

УДК 630+161

Ельдештейн Юрий Михайлович

Кандидат технических наук,
Профессор кафедры менеджмента и административного управления,
Красноярский государственный аграрный университет

Шапорова Зинаида Егоровна

Кандидат экономических наук,
Заведующая кафедрой менеджмента и административного управления,
Красноярский государственный аграрный университет

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК В ЛЕСНОМ КОМПЛЕКСЕ

В работе показано решение основных задач лесного комплекса с позиции системного подхода в цепи поставок. Приведены математические и графоаналитические модели оптимизации величины расчетной лесосеки, прогнозирования динамики лесного фонда, оптимизации транспортной схемы для освоения лесного фонда, качества дорожного покрытия и места расположения грузосборочного склада.

Ключевые слова: лесной комплекс, системный подход, математическая модель.

Agris subject categories: D10, D50

JEL classification code: M 110, M 130, M 210

Yuri Eldestein

Ph.D. (Technical Sciences),
Professor of Department of management and administration
Krasnoyarsk state agrarian University

Zinaida Shapороva

Ph.D. (Economics),
head. the Department of management and administration
Krasnoyarsk state agrarian University

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN THE FOREST COMPLEX

In article show the solution of the fundamental problems of the forest complex with the system approach in the supply chain. The mathematical and graphic-analytical

model optimizing the value of the calculated cutting area, forecasting of dynamics of forest resources, optimization of the transport scheme for the development of forest resources, quality of pavement and location of cargo assembly warehouse.

Keywords: forest complex, system approach, mathematical model.

Agris subject categories: D10, D50

JEL classification code: M 110, M 130, M 210

Лесопромышленное производство в системе лесного комплекса России имеет свои характерные особенности. Лесозаготовительное производство, хотя и являются в первую очередь процессом заготовки древесины для дальнейшей переработки, одновременно они представляют собой элемент комплекса лесохозяйственных мероприятий в сложной системе организации устойчивого управления лесами. Такая постановка задачи предопределяет необходимость рассмотрения всех вопросов, связанных с лесопользованием в рамках специальной лесопромышленной логистики.

Переход на принципы рыночной экономики, исключительная неразвитость транспортной инфраструктуры, ориентирование на временный характер главного пользования большинства лесопромышленных предприятий привели к глубокому социально-экономическому кризису лесного комплекса России. Отсутствие лесной национальной политики, несовершенство нормативно-правовой базы, слабое государственное регулирование не дают возможности устранить эти проблемы в ближайшей перспективе. Значительная часть ошибок при планировании объема лесопользования связана с отсутствием системного подхода к решению этой проблемы. При определении величины расчетной лесосеки недостаточно учитываются такие факторы, как экономическая доступность отдельных участков леса, финансовое состояние лесозаготовительных предприятий, их техническая оснащенность, состояние лесного фонда, процессы лесовосстановления и прочие аспекты.

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 условиях принятие частных решений без учета общих целей функционирования системы и предъявляемых к ней требований может оказаться недостаточным, а возможно, и ошибочным. Эти 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 рисунке 1 приведена структурная схема организации системного подхода к решению задачи оптимизации лесопользования [1].

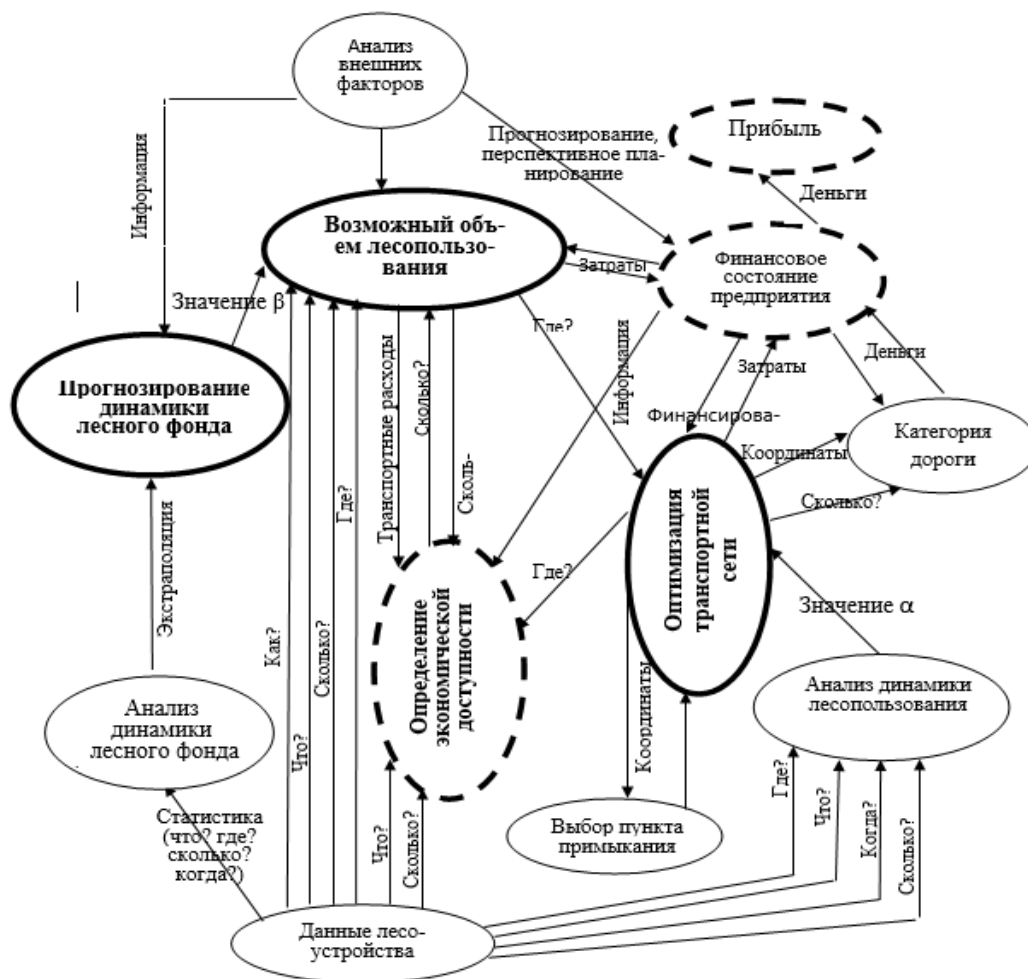


Рисунок 1
Структурная схема организации системного подхода к решению задачи оптимизации лесопользования

Сложность и разветвленность этой схемы отражает сложность и многогранность поставленной задачи. В связи с этим нами была разработана соответствующая стратегия исследований [2]. На рисунке 2 приведено дерево целей, четко увязывающих все поставленные задачи в единое целое.

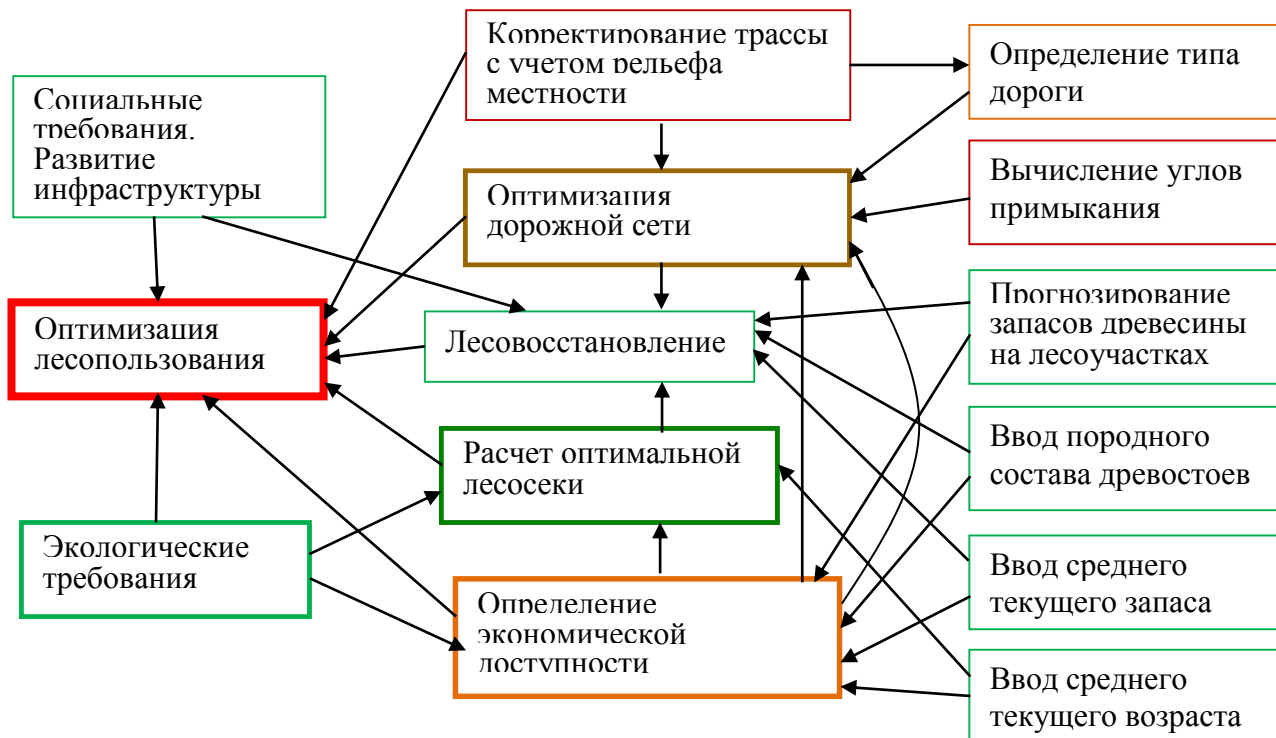


Рисунок 2

Дерево целей решения задачи оптимизации освоения лесов

Главным звеном этого дерева целей является оптимизация лесопользования, где основным элементом является определение величины оптимальной лесосеки. 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 цепи поставок 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.

Нами была разработана, испытана и внедрена в проектную практику математическая модель [3, 4, 5] и соответствующее программное обеспечение [6, 7] оптимизации величины расчетной лесосеки:

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

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

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

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

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

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

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

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

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 точек 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 [8].

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 непременным условием реального соблюдения принципа непрерывного неистощительного лесопользования. Для решения этой задачи экспериментально-аналитическими методами нами выведены специальные формулы [5, 9]:

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, по нашему мнению, 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 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. Экономическая доступность в первую очередь определяется транспортной доступностью отдельных лесоучастков. Решение этой проблемы невозможно без применения методов транспортной логистики.

К задачам транспортной логистики в первую очередь относятся задачи, решение которых усиливает согласованность действий непосредственных участников транспортного процесса. Наличие единого оператора сквозного перевозочного процесса, осуществляющего единую функцию управления сквозным материальным потоком, создает возможность эффективно проектировать движение материального потока. Решение задачи выбора

маршрута и транспортных средств позволяет значительно снизить транспортные расходы и уменьшить время транспортировки.

В литературе обычно приводится только сравнительная характеристика различных видов транспорта и качественные рекомендации по их выбору.

Достаточно очевидно, что любая грузоперевозка, особенно по сложной мультимодальной схеме при наличии вариантов вида транспорта, средств перевозки, особых условий перевозки и финансовых возможностей заказчика и т.п., требует достаточно формализованного подхода к решению такой задачи.

На рисунке 3 приведен пример логистической цепи мультимодальной доставки лесопродукции конечным потребителям.

Математическая модель этой задачи может быть представлена целевой функцией, характеризующей требование минимизации суммарных затрат, связанных с перевозкой, и системой ограничений [10].

Целевая функция может быть записана в следующем виде:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n C_{ij} \rightarrow \text{Min}, \quad (j = 1, \dots, m) \quad (10)$$

где C_{ij} — затраты на перевозку продукции i -тым транспортным средством на j -том маршруте; n — число маршрутов; m — число транспортных средств, используемых на данном маршруте;

$$C_{ij} = \sum_{i=1}^n c_{ij} l_{ij} + C_{\text{доп}}; \quad (j = 1, \dots, m) \quad (11)$$

где l_{ij} — длина участка j -того маршрута, на котором используется i -тое транспортное средство; c_{ij} — затраты на перевозку единицы продукции на один километр i -тым транспортным средством на j -том маршруте; $C_{\text{доп}j}$ — дополнительные затраты:

$$C_{\text{доп}} = C_{xp} + C_k + C_{np} + C_z + C_\varepsilon, \quad (12)$$

где C_{xpj} — затраты, связанные с хранением во время комплектации; C_{kj} — затраты, связанные с непосредственной комплектацией; C_{npj} — затраты на погрузочно-разгрузочные работы; C_{zj} — затраты на экспедирование; $C_{шт}$ — затраты на штрафные санкции, связанные с задержкой поставок.

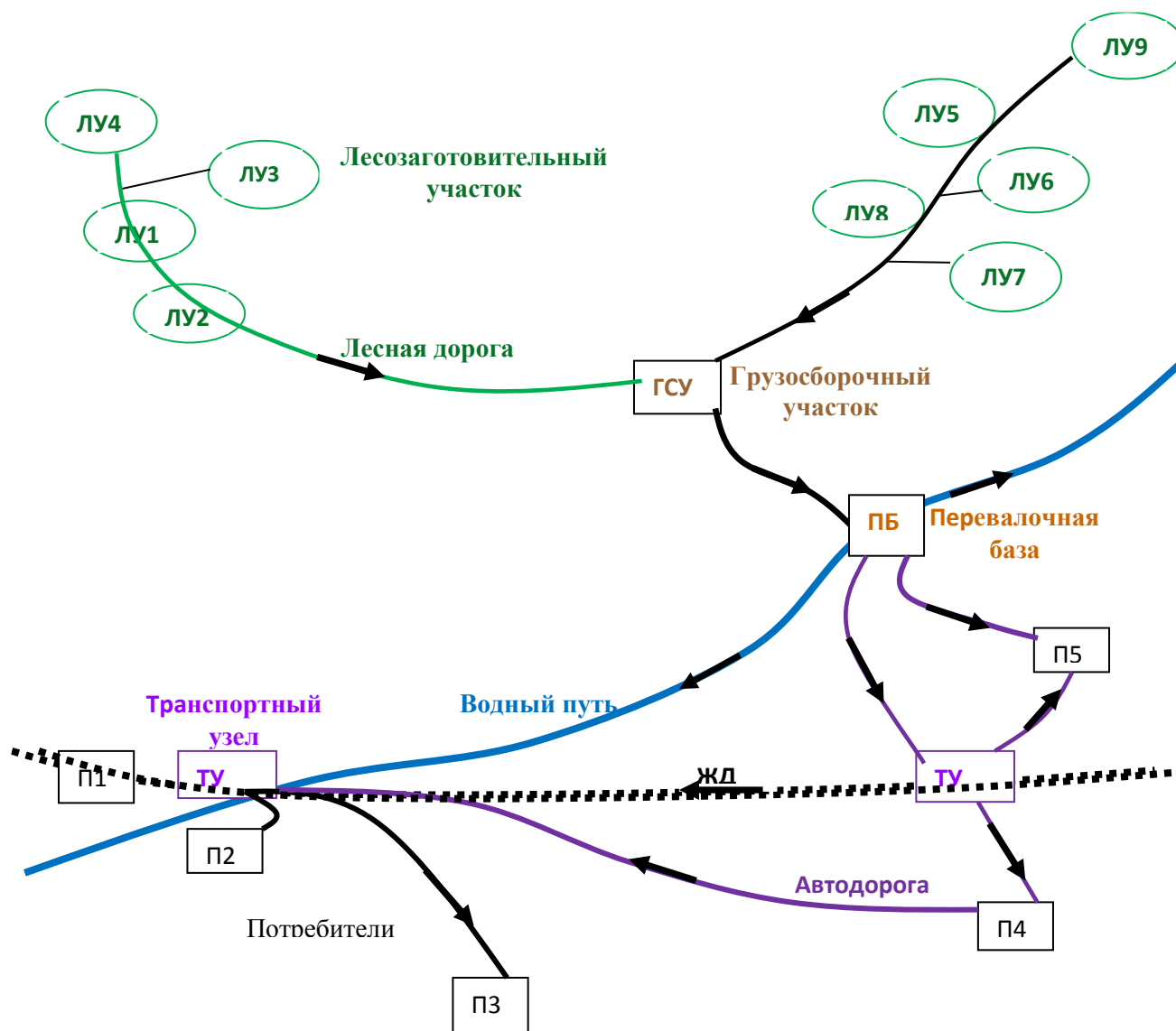


Рисунок 3. — Пример вариантов логистической цепи доставки лесных грузов потребителям

Кроме того, в некоторых случаях необходимо учитывать с одной стороны возможные штрафные санкции за задержку поставок, а с другой — финансовые выгоды, возможные при скорейших поставках.

В качестве ограничения может рассматриваться требование минимизации времени прохождения продукции от первичного источника до конечного потребителя:

$$F_2 = \sum_{i=1}^n t_{ij} \rightarrow \text{Min.} \quad (j = 1, \dots, m) \quad (13)$$

В таком случае получается многокритериальная задача, которая может решаться, например, методом иерархии критериев или методом последовательных уступок [3].

В другом варианте на критерий F_2 может быть просто наложено ограничение:

$$\sum_{i=1}^n t_{ij} \leq T_{max}, \quad (j = 1, \dots, m) \quad (14)$$

где T_{max} — максимально допустимое время транспортировки; t_{ij} — время работы i -того транспортного средства на j -том маршруте, которое зависит от его вида, длины участка l_j , дорожных характеристик и дополнительных затрат времени на промежуточные операции $t_{доп}$.

$$t_{ij} = \sum_{i=1}^n l_{ij} V_{ij} + t_{доп}, \quad (j = 1, \dots, m) \quad (15)$$

где V_{ij} — скорость i -того транспортного средства на j -том маршруте.

При использовании автомобильного транспорта финансовые и временные затраты зависят не только от длин участков, но и от качества дорожного покрытия, рельефа местности, времени года и погодных условий. Работа воздушного и водного транспорта так же зависит от времени года и погодных условий. Самым надежным в плане стабильности является железнодорожный транспорт. Риск — это возможность получения неожиданного результата при принятии решения в условиях неопределенности.

Очевидно, что математическая модель задачи должна быть дополнена ограничением на допустимый риск задержки поставок:

$$K_i \leq K_{доп} \quad (16)$$

где K_i — коэффициент риска i -го варианта; $K_{доп}$ — допустимый риск.

Нами разработана графоаналитическая модель и программное обеспечение [5, 11] 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 [12, 13].

На рисунке 4 приведен упрощенный пример оптимальной транспортной схемы, полученной на базе вышеуказанной графоаналитической модели.

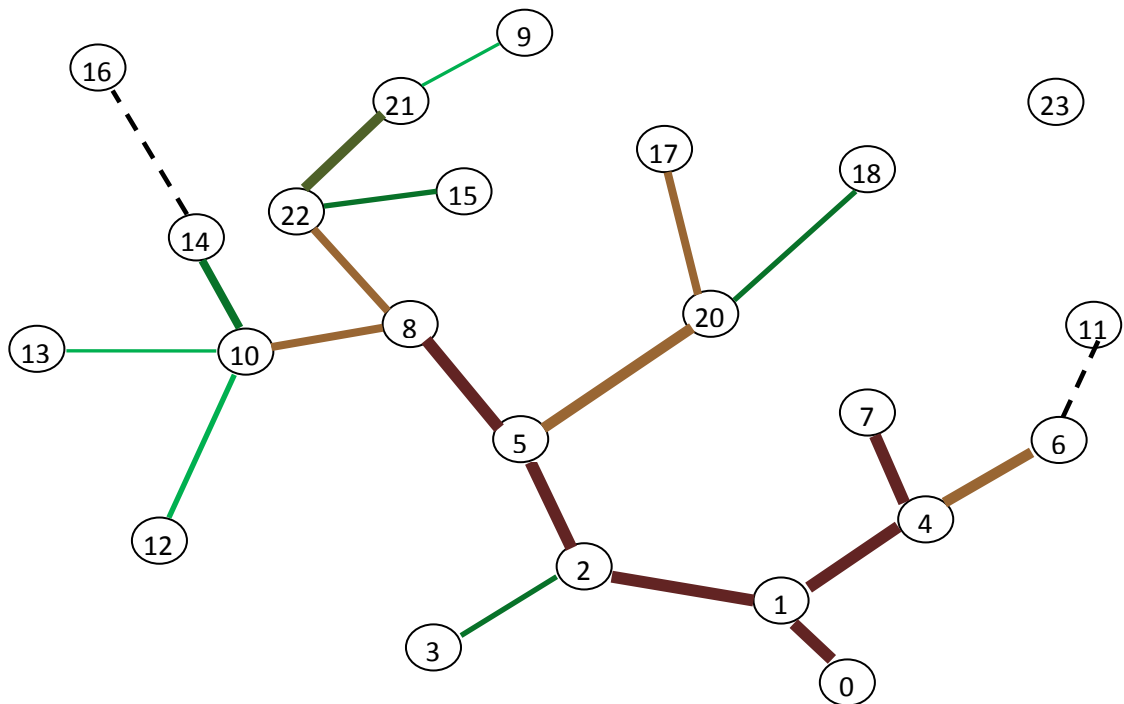


Рисунок 4. — Пример оптимальной транспортной схемы сети

Здесь приняты следующие обозначения:

- 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 первой группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в четвертом расчетном периоде;
- дороги, ведущие к средневозрастным лесам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в третьем расчетном периоде;

- дороги, ведущие к молоднякам второй группы (ввод в эксплуатацию может понадобиться в пятом расчетном периоде;
- дороги, ведущие к молоднякам первой группы;
- лесопосадки.

На рисунке кружками с цифрами указаны условные участки леса. 11-й и 23-й участки леса не связаны с другими дорогой, т. к. в силу ряда причин (большая удаленность, небольшие запасы древесины, ее низкое качество и пр.) их разработка экономически нецелесообразна.

Эта схема составлена только с учетом распределения насаждений по возрастным градам, 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, 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, т. к. 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, т. к. хвойные насаждения на нем достигнут возраста рубки только через 100-120 лет.

Следует отметить, что экономическая недоступность отдельных лесосек может быть временной (на рисунке — участок 23), т. к. 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.

На рисунке 5 приведен упрощенный пример транспортной схемы, построенный с применением одного из известных алгоритмов на условной карте местности.

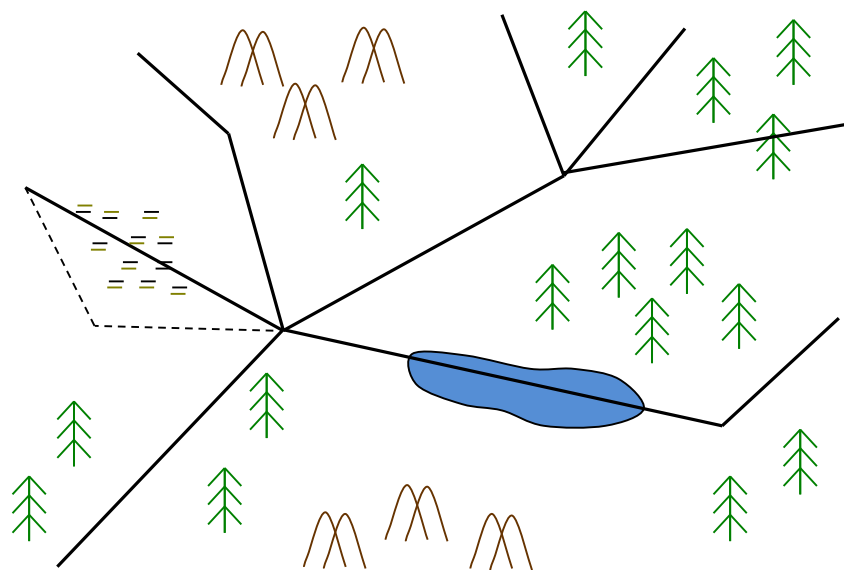


Рисунок 5. — Оптимальная транспортная схема

Недостатком всех этих алгоритмов является то, что все дороги там размечаются по прямым линиям. В данном примере одна ветка проходит через заболоченную местность, где затраты на строительство значительно выше, а вторая прямо через озеро, что вообще недопустимо при строительстве дорог круглогодичного действия. Для решения этой проблемы можно рассмотреть два варианта:

- 1 — введение дополнительной обязательной вершины остовного дерева с нулевой стоимостью, так как это показано на рисунке пунктирной линией;
- 2 — определение оптимальной формы трассы с помощью метода динамического программирования.

Недостатком первого варианта является то, что положение этой вспомогательной точки объективно ничем не обосновано, а, следовательно, едва ли оптимально. На рисунке 6 в координатной сетке 1x1 км. приведено решение задачи огибания озера методом динамического программирования [14].

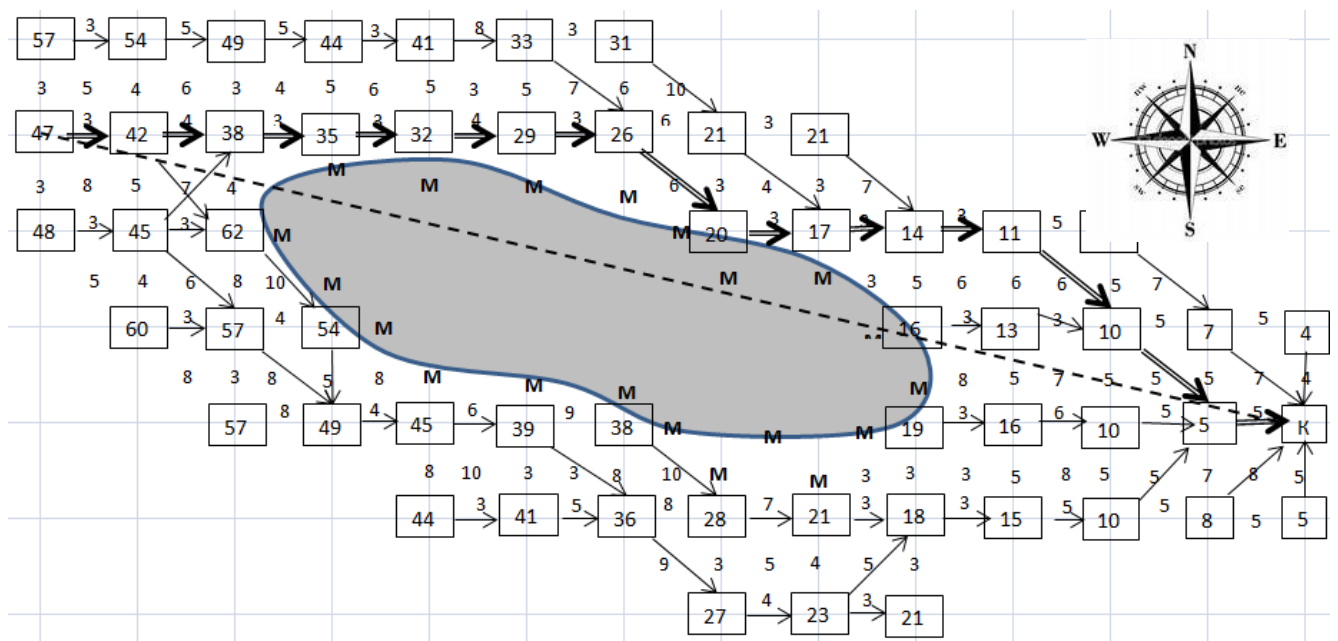


Рисунок 6. — Оптимизация прокладки дороги методом динамического программирования

Вдоль проблемной ветки дороги, изображенной пунктирной стрелкой, выделена область определенной ширины (в данном примере эта область составляет около двух километров). На каждом ребре координатной сетки и на диагоналях указаны затраты на прокладку одного километра дороги в некоторых условных единицах. Эти затраты определяются рельефом, состоянием грунта и пр.

В этом примере принято пять возможных направлений прокладки дороги: С, Ю, В, С-В, Ю-В. На границах запретной зоны (в данном случае озера) вместо

реальной стоимости прокладки дороги поставлен запрет в форме M — сколь угодно большого числа, большего любого наперед заданного.

Оптимальное решение выделено толстыми стрелками. Минимальные затраты на строительство дороги составили 47 у.е., что отражено в клетке соответствующей началу участка (началу пунктирной стрелки).

Очевидно, что метод динамического программирования позволяет учитывать природно-географические особенности местности и решать проблемы, связанные с оптимизацией транспортной схемы.

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 устройство дороги, что отражено на рисунке 7.

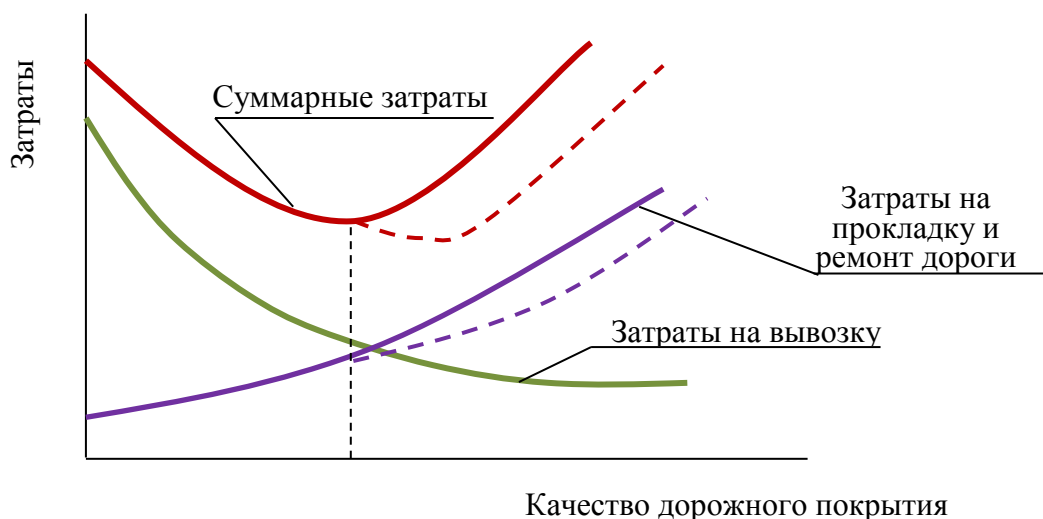


Рисунок 7. — Зависимость затрат от качества дорожного покрытия

Зависимость затрат на прокладку и ремонт дороги от заданного ее качества видимо может быть описана уравнением вида (17) [15]

$$Z_{np} = b + \exp(-a * k) \quad (17)$$

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 (18)

$$Z_{\text{выв}} = b + \exp(k * d), \quad (18)$$

где d — коэффициент пропорциональности, определяемый эффективностью применяемой технологии.

Оптимальный уровень качества дорожного покрытия может быть определен из условия (19)

$$\frac{dZ}{dp} = \frac{d(Z_{\text{пр}} + Z_{\text{выв}})}{dp} = 0, \quad (19)$$

где Z — суммарные затраты на прокладку дороги и вывозку древесины;

$Z_{\text{пр}}$ — затраты на прокладку дороги;

$Z_{\text{выв}}$ — затраты на вывозку древесины;

p — количественная оценка качества дорожного покрытия;

Для практического решения задачи оптимизации качества дорожного покрытия для каждого конкретного условия необходимо уточнить вид соответствующих аналитических зависимостей и величины входящих в них коэффициентов.

Очевидно, что в точке соответствующей минимуму суммарных затрат, необходимо изменить технологию прокладки пути в сторону улучшения его качества. На рисунке 7 это изображено пунктирными линиями.

В некоторых случаях экономически целесообразным бывает устройство грузосборочных участков, например, в местах смены транспортных средств. Оптимизация их месторасположения определяется методом “условного центра масс” [5, 16,]:

$$\left. \begin{aligned} X_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i Z_i K_T}{\sum_{i=1}^n Z_i} \\ Y_{opt} &= \frac{\sum_{i=1}^n Y_i Z_i K_T}{\sum_{i=1}^n Z_i} \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

где X_{opt} и Y_{opt} — координаты грузосборочного участка; X_i и Y_i — координаты исходных пунктов; Z_i — запасы древесины на i -том лесоучастке; i — номер лесоучастка; n — число лесоучастков; K_T — коэффициент расхода топлива.

$$K_T = \frac{R_\phi}{R_n}, \quad (21)$$

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

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.

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. 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.

Комплексные испытания полученных моделей были произведены на целом ряде конкретных арендных участков Ангаро-Енисейского региона и дали положительные результаты.

Литература

1. Ельдештейн, Ю. М., Задачи макрологистики в лесном комплексе/ Ю.М. Ельдештейн// Логистика — Евразийский мост. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Часть 1. 2011. Стр. 309-316.
2. Ельдештейн Ю.М. Логистический подход к решению задачи

оптимизации лесопользования/ Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов//Проблемы современной аграрной науки Материалы международной заочной научной конференции (15 октября 2014 г.). стр. 101-104.

3. Ельдештейн, Ю. М., Оптимизация величины расчетной лесосеки для группы хозяйственных секций / Ю. М. Ельдештейн, Болотов, О. В., Привалихин, А. И., Болотова, А. С. // Лесоэксплуатация: Межвуз. сб. науч. тр. — Красноярск, 1998. — С 33-38.

4. Ельдештейн, Ю.М. «Логистика с иллюстрациями»/ Ю.М. Ельдештейн// Красноярск, КГАУ.- 2011. — 272 с.

5. Ельдештейн, Ю.М. «Введение в логистику»/ Ю.М. Ельдештейн// Красноярск, КГАУ.- 2015. — 375 с.

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009613237. Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по прогнозируемым запасам древесины на лесоучастках/ Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов, 2009.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2009614357. Расчет оптимальной величины расчетной лесосеки по площадям/ Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.А. Пашинов, 2009.

8. Болотов О. В. Определение экономической доступности условной лесосырьевой базы/ О. В. Болотов, Ю.М. Ельдештейн, А.П. Мохирев// Лесной и химический комплексы: проблемы и решения. Всероссийская науч. практич. конф. 24-25 апреля 2003. Сб. статей по мат. конф. Т. 1 Красноярск. 2003. С. 290-293.

9. Ельдештейн, Ю.М. Комплексное решение задач прогнозирования запасов древесины, оптимизации величины расчетной лесосеки и дорожно-транспортной сети / Ю. М. Ельдештейн, О.В. Болотов, О.В., А.С. Болотова, // Вестник СибГТУ. Теоретический и научно-практический журнал. №1, 2001 С. 52-57.

10. Ельдештейн, Ю.М. Математическая модель выбора маршрута и транспортных средств/ Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов О.В.// Логистика —

Евразийский мост. Материалы X Междунар. науч.-практич. конф.. 2015. Стр. 53-57

11. Ельдештейн, Ю.М. Графоаналитическая модель оптимизации транспортной схемы лесовозных дорог/ Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов, А.И. Привалихин, Е.В. Щербинин// Лесной комплекс — проблемы и решения: всероссийская науч. практич. конф. Сборник докладов. — Красноярск: СибГТУ, 1999. — с. 114-117.

12. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2008614147 / 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.

13. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2009610561 / 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.

14. Ельдештейн, Ю.М. Применение метода динамического программирования при проектировании транспортной схемы сети дорог с учетом рельефа местности/Ю.М. Ельдештейн, О.В. Болотов// Логистика — Евразийский мост. Материалы X Междунар. науч.-практич. конф.. 2015. Стр. 90-101

15. Ельдештейн, Ю.М. Выбор качества дорожного покрытия лесовозных дорог/ Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е.// Логистика — Евразийский мост. Материалы VI междунар. науч.- практич. конф. Часть 1.- 2012 — С. 289-292.

16. Ельдештейн, Ю.М. Оптимизация места расположения узлов транспортной схемы.- Ельдештейн Ю.М., Шапорова З.Е.// Логистика — Евразийский мост. Материалы VII межд. науч. практич. конф. Часть 1.- 2012. — С. 123-127.

Reference

1. El'deshtejn, Ju. M., Zadachi makrologistiki v lesnom komplekse/ Ju.M. El'deshtejn// Logistika — Evrazijskij most. Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Chast' 1. 2011. P. 309-316. (*in Russian*)
2. El'deshtejn Ju.M. Logisticheskiy podhod k resheniju zadachi optimizacii lesopol'zovanija/ Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov//Problemy sovremennoj agrarnoj nauki Materialy mezhdunarodnoj zaochnoj nauchnoj konferencii (15 oktjabrja 2014 g.). p 101-104. (*in Russian*)
3. El'deshtejn, Ju. M., Optimizacija velichiny raschetnoj lesoseki dlja grupy hozjajstvennyh sekcij / Ju. M. El'deshtejn, Bolotov, O. V., Privalihin, A. I., Bolotova, A. S. // Lesojekspluatacija: Mezhvuz. sb. nauch. tr. — Krasnojarsk, 1998. — p 33-38. (*in Russian*)
4. El'deshtejn, Ju.M. «Logistika s illjustracijami»/ Ju.M. El'deshtejn// Krasnojarsk, KGAU.- 2011. — 272 p. (*in Russian*)
5. El'deshtejn, Ju.M. «Vvedenie v logistiku»/ Ju.M. El'deshtejn// Krasnojarsk, KGAU.- 2015. — 375 p. (*in Russian*)
6. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2009613237. Raschet optimal'noj velichiny raschetnoj lesoseki po prognoziruемым запасам drevesiny na lesouchastkah/ Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov, A.A. Pashinov, 2009. (*in Russian*)
7. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2009614357. Raschet optimal'noj velichiny raschetnoj lesoseki po ploshhadjam/ Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov, A.A. Pashinov, 2009. (*in Russian*)
8. Bolotov O. V. Opredelenie jekonomicheskoj dostupnosti uslovnoj lesosyr'evoj bazy/ O. V. Bolotov, Ju.M. El'deshtejn, A.P. Mohirev// Lesnoj i himicheskij kompleksy: problemy i reshenija. Vserossijskaja nauch. praktich. konf. 24-25 aprelja 2003. Sb. statej po mat. konf. T. 1 Krasnojarsk. 2003. p. 290-293. (*in Russian*)
9. El'deshtejn, Ju.M. Kompleksnoe reshenie zadach prognozirovaniya zapasov drevesiny, optimizacii velichiny raschetnoj lesoseki i dorozhno-transportnoj

seti / Ju. M. El'deshtejn, O.V. Bolotov, O.V., A.S. Bolotova, // Vestnik SibGTU. Teoreticheskij i nauchno-prakticheskij zhurnal. №1, 2001 p. 52-57. (*in Russian*)

10. El'deshtejn, Ju.M. Matematicheskaja model' vybora marshruta i transportnyh sredstv/ Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov O.V. // Logistika — Evrazijskij most. Materialy X Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.. 2015. p. 53-57 (*in Russian*)

11. El'deshtejn, Ju.M. Grafoanaliticheskaja model' optimizacii transportnoj shemy lesovoznyh dorog/ Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov, A.I. Privalihin, E.V. Shherbinin // Lesnoj kompleks — problemy i reshenija: vserossijskaja nauch. praktich. konf. Sbornik dokladov. — Krasnojarsk: SibGTU, 1999. — p. 114-117. (*in Russian*)

12. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programm dlja JeVM №2008614147 / Ju.M. El'deshtejn, O. V. Bolotov, R. A. Chernyh; zajavitel' i patentoobladatel' SibGTU.- Zajavka № 2008612990, zajavl. 02.07.2008, zaregistrirovano v Reestre programm dlja JeVM 29.08.2008. (*in Russian*)

13. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programm dlja JeVM №2009610561 / O. V. Bolotov, Ju. M. El'deshtejn, R.A. Chernyh; zajavitel' i patentoobladatel' SibGTU.- Zajavka № 2008615673, zajavl. 03.12.2008, zaregistrirovano v Reestre programm dlja JeVM 23.01.2009. (*in Russian*)

14. El'deshtejn, Ju.M. Primenenie metoda dinamicheskogo programirovanija pri proektirovanii transportnoj shemy seti dorog s uchetom rel'efa mestnosti/Ju.M. El'deshtejn, O.V. Bolotov // Logistika — Evrazijskij most. Materialy X Mezhdunar. nauch.-praktich. konf.. 2015. p. 90-101 (*in Russian*)

15. El'deshtejn, Ju.M. Vybor kachestva dorozhnogo pokrytija lesovoznyh dorog/ El'deshtejn Ju.M., Shaporova Z.E. // Logistika — Evrazijskij most. Materialy VI mezhdunar. nauch.- praktich. konf. Chast' 1.- 2012 — p. 289-292. (*in Russian*)

16. El'deshtejn, Ju.M. Optimizacija mesta raspolozhenija uzlov transportnoj shemy.- El'deshtejn Ju.M., Shaporova Z.E. // Logistika — Evrazijskij most. Materialy VII mezhd. nauch. praktich. konf. Chast' 1.- 2012. — p. 123-127. (*in Russian*)