

**И.А. Громов, Н.А. Тюрин**

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ЛЕСНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ В УСЛОВИЯХ  
МНОГОЦЕЛЕВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСОВ**

*Введение.* Предметом данного исследования является методика проектирования лесной транспортной сети (лесотранспортной сети, ЛТС) в условиях многоцелевого использования лесов. Однако прежде чем приступить к рассмотрению вопросов, посвященных данной методике, необходимо определить, что подразумевается под понятием «использование лесов» и какова его взаимосвязь с понятием «лесоиспользование».

Под использованием лесов понимают деятельность, направленную на потребление продуктов, производимых лесными экосистемами, на использование земель лесного фонда для нужд, не связанных с потреблением указанных продуктов, а также на удовлетворение иных социально значимых, преимущественно некоммерческих, потребностей, связанных с лесами. То есть понятие «использование лесов» охватывает три направления человеческой деятельности, отличных по своему предмету и своей специфике. [Лесной кодекс РФ, 2006; ОСТ 56-108–98, 1998]. При этом первое направление связано непосредственно с использованием лесов как таковых, с потреблением лесных ресурсов и полезностей. Второе направление связано с использованием земель лесного фонда, а лесные экосистемы и продукты ими производимые используются одновременно как побочный продукт, в процессе освобождения от них земель. Последнее направление связано с осуществлением научной или образовательной деятельности, религиозной деятельности, т. е. с удовлетворением нематериальных потребностей общества, так или иначе связанных с лесом.

В свою очередь, лесопользованием является деятельность, направленная на заготовку лесных ресурсов и потребление полезностей леса. При этом необходимо отметить, что к лесным ресурсам относятся те производимые лесными экосистемами продукты, которые можно оценить экономически. К ним относятся древесина, живица, пищевые лесные ресурсы и т. п. Полезностями же являются те продукты и полезные свойства лесных экосистем, которые хотя и потребляются обществом, но ввиду своей распро-

странности и условной неограниченности, неопределимы экономически. Например, к полезностям относится кислород, производимый лесами.

Таким образом, понятие «использование лесов» является более широким понятием, включающим в себя и такую деятельность, которая охватывается понятием «лесоиспользование». Соответственно, именно лесопользование относится к сфере деятельности предприятий лесного сектора экономики, в том числе и лесозаготовительной промышленности, а следовательно, именно оно в полной мере связано с транспортным освоением лесов и проектированием лесотранспортных сетей. Учитывая вышеизложенное, в дальнейшем, говоря об использовании лесов, будем иметь в виду, прежде всего, лесопользование, а говоря о многоцелевом использовании лесов, будем подразумевать многоцелевое лесопользование.

*Методика и результаты исследования.* Проектирование лесной транспортной сети осуществляется в рамках транспортного освоения лесов – существенной части процесса освоения. При этом могут осваиваться участки как ранее не эксплуатируемые, так и вовлеченные в хозяйственный оборот, но не освоенные в полной мере. В свою очередь, деятельность любого лесного предприятия, связанного с ведением лесного хозяйства и, в частности, лесопользования, непосредственно связана и с уровнем развития лесной транспортной сети, степенью охвата ею территории, количеством и качеством лесных дорог. Интенсивное ведение хозяйства на многоцелевой основе возможно лишь с опорой на достаточно развитую сеть лесных автомобильных дорог круглогодичного периода действия, так как к одним и тем же элементарным лесным участкам (выделам, группам выделов) требуется доступ в различное время года.

В результате проектирования лесотранспортной сети создаются генеральные схемы транспортного освоения лесов, являющиеся основой проекта их транспортного освоения. При этом под объектом проектирования понимается лесной участок, закрепленный на правах аренды или постоянного (бессрочного) пользования за лесопользователем, территория участкового лесничества или целого лесничества в границах муниципального района. В ходе проектирования необходимо выбрать один наиболее оптимальный вариант размещения элементов лесной транспортной сети по осваиваемой территории среди множества возможных. Традиционные методики проектирования ЛТС, основанные на ручных вычислениях, не могут учесть всего многообразия влияющих на принятие того или иного решения факторов. Более того, проектирование ЛТС непосредственно связано с ис-

пользованием пространственно-координированной информации, ручная обработка которой сложна и малопродуктивна. Эти причины обуславливают необходимость создания современной методики проектирования ЛТС с использованием современных информационных средств, в частности, геоинформационных систем (ГИС).

Условия многоцелевого использования лесов являются более общими относительно традиционных условий моноцелевого лесопользования, например, в сравнении с условиями использования лесов исключительно для заготовки древесины. Они предполагают наличие множества видов заготавливаемых лесных ресурсов, что, естественно, шире условий моноцелевого и моноресурсного лесопользования. Соответственно, методика проектирования ЛТС в условиях многоцелевого использования лесов должна в полной мере учитывать их специфику, быть шире методик, ориентированных исключительно на моноцелевое моноресурсное лесопользование.

Рассматриваемая методика должна учитывать индивидуальные особенности осваиваемых лесных участков, их ресурсный потенциал, его влияние на размещение элементов ЛТС. Она обязана предоставить возможность определения оптимальных параметров лесотранспортной сети и ее рациональной структуры, влияющих на успешность освоения лесов и уровень требуемых капитальных затрат на его осуществление.

Предлагаемая методика проектирования лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов строится на выявлении лесных участков, не охваченных существующей сетью автомобильных дорог, и выявлении среди них тех участков, которые доступны для освоения по экономическим критериям. Основным экономическим критерием при этом является уровень лесной ренты, образующейся в результате освоения лесных участков. Он зависит от местоположения лесных участков, их ресурсного потенциала и других характеристик. Кроме того, необходимо учитывать чистый доход собственника земель лесного фонда (государства), входящий в лесную ренту. Методика основывается на автоматизированном получении, обработке, анализе информации на основе современных информационных технологий, включающих программные комплексы геоинформационных систем.

Проектирование ЛТС на базе рассматриваемой методики заключается в последовательном выполнении нижеследующих взаимосвязанных этапов.

Первоначальным этапом проектирования является сбор данных об объекте проектирования, а именно: о видах использования лесов, предпо-

лагаемых к осуществлению, видах лесных ресурсов, предполагаемых к заготовке, их товарных и качественных характеристиках, количестве и размещении на осваиваемой территории, допустимых и плановых объемах изъятия, технологиях заготовки, применяемой технике и оборудовании и т. п. Кроме этого осуществляется сбор информации о существующей сети дорог общего пользования и лесотранспортной сети, их состоянии, необходимости в ремонте и реконструкции, о технологии вывозки заготовленных лесных ресурсов, применяемой для этих целей технике, об основных направлениях вывозки заготовленных лесных ресурсов и т. п. В качестве источников информации при этом могут выступать повыдельные базы данных лесоустроительной информации, созданные и используемые на основе геоинформационных систем, данные дистанционного зондирования Земли, топографические, почвенные и другие карты и схемы, результаты полевых изысканий.

В рамках данной методики, учитывающей условия многоцелевого использования лесов, большое значение имеет получение информации о каждом элементарном лесном участке (лесотаксационном выделе), в частности о таксационной характеристике расположенного на нем лесного насаждения и запасах содержащихся на нем лесных ресурсов. Для этих целей, как было отмечено, целесообразно применение лесоустроительных геоинформационных систем с соответствующими повыдельными базами данных. При этом надо учитывать, что материалы лесоустройства, как правило, содержат информацию преимущественно о запасах древесины. Получение информации об иных лесных ресурсах связано с использованием результатов исследований среднегодовой урожайности ресурсов. Использование соответствующих программных запросов в ГИС позволяет облегчить получение требуемой информации по видам лесных ресурсов, учитывая большое количество влияющих факторов, что при ручном сборе информации было бы трудоемкой задачей.

Дополнительной проблемой является возможное отсутствие баз данных содержащих актуальную лесоустроительную информацию. Решением может стать проведение нового лесоустройства, либо уточнение имеющейся информации прежнего лесоустройства путем проведения выборочных натурных обследований с использованием материалов дистанционного зондирования. Заметим, что наличие подобной информации необходимо не только при транспортном освоении лесов, но и в целом для планирования лесоосвоения и ведения лесного хозяйства в обычном порядке. Соответственно, ее сбор является обычной задачей информацион-

ного обеспечения и поддержки принятия решений в лесохозяйственной деятельности.

На следующем этапе осуществляется выявление лесных участков, нуждающихся в транспортном освоении. Выявление указанных участков производится путем определения оптимальных параметров лесотранспортной сети и создания на их основе тематических слоев в ГИС, отражающих зоны, охваченные существующей транспортной сетью. Указанные зоны отображаются в виде совмещенных буферных зон, созданных вокруг существующих дорог различных категорий (рис. а, б).

Оптимизация параметров лесотранспортной сети осуществляется на основе математической модели, подобной той, которая была предложена в работе [Громская, Тюрин, 2012], однако переработанной и адаптированной под условия многоцелевого использования лесов. При этом лесотранспортная сеть рассматривается как иерархическая система, состоящая из дорог различных категорий, которые находятся во взаимосвязи таким образом, что снижение протяженности дорог одной категории влечет за собой увеличение протяженности дорог других категорий.

Целевая функция модели представляет собой сумму удельных затрат на осуществление комплекса мероприятий. К ним относятся мероприятия по строительству, ремонту и содержанию лесотранспортной сети, трелевке и вывозке заготовленной древесины, заготовке и вывозке пищевых лесных ресурсов, заготовке и вывозке живицы, осуществлению рубок ухода, трелевке и вывозке древесины, полученной от рубок ухода в насаждениях старшего возраста, по созданию лесных культур и проведению агротехнических уходов. Соответственно, целевая функция имеет вид:

$$S_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n S_i = S_{\text{стр ЛТС}} + S_{\text{ср ЛТС}} + S_{\text{Т д}} + S_{\text{В д}} + S_{\text{заг гр}} + S_{\text{вывоз гр}} + S_{\text{заг яг}} + \\ + S_{\text{вывоз яг}} + S_{\text{заг жив}} + S_{\text{вывоз жив}} + S_{\text{р ух}} + S_{\text{Т д р ух}} + S_{\text{В д р ух}} + S_{\text{Л к}} + S_{\text{агр ух}},$$

где  $S_{\text{стр ЛТС}}$  – суммарные удельные затраты на строительство ЛТС, руб./га;  $S_{\text{ср ЛТС}}$  – суммарные удельные затраты на содержание и ремонт ЛТС, руб./га;  $S_{\text{Т д}}$  – удельные затраты на трелевку заготовленной древесины при рубках спелых и перестойных лесных насаждений, руб./га;  $S_{\text{В д}}$  – удельные затраты на вывозку заготовленной древесины при рубках спелых и перестойных лесных насаждений;  $S_{\text{заг гр}}$  – удельные затраты на заготовку грибов, руб./га;  $S_{\text{вывоз гр}}$  – удельные затраты на вывозку заготовленных грибов, руб./га;  $S_{\text{заг яг}}$  – удельные затраты на заготовку ягод, руб./га;  $S_{\text{вывоз яг}}$  – удель-

ные затраты на вывозку заготовленных ягод, руб./га;  $S_{\text{заг жив}}$  – удельные затраты на заготовку живицы, руб./га;  $S_{\text{выв жив}}$  – удельные затраты на вывозку заготовленной живицы, руб./га;  $S_{\text{р ух}}$  – удельные затраты на проведение рубок ухода, руб./га;  $S_{\text{т д р ух}}$  – удельные затраты на трелевку заготовленной древесины при рубках ухода в насаждениях старшего возраста, руб./га;  $S_{\text{в д р ух}}$  – удельные затраты на вывозку заготовленной древесины при рубках ухода в насаждениях старшего возраста, руб./га;  $S_{\text{лк}}$  – удельные затраты на создание лесных культур, руб./га;  $S_{\text{агр ух}}$  – удельные затраты на проведение агротехнических уходов за созданными лесными культурами, руб./га.

Суммарные удельные затраты на строительство ЛТС определяются по формуле

$$S_{\text{стр ЛТС}} = \sum_{i=1}^n S_i = S_{\text{стр доп}} + S_{\text{стр м}} + S_{\text{стр в}} + S_{\text{стр ус}} + S_{\text{стр м в}} + S_{\text{стр п в}} + S_{\text{стр п п}}$$

где  $S_{\text{стр доп}}$  – удельные затраты на строительство 1 км дороги общего пользования, руб./га;  $S_{\text{стр м}}$  – удельные затраты на строительство 1 км лесной магистрали, руб./га;  $S_{\text{стр в}}$  – удельные затраты на строительство 1 км ветки, руб./га;  $S_{\text{стр ус}}$  – удельные затраты на строительство 1 км уса, руб./га;  $S_{\text{стр м в}}$  – удельные затраты на устройство 1 км магистрального волокна, руб./га;  $S_{\text{стр п в}}$  – удельные затраты на устройство 1 км пасечного волокна, руб./га;  $S_{\text{стр п п}}$  – удельные затраты на устройство одного погрузочного пункта (верхнего склада), руб./га.

Удельные затраты на строительство 1 км дороги любой категории, в том числе на устройство 1 км трелевочного волокна, в общем виде определяются по формуле

$$S_{\text{стр } i} = \frac{C_{\text{стр } i}}{100 d_i},$$

где  $C_{\text{стр } i}$  – стоимость строительства 1 км дороги  $i$ -й категории, руб./км;  $d_i$  – ширина грузосборочной зоны дороги  $i$ -й категории, км.

Удельные затраты на устройство одного погрузочного пункта равны:

$$S_{\text{стр } i} = \frac{C_{\text{п п}}}{50 d_{\text{ус}} d_{\text{м в}}},$$

где  $C_{\text{п п}}$  – стоимость устройства одного погрузочного пункта, руб.;  $d_{\text{ус}}$  – ширина грузосборочной зоны уса, км;  $d_{\text{м в}}$  – ширина грузосборочной зоны магистрального волокна, км.

Суммарные удельные затраты на содержание и ремонт ЛТС определяются по формуле

$$S_{\text{ср ЛТС}} = \sum_{i=1}^n S_i = S_{\text{ср маг}} + S_{\text{ср в}} + S_{\text{ср ус}} + S_{\text{ср м в}} + S_{\text{ср п в}},$$

где  $S_{\text{ср маг}}$  – удельные затраты на содержание и ремонт 1 км магистрали, руб./га;  $S_{\text{ср в}}$  – удельные затраты на содержание и ремонт 1 км ветки, руб./га;  $S_{\text{ср ус}}$  – удельные затраты на содержание и ремонт 1 км уса, руб./га;  $S_{\text{ср м в}}$  – удельные затраты на содержание и ремонт 1 км магистрального волокна, руб./га;  $S_{\text{ср п в}}$  – удельные затраты на содержание и ремонт 1 км пачечного волокна, руб./га.

Удельные затраты на содержание и ремонт 1 км лесных дорог круглогодичного периода действия любой категории определяются по формуле

$$S_{\text{ср } i} = \frac{B_{\text{ср } i}}{F_{\text{год}}} \frac{l_i}{T_{\text{мп}}} = \frac{B_{\text{ср } i}}{F_{\text{год}}} \frac{d_{i-1} k_i}{4 \sin \alpha T_{\text{мп}}},$$

где  $B_{\text{ср } i}$  – стоимость содержания и ремонта 1 км дороги  $i$ -й категории, руб./км;  $F_{\text{год}}$  – площадь, на которой планируется осуществление комплекса мероприятий в течение одного года, га;  $l_i$  – среднее расстояние перемещения лесных грузов, техники и рабочей силы, км;  $T_{\text{мп}}$  – межремонтный период, лет;  $d_{i-1}$  – грузосборочная зона дороги более высокой категории по иерархии, км;  $k_i$  – коэффициент развития дороги  $i$ -й категории;  $\alpha$  – угол примыкания дороги  $i$ -й категории к дороге категории  $i-1$ , град.

Удельные затраты на содержание и ремонт трелевочных волоков:

$$S_{\text{ср } i} = \frac{B_{\text{ср } i}}{F_{\text{год}}} l_i = \frac{B_{\text{ср } i}}{F_{\text{год}}} \frac{d_{i-1} k_i}{4},$$

где  $B_{\text{ср } i}$  – стоимость содержания и ремонта 1 км трелевочного волокна  $i$ -й категории, руб./км;  $F_{\text{год}}$  – площадь, на которой планируется осуществление комплекса мероприятий в течение одного года, га;  $l_i$  – среднее расстояние перемещения лесных грузов, техники и рабочей силы, км;  $d_{i-1}$  – грузосборочная зона дороги или трелевочного волокна более высокой категории, км;  $k_i$  – коэффициент развития трелевочного волокна  $i$ -й категории.

Удельные затраты на осуществление  $i$ -го мероприятия, входящего в целевую функцию, связанного с заготовкой лесного ресурса определяются по формуле

$$S_i = \frac{C_{i \text{ год}}}{F_{i \text{ год}}} = \frac{N_{i \text{ см}} C_{i \text{ см}}}{F_{i \text{ год}}} = \frac{Q_{i \text{ год}} C_{i \text{ см}}}{n_{i \text{ бр}} \Pi_{i \text{ см}} F_{i \text{ год}}} = \frac{\gamma_i C_{i \text{ см}}}{n_{i \text{ бр}} \Pi_{i \text{ см}}},$$

где  $C_{i \text{ год}}$  – затраты на выполнение  $i$ -го мероприятия за один год, руб.;  $F_i$  – площадь, на которой планируется осуществление  $i$ -го мероприятия в те-

ние одного года, га;  $N_{i\text{ см}}$  – количество смен, необходимых на выполнение  $i$ -го мероприятия в течение одного года, шт.;  $C_{i\text{ см}}$  – стоимость одной смены, руб.;  $Q_{i\text{ год}}$  – объем мероприятия на один год, м<sup>3</sup> (т);  $n_{i\text{ бр}}$  – количество задействованных бригад на выполнение  $i$ -го мероприятия, шт.;  $\Pi_{i\text{ см}}$  – сменная производительность при выполнении  $i$ -го мероприятия, м<sup>3</sup>/см (т/см);  $\gamma_i$  – удельный объем заготавливаемого ресурса при выполнении  $i$ -го мероприятия, м<sup>3</sup>/га (т/га).

Удельные затраты на осуществление  $i$ -го мероприятия, входящего в целевую функцию, объем которого учитывается по площади, определяются по формуле

$$S_i = \frac{C_{i\text{ см}}}{\Pi_{i\text{ см}}},$$

где  $C_{i\text{ см}}$  – стоимость одной смены, руб.;  $\Pi_{i\text{ см}}$  – сменная производительность при выполнении  $i$ -го мероприятия, га/см.

На основании приведенной математической модели осуществляется поиск оптимальных параметров лесотранспортной сети, в частности оптимальной ширины грузосборочных зон дорог  $i$ -й категории, оптимального угла примыкания дороги  $i$ -й категории к дороге более высокой категории, оптимальной густоты лесотранспортной сети в расчете на единицу площади, а также удельной потребности в строительстве новых дорог. Осуществление оптимизации возможно с использованием средств MS Excel на основе подсистемы «поиск решения».

На основе полученных оптимальных параметров, как было указано выше, осуществляется анализ степени транспортного освоения лесного участка с использованием средств ГИС. Для этого в данных системах последовательно создают совмещенные буферные зоны вокруг элементов существующей транспортной сети. При этом каждая отдельная буферная зона является графическим представлением грузосборочной зоны лесной дороги. В пределах этой зоны лесные грузы тяготеют к указанной дороге и с экономической точки зрения их целесообразнее доставлять к ней, после чего осуществлять по ней вывозку.

Для создания совмещенных буферных зон используются показатели оптимальной ширины грузосборочных зон дорог различных категорий, которые принимаются за радиус соответствующей буферной зоны. Реализованные в ГИС совмещенные буферные зоны отражаются в виде замкнутых самонепересекающихся векторных фигур. Данные фигуры образуются в виде соответствующего графического примитива – полигона, обладающего



периметром и площадью. Совмещенная буферная зона образуется путем автоматического слияния буферных зон отдельных лесных дорог. Совмещенные буферные зоны лесных дорог различных категорий, в частности, магистралей, веток и усов, размещаются на различных тематических слоях в ГИС и могут быть совмещены с иными слоями, например, слоем квартальной сети, слоем лесотаксационных выделов, лесных дорог, а также слоем экономической модели местности.

Участки, не охваченные совмещенными буферными зонами, требуют транспортного освоения, так как выходят за пределы грузосборочных зон существующих дорог. Однако экономическая целесообразность их освоения зависит от индивидуальных условий данных участков, их ресурсного потенциала, который не учитывается методом создания буферных зон.

Для учета этих индивидуальных условий требуется создание экономической модели местности (ЭММ), отражающей пространственное распределение лесной ренты (ЛР) и чистого дохода (ЧД) собственника земли по территории осваиваемого объекта. Создание ЭММ позволяет преодолеть ограниченность метода создания буферных зон и ответить на вопрос о необходимости освоения участков, выявленных на предыдущем этапе проектирования, с учетом экономической целесообразности. Показатели лесной ренты, а соответственно, и чистого дохода, основываются на оптимальных параметрах ЛТС, информации о ресурсном потенциале каждого элементарного лесного участка, например квартала, допустимых и плановых объемах изъятия лесных ресурсов, информации об их среднерыночной стоимости, затратах на освоение и т. п.

Лесная рента, на основании которой моделируется ЭММ и определяется ЧД, представляет собой дифференциальную ренту  $I$ , т. е. ренту по положению. Последняя, как известно, характеризует дополнительную прибыль, которая образуется в результате использования участка с лучшими характеристиками, по сравнению с участком с худшими характеристиками, и зависит, в частности, от местоположения и ресурсного потенциала лесных участков. Рента представляет собой дополнительный доход, получаемый собственником земли. В условиях государственной собственности на леса лесная рента должна поступать в распоряжение государства. Она образуется путем последовательного вычитания из валового дохода, получаемого от заготовки и реализации лесных ресурсов, валовых издержек, затраченных на их заготовку и реализацию, нормативной прибыли на заготовку и реализацию лесных ресурсов, налоговых отчислений

[Моисеев, 2006; Петров, 1998; Пирс Питер, 1992] и определяется по формуле

$$r = R - C - iK - t,$$

где  $R$  – валовый доход от заготовки и реализации совокупности лесных ресурсов, отнесенный к единице площади, руб./га;  $C$  – валовые издержки, затраченные на заготовку и реализацию лесных ресурсов, отнесенные к единице площади, руб./га;  $iK$  – нормативная прибыль при заготовке и реализации лесных ресурсов на единицу площади, руб./га;  $i$  – норма прибыли на капитал, десятые доли ед.;  $K$  – вложения капитала на производство лесных ресурсов, отнесенные к единице площади, руб./га;  $t$  – налоговые отчисления, на единицу площади, руб./га.

Валовый доход при многоцелевом использовании лесов, отнесенный к единице площади, можно определить по формуле

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n P_j Q_j}{F_{\text{уч}}},$$

где  $n$  – количество видов заготавливаемых ресурсов;  $j$  – номер  $j$ -го ресурса;  $P_j$  – рыночная цена  $j$ -го ресурса, руб.;  $Q_j$  – объем заготовки  $j$ -го ресурса, м<sup>3</sup> (т);  $F_{\text{уч}}$  – площадь лесного участка, га.

Валовые издержки, отнесенные к единице площади, определяются по формуле

$$C = \frac{\left(\sum_{j=1}^n C'_j Q_j\right) + C''}{F_{\text{уч}}},$$

где  $n$  – количество видов заготавливаемых ресурсов;  $j$  – номер  $j$ -го ресурса;  $C'_j$  – переменные издержки на заготовку и реализацию  $j$ -го лесного ресурса, руб.;  $C''$  – постоянные издержки на освоение лесного участка, руб.;  $F_{\text{уч}}$  – площадь лесного участка, га.

Вложения капитала представляют собой инвестиции в производство. Вместе с нормой прибыли на капитал они образуют нормативную прибыль предпринимателя. Налоговые отчисления определяются исходя из формы организации предприятия, выбранной системы налогообложения и т. п. в соответствии с налоговым законодательством.

В соответствии с принципами непрерывности и неистощительности лесопользования для поддержания экологических функций лесов требуется осуществление затрат на охрану, защиту и воспроизводство лесов. Данные затраты образуют экологические издержки. Соответственно, чис-

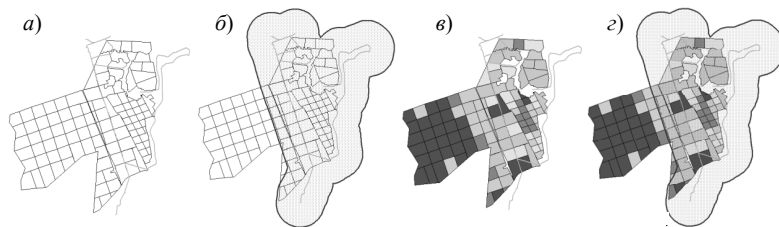
тый доход собственника земли представляет собой разность лесной ренты и экологических издержек [Петров, 1998] и определяется по формуле

$$d = r - S,$$

где  $r$  – лесная рента, руб./га;  $S$  – экологические издержки, руб./га.

Расчет лесной ренты и чистого дохода можно автоматизировать, например, средствами MS Excel. На основе данных о ЛР, полученных для каждого элементарного лесного участка, осуществляется моделирование ЭММ с использованием ГИС. При этом экономическая модель местности может быть представлена в виде тематической карты, с помощью цветовой индикации отражающей показатель лесной ренты (рис. в). Чистый доход также может быть отражен в виде тематической карты, размещенной на соответствующем слое. Указанные показатели могут отображаться отдельно или интегрированно. При этом ЭММ может отражать лесные участки как с положительным, так и с отрицательным значением показателей ЛР и ЧД. Участки с положительным значением показателя ЛР являются экономически доступными и перспективными для освоения. Участки с отрицательным значением показателя ЛР являются экономически недоступными, а следовательно, неперспективными для освоения в данной экономической ситуации. Участки с положительным значением показателя ЛР и отрицательным значением показателя ЧД являются доступными для освоения. Однако они требуют привлечения сторонних средств, например полученных от освоения других участков с целью осуществления лесохозяйственных мероприятий. Таким образом, создается основа для оптимального размещения элементов ЛТС с учетом значения показателя ЛР, отражающего экономическую эффективность освоения лесов, и экономической доступности лесных участков.

На заключительном этапе в ГИС осуществляется интеграция тематических слоев совмещенных буферных зон лесных дорог и тематической карты ЭММ. Интеграция данных моделей позволяет выявить лесные участки, не охваченные существующей транспортной сетью и нуждающиеся в освоении с экономической точки зрения. Пример интеграции моделей приведен на (рис. з). После этого намечаются трассы лесных дорог соответствующих категорий, проводимые от ближайших лесных дорог более высоких категорий до выявленных лесных участков. На основе полученных данных в ГИС проектируется генеральная схема транспортного освоения лесов. Кроме того, определяются потребность в строительстве лесных дорог на долгосрочный период и потребность в ежегодном строительстве, календарный план строительства, оптимистичный и пессимистичный прогнозы транспортного освоения.



Этапы выявления экономически доступных лесных участков, требующих транспортного освоения, с использованием ГИС. На примере Кастенского участка Учебно-опытного лесничества (Ленинградская область): а) квартальная сеть и сеть существующих автомобильных дорог; б) совмещенная буферная зона автомобильных дорог; в) ЭММ, совмещенная с квартальной и дорожной сетью; з) ЭММ и совмещенная буферная зона дорожной сети

*Выводы.* Таким образом, изложенная методика позволяет осуществить проектирование оптимальной ЛТС как по критерию минимума суммарных удельных затрат на лесоосвоение, так и по критерию максимума лесной ренты, с учетом условий многоцелевого использования лесов. А поскольку условия многоцелевого использования лесов являются общим случаем относительно любого вида использования лесов, то представленная методика пригодна и для применения в условиях одноцелевого использования. Соответственно, ее применение имеет перспективы при проектировании ЛТС как при многоцелевом, так и при одноцелевом использовании лесов.

### Библиографический список

Лесной кодекс Российской Федерации [С изм. и доп. на 13.07.2015 г.]. URL: <http://www.leskodeks.ru>

ОСТ 56-108-98. Лесоводство. Термины и определения. Введ. 1998-12-03 // Справочно-правовая система ГАРАНТ.

Громская Л.Я., Тюрин Н.А. Автомобильные дороги лесозаготовительных предприятий. Структура и методика размещения: моногр. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. С. 162.

Моисеев Н.А. Экономика лесного хозяйства : учеб. пособие. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. С. 384.

Петров А.П. Экономические основы устойчивого управления лесами // Проблемы устойчивого развития лесного сектора Республики Коми: матер. межрег. науч.-практ. конф. Сыктывкар.: ИЭСРС Коми НЦ УрО РАН, 1998. С. 39-50.

Пирс Питер Х. Введение в лесную экономику: учеб. пособие для лесных вузов и техникумов: пер. с англ. М.: Экология, 1992. С. 224.

### Bibliography

Lesnoi kodeks Rossiiskoi Federatsii. S izm. i dop. na 13.07.2015 g. URL: <http://www.leskodeks.ru> (Rus)

OST 56-108–98. Lesovodstvo. Terminy i opredeleniia. Vved. 1998-12–03. *Spravochno-pravoiaia sistema GARANT.* (Rus)

*Gromskaia L.Ia., Tiurin N.A.* Avtomobil'nye dorogi lesozagotovitel'nykh predpriatii. Struktura i metodika razmeshcheniia: monogr. Saarbrucken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. S. 162.

*Moiseev N.A.* Ekonomika lesnogo khoziaistva : ucheb. posobie. M.: GOU VPO MGUL, 2006. S. 384. (Rus)

*Petrov A.P.* Ekonomicheskie osnovy ustoichivogo upravleniia lesami // Problemy ustoichivogo razvitiia lesnogo sektora Respubliki Komi: mater. mezhreg. nauch.-prakt. konf. Syktyvkar.: IESPS Komi NTs UrO RAN, 1998. S. 39–50. (Rus)

*Pirs Piter X.* Vvedenie v lesnuiu ekonomiku: ucheb. posobie dlia lesnykh vuzov i tekhnikumov: per. s angl. M.: Ekologiya, 1992. S. 224. (Rus)

---

**Громов И.А., Тюрин Н.А.** Методика проектирования лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 216. С. 43–57  
DOI: 10.21266/2079-4304.2016.216.43-57

Проектирование лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов требует наличия специальной методики, учитывающей особенности данных условий. Предметом исследования является методика проектирования лесной транспортной сети в условиях многоцелевого использования лесов. Цель – раскрытие сущности данной методики и связанных с ней вопросов. Предложенная методика основывается на двух составляющих. Первой составляющей является методика оптимизации размещения лесной транспортной сети. Оптимизация размещения осуществляется на основании оптимальных параметров сети, определяемых по критерию минимума суммарных удельных затрат на осуществление комплекса мероприятий по лесосодействию. Она заключается в выявлении лесных участков, нуждающихся в транспортном освоении, которое осуществляется с использованием геоинформационных систем методом создания и анализа буферных зон. Приводится описание математической модели оптимизации параметров лесотранспортной сети. Данная модель не учитывает индивидуальных особенностей конкретных лесных участков и не отражает экономической целесообразности их освоения, что требует применение особого метода. Второй составляющей методики проектирования является методика создания экономической модели местности, отражающей пространственное распределение лесной ренты по осваиваемой территории. Приводятся математические

зависимости, на основании которых определяются показатели лесной ренты для каждого осваиваемого лесного участка. Экономическая модель местности создается средствами ГИС и отражается в виде тематической карты. Она позволяет учесть индивидуальные условия и определить степень экономической целесообразности освоения лесных участков. Интеграция созданных в ГИС совмещенных буферных зон и экономической модели местности позволяет выявить транспортно неосвоенные лесные участки, нуждающиеся в освоении по экономическим критериям, и соответствующим образом разместить элементы лесотранспортной сети. Предложенная методика позволяет учесть влияние условий многоцелевого использования лесов и осуществить проектирование лесотранспортной сети на основании оптимальных параметров по критерию минимума суммарных удельных затрат и критерию положительной лесной ренты, что повышает эффективность проектирования.

**Ключевые слова:** проектирование, лесные дороги, транспортная сеть, многоцелевое использование лесов, лесная рента, ГИС.

**Gromov I.A., Tyurin N.A.** Technique for the design of forest transport network in terms of multiple use of forest. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2016, is. 216, pp. 43–57 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2016.216.43-57

The subject of the article is a technique for the development of forest transport network in terms of multiple use of forests. The aim of this work is a demonstration of this method and the questions connected with it. The design of forest transportation network in conditions of multipurpose use of forests requires special techniques that take into account the specific features of these conditions. The proposed method is based on two components. The first component is the method of optimization of forest transport network. Optimization is performed on the basis of optimal parameters of the network, defined by the criterion of minimum total specific costs of implementation of complex of measures on the involvement of forests into economic circulation. It is to identify forest areas in need of transport development, which is carried out with the use of geographic information systems. In this case it is used method of analysis and creation of buffer zones. The article describes the mathematical model of optimization of parameters of transportation network. This model does not take into account the individual characteristics of specific forest areas and does not reflect the economic feasibility of their development, which requires the use of a special method. The second component of the method is the technique of creating economic model of the terrain that reflects the spatial distribution of forest rent on the forest territory. The article presents the mathematical relationships on the basis of which are determined by the indicators of forest rent for each forest land. The model generated in GIS is displayed in the form of thematic maps. It allows to take into account the individual conditions of forest land and determine the degree of economic feasibility of

development of forest areas. Integration created in GIS of buffer zones and economic model of the terrain allows to identify the transport of undeveloped forest land and areas requiring transport development. The proposed method allows to take into account the influence of the conditions of multipurpose use of forests. It also allows and to carry out the design of a transportation network based on optimal parameters according to the criterion of minimum total unit cost and the criterion of positive forest rents, which increases the efficiency of the design.

**Key words:** design, forest roads, transportation networks, multipurpose use of forests, forest rents, GIS.

---

**ГРОМОВ Иван Александрович** – аспирант Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Gromov.Ivan.2012@yandex.ru.

**GROMOV Ivan A.** – PhD student, St.Petersburg State Forest Technical University. 194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: Gromov.Ivan.2012@yandex.ru

**ТЮРИН Николай Александрович** – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова, кандидат технических наук, профессор.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Tnalif@mail.ru

**TYURIN Nikolay A.** – PhD (Technical), professor St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: Tnalif@mail.ru