

Литература

1. Трансформация климатического отклика в радиальном приросте деревьев в зависимости от топологических условий их произрастания / Е.А. Бабушкина, А.А. Кнорре, Е.А. Ваганов [и др.] // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 159–166.
2. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск: Наука, 2000. – 232 с.
3. Dässler H.G. Reaktionen von Gehölzen auf Immissionen und Schlußfolgerungen für den Anbau // Begründung in Industriegebieten: Ref. d. VII. Detrol. Kongr. soz. Länder 29. Jun ibis 3. Juli 1979 in Dresden. – 1981. – P. 31–36.
4. Кузьмичев В.В., Авдеева Е.В. Реакция лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) на техногенные воздействия городской среды // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – № 1. – С. 36–42.
5. Матвеев С.М. Дендроиндикация состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи: монография. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. – 272 с.
6. О состоянии окружающей среды Республики Хакасия в 2011 году: докл. – Абакан, 2012. – 126 с.
7. Собчак Р.О. Диагностика состояния видов хвойных в зонах техногенного загрязнения Республики Алтай // Вестн. ТГУ. – 2009. – № 325. – С. 185–190.
8. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, А.В. Кирдянов [и др.]. – Красноярск, 2000. – 80 с.
9. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект: монография. – Ижевск, 2012. – 206 с.
10. Абраменко О.В., Бабушкина Е.А., Кропачева Ю.А. Индикация состояния городских насаждений на юге Сибири по морфометрическим показателям хвои лиственницы сибирской // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2013. – Вып. 35. – С. 31–34.
11. Зайцев Г.Н. Методика биометрических расчетов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
12. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 543 с.



УДК 630:3:002/764:002

Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.С. Болотова

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ОСВОЕНИЯ ЛЕСОВ С ПОЗИЦИИ ЛОГИСТИКИ

В статье рассматривается необходимость системного подхода при решении задач, возникающих на пути материального потока от лесозаготовок до конечного потребителя.

Ключевые слова: оптимизация освоения лесов, расчетная лесосека, тип дорожного покрытия, грузосборочный участок, схема доставки, выбор транспортных средств.

Yu.M. Eldeshtejn, O.V. Bolotov, A.S. Bolotova

THE SOLUTION TO THE OPTIMIZATION PROBLEM OF THE FOREST DEVELOPMENT IN THE VIEW OF LOGISTICS

The necessity for the system approach in the solution of the tasks arising on the material stream way from logging to the end user is considered in the article.

Key words: optimization of forest development, rated cutting area, road surface type, cargo assembly site, scheme of delivery, choice of vehicles.

Основная цель логистики состоит в минимизации затрат ресурсов и времени путем оптимального сквозного управления материальными и информационными потоками на пути от первичного источника до конечного потребителя. Принцип системности предполагает формирование интегрированной системы управления материальными потоками в рамках производственно-сбытовой системы. Системный подход в логистике предполагает рассмотрение хозяйствующих субъектов как комплекса взаимосвязанных подсистем. В этих усло-

виях принятие частных решений без учета общих целей функционирования системы и предъявляемых к ней требований может оказаться недостаточным, а возможно и ошибочным. На рис. 1 приведен пример логистической цепи мультимедийной доставки лесопродукции конечным потребителям.

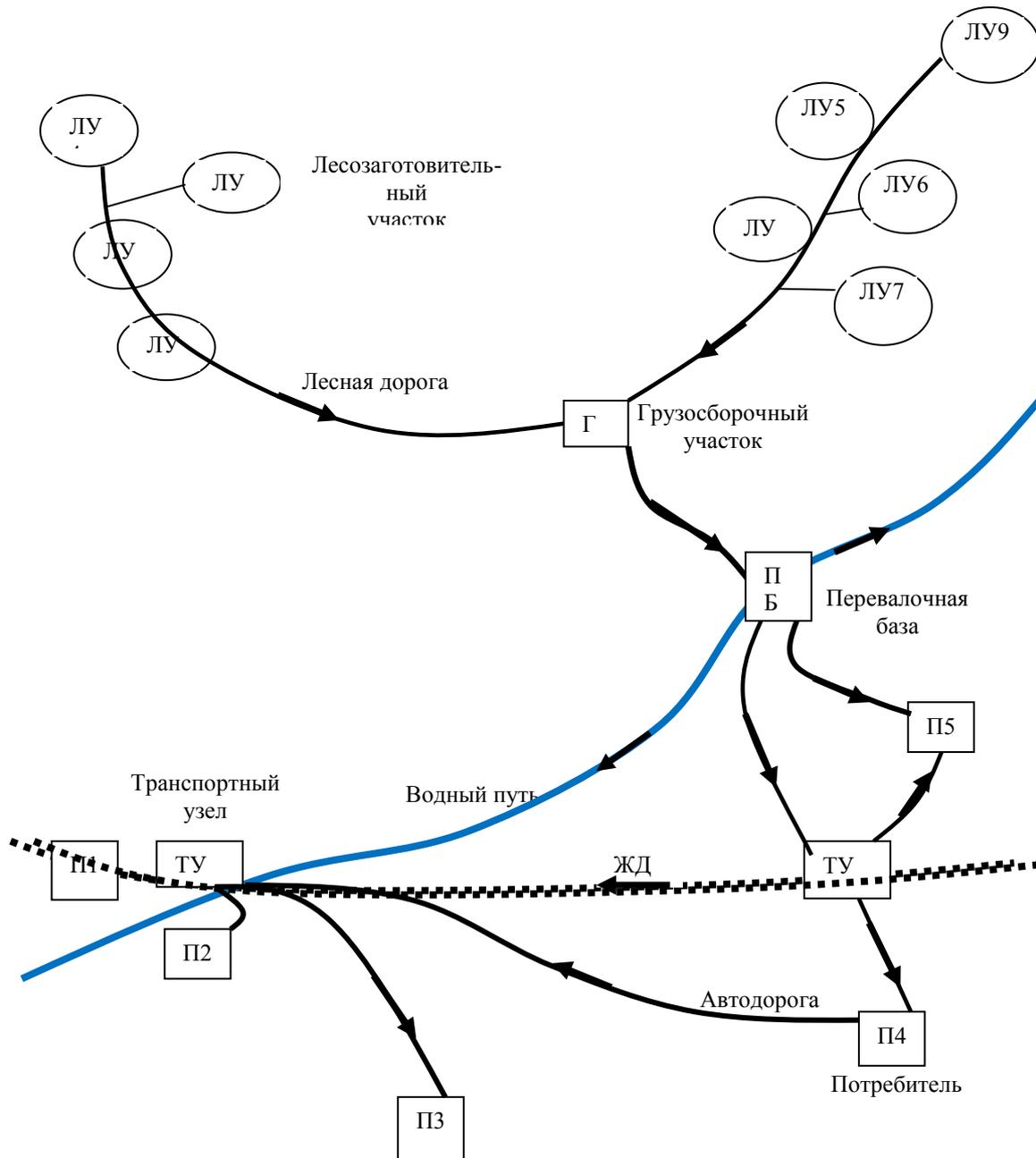


Рис. 1. Пример логистической цепи доставки лесных грузов потребителям

Современные требования лесного законодательства России и сертификация лесопользования требуют организацию экологически и экономически сбалансированного, устойчивого лесопользования. По сути это та же система прослеживания и оценки всей цепочки движения лесной продукции от лесозаготовителя к потребителю, как и в системе транспортной логистики, но с точки зрения законодательной базы, экологии и охраны окружающей среды. При этом оцениваются и леса и лесная продукция на соответствие всем принципам и критериям устойчивого лесопользования.

Поэтому, прежде всего, нами была разработана, испытана и внедрена в проектную практику математическая модель [1, 2, 3, 4, 5, 7, 11] и соответствующее программное обеспечение [10] оптимизации величины расчетной лесосеки.

$$\sum_{p=1}^P X_{m+1;p} - \sum_{p=1}^P X_{m;p} \geq 0, \quad (m = \overline{1, d}; p = \overline{1, P}); \quad (1)$$

$$X_{m+1;p} - X_{m;p} \geq 0, \quad (m = \overline{1, d}; p = \overline{1, P}); \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^m X_{k;p} \leq \sum_{k=1}^m \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{g-k+1;p}^1 + \alpha \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{g-m;p}^1$$

$$(m = \overline{1, d-1}, d < g; p = \overline{1, P}); \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{i;p} - \alpha_p \beta_p X_{d-g+1;p} - \beta_p \sum_{j=1}^{m-g} X_{j;p} \leq \sum_{i=1}^g \eta_{g-k+1;p} \mu_{g-k+1;p} S_{i;p}^1; \quad (m = \overline{g, d}; d \geq g; p = \overline{1, P}); \quad (4)$$

$$(1 - \alpha) \beta_p X_{p;d-g} \geq S_p^{\min}; \quad (5)$$

$$\sum Z_p X_p \leq R, \quad (6)$$

$$F = \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^d X_{p;k} C_p \rightarrow MAX, \quad (7)$$

где p – номер хозяйственной секции; P – число хозяйственных секций; $X_{i;p}$ – расчетная лесосека i -го десятилетия p -й хозяйственной секции; $S_{i;p}$ – площадь лесосеки i -й возрастной градации p -й хозсекции;

S_p^{\min} – минимально допустимая с экологической точки зрения площадь спелых лесов p -й хозяйственной секции; C_p – товарная продукция, которая может быть получена с 1 га p -й хозяйственной секции; α – коэффициент, характеризующий интенсивность перехода лесов из одной возрастной градации в другую; β – коэффициент лесовосстановления; η и μ – коэффициенты, учитывающие вероятность риска потерь, связанных с пожарами и потерь от лесных вредителей; Z_p – затраты на 1 га лесосеки в j -м десятилетии; R – финансовые возможности предприятия.

Здесь ограничение (1) характеризует требование неубываемости лесопользования, а ограничение (2) применяется только к лесосекам с хозяйственно ценными породами древесины, неубываемость которых с экономической и экологической точки зрения является весьма актуальной.

Для соблюдения требований о сохранении разнообразия видов необходимо исключить всякую возможность исчезновения некоторых пород в результате естественной или искусственной их смены, поэтому модель дополнена системой ограничений (5). В полученной модели в качестве целевой функции (7) принято требование не максимизации суммарной площади рубок, характерное для экстенсивного способа освоения природных ресурсов, а требование максимизации товарной продукции, более соответствующее интенсивному развитию и современным экономическим условиям.

Эта модель обеспечивает выполнение принципов непрерывного, неистощительного и неубывающего лесопользования. Однако, как показали наши исследования, ее использование без учета экономической и транспортной доступности ресурсов отдельных участков леса может дать неверные результаты при лесном планировании.

Анализ динамики лесовосстановления после рубок в нашей модели характеризуется коэффициентом β и основывается на результатах статистических исследования таких параметров, как что, где, когда и

сколько вырублено и, как что, где, когда и сколько восстановилось после рубок. Кроме того, в модели учитываются возможные потери лесных ресурсов от различных негативных факторов – коэффициенты η и μ .

На этих данных основывается начальный этап прогнозирования динамики лесного фонда, что должно являться необходимой составляющей математической модели.

Такой подход является одним из основных факторов, определяющих экономическую доступность ресурсов отдельных участков леса. Поэтому решение задачи прогнозирования запасов весьма актуально и является неременным условием реального соблюдения принципа непрерывного неистощительного лесопользования [6, 12, 13].

Для решения этой задачи экспериментально-аналитическими методами нами выведены специальные формулы:

- для хвойных:

$$Z = (Z_t t_m^2) / (2t_m t_i - t_i^2) - (38,06 - 0,539t + 0,0189t^2) - 5,55 * 10^{-3} \exp N - 20,6 / N + 7,21; \quad (8)$$

- для лиственных:

$$Z = (Z_t t_m^2) / (2t_m t_i^2) - 1 / (25,89 * 10^{-6} t^2 + 20,63 * 10^{-3}) - (5,55 * 10^{-3} \exp N - 20,6 / N + 7,21), \quad (9)$$

где Z – прогнозируемый запас древесины на момент рубки; Z_t – запас древесины на лесоучастке по таксационным данным; t_m – возраст рубки; t – возраст древостоя на лесоучастке; N – ранг породы.

Они позволяют для любого участка леса при известном исходном возрасте древостоев только по одному измерению среднего фактического запаса древесины (при любом породном его составе и бонитете) прогнозировать этот запас к моменту рубки. Испытание этой формулы по таблицам хода роста дали положительные результаты. Величина расчетной лесосеки, на наш взгляд, должна определяться с учетом экономической доступности лесных ресурсов, а не их наличия как такового, существующих и проектируемых транспортных путей, что практически отсутствует в современной практике. Определение расчетной лесосеки [2, 3, 4, 6, 8, 9, 14, 15] без учета экономической доступности участков лесного фонда приводит к получению значительно завышенных результатов. В частности, по некоторым оценкам, около половины эксплуатационных лесов Сибири являются недоступными по экономическим показателям. По Красноярскому краю доступными являются только около 30–50 %.

С другой стороны, оптимизация величины расчетной лесосеки должна производиться в тесной взаимосвязи с (определением) задачей экономической доступности и оптимизации транспортной схемы сети лесных дорог, с учетом очередности введения в эксплуатацию отдельных ее участков. В то же время интенсивность строительства дорог определяется финансовыми возможностями арендатора, напрямую зависящими от величины прибыли, которая может быть получена от реализации лесопродукции.

Нами разработана графоаналитическая модель и программное обеспечение [19, 20] автоматизированного проектирования оптимальной транспортной схемы лесных дорог, основанная на теории графов. Каждый участок леса представлен в виде вершины графа, а все возможные дороги, соединяющие эти участки леса, – ребра графа.

В основу этой модели положен алгоритм построения минимального покрывающего дерева. Данная модель позволяет учитывать наличие имеющихся дорог, топографические особенности местности (наличие рек, озер, болот, гор и пр.), экономическую доступность отдельных лесных участков. Для реализации данной модели было разработано соответствующее программное обеспечение, прошедшее апробацию и государственную регистрацию [8, 9].

На рис. 2 приведен упрощенный пример оптимальной транспортной схемы, полученной на базе вышеуказанной графоаналитической модели, где кружками с цифрами указаны условные участки леса. 11-й и 23-й участки леса не связаны с другими дорогой, так как в силу ряда причин (большая удаленность, небольшие запасы древесины, ее низкое качество и пр.) их разработка экономически нецелесообразна.

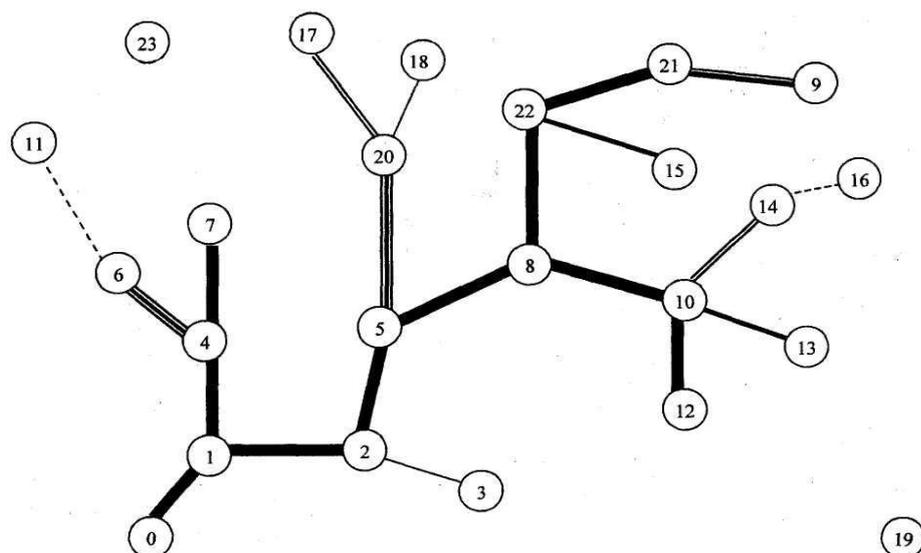


Рис. 2. Пример оптимальной транспортной схемы сети:

- дороги, ведущие к спелым и перестойным лесам (ввод в эксплуатацию этих дорог может понадобиться в первом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к приспевающим лесам (ввод в эксплуатацию этих дорог может понадобиться во втором расчетном периоде);
- дороги, ведущие к средневозрастным лесам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в третьем расчетном периоде);
- дороги, ведущие к средневозрастным лесам первой группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в четвертом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к молоднякам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в пятом расчетном периоде);
- дороги, ведущие к молоднякам первой группы

Эта схема составлена только с учетом распределения насаждений по возрастным градациям, без учета величины расчетной лесосеки. В данном примере условно преобладают спелые и перестойные леса. Для простоты будем считать, что все лесосеки, охваченные транспортной схемой, равноценны по своему количественному и качественному составу. Пусть, например, расчетная лесосека позволяет освоить в первое двадцатилетие не более четырех участков леса. Естественно предположить, что с экономической точки зрения осваивать следует в первую очередь ближайшие участки леса 1, 2, 4, 7, или 1, 2, 5, 8. Таким образом, даже в таком простом примере уже на первом этапе появляется два альтернативных варианта.

Критерием оптимальности этой подзадачи должно являться требование получения максимальной прибыли, т.е. строить нужно ту дорогу, которая принесет больший экономический эффект, так как это в следующий временной промежуток позволит интенсифицировать процесс создания необходимой транспортной сети. Однако при этом необходимо учитывать и перспективность выбираемого направления. В данном примере дорога 1-2-5-8 совершенно необходима для дальнейшего освоения больших лесных массивов, в то время как дорога 1-4 позволит освоить только участки леса 6, 7 и 11, причем 11 понадобится только в весьма отдаленном будущем, так как хвойные насаждения на нем достигнут возраста рубки только через 100–120 лет.

Следует отметить, что экономическая недоступность отдельных лесосек может быть временной (рис. 2, участок 11), так как при увеличении возраста древостоев за пределы возраста рубки процесс увеличения запасов древесины продолжается, хотя прирост и замедляется. Это в свою очередь невозможно без решения задачи прогнозирования динамики лесного фонда. Следовательно, если при первоначальном расчете разработка некоторых лесосек оказывается нерентабельной, то это не означает, что они должны быть исключены из дальнейших расчетов. Очевидно их следует перевести в категорию “резервных” лесов. Совершенно очевидно, что уменьшение в результате этого реальных запасов лесного фонда на величину экономически недоступных участков леса требует перерасчета величины годичной лесосеки.

В некоторых случаях экономически целесообразным бывает устройство грузосборочных участков. Оптимизация их месторасположения определяется методом “условного центра масс” [16, 17, 18]:

$$\left. \begin{aligned} X_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i Z_i K_m}{\sum_{i=1}^n Z_i}; \\ Y_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i Z_i K_m}{\sum_{i=1}^n Z_i}, \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

где X_{opt} и Y_{opt} – координаты грузосборочного участка; X_i и Y_i – координаты исходных пунктов; Z_i – запасы древесины на i -м лесоучастке; i – номер лесоучастка; n – число лесоучастков.

$$K_m = \frac{R_\phi}{R_n}, \quad (11)$$

где R_ϕ – фактический расход топлива на участке; R_n – нормативный расход.

При этом оптимизация транспортной схемы должна сопровождаться выбором мест расположения грузосборочных участков в местах смены транспортных средств.

Схема сети лесовозных дорог состоит из магистралей, веток и усов, отличающихся друг от друга величиной грузопотока, длительностью использования, а следовательно, качеством дорожного покрытия.

Очевидно, что чем выше качество дорожного покрытия, тем меньше затраты на вывозку. В то же время улучшение качества дорожного покрытия возможно только при существенном увеличении затрат на строительство дороги (рис. 3).

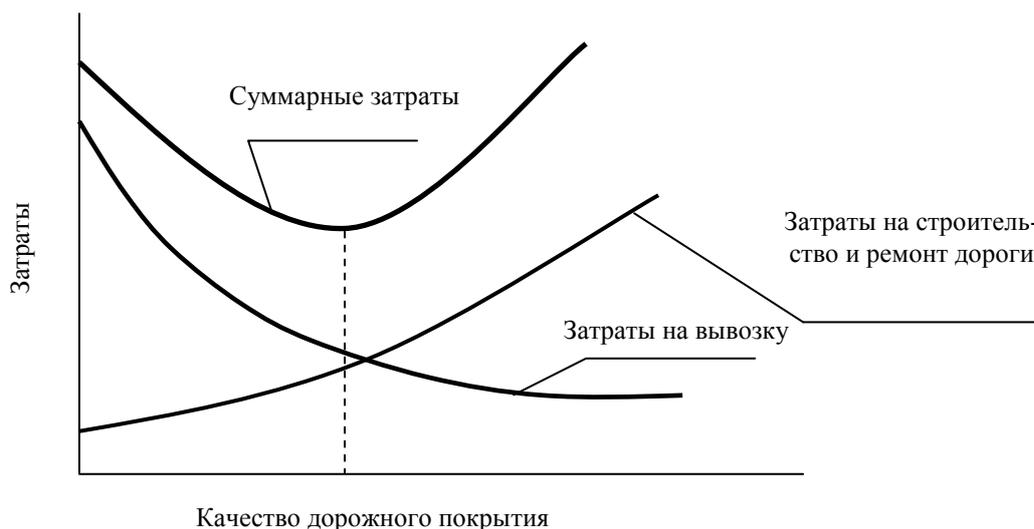


Рис. 3. Зависимость затрат от качества дорожного покрытия

Зависимость затрат на строительство и ремонт дороги от заданного ее качества видимо может быть описана уравнением (12):

$$Z_{np} = b + \exp(-a \cdot k), \quad (12)$$

где k – качество дорожного покрытия (качество дорожного покрытия количественно можно оценить, например, средней величиной сопротивления качению колес лесовоза или расходом топлива на 1 км пути); b – первоначальный минимум капитальных вложений на прокладку дороги, например, затраты на завоз техники к начальному пункту дороги; a – коэффициент, характеризующий эффективность капиталовложений.

Зависимость затрат на вывозку древесины от качества дороги можно описать функцией вида (13):

$$Z_{выв} = b + \exp(k \cdot d), \quad (13)$$

где d – коэффициент пропорциональности, определяемый эффективностью применяемой технологии.
 Оптимальный уровень качества дорожного покрытия может быть определен из условия

$$\frac{dZ}{dp} = \frac{d(Z_{\text{пр}} + Z_{\text{вывоз}})}{dp} = 0, \quad (14)$$

где Z – суммарные затраты на прокладку дороги и вывозку древесины; p – количественная оценка качества дорожного покрытия.

Очевидно, что в точке, соответствующей минимуму суммарных затрат, необходимо изменить технологию прокладки пути, а в точке, соответствующей этому минимуму суммарных затрат, необходимо изменить технологию строительства дороги в сторону улучшения ее качества. На рис. 4 это изображено пунктирными линиями.

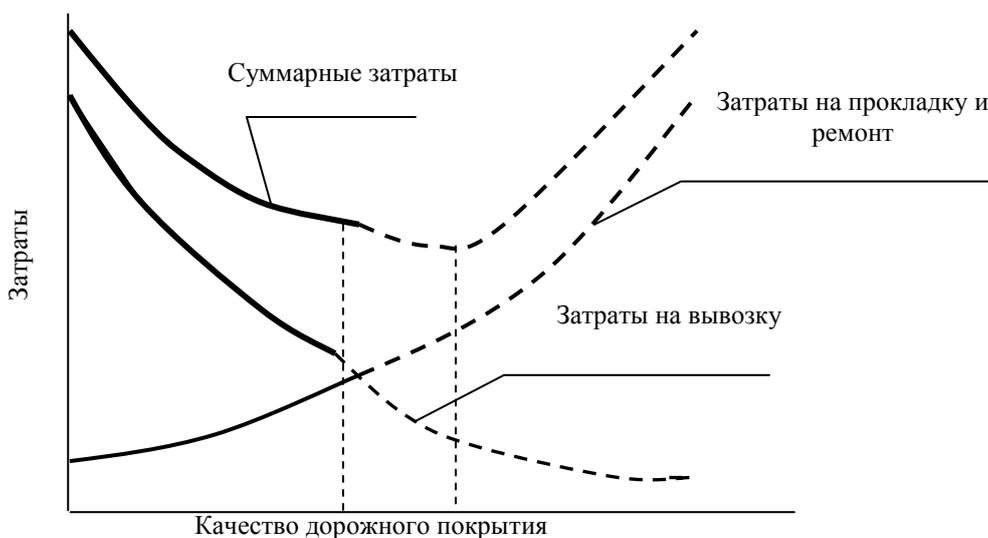


Рис. 4. Изменение затрат при изменении технологии строительства дороги

Качество дорожного покрытия определяется технологией (грейдерование, отсыпка, укладка бетонных блоков, асфальтирование), применяемой техникой и материалами (гравий, щебенка, асфальт и пр.) и, строго говоря, его зависимость от соответствующих затрат характеризуется прерывистыми линиями.

Однако при этом резко возрастает сложность решения задачи определения оптимального уровня качества дорожного покрытия и в первом приближении представляется вполне возможным и достаточным применение формул (13)–(14).

Таким образом, как было показано выше, решение задач прогнозирования запасов древесины на участках леса, оптимизации величины расчетной лесосеки и оптимизации транспортной схемы освоения лесов необходимо производить комплексно, т.е. в тесной связи друг с другом.

После построения схемы сети в соответствии с прогнозируемым грузопотоком необходимо определить качество дорожного покрытия [2, 15]. На последнем этапе данной логистической цепи производится выбор вида транспортных средств и транспортной схемы сети доставки лесопродукции потребителям [15].

Решения должны охватывать весь комплекс проблем ведения лесного хозяйства и лесопользования: законодательных, социально-экономических, технико-технологических, управленческих и других аспектов планирования и организации устойчивого управления лесным комплексом России. Это характерно для современного этапа развития логистики в развитых странах. Этот этап называется концепцией общей ответственности.

На рис. 5 приведена структурная схема организации системного подхода к решению задачи оптимизации лесопользования. Сложность и разветвленность этой схемы отражает сложность и многогранность поставленной задачи. Комплексные испытания полученных моделей были произведены на целом ряде конкретных арендных участков Ангаро-Енисейского региона и дали положительные результаты.

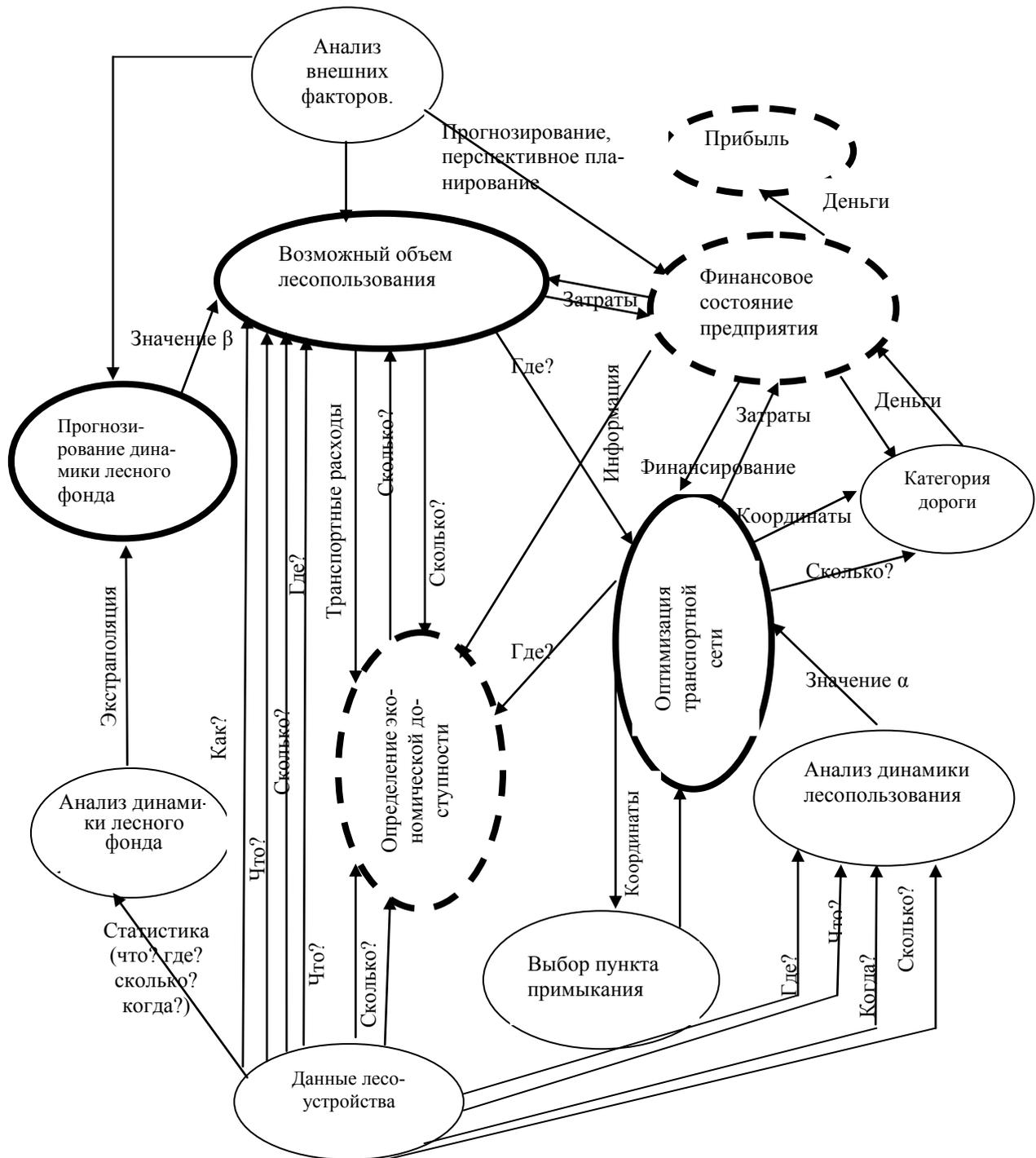


Рис. 5. Структурная схема системного подхода к решению задачи оптимизации освоения лесов

Динамика лесопользования определяется стабильностью финансового состояния лесозаготовительного предприятия, а также оказывает весьма существенное влияние на фактические возможности освоения лесосырьевой базы в каждом конкретном условиях, на каждом временном интервале. Только объективная научно обоснованная и всесторонняя оценка сложившейся ситуации, определение стратегии и тактики развития лесного сектора на основе системного анализа и перспективных прогнозов позволят решать конкретные задачи, связанные с принятием оптимальных управленческих решений.

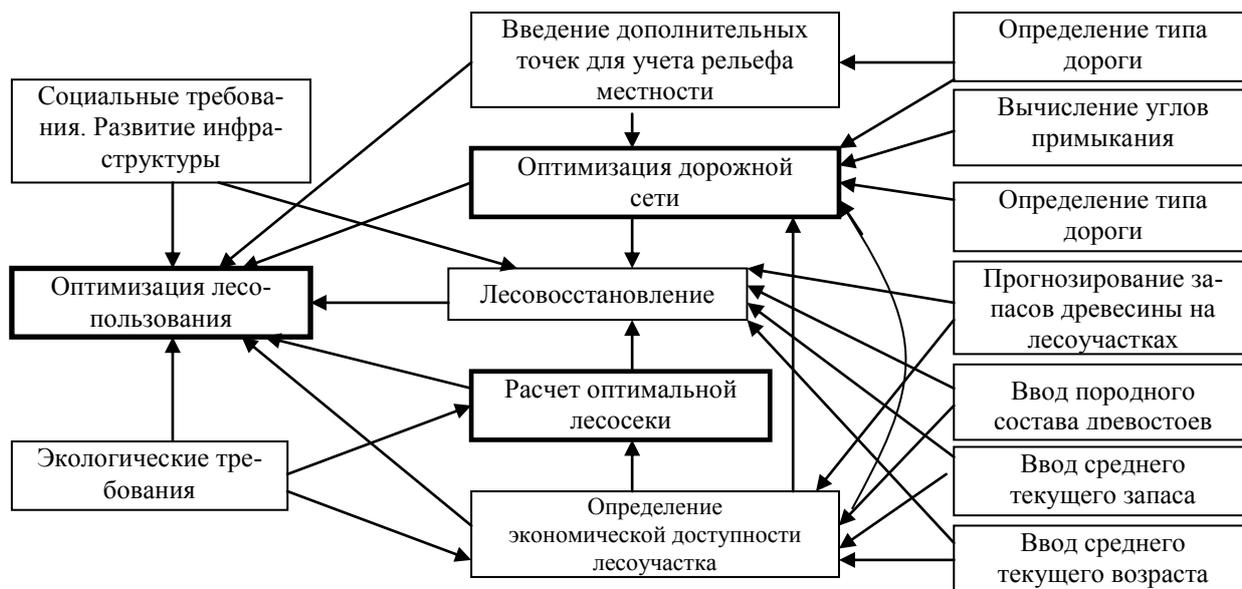


Рис. 6. Дерево целей решения задачи оптимизации освоения лесов

На рис. 6 приведено дерево целей, четко увязывающих все поставленные задачи в единое целое.

Литература

1. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С. Моделирование и оптимизация размеров главного пользования лесом: монография. – Лесосибирск: ЛФ СибГТУ, 2004. – 80 с.
2. Основы расчета и планирования устойчивого управления лесопользованием: монография / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.С. Болотова [и др.]. – Красноярск: СибГТУ, 2005. – 183 с.
3. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Привалихин А.И. Оптимизация лесопользования Нижнего Приангарья // Тр. 1-й науч.-практ. конф. по реализации Федеральной целевой программы освоения Нижнего Приангарья. – Красноярск, 1997. – С. 178–180.
4. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Колесник А.А. Математическое моделирование динамики лесного фонда и оптимизация лесопользования // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 27–31.
5. Оптимизация величины расчетной лесосеки для группы хозяйственных секций / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.И. Привалихин [и др.] // Лесозэксплуатация: межвуз. сб. науч. тр. – Красноярск, 1998. – С. 33–38.
6. Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В., Болотова А.С. Комплексное решение задач прогнозирования запасов древесины, оптимизации величины расчетной лесосеки и дорожно-транспортной сети // Вестн. СибГТУ. – 2001. – С. 52–57.
7. Ельдештейн Ю.М., Болотов О.В., Колесник А.А. Математическое моделирование динамики лесного фонда и оптимизация величины расчетной лесосеки с учетом требования непрерывного и неистощительного лесопользования // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 27–31.
8. Болотов О.В., Мохирев А.П. Экономическая доступность лесных древесных ресурсов // Вестн. КГУ. Естественные науки. – 2006. – № 5. – С. 5–9.
9. Болотов О.В. Оценка эколого-экономического потенциала и доступности лесных ресурсов // Вестн. КрасГАУ. – 2006. – № 8. – С. 79–82.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613237 «Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по прогнозируемым запасам древесины» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2009612084; заявл. 04.05.2009.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23.06.2009.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009614357 «Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по площадям» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2009612085; заявл. 04.05.2009.; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 19.07.2009.
12. Ельдештейн Ю.М., Болотова А.С., Двойцова И.Н. Задачи прогнозирования запасов древесины, оптимизации величины расчетной лесосеки и дорожно-транспортной сети // Экономика природопользования и природоохраны: мат-лы Междунар. конф. – Пенза, 1999. – С. 34–35.

13. Ельдештейн Ю.М., Двойцова И.Н., Шароглазова Е.Н. Повышение точности прогнозирования запасов древесины на лесоучастках // Лесной комплекс – проблемы и решения: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – С. 25–29.
14. Болотов О.В., Ельдештейн Ю.М., Черных Р.А. Зависимость затрат на строительство лесовозных дорог от объемов вывозки // Вестн. КрасГАУ. – 2008. – № 4. – С. 5–7.
15. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Выбор качества дорожного покрытия лесовозных дорог // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 289–292.
16. Определение оптимального местоположения грузосборочных участков на лесозаготовках / Ю.М. Ельдештейн, Г.В. Батлук, Н.В. Хатулева [и др.] // Проблемы химико-лесного комплекса. – Красноярск, 2000. – С.159–160.
17. Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е. Оптимизация места расположения узлов транспортной схемы // Логистика – Евразийский мост: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2012. – Ч. 1. – С. 123–127.
18. Ельдештейн Ю.М. «Логистика с иллюстрациями. – Красноярск, 2011. – 272 с.
19. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2008614147 «Проектирование рациональной схемы сети лесовозных автодорог» / Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, Р.А. Черных; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2008612990; заявл. 02.07.2008; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 29.08.2008.
20. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009610561 «Проектирование рациональной схемы сети лесовозных автодорог» / О.В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, Р.А. Черных; заявитель и патентообладатель СибГТУ. – Заявка №2008615673; заявл. 03.12.2008; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 23.01.2009.



УДК 581.6:582.47:674.8

А.В. Семенович, С.Р. Лоскутов

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СОРБЦИИ КАТИОНОВ МЕТАЛЛОВ МОДИФИЦИРОВАННОЙ КОРОЙ ХВОЙНЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД СИБИРИ

В статье рассматриваются сорбционные свойства модифицированной коры хвойных древесных пород, произрастающих на территории Сибири. Предложен способ утилизации отхода деревообработки (коры), позволяющий получать эффективные сорбенты.

Ключевые слова: утилизация коры, модифицирование, сорбция катионов металлов.

A.V. Semenovich, S.R. Loskutov

THE REGULARITY OF THE METAL CATION SORPTION BY THE MODIFIED BARK OF SIBERIAN CONIFEROUS TREE SPECIES

The sorption properties of the modified bark of the coniferous tree species growing in the territory of Siberia are considered in the article. The way of the utilization of the woodworking waste (bark) allowing to receive the effective sorbents is offered.

Key words: bark utilization, modification, metal cationsorption.

Введение. Перспективным направлением утилизации отходов окорки древесины (коры) является получение сорбентов, способных улавливать из сточных вод загрязняющие вещества. Использование необработанной коры нецелесообразно: водорастворимые вещества вызывают вторичное загрязнение очищаемого раствора и снижают сорбционную емкость материала по отношению к целевым компонентам. Способы химического модифицирования коры разрабатываются в Японии, США, Франции и других странах [1, 2, 3]. В России подобные исследования не проводились. Однако известно, что свойства сорбента зависят от фракционного состава луб-корка-древесина, анатомо-морфологического строения, химического состава сырья, которые определяются не только принадлежностью к той или иной породе, но и ботанико-географическими условиями произрастания деревьев.

Цель исследований. Изучение сорбционных свойств модифицированной коры хвойных древесных пород, произрастающих и заготавливаемых на территории Сибири по отношению к катионам металлов.