

# **Математическая модель распределения лесосек в условиях территориальной распределенности потребителей древесной продукции**

**А. М. Крупко, К. А. Корнилов, Н. С. Крупко**

В настоящее время важнейшее значение для лесопромышленных регионов Российской Федерации имеет направление «Рациональное природопользование и ресурсосбережение». Это связано с тем, что в данных регионах имеются колоссальные, но все еще недостаточно эффективно используемые лесные ресурсы. Кроме того, актуальной для страны в целом является проблема интенсификации процессов лесопользования и переработки леса, важнейшим элементом которой является необходимость эффективного освоения лесных ресурсов субъектов РФ. Именно поэтому, используя результаты научных исследований и опираясь на передовой отечественный и зарубежный опыт, можно решить вышеуказанную проблему.

Эффективное освоение лесных ресурсов невозможно без рационального подхода к выполнению подготовительных работ, частью которых является нахождение оптимального плана размещения лесосек на арендованной территории.

Разработка оптимального плана размещения лесосек происходит посредством минимизации затрат на освоение лесосек, затрат на строительство, содержание и ремонт дорог круглогодичного действия, а также затрат на вывозку древесины.

При постановке задачи о нахождении оптимального плана размещения лесосек на выбранный период учтем, что на арендованной лесопользователем лесной территории имеется сеть лесовозных дорог, по которым осуществляется вывозка древесины. Данная сеть представляет собой граф  $G = \langle V, E \rangle$ , дугами  $V$  которого являются дороги различных категорий, а вершинами  $E$  — территориально распределенные лесные участки, а также потребители древесной продукции, спрос которых

необходимо удовлетворить при создании оптимального плана размещения лесосек. Потребителями лесосырья будут являться лесоперерабатывающие предприятия, а поставщиками – лесозаготовительные предприятия, которые объединены в лесопромышленный холдинг.

Доставка продукции от лесных участков к потребителям, каждый из которых характеризуется объемом потребления и удаленностью от лесных участков, производится транспортными средствами по генерируемым маршрутам, представленным в виде массива:

$$U = \{(i_u^r, j_u^r), k_u^r\}, k \in K, r \in R, (i_u^r, j_u^r) \in V$$

где  $i_u^r$  – начало маршрута  $u$  перевозки  $r$ ,  $j_u^r$  – конец маршрута  $u$  перевозки  $r$ ,  $k_u^r$  – вид перевозимой по маршруту  $u$  продукции,  $r$  – входящие в маршрут перевозки.

В случае отсутствия участка дороги, соединяющей лесосеку с потребителем продукции, необходимо установить кратчайшее расстояние  $V_m^0$  от лесосеки  $m \in M$  до ближайшей дуги транспортной сети  $G = \langle V, E \rangle$ . Затраты на строительство данного участка транспортной сети

Каждая рассматриваемая лесосека характеризуется следующими параметрами:

$W_m = (\alpha, \beta, \gamma, \delta)$  – породный состав древесины лесосеки  $m$ , где  $\alpha$  – процентное содержание сосны в лесосеке  $m$ ,  $\beta$  – процентное содержание ели в лесосеке  $m$ ,  $\gamma$  – процентное содержание березы в лесосеке  $m$ ,  $\delta$  – процентное содержание осины в лесосеке  $m$ ;

$V_m$  – объем древесины на лесосеке  $m$ , га;

$Q_m$  – площадь лесосеки  $m$ , м<sup>3</sup>;

$K$  – вид перевозимой продукции, ( $k \in K$ );

$T$  – рассматриваемые периоды времени, ( $t \in T$ );

$P$  – множество лесосек, входящих в оптимальный план, ( $p \in P$ ).

Рассматриваемую территорию разобьём на лесосеки  $n_{ij}$  прямоугольной формы, где  $(i, j)$  – координаты соответствующей лесосеки. Составим матрицу, ненулевыми элементами которой будут являться выбранные лесосеки, входящие в оптимальный план:

$$N = \begin{cases} n_{ij}, \text{ если } n_{ij} \in P \\ 0, \text{ если } n_{ij} \notin P \\ n_{i,j-1} = n_{i-1,j} = n_{i+1,j} = n_{i,j+1} = 0, \text{ если } n_{ij} \in P \end{cases} \quad (1)$$

Таким образом, матрица, отражающая оптимальный план размещения лесосек на выбранной территории, будет выглядеть следующим образом:

$$N = \begin{pmatrix} n_{11} & n_{21} & \dots & n_{1s} \\ n_{21} & n_{22} & \dots & n_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_{s1} & n_{2s} & \dots & n_{ss} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$$n_{ij} = \begin{pmatrix} W_m \\ V_m \\ Q_m \\ S_m \end{pmatrix} \quad (3)$$

Построенная матрица приобретает блочный вид, каждый элемент  $n_{ij}$  которой будет в свою очередь являться матрицей и отражать параметры лесосеки.

Так как задача поиска оптимального плана размещения лесосек рассматривается в течение выбранного периода времени  $T$  (например, на период действия проекта освоения лесов), разобьем его на отрезки равной длины (например, по годам). Тогда искомым решением поставленной задачи будет являться последовательность матриц следующего вида:

$$N^1 = \begin{pmatrix} n^1_{11} & n^1_{21} & \dots & n^1_{1s} \\ n^1_{21} & n^1_{22} & \dots & n^1_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n^1_{s1} & n^1_{2s} & \dots & n^1_{ss} \end{pmatrix}, \quad N^2 = \begin{pmatrix} n^2_{11} & n^2_{21} & \dots & n^2_{1s} \\ n^2_{21} & n^2_{22} & \dots & n^2_{2s} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n^2_{s1} & n^2_{2s} & \dots & n^2_{ss} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

...

$$N^T = \begin{pmatrix} n_{11}^T & n_{21}^T & \dots & n_{1s}^T \\ n_{21}^T & n_{22}^T & \dots & n_{2s}^T \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ n_{s1}^T & n_{s2}^T & \dots & n_{ss}^T \end{pmatrix}$$

где  $n_{i,j}^t$  – номер лесосеки, входящей в оптимальный план размещения лесосек, в заданный период времени  $t \in T$ .

Для нахождения последовательности матриц  $\{N^t\}_{t=1}^{\infty}$  приступаем к формированию целевой функции, которая отражает затраты на освоение лесосек, затраты на строительство, содержание и ремонт дорог круглогодичного действия, а также затраты на вывозку древесины. Рассматриваемую функцию цели необходимо минимизировать:

$$Z = Z_{i\bar{n}\bar{a}} + Z_{\bar{n}\bar{o}\bar{d}} + Z_{\bar{a}\bar{u}\bar{a}} \rightarrow \min \quad (5)$$

где  $Z_{i\bar{n}\bar{a}}$  – затраты на освоение лесосек, входящих в оптимальный план,  $Z_{\bar{n}\bar{o}\bar{d}}$  – затраты на строительство усов, соединяющих лесосеку с магистралью,  $Z_{\bar{a}\bar{u}\bar{a}}$  – затраты на вывозку древесины.

Решение данной задачи позволит составить оптимальный план распределения лесосек на арендованной территории таким образом, что затраты на заготовку и вывозку лесосырья будут минимальны.

### Список литературы:

1. Воронин А. В. Лесопромышленная интеграция: теория и практика / А.В. Воронин, И.Р. Шегельман. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2009. – 464 с.
2. Воронин А. В. Теория и практика принятия оптимальных решений для предприятий лесопромышленного комплекса / А. В. Воронин, В. А. Кузнецов, И. Р. Шегельман, Л. В. Щеголева. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2008. – 180 с.
3. Крупко А. М. Математическая модель управления производственными мощностями лесотранспортного предприятия / А. М. Крупко, Е. К.

Белый // Уч. зап. ПетрГУ. Сер. «Естеств. и техн. науки». – 2011. – № 8. – С. 85 – 88.

4. Крупко А. М. Совершенствование технологических процессов транспортного освоения лесных участков лесовозными автопоездами : дис...канд.технич.наук / А.М. Крупко. – Петрозаводск, 2013. – 130 с.
5. Кузнецов В. А. Задача оптимизации транспортно-производственных планов лесопромышленного предприятия / В. А. Кузнецов, А. М. Крупко // Наука и бизнес: пути развития. – 2011. – №5(6). – С. 48 – 52.
6. Шегельман И. Р. Вывозка леса автопоездами: Техника. Технология. Организация / И.Р. Шегельман, В.И. Скрыпник, В.А. Кузнецов, А.В. Пладов. – Санкт-Петербург: ПРОФИКС, 2008. – 304 с.
7. Шегельман И. Р. Моделирование движения лесовозных автопоездов на ПЭВМ / И. Р. Шегельман, В. И. Скрыпник, А. В. Пладов, А. Н. Кочанов, В. А. Кузнецов. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. – 234 с.
8. Dean D. J. Finding optimal routes for networks of harvest site access roads using GIS-based techniques. *Can. J. For. Res.* 27, 1997. – pp 11–22.
9. Ghaffarian M. R., Sobhani H. Optimization of an existing forest road network using Network 2000, 2007. – pp. 185–193.
10. Крупко А. М. Исследования направлений повышения эффективности автомобильного транспорта леса [Электронный ресурс] / А.М. Крупко // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 2. – URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/984> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
11. Шегельман И. Р. Методика оптимизаций транспортно-технологического освоения лесосырьевой базы с минимизацией затрат на заготовку и вывозку древесины [Электронный ресурс] / И.Р. Шегельман // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. – URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1284> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.