

Э. О. Салминен, профессор СПбЛТА, РФ; А. А. Борозна, доцент СПбЛТА, РФ

## ЛЕСОПРОМЫШЛЕННАЯ ЛОГИСТИКА КАК МЕТОД ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

The article is dedicated to logistic as a new method of effective work in forest industry.

Современный этап развития экономических отношений требует рассматривать предприятия в постоянной взаимосвязи с поставщиками производственных ресурсов и потребителями готовой продукции. Особенностью лесопромышленного производства является то, что поставщиками производственных ресурсов (энергоносителей, запасных частей, машин и т. п.) являются не только предприятия, но и арендуемый лесосечный фонд, требующий соблюдения определенных природоохранных требований и выполнения лесохозяйственных мероприятий.

Усложнение производства и обострение конкуренции требуют более точной увязки логистики со стратегическими целями предприятий, повышения гибкости производства, их способности быстро реагировать на рыночные колебания. Главной задачей логистики является разработка тщательно взвешенного и обоснованного предложения, которое способствует достижению наибольшей эффективности работы предприятия, повышению ее рыночной доли и получению преимуществ перед конкурентами. Одной из основных задач логистики является совершенствование управления товародвижением, создание интегрированной системы регулирования и контроля материальных, информационных и финансовых потоков.

Лесопромышленное производство представляет собой последовательность множества транспортно-технологических процессов, которые можно рассматривать как логистический поток движения лесопроизводства от места произрастания до конечного потребителя с изменением потребительских свойств на отдельных этапах движения. С точки зрения лесопромышленной логистики лесопромышленный комплекс представляет собой многоуровневую логистическую систему. Нижний уровень может представлять собой лесопункт, участок, цех и т. п., которые в сумме составляют следующий уровень. Объединение нескольких самостоятельных лесопромышленных предприятий, имеющих каждый свои законченные транспортно-технологические системы и коммерческие интересы (холдинг, концерн), представляет собой макрологистическую систему более высокого уровня, но в то же время может быть подсистемой системы еще более высокого уровня (регионального, межрегионального, отраслевого).

Отличительной особенностью лесопромышленного комплекса, как логистической системы,

является большая территориальная разобщенность, многопродуктивность, зависимость от погодных-климатических условий. Лесосырьевая база, в зависимости от породно-качественного состава, является источником сырья для множества различных перерабатывающих предприятий, и в то же время вся произрастающая спелая древесина должна быть заготовлена независимо от наличия в регионе потребителей соответствующей породы и качества. Отходы, получаемые в процессе заготовки и переработки древесины на различных этапах, также могут быть сырьем для дальнейшей переработки. Эти особенности определяют необходимость и целесообразность создания производственно-технологических и коммерческих связей лесопромышленных предприятий различных направлений деятельности.

В целом в логистическом потоке создаются различные варианты производственно-транспортно-коммерческих связей и отношений. Из возможных конкретных вариантов связей и отношений и соответствующих им материальных потоков выбираются такие производственные, транспортные, коммерческие и иные организации, структуры и элементы макрологистической системы, которые наиболее эффективны как для отдельных логистических элементов и подсистем, так и для системы в целом.

Одновременно информационное обеспечение логистической системы должно представить подтверждение законности рубок и сертификации лесопроизводства на всех этапах от места произрастания до конечного потребителя.

Многовариантность материальных потоков, технологий производства, транспортных средств, коммерческой деятельности значительно усложняет решение общей задачи.

Принципиальная блок-схема функционирования интегрированной производственно-транспортной макрологистической системы лесопромышленного комплекса представлена на рисунке.

При разработке оптимальной с точки зрения избранного критерия системы функционирования макрологистической системы осуществляется комплексное планирование оптимальных производственно-транспортно-коммерческих отношений с обоснованием объемов производства, транспортирования и потребления продукции, необходимых функциональных процессов на каждом уровне и между ними.

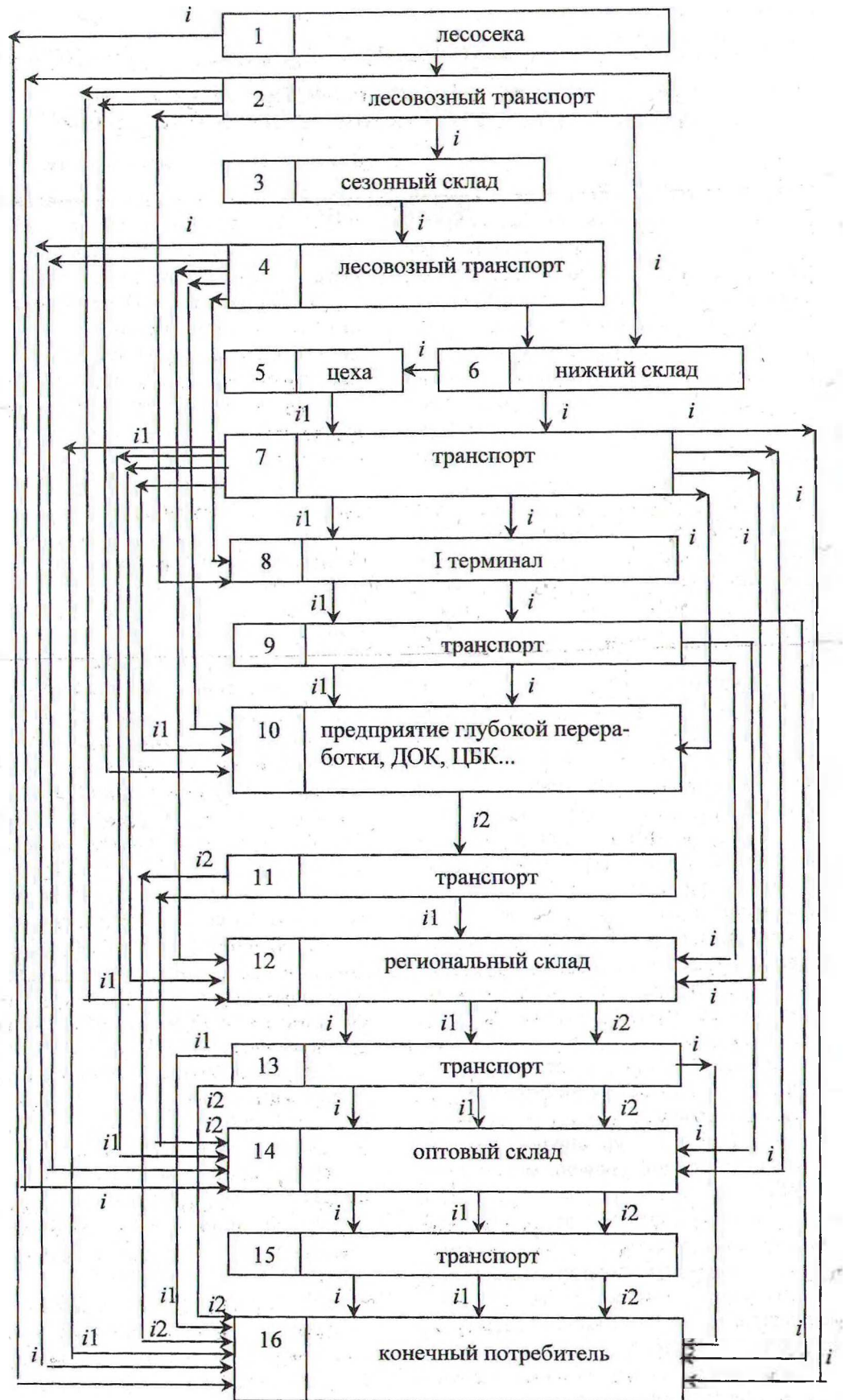


Рисунок. Принципиальная блок-схема функционирования интегрированной производственно-транспортной макрологистической системы лесопромышленного комплекса



На основе анализа возможных отношений между подсистемами построим принципиальные логистико-математические модели, адекватные транспортно-технологическим связям логистических функциональных процессов производства, транспортирования, коммерции и потребления, обеспечивающие оптимизацию процессов функционирования макрологистической системы лесопромышленного комплекса.

Макрологистическая система, представленная на рисунке, включает, по крайней мере, 47 микрологистических систем, которые могут функционировать как самостоятельные системы или входить в качестве подсистем в 14 систем, которые, в свою очередь, являются подсистемами общей макрологистической системы лесопромышленного комплекса (регионального, межрегионального, холдинга, концерна и т. д.).

Цель функционирования макрологистической системы может быть представлена в виде минимизации суммарных затрат или максимизации общих доходов и прибыли. Эти цели взаимно связаны между собой, и одна следует из другой.

Математически условия функционирования микрологистической системы могут быть представлены в виде суммы затрат на функционирование подсистем и ограничений, связывающих подсистемы в единую макрологистическую систему.

Представим логистико-математические модели подсистем, входящих в единую макрологистическую систему функционирования лесопромышленного комплекса.

**Подсистема 1.** Заготовка и доставка древесины непосредственно на нижний склад.

*Технологический процесс.* Заготовка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ) на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ) с использованием  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ) и доставка  $a$ -м типом транспорта ( $a = 1, 2, 3, \dots, A$ ) на  $k_1$ -й нижний склад ( $k_1 = 1, 2, 3, \dots, K_1$ ).

Математическая модель может быть представлена в следующем виде:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a=1}^A \sum_{k_1=1}^{K_1} Q_{ijnak_1} Z_{ijnak_1} \rightarrow \min,$$

где  $Z_1$  – затраты на заготовку и доставку древесины с лесосек на нижние склады, руб.;  $Q_{ijnak_1}$  – объемы доставки древесины,  $m^3$ ;  $Z_{ijnak_1}$  – удельные затраты на заготовку и доставку древесины на нижние склады, руб/ $m^3$ .

**Подсистема 2.** Заготовка древесины и доставка на промежуточный (сезонный) склад.

*Технологический процесс.* Заготовка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ) на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ) с использованием  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ) и доставка  $a_1$ -м типом

транспорта ( $a_1 = 1, 2, 3, \dots, A_1$ ) на  $k$ -й промежуточный склад ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ).

Математическая модель:

$$Z_2 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K Q_{ijnak} Z_{ijnak} \rightarrow \min.$$

**Подсистема 3.** Доставка древесины с промежуточного склада на нижний склад.

*Технологический процесс.* Доставка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ), заготовленных на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ), по  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ), с  $k$ -го промежуточного склада ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ),  $a_2$ -м типом транспорта ( $a_2 = 1, 2, 3, \dots, A_2$ ) на  $k_1$ -й нижний склад ( $k_1 = 1, 2, 3, \dots, K_1$ ).

Математическая модель:

$$Z_3 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_2=1}^{A_2} \sum_{k=1}^K \sum_{k_1=1}^{K_1} Q_{ijnak_1} Z_{ijnak_1} \rightarrow \min.$$

Общие затраты на заготовку древесины и доставку на нижние склады будут равняться сумме затрат по предыдущим трем транспортно-технологическим схемам:

$$Z_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a=1}^A \sum_{k_1=1}^{K_1} Q_{ijnak_1} Z_{ijnak_1} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K Q_{ijnak} Z_{ijnak} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_2=1}^{A_2} \sum_{k=1}^K \sum_{k_1=1}^{K_1} Q_{ijnak_1} Z_{ijnak_1} \rightarrow \min.$$

Ограничениями в системе лесозаготовительного процесса являются: сумма объемов доставки на каждый нижний склад не превышает пропускной способности соответствующего склада; объемы заготовок сортиментов не могут превысить соответствующие их объемы на каждой лесосеке; объем лесозаготовок по каждой технологии ограничиваются наличием соответствующей техники; объемы вывозки древесины каждым типом транспорта ограничиваются их производительностью.

**Подсистема 4.** Заготовка и доставка древесины из лесосек непосредственно потребителям (на терминалы  $k_2$ ) минуя нижние склады.

*Технологический процесс.* Заготовка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ) на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ) с использованием  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ) и доставка  $p$ -м типом транспорта ( $p = 1, 2, 3, \dots, A$ ) на  $k_2$ -й нижний склад ( $k_2 = 1, 2, 3, \dots, K_2$ ).

Математическая модель:

$$Z_4 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnpk_2} Z_{ijnpk_2} \rightarrow \min.$$

Технологический процесс подсистемы 4 заканчивается поставкой древесины потребителю, поэтому в результате получается доход, равный

$$D_4 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnpk_2} \rightarrow \max,$$

где  $\Pi_{ik_2}$  – цена единицы продукции, поставленной на терминалы  $k_2$ ;  $Q_{ijnpk_2}$  – объем продукции, поставленной на терминалы  $k_2$ .

Прибыль, полученная в результате функционирования подсистемы 4, равна разности доходов и расходов:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_4 = D_4 - Z_4 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnpk_2} - \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnpk_2} Z_{ijnpk_2} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

К уже упомянутым ограничениям добавляется ограничение по объемам терминалов  $k_2$ .

**Подсистема 5.** Поставка древесины с промежуточных складов лесозаготовительных предприятий непосредственно потребителю на терминал  $k_2$ .

*Технологический процесс.* Поставка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ), заготовленных на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ), по  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ), с  $k$ -го промежуточного склада ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ),  $p$ -м типом транспорта ( $p = 1, 2, 3, \dots, P$ ) на терминал  $k_2$  ( $k_2 = 1, 2, 3, \dots, K_2$ ).

Математическая модель.

Затраты:

$$Z_5 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnpk_2} Z_{ijnpk_2} \rightarrow \min.$$

Доход от реализации равен

$$D_5 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnpk_2} \rightarrow \max.$$

Прибыль равна

$$\begin{aligned} \text{Пр}_5 = D_5 - Z_5 = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnpk_2} - \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnpk_2} Z_{ijnpk_2} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

**Подсистема 6.** Объединяя функции подсистемы 2 и подсистемы 5, получаем систему с функцией: заготовка древесины и поставка через промежуточный склад лесозаготовительного предприятия непосредственно потребителю на терминал. Эта система, в свою очередь, может явиться подсистемой более высокого уровня.

*Технологический процесс.* Заготовка  $i$ -х сортиментов ( $i = 1, 2, 3, \dots, I$ ) на  $j$ -х лесосеках ( $j = 1, 2, 3, \dots, J$ ) с использованием  $n$ -й технологии ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ) и доставка  $a_1$ -м типом транспорта ( $a_1 = 1, 2, 3, \dots, A_1$ ) на  $k$ -й промежуточный склад ( $k = 1, 2, 3, \dots, K$ ), после хранения поставка  $p$ -м типом транспорта ( $p = 1, 2, 3, \dots, P$ ) потребителю на  $k_2$ -й терминал ( $k_2 = 1, 2, 3, \dots, K_2$ ).

Математическая модель.

Затраты:

$$Z_6 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnakpk_2} Z_{ijnakpk_2} \rightarrow \min.$$

Доходы:

$$D_6 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnakpk_2} \rightarrow \max.$$

Прибыль:

$$\begin{aligned} \text{Пр}_5 = D_6 - Z_6 = & \\ = & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} \Pi_{ik_2} Q_{ijnakpk_2} - \\ & - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a_1=1}^{A_1} \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{k_2=1}^{K_2} Q_{ijnakpk_2} Z_{ijnakpk_2} \rightarrow \max. \end{aligned}$$

Аналогично составляются математические модели всех возможных подсистем.

В макрологистической системе лесопромышленного комплекса продукция поставляется как в виде переработанной продукции  $i$ , продукции первичной переработки  $i_1$  (доски, брус и т. п.) или в виде продукции глубокой переработки  $i_2$  (бумага, мебель и т. п.).

Затраты на каждом уровне включают стоимость приобретения с предыдущего логистического уровня и затраты на переработку и поставку на следующий логистический уровень.

Затраты по всей макрологистической системе равны сумме затрат на всех подсистемах.

Прибыль макрологистической системы равна разности сумм доходов и сумм затрат, включая налоги и прочие сборы, на всех подсистемах или сумме прибылей на каждом логистическом уровне.

Логистическая система, описывающая работу лесозаготовительного предприятия, как одна из подсистем макрологистической системы лесопромышленного комплекса, включающая функции: заготовку древесины, поставку частично непосредственно на нижний склад, частично через сезонные склады, переработку части древесины в цехах и поставку потребителям на терминал, на региональный или на оптовый склад и конечному потребителю, может быть представлена следующей математической моделью.



Затраты:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{a=1}^A \sum_{k=1}^{K1} Q_{ijnak1} 3_{ijnak1} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D Q_{ijnd} 3_{ijnd} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^{K1} \sum_{l=1}^{P1} \sum_{k=1}^{K2} Q_{ijnpk1p1k2} 3_{ijnpk1p1k2} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{p=1}^{P2} \sum_{d=1}^{D1} Q_{ijnk1p2d1} 3_{ijnk1p2d1} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^{P1} \sum_{k=1}^{K2} Q_{ilijndp1k2} 3_{ilijndp1k2} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^{P2} \sum_{d=1}^{D1} Q_{ilijndp2d1} 3_{ilijndp2d1} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{p=1}^{P3} \sum_{k=1}^{K3} Q_{ijnk1p3k3} 3_{ijnk1p3k3} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{p=1}^{P4} \sum_{k=1}^{K4} Q_{ijnk1p4k4} 3_{ijnk1p4k4} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{p=1}^{P5} \sum_{k=1}^{K5} Q_{ijnk1p5k5} 3_{ijnk1p5k5} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^{P3} \sum_{k=1}^{K3} Q_{ilijndp3k3} 3_{ilijndp3k3} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^{P4} \sum_{k=1}^{K4} Q_{ilijndp4k4} 3_{ilijndp4k4} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D \sum_{p=1}^{P5} \sum_{k=1}^{K5} Q_{ilijndp5k5} 3_{ilijndp5k5} \rightarrow \min.
 \end{aligned}$$

Доходы:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^{D1} \Pi_{id1} Q_{ijnk1p2d1} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K3} \Pi_{ik3} Q_{ijnk1p3k3} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K4} \Pi_{ik4} Q_{ijnk1p4k4} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K5} \Pi_{ik5} Q_{ijnk1p5k5} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K2} \Pi_{ik2} Q_{ilijndp1k2} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^{D1} \Pi_{il1d1} Q_{ilijndp2d1} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K3} \Pi_{ik3} Q_{ilijndp3k3} +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K4} \Pi_{ik4} Q_{ilijndp4k4} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K5} \Pi_{ik5} Q_{ilijndp5k5} \rightarrow \max.
 \end{aligned}$$

Прибыль равна разности суммы доходов и суммы затрат и может рассматриваться как корпоративная прибыль, так и отдельно по видам сортиментов или по предприятиям, входящим в единую систему.

Ограничениями в задаче являются: провозные возможности соответствующих типов транспорта; пропускные способности терминалов и складов; ограничения по объемам лесозаготовок по видам сортиментов и по объемам лесосек; объем выпуска продукции первичной обработки и глубокой переработки должен быть равен соответствующим объемам поставок всем потребителям; объем поставок каждому потребителю не может превышать его потребности; объемы перевозок и поставок не могут быть отрицательными величинами.

В связи с небольшим объемом статьи, в качестве примера приведем математическое описание только нескольких ограничений. Объем лесозаготовок не должен быть меньше объема поставок круглого леса всем потребителям:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N Q_{ijn} \geq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{a=1}^A Q_{ijnk1a} +$$

$$\begin{aligned}
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{a=1}^{A1} Q_{ijnk1a} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P1} \sum_{k=1}^{K2} Q_{ijnp1k2} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P2} \sum_{d=1}^{D1} Q_{ijnp2d1} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P3} \sum_{k=1}^{K3} Q_{ijnp3k3} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P4} \sum_{k=1}^{K4} Q_{ijnp4k4} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P5} \sum_{k=1}^{K5} Q_{ijnp5k5} .
 \end{aligned}$$

Объем леса, поступающего на нижний склад, равняется объему поставок круглого леса в свои цеха и всем потребителям:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{a=1}^{A1} Q_{ijnk1a} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K1} \sum_{a=1}^A Q_{ijnk1a} =$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{d=1}^D Q_{ijnd} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P1} \sum_{k=1}^{K2} Q_{ijnp1k2} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P2} \sum_{d=1}^{D1} Q_{ijnp2d1} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P3} \sum_{k=1}^{K3} Q_{ijnp3k3} + \\
 & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P4} \sum_{k=1}^{K4} Q_{ijnp4k4} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P5} \sum_{k=1}^{K5} Q_{ijnp5k5}
 \end{aligned}$$

Объем круглого леса, поступающего на терминал, должен равняться объему леса, поставляемого с терминала потребителям круглого леса разных уровней:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K2} \sum_{a=1}^{A2} Q_{ijnk2a2} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K2} \sum_{a=1}^{A3} Q_{ijnk2a3} + \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^{K2} \sum_{a=1}^{A4} Q_{ijnk2a4} = \sum_{l=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P2} \sum_{d=1}^{D1} Q_{ijnp2d1} + \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P3} \sum_{k=1}^{K3} Q_{ijnp3k3} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P4} \sum_{k=1}^{K4} Q_{ijnp4k4} + \\ & + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{p=1}^{P5} \sum_{k=1}^{K5} Q_{ijnp5k5} . \end{aligned}$$

Аналогично описываются все ограничения по всем видам лесопродукции.

Решение общей задачи оптимизации функционирования макрологистической системы представляет собой достаточно сложную задачу. Однако эта задача может быть решена последовательно оптимизацией отдельных подсистем.

Метод последовательного решения задач планирования и управления производственно-транспортно-технологической и коммерческой деятельностью обоснован тем, что современные лесопромышленные комплексы представляют собой вертикально-интегрированные структуры, объединенные единой корпоративной целью, но имеющие каждый на своем уровне собственные интересы. Метод последовательной оптимизации позволяет найти обоснованные компромиссные решения.

**Выводы.** Представленная логистико-математическая модель и принцип ее последовательной реализации позволяют найти оптимальные решения при планировании и управлении производственной транспортно-технологической коммерческой деятельностью лесопромышленного комплекса с учетом локальных интересов отдельных производственных или коммерческих структур и общих корпоративных целей комплекса. Информационное обеспечение системы позволяет установить происхождение и наличие сертификации исходного сырья на каждом этапе логистической сети.