup>. Таким образом, изъятие из лесных насаждений высококачественной хвойной и твердолиственной древесины приводит к образованию внушительных объемов древесных отходов, образующихся как в процессе выполнения лесосечных работ, так и по причине отсутствия рынков сбыта древесины невостребованных пород с низкими размерно-качественными характеристиками. Проведенные исследования показали, что в год по всем лесопромышленным предприятиям Хабаровского края оставляется до 180 тыс. м<sup>3</sup> стволовой древесины в виде «недорубов» и оставленной на территории лесосек и погрузочных пунктах древесины, что составляет до 40–50% от объемов заготовленной древесины. (рис. 1.). Вся эта заготовленная древесная масса оставляется, как невостребованная продукция, на делянках и погрузочных пунктах для дальнейшей утилизации путем сжигания или закапывания в грунт.



**Рис. 1.** Потери древесины при лесозаготовках на лесопромышленных предприятиях Хабаровского края (данные статистических отчетов)

По результатам натурных исследований получена зависимость для прогнозного определения количества оставляемой древесины на лесосеке (ОД) от основных объективных факторов:

$$ОД = -0,127 + 0,236 q_0 (1,012 + 0,076 T + 0,039 ЛЗМ_4),$$

где:  $q_0$  – запас леса на гектаре, м<sup>3</sup>,  $T$  – показатель товарности насаждения,  $ЛЗМ_4$  – система лесозаготовительных машин, реализующая технологический процесс лесозаготовок.

Статистические данные, полученные на лесопромышленных предприятиях, использующих технологический процесс лесозаготовок с вывозкой из лесосек полуфабриката готовой продукции в виде хлыстов или полухлыстов (хлыстовая технология) показывают, что на лесопромышленный склад предприятия доставляется до 75% заготовленной ликвидной древесины. В процессе разделки хлыстов на круглые лесоматериалы (пиловочник) дополнительно из объема деловой древесины теряется еще до 20–25% в виде НКДО, которые концентрируются на складе и могут быть использованы для производства дополнительных видов продукции, востребованных в регионе. Производственно-технологическая схема движения древесной продукции лесопромышленных предприятий с различными технологиями лесозаготовок представлена на рис.2.

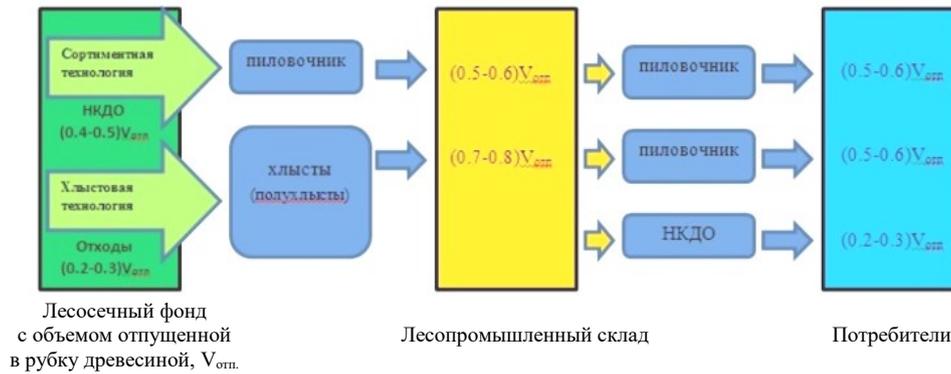


Рис. 2. Производственно-технологическая схема движения древесной продукции

При этом нельзя забывать о том, что, на заготовку и утилизацию НКДО лесопромышленником затрачиваются определенные финансовые средства, компенсация которых закладывается в затраты на производство товарной продукции, имеющей спрос на рынке. Это приводит к тому, что себестоимость 1м<sup>3</sup> круглых лесоматериалов (пиловочника 1-2 сорта) за счет подобной компенсации увеличивается в 1,2-1,3 раза.

В связи с поставленными перед лесопромышленниками задачами региона по повышению эффективности использования древесных ресурсов и обеспечения дополнительным сырьем смежных деревоперерабатывающих производств необходимо определиться с главным на сегодня вопросом - какой тип технологического процесса лесозаготовок следует выбрать в качестве базового, позволяющего с максимальной эффективностью решать экономические, экологические и социальные проблемы. Подобная задача решается с помощью различных методов экономико-математического моделирования [3]. Одной из главных целей производственно-экономической системы (бизнес-системы) является максимально возможное достижение планируемой прибыли (рентабельности – доходности или других экономических показателей эффективности). Для лесопромышленного комплекса в сложившихся рыночных и территориально-производственных условиях дальневосточного региона поставленная цель должна характеризоваться высокой степенью доходности на всех этапах работы технологической системы, включающую в себя совокупность различных технологических процессов и оборудования для их реализации [4, 5]. Всякая организационная структура предприятия обладает свойством неясности, поскольку в ней одновременно существуют взаимодействующие объективные и субъективные факторы. Подобная ситуация приводит к тому, что данная бизнес-система должна быть готова не только к рыночным колебаниям и рискам, но и приспособленной к безопасности своей деятельности за счет прогнозирования своих ресурсных резервов и путей модернизации в соответствии с принятыми программами своего развития [6, 7].

Как уже было сказано выше, основной целью функционирования любого технологического производства должен быть выпуск такого объема и качества продукции, которые обеспечивали бы получение максимальной доходности. Это может быть достигнуто при условии, что себестоимость единицы продукции должна

быть, по крайней мере, не больше значения, установившегося в конкретном регионе с его транспортными и энергетическими тарифами, сложившейся производственной логистикой и другими объективными факторами [8, 9, 10, 11].

**Методы и результаты исследования.** В любом производстве экономико-математическая модель зависимости величины прибыли предприятия от реализации всей произведенной продукции, можно выразить следующим образом [12, 13]:

$$\Pi = \sum B - \sum Z \Rightarrow \max \Sigma \Sigma \dots (1)$$

С учетом специфики лесопромышленного производства экономико-математическая модель эффективности *k*-ого технологического процесса предприятия может быть преобразована в следующем виде:

$$\sum B = \sum_{s=1}^s \sum_{f=0}^f V_{s,f}^{t, \text{лпс}} \times C_{s,f} \dots (2)$$

где: *B* – выручка предприятия от реализации произведенной продукции, руб; экономико-математическая модель *Z* – затраты на производство продукции, руб; *s, f* – количество наименований продукции из круглых

лесоматериалов и из ствольной части НКДО;  $V_{s,f}^{t, \text{лпс}}$ ,  $C_{s,f}$  – объем и цена реализации продукции, сконцентрированной на лесопромышленном складе лесопромышленного предприятия за период времени *t*.

$$\sum Z = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^k \sum_{s=1}^s \sum_{f=1}^f C_{ij} \times V_{ijksf} \Rightarrow \min \dots (3)$$

где:  $C_{ij}$  – себестоимость продукции на *i*-ой фазе *j*-ого технологического процесса, руб;  $V_{ijksf}$  – объем *n*-ой и *m*-ой продукции, прошедший через каждую *i*-ю фазу *j*-ого технологического процесса с использованием *k*-ой системы лесозаготовительных машин; *i* – фазы лесопромышленного производства, *i* = 1, 2, 3 (1 – лесозаготовка; 2 – транспорт; 3 – переработка древесины на лесопромышленном складе); *j* – типы технологического

процесса по виду продукции, вывозимой из лесосеки (1 – хлыстовая технология; 2 – сортиментная технология).

На исследуемые переменные налагаются условие «положительности» [7] и ряд ограничений [13] по следующим производственным условиям:

– по выполнению плана выпуска продукции (пиловочника):

$$\sum_{s=1}^S \sum_{f=0}^f V_{s,f}^{lmc} \geq P_j^t, \quad k = \overline{1,2}$$

где:  $P_j^t$  – плановый объем продукции при реализации  $j$ -ого технологического процесса за анализируемый период времени  $t$ .

– Условие образования стволовой НКДО на различных фазах ТП и концентрации ее в качестве сырья для дальнейшей реализации по возможным объемам образования стволовой части НКДО на различных фазах  $j$ -ого технологического процесса и концентрации ее в качестве сырья для дальнейшей реализации сторонним потребителям:

$$\sum V_{omn}^t \times \delta + \sum V_{omn}^t \times \gamma \times (a + \theta) - V_s^{t,lmc} \geq 0$$

где:  $V_{omn}^t$  – объем древесины, отпущенной в рубку на период времени  $t$ ,  $V_m^{t,l,l}$  – объем стволовой части НКДО, сконцентрированной на складе за период времени  $t$ .

– по использованию древесных ресурсов в соответствии с годовым отпуском леса в рубку:

$$\sum_{s=1}^S V_n^{t,lmc} + \sum_{f=1}^f V_f^{t,lmc} \leq V_{omn}^t$$

Для лесопромышленных предприятий, реализующих готовую продукцию в виде круглых лесоматериалов (пиловочника) без учета незначительных объемов лесопиления на собственные нужды и потребления рынка региона, зависимость (1) трансформируется следующим образом:

$$П = [(V_3 \times Ц_3) + (V_6 \times Ц_6) + (V_{нкдо} \times Ц_{нкдо})] - 3,$$

где:  $V_3$ ,  $V_6$ ,  $V_{нкдо}$  – объем продукции (пиловочник экспортный, внутреннего рынка, а также объем НКДО),  $м^3$ ;  $Ц_3$ ,  $Ц_6$ ,  $Ц_{нкдо}$  – цена реализации соответствующей продукции, руб.

Распределив условно всю заготовленную стволовую древесину на 4 группы (пиловочник экспортный, пиловочник внутреннего рынка, НКДО, лесосечные остатки), зависимость (2) примет вид:

$$P_p = (a \times \theta \times V_{отп} \times Ц_3) + (\theta \times c \times V_{отп} \times Ц_6) + (\delta \times V_{отп} \times Ц_{нкдо}) + (m \times V_{отп} \times Ц_{ост}) - 3 \quad (5)$$

где:  $a$ ,  $\theta$  – значения долей пиловочника экспортного и пиловочника внутреннего рынка в общем объеме деловой древесины;  $c$  – значение доли НКДО в общем объеме деловой древесины при раскряжке хлыстов;  $\delta$  – доля дровяной древесины в объеме ликвидной древесины;  $m$  – доля лесосечных остатков в общем объеме

древесины, отпущенной в рубку;  $V_{omn}$  – объем ликвидной древесины, отпущенной в рубку,  $м^3$ ;  $Ц_{ост}$  – цена реализации лесосечных остатков сторонним потребителям (при наличии спроса), руб.

Величина затрат на заготовку готовой продукции в виде круглых лесоматериалов для предприятий, реализующих оба исследуемых технологических процесса с учетом оставления лесосечных остатков для дальнейшего перегнивания и укрепления почвы на лесосеке, определится по формуле:

$$3 = (C_{л/с} \times V_{omn}) + C_6 (a \times \theta \times V_{omn}) + C_6 \times (\theta \times c \times V_{omn}) + C_6 \times (\delta \times V_{omn}) + C_{лmc} \times [(a + \theta) \times c \times V_{omn} + \delta \times V_{omn}] = C_{л/с} \times V_{omn} + C_6 \times [V_{omn} \times (a \times \theta + \theta \times c + \delta)] + C_{лmc} \times [V_{omn} \times (a \times \theta + \theta \times c + \delta)]; \quad (4)$$

где:  $C_{л/с}$ ,  $C_6$ ,  $C_{лmc}$  – себестоимость продукции на отдельных этапах технологического процесса, соответственно, руб.

На лесопромышленных предприятиях, работающих по хлыстовой технологии, эти затраты реализуются в полном объеме. При сортиментной же технологии составляющая по НКДО обнуляется на этапах вывозки древесины и выполнения лесоскладских работах, поскольку эта часть древесных ресурсов, как было сказано выше, оставляется в качестве производственных отходов [14, 15, 16].

После проведения математических преобразований получим:

$$3^{сорт} = V_{omn} \times [C_{л/с}^c + C_6^c \times (a + \theta) \times c + C_{лmc}^c \times (a + \theta) \times c] \quad (6)$$

$$3^x = V_{omn} \times [C_{л/с}^x + C_6^x \times (a \times \theta + \theta \times c + \delta) + C_{лmc}^x \times (a \times \theta + \theta \times c + \delta)] \quad (7)$$

Выполненный лесоресурсный анализ деятельности лесопромышленных предприятий, реализующих сортиментную и хлыстовую технологии, показал, что в обоих случаях готовая продукция предприятия в виде пиловочника экспортного и внутреннего назначения составляет до 55% от объема заготовленной древесины, отпущенной в рубку лесопользователям для реализации плановых заданий [14, 15]. При этом результаты экономического анализа работы этих же предприятий показывают, что затраты на производство продукции (пиловочника) при реализации сортиментной технологии на 10 – 15 % ниже, чем при хлыстовой технологии [14].

Для реализации задач по повышению эффективности использования всей биомассы деревьев, отпущенных в рубку, необходимо рассмотреть все возможные варианты внедрения технологических процессов по использованию стволовой части НКДО. Здесь можно рассмотреть два сценария производственной деятельности:

– использование НКДО для собственных нужд в качестве сырья для производства дополнительных видов продукции;

– реализация предприятием НКДО, сконцентрированной на лесопромышленном складе, сторонним потребителям.

При этом актуальным является вопрос определения значения цены реализации НКДО ( $Ц_{нкдо}$ ), при которой хлыстовая технология для данного предприятия будет

сопоставима с сортиментной технологией по размеру получаемой прибыли с учетом принципа “безубыточности” производства [17, 18, 19]:

$$\Pi^c = \Pi^{xl} \quad (8)$$

Принцип рентабельности деятельности предприятия можно записать в виде уравнения:

$$c \times d \times \Pi_{\text{нкдо}} \geq C_{\text{л/с}}^x + C_v^x \times (c+d) + C_{\text{н/с}}^x \times (c+d) - C_{\text{л/с}}^c - C_v^c \times c - C_{\text{н/с}}^c \times c \quad (9)$$

Тогда цена реализации НКДО определится из выражения:

$$\Pi_{\text{нкдо}} \geq \frac{C_{\text{л/с}}^{xl} + (C_v^{xl} + C_{\text{л/с}}^{xl}) \times (c+d) - C_{\text{л/с}}^c - (C_v^c + C_{\text{л/с}}^c) \times c}{(c \times d)} \quad (10)$$

Тогда зависимость (1) примет вид:

$$\Pi = V_{\text{омн}} [(a \times C_a) + (b \times C_b) + (d + c \times (a + b)) \times C_{\text{нкдо}}] - [C_{\text{л/с}} + (C_v + C_{\text{л/с}}) \times [(a + b + d) + c \times (a + b)]] \quad (11)$$

#### Литература

- Об утверждении стратегии развития лесного комплекса Рос. Федерации до 2030 г.: распоряжение правительства РФ от 20 сент. 2018 г. № 1989-р.
- Правительство Хабаровского края. Лесной комплекс. Основные направления развития отрасли. URL: <http://www.pg-online.ru/shipping> (дата обращения: 20.08.2020).
- Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. // М.: Мир, 1978. 420 с.
- Ашманов С.А. Введение в математическую экономику. М.: Наука, 1994. 36 с.
- Бибчук Б.П., Варламова О.С., Гусев А.А. Особенности экономических оценок природопользования в условиях рынка // Экономика и математические методы. 2002. Вып. 5. С. 24-35.
- Медведев С.О., Мохирев А.П., Мохирева И.Х., Гудень Т.С. Комплексный подход к оценке деятельности лесопромышленных предприятий // Фундаментальные исследования. 2019. № 12-1. С. 104-108. URL: <http://fundamental.research.ru/article/view?id=42630> (дата обращения: 14.10.2020).
- Горошко С.К. Экономика безотходных технологий лесного комплекса. М.: Лесная пром-сть, 2010. 184 с.
- Гофман К.Г., Гусев А.А., Мудрецов А.Ф. Определение замыкающих затрат на продукцию природо-эксплуатирующих отраслей // Экономика и математические методы. 2010. Т. XI. Вып. 4. С. 17-22.
- Кузнецов В.Д., Шегельман И.Р. Экономико-математические методы исследования операций при организации лесозаготовок. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 1999. 64 с.
- Кузнецов В.Д., Шегельман И.Р. Математическое моделирование при планировании и организации лесозаготовок. Петрозаводск: Изд-во КРИА, 1998. 125 с.
- Sollow R.M. The Economics of Resources or the Resources of Economics // The Amer. Economic Rev. 2014. V. 54. P. 2-9.
- Кречетов Л.И. Региональные системы экономического стимулирования природоохранной деятельности предприятий // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2016. Вып. 8. С. 9-12.
- Рикун А.Д., Ширик И.М. Модель экономического стимулирования ресурсосберегающей деятельности промышленных предприятий // Экономика и математические методы. 2017. Т. 26. Вып. 4. С. 19-26.
- Рябухин П.Б., Ковалев А.П., Козорез А.П. К вопросу эффективности использования низкотоварной древесины. Вестн. ТОГУ. 2012. № 2 (25). С. 101-106.
- Рябухин П.Б., Майорова Л.П. Рациональное использование древесного сырья как одно из направлений неистощительного лесопользования в Хабаровском крае // К новой эпохе лесопользования: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-практического экологического семинара. Мусасино (Япония): Издание: Общественная организация «Ассоциация Мусасино-Тама-Хабаровск», 2011. С. 7-15.
- Saraikin V.G., Kazakov N.V., Hongzhen Zhan. Mathematical models of principal felling characteristics on cutting areas in the Far East // Journal of Northeast forestry University. 1999. V. 7. № 5. P. 95-100.
- Дорошенко В.А. Экономический потенциал лесопромышленного предприятия. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.obo.ru/?lang=ru&option=message&mess\\_id=698108](http://www.obo.ru/?lang=ru&option=message&mess_id=698108) (дата обращения: 24.09.2020).
- Fotiu S.I. Efficiency measurement and logistics-application of DEA in Greek sawmills // Proc. Logistics in the forest sector. Forest logistics club, Helsinki, Finland. P. 189-204.
- Lihou Qin, Shengwang Meng, Zhenzhao Xu. Uncertainties in above ground tree biomass estimation // Journal of Forestry Research. 2020. V. 31. Rel. 6. P. 212-226. URL: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01243-2> (дата обращения: 05.11.2020).
- Kao S., Yan Yu. Measuring the effectiveness of forest management // Forest science. 2016. V. 5. № 37. P. 1239-1252.
- Рябухин П.Б. Принципы устойчивого лесопользования // Современные тенденции развития инженерных, технологических и прикладных научных исследований: сб. науч. тр. по материалам I Междунар. науч.-практической конф. (25 апр. 2020 г.). Екатеринбург: Проф. наука, 2020. С. 51-58.

22. Lebel L.G., Stewart V.B. Evaluation of technical efficiency of logging contractors using a nonparametric model // Journal of Forest engineering. 2018. V. 2. № 9. P. 15-24.

*References*

1. Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation until 2030: rasporyazhenie pravitel'stva RF ot 20 sent. 2018 g. № 1989-r.
2. The Government of the Khabarovsk Territory. Forest complex. The main directions of the development of the industry. URL: <http://www.pg-online.ru/shipping> (data obrashcheniya: 20.08.2020).
3. SHennon R. Limitation modeling of systems - art and science. M.: Mir, 1978. 420 p.
4. Ashmanov S.A. Introduction to the Mathematical Economics. M.: Nauka, 1994. 36 p.
5. Bebchuk B.P., Varlamova O.S., Gusev A.A. Features of economic assessments of environmental management in the conditions of the market // Economics and Mathematical Methods. 2002. Vyp. 5. P. 24-35.
6. Medvedev S.O., Mohirev A.P., Mohireva I.H., Guden' T.S. An integrated approach to assessing the activities of timber industry enterprises // Fundamental research. 2019. № 12-1. P. 104-108. URL: <http://fundamental.research.ru/article/view?id=42630> (data obrashcheniya: 14.10.2020).
7. Goroshko S.K. Economy of waste-free forest complex technologies. M.: Lesnaya prom-st', 2010. 184 p.
8. Gofman K.G., Gusev A.A., Mudrecov A.F. Determination of the closing costs of products of nature-exploiting industries // Economics and Mathematical Methods. 2010. V. XI. Vyp. 4. P. 17-22.
9. Kuznecov V.D., SHegel'man I.R. Economic and mathematical methods for researching operations in the organization of logging. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 1999. 64 p.
10. Kuznecov V.D., SHegel'man I.R. Mathematical modeling when planning and organizing logging. Petrozavodsk: Izd-vo KRIA, 1998. 125 p.
11. Sollow R.M. The Economics of Resources or the Resources of Economics // The Amer. Economic Rev. 2014. V. 54. P. 2-9.
12. Krechetov L.I. Regional systems of economic stimulation of environmental protection of enterprises // Problemy okruzhayushchej sredy i prirodnyh resursov. 2016. Vyp. 8. P. 9-12.
13. Rikun A.D., SHiryak I.M. Model of economic stimulation of resource-saving activities of industrial enterprises // Economics and Mathematical Methods. 2017. V. 26. Vyp. 4. P. 19-26.
14. Ryabuhin P.B., Kovalev A.P., Kozorez A.P. On the issue of the effectiveness of the use of low-wing wood. Vestn. TOGU. 2012. № 2 (25). P. 101-106.
15. Ryabuhin P.B., Majorova L.P. The rational use of wood raw materials as one of the directions of suspicious forest management in the Khabarovsk Territory // K novoj epohe lesopol'zovaniya: sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-prakticheskogo ekologicheskogo seminar. Musasino (Yaponiya): Izdanie: Obshchestvennaya organizaciya «Associaciya Musasino-Tama-Habarovsk», 2011. P. 7-15.
16. Saraikin V.G., Kazakov N.V., Hongzhen Zhan. Mathematical models of principal felling characteristics on cutting areas in the Far East // Journal of Northeast forestry University. 1999. V. 7. № 5. P. 95-100.
17. Doroshenko V.A. Economic potential of a timber industry enterprise. [Elektronnyj resurs]. URL: [http://www.obo.ru/?lang=ru&option=message&mess\\_id=698](http://www.obo.ru/?lang=ru&option=message&mess_id=698) (data obrashcheniya: 24.09.2020).
18. Fotiu S.I. Efficiency measurement and logistics-application of DEA in Greek sawmills // Proc. Logistics in the forest sector. Forest logistics club, Helsinki, Finland. P. 189-204.
19. Lihou Qin, Shengwang Meng, Zhenzhao Xu. Uncertainties in above ground tree biomass estimation // Journal of Forestry Research. 2020. V. 31. Rel. 6. P. 212-226. URL: <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01243-2> (data obrashcheniya: 05.11.2020).
20. Kao S., Yan Yu. Measuring the effectiveness of forest management // Forest science. 2016. V. 5. № 37. P. 1239-1252.
21. Ryabuhin P.B. Principles of sustainable forest management // Sovremennye tendencii razvitiya inzhenernyh, tekhnologicheskikh i prikladnyh nauchnyh issledovanij: sb. nauch. tr. po materialam I Mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf. (25 apr. 2020 g.). Ekaterinburg: Prof. nauka, 2020. P. 51-58.
2. Lebel L.G., Stewart V.B. Evaluation of technical efficiency of logging contractors using a nonparametric model // Journal of Forest engineering. 2018. V. 2. № 9. P. 15-24.