

# К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО И СОЦИАЛЬНОГО ФАКТОРОВ ПРИ РАСЧЁТЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДОСТУПНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

## TO THE ISSUE OF SUBSTANTIATION OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL FACTORS IN CALCULATING THE ECONOMIC AFFORDABILITY OF WOOD WASTE

**A. Panyutin  
V. Bepalova  
I. Zakharenkova  
I. Igotty**

*Summary.* The article presents the data about the formation of significant quantities of wastes in forest sector of economy. Modern technology does not allow full use of wood waste. The introduction of new innovative technologies should be based on calculations of the economic availability of wood waste. In enterprise costs should include environmental and social factors.

*Keywords:* economic resources, economic accessibility, innovative technology, environmental factor, social factor.

**Панютин Алексей Николаевич**

К.э.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург  
alpanyutin@yandex.ru

**Беспалова Вероника Валерьевна**

К.э.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург  
weronika2002@yandex.ru

**Захаренкова Ирина Анатольевна**

К.э.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург  
irina\_hs@bk.ru

**Иготти Ирина Николаевна**

К.э.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова, г. Санкт-Петербург  
igotti@yandex.ru

*Аннотация.* В статье приводятся данные об образовании значительного количества отходов в лесном секторе экономики. Современные технологии не позволяют в полном объёме их использовать. Внедрение новых инновационных технологий опирается на расчёты по экономической доступности древесных отходов. В составе затрат следует учитывать экологический и социальный факторы.

*Ключевые слова:* экономические ресурсы, экономическая доступность, инновационные технологии, экологический фактор, социальный фактор.

**И**сторически сложилось, что Российская Федерация надёжно, но не безгранично обеспечена лесосырьевыми ресурсами, которые могут производиться, в том числе и естественным путём без участия человека, хотя и в более длительные сроки и иного качества. Наиболее ценными лесосырьевыми ресурсами принято считать древесину, особенно крупномерную хвойных или некоторых твердолиственных пород [2, с. 148].

От заготовки до производства конечной продукции древесина обычно проходит несколько технологических переделов. Выпуск конечной продукции сопровождается образованием значительного количества отходов, которые, при определённых условиях, могут также

перерабатываться и, принимая товарный вид, превращаются в готовые изделия.

Так, при заготовке древесины некоторая её часть (мягколиственная и мелкотоварная древесина, сучья и пни), не востребованная потребителями, оставляется, затрудняя проведение лесохозяйственных мероприятий, являясь источником распространения вредителей леса, или сжигается, способствуя накоплению парниковых газов. В составе пиловочных брёвен на кору приходится 10–12%, идущих обычно в отходы, а из окоренного пиловочного сырья выходит только 65% пиломатериалов. Последующее получение изделий деревообработки характеризуется выходом готовой продукции в 35% от объёма пиломатериалов [3, с. 45]. Более комплексно

используется древесина, предназначенная для химической переработки, но её удельный вес составляет примерно 25%.

Современные технологии не позволяют в полном объёме использовать имеющиеся ресурсы отходов по различным причинам — низкая территориальная концентрация ресурсов, высокие затраты на их сбор и переработку, отсутствие на местах кадров требуемой квалификации, несовершенство технических средств и технологических решений, низкий платёжеспособный спрос на продукцию и другие. Внедрение инновационных ресурсосберегающих технологий за последнее время позволило более широко перерабатывать древесные отходы, но всё ещё значительная их часть не вовлекается в хозяйственный оборот или используется неэффективно [1, с. 184].

Образование древесных отходов и их последующая утилизация сопровождается экологическим ущербом, который современные производства наносят природе. Величина экологического ущерба от древесных отходов, ещё не поступающих в переработку, нуждается в уточнении. Однако экологический ущерб можно рассматривать как фактор производства в лесном секторе, требующий определённых расходов, а при их переработке — снижающий затраты, направляемые на его покрытие. В этом случае принимаемые управленческие решения должны учитывать затраты на экологический ущерб или его минимизацию.

Функционирование предприятий лесного сектора в некоторой степени позволяет повышать качество жизни населения, так как заготовка и переработка древесины требует создания и поддержание определённой инфраструктуры — дорожной, энергетической и прочей, используемой, в том числе, и местным населением. Подобные расходы носят социальный характер. Производства по переработке древесных отходов зачастую создаются в местах с неразвитой социальной инфраструктурой, вследствие чего производители несут дополнительные социальные расходы на её совершенствование.

Внедрение в технологическую цепочку лесных предприятий производств по переработке древесных отходов предполагает оценку экономической доступности сырья и подбор соответствующей инновационной технологии, позволяющей организовать экономически эффективное производство. В сумму затрат на освоение древесных ресурсов в этом случае следует включать экологическую и социальную составляющие.

В общем виде при фиксированном уровне загрузки производственных мощностей условие доступности древесных отходов выглядит следующим образом:

$$\sum_{ij} v_{ij} x_{ij} \leq \sum_{ij} (p_{ij} l_{ij} x_{ij} - z_{ij} l_{ij} x_{ij}) \quad (1)$$

- где  $i$  — индекс древесного отхода,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;
- $j$  — индекс технологии,  $j = 1, 2, \dots, J$ ;
- $x_{ij}$  — объём освоения  $i$ -го древесного отхода  $j$ -ой технологией;
- $v_{ij}$  — стоимость единицы  $i$ -го древесного отхода при освоении по  $j$ -ой технологии (включает стоимость сбора, транспортировки и подготовки отходов);
- $l_{ij}$  — коэффициент выхода готовой продукции при освоении  $i$ -го древесного отхода по  $j$ -ой технологии;
- $p_{ij}$  — цена продукции, произведённой из  $i$ -го древесного отхода по  $j$ -ой технологии;
- $z_{ij}$  — удельные затраты на выпуск продукции, выпущенной при освоении  $i$ -го древесного отхода по  $j$ -ой технологии (исключая стоимость отходов).

Невыполнение неравенства означает экономическую недоступность древесных отходов рассматриваемой технологией в данных конкретных условиях. Чем больше значение в правой части по сравнению с левой частью неравенства, тем выше экономическая доступность вторичных ресурсов.

Это выражение также можно представить в следующем виде:

$$\sum_{ij} p_{ij} l_{ij} x_{ij} - \sum_{ij} z_{ij} l_{ij} x_{ij} - \sum_{ij} v_{ij} x_{ij} \geq 0 \quad (2)$$

Экономически доступные древесные ресурсы обеспечивают перерабатывающим производствам безубыточное производство. Получение наибольшей прибыли может не являться единственной целью хозяйственной деятельности коммерческого предприятия, но выполнение иных целей, в том числе достижение экологического и социальных эффектов, возможно лишь в случае безубыточного производства. Наибольшая прибыль обеспечивает предприятию более благоприятные возможности для развития бизнеса, приносит инвесторам более высокую отдачу на вложенные средства. Поэтому оптимизационные модели, позволяющие более рационально распределять имеющиеся производственные ресурсы и наиболее эффективно выпускать готовую продукцию целесообразно рассчитывать исходя из критерия наибольшей прибыли [3, с. 47].

Далее рассматривается условный пример оптимизации загрузки производственных мощностей по выпуску продукции путём переработки древесных отходов (древесного сырья).

Производство может ориентироваться на выпуск следующих видов продукции (древесной щепы):

- ♦ топливная щепка;
- ♦ декоративная щепка для проведения ландшафтных работ.

Поскольку требования к технологической щепке для производства древесностружечных плит, целлюлозы и иной продукции по размерам, форме, углам среза существенно более жёсткие, чем к топливной щепке, а потребители технологической щепки находятся на значительном удалении, то данный вид продукции не рассматривается.

Рассмотрим пример оптимизации загрузки производственной мощности по выпуску древесной щепки. Линия по выпуску древесной щепки может обеспечить выход до 210000 тонн или 294000 м<sup>3</sup> готовой продукции в течение года (коэффициент перевода 1,4 м<sup>3</sup>/т по щепке). Сырьём выступает низкосортная древесина диаметром до 280 мм, длиной до 6000 мм и влажностью до 40%, то есть наиболее подходящим сырьевым ресурсом выступают древесные отходы лесопиления и деревообработки. Исходя из плотности используемой древесины, для выпуска 210000 тонн древесной щепки требуется приблизительно 315000 м<sup>3</sup> древесных отходов (коэффициент перевода 1,5 м<sup>3</sup>/т по древесному сырью). Причём коэффициенты перевода могут существенно колебаться в зависимости от породно-размерно-качественных характеристик древесного сырья и степени утрамбованности щепки.

Целевая функция оптимизационной модели имеет следующий вид:

$$\sum_i ((p_i \times l_i) \times \sum_j x_{ij}) - \sum_j (z_j \times \sum_i x_{ij}) - d \rightarrow \max \quad (3)$$

где  $i$  — индекс марки древесной щепки,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;  
 $j$  — индекс источника древесного сырья,  $j = 1, 2, \dots, J$ ;  
 $x_{ij}$  — объём древесного сырья от  $j$ -го источника, используемой для выпуска  $i$ -ой марки древесной щепки, м<sup>3</sup>;  
 $p_i$  — маргинальная прибыль перерабатывающего производства от продажи единицы  $i$ -ой марки древесной щепки, определяемая как разница между выручкой и переменными расходами, кроме расходов на сбор и транспортировку древесного сырья, руб./м<sup>3</sup>;  
 $l_i$  — коэффициент выхода щепки  $i$ -ой марки из древесного сырья, т/м<sup>3</sup>;  
 $z_j$  — расходы на сбор и транспортировку древесного сырья от  $j$ -го источника, руб./м<sup>3</sup>;  
 $d$  — постоянные затраты, связанные с переработкой древесного сырья в щепку, кроме расходов на сбор и транспортировку древесного сырья, руб.

При разделении затрат на переработку древесного сырья в щепку к переменным затратам относят, прежде всего расходы на потребляемую электроэнергию и зара-

ботную плату производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды, исходя из удельной трудоёмкости перерабатывающего производства.

Таким образом, целевая функция нацеливает поиск оптимального решения для коммерческого предприятия на получение максимального объёма прибыли.

Кроме условия неотрицательности на переменные накладываются следующие ограничения.

Объёмы сбора и транспортировки древесного сырья от каждого источника не должны превышать установленного значения:

$$\sum_i x_{ij} \leq Q_j \quad (4)$$

где  $Q_j$  — максимальный объём сбора и транспортировки древесного сырья от  $j$ -го источника.

Объёмы выпуска щепки не должны превышать имеющейся производственной мощности.

$$l \times \sum_{i,j} x_{ij} \leq M \Leftrightarrow \sum_{i,j} x_{ij} \leq \frac{M}{l} \quad (5)$$

где  $M$  — максимальный объём выпуска продукции на имеющихся производственных мощностях;

- ♦  $M/l$  — максимальный объём используемого древесного сырья в соответствии с имеющимися производственными мощностями;
- ♦  $l$  — среднестатистический коэффициент выхода щепки из древесного сырья.

Объёмы выпуска декоративной щепки должны составлять не менее установленной величины (в соответствии с заключёнными договорами).

$$l \times \sum_{i,j} x_{ij} \geq N \Leftrightarrow \sum_{i,j} x_{ij} \geq \frac{N}{l} \quad (6)$$

где  $N$  — минимальный объём выпуска декоративной щепки.

Среднестатистическая цена на топливную щепку в месте нахождения производства составляет 300 руб./м<sup>3</sup>, что, учитывая её плотность, соответствует цене 420 руб./т. Потребитель топливной щепки — муниципальные котельные, обслуживающие социальные объекты. Доставка щепки потребителям производится специализированными автомобилями. Декоративная щепка для проведения ландшафтных работ требует её дополнительной покраски, расфасовки в мешки и имеет ограниченный рынок сбыта. Более высокая цена на декоративную щепку компенсируется и более значительными затратами. Продажи

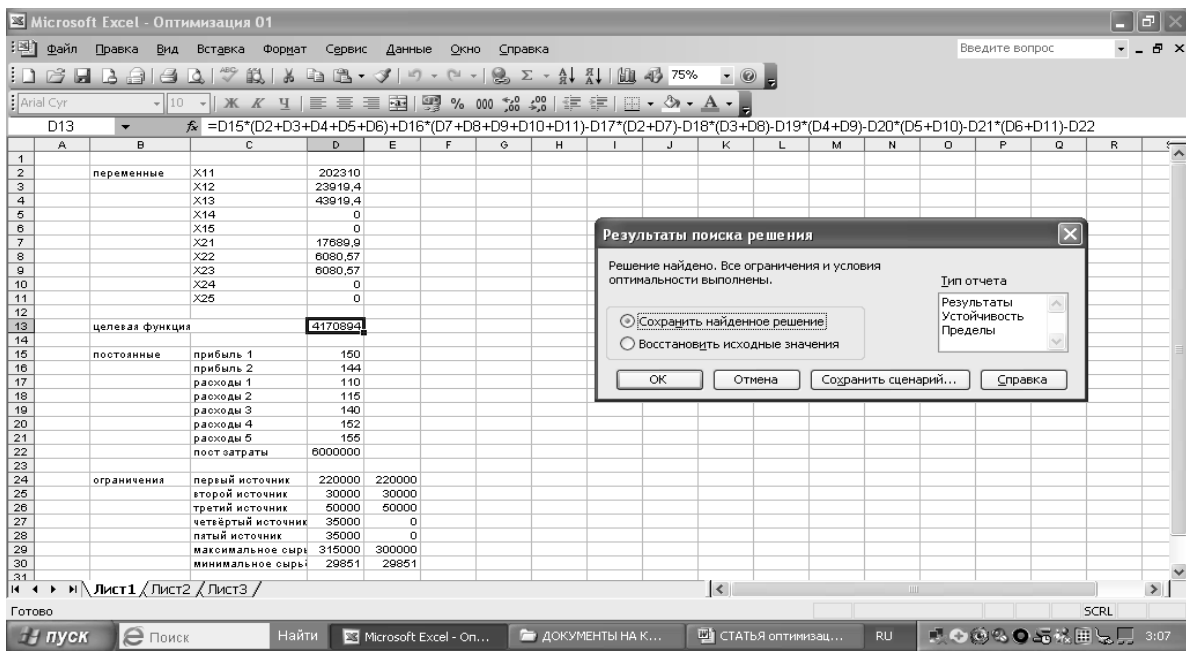


Рис. 1. Рабочее поле Microsoft Excel.

топливной и декоративной щепы имеют ярко выраженный сезонный характер, причём сезонность этой продукции имеет разнонаправленный характер. Поскольку щепы нуждаются в защите от влаги, то по мере выпуска готовой продукции в периоды, характеризующиеся невысоким уровнем продаж, необходимо иметь соответствующие условия для её хранения [4, с. 49].

Поставка древесного сырья осуществляется от пяти основных источников, которые характеризуются различными показателями затрат на сбор и транспортировку древесных ресурсов и максимальными возможными объёмами поставки.

Коэффициенты выхода щепы из древесного сырья зависят от конкретных характеристик и приблизительно соответствуют среднестатистическому коэффициенту, равному 0,67 т/м<sup>3</sup>.

Искомые переменные величины  $X_{ij}$ :  $X_{11}$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{13}$ ,  $X_{14}$ ,  $X_{15}$ ,  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{23}$ ,  $X_{24}$ ,  $X_{25}$ .

Значение маржинальной прибыли перерабатывающего производства от продажи единицы древесной щепы, определяемое как разница между выручкой и переменными расходами, кроме расходов на сбор и транспортировку древесного сырья, с учётом коэффициента выхода щепы из древесного сырья ( $p_i \times I_i$ ):

- ♦ для топливной щепы — 150 руб./т;
- ♦ для декоративной щепы — 144 руб./т.

Расходы на сбор и транспортировку древесного сырья ( $z_j$ ):

- ♦ от первого источника — 110 руб./м<sup>3</sup>;
- ♦ от второго источника — 115 руб./м<sup>3</sup>;
- ♦ от третьего источника — 140 руб./м<sup>3</sup>;
- ♦ от четвёртого источника — 152 руб./м<sup>3</sup>;
- ♦ от пятого источника — 155 руб./м<sup>3</sup>.

Постоянные затраты ( $d$ ), связанные с переработкой древесного сырья в щепу, кроме расходов на сбор и транспортировку древесного сырья, составляют 6 млн. руб.

Максимальный объём сбора и транспортировки древесного сырья ( $Q_j$ ):

- ♦ от первого источника — 220000 м<sup>3</sup>;
- ♦ от второго источника — 30000 м<sup>3</sup>;
- ♦ от третьего источника — 50000 м<sup>3</sup>;
- ♦ от четвёртого источника — 35000 м<sup>3</sup>;
- ♦ от пятого источника — 35000 м<sup>3</sup>.

Максимальный объём используемого древесного сырья в соответствии с имеющимися производственными мощностями с учётом коэффициента выхода щепы из древесного сырья ( $M/I$ ): 315000 м<sup>3</sup>.

Минимальный объём выпуска декоративной щепы по объёму древесного сырья ( $N/I$ ): 29851 м<sup>3</sup>.

Оптимизационные расчёты проводятся с применением надстройки «Поиск решения» в Microsoft Excel.

Исходные данные размещаются в рабочем поле Microsoft Excel. После вызова надстройки «Поиск решения» проводится линейная оптимизация и рассчитывается оптимальное значение.

Из рис. 1 видно, что оптимальное решение соответствует объёму прибыли в размере более 4,17 млн. руб. и загрузке производственных мощностей на 95%.

Таким образом, оптимизационная модель позволяет в дальнейшем моделировать и анализировать различные ситуации, меняя исходные данные и вводя дополнительные условия. Это даст возможность предприятиям принять грамотное управленческое решение в части определения использования отходов для получения максимально возможного объема прибыли и непосредственно использования производственных мощностей предприятия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалова В. В., Полянская О. А. Проблемы инновационной деятельности и необходимость внедрения инновационной системы производства на деревоперерабатывающих производствах // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, 2016, № 3, С. 183–186.
2. Захаренкова И. А., Иготти И. Н. Оценка и управление инновационным потенциалом предприятия в современных условиях ведения бизнеса // Экономика и управление народным хозяйством, Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2019, № 9 (11), С. 145–151.
3. Глуховский В. М., Григорьев И. В. Оборудование и технологии для производства брикетов // Лесная индустрия — 2016. — № 12 (104). — С. 42–49.
4. Панютин А. Н. Оптимизация объёма выпуска продукции предприятием лесного сектора // Наука Красноярья, Красноярск: ООО «Научно-инновационный центр», Том 6, № 4–2, 2017, 194 с. — С. 47–51.

© Панютин Алексей Николаевич (alpanyutin@yandex.ru), Беспалова Вероника Валерьевна (weronika2002@yandex.ru), Захаренкова Ирина Анатольевна (irina\_hs@bk.ru), Иготти Ирина Николаевна (igotti@yandex.ru).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова