

ОЦЕНКА ДОСТУПНОСТИ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК НА БАЗЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

кандидат технических наук, доцент **А.П. Мохирев**¹

магистрант **М.О. Позднякова**¹

магистрант **С.Ю. Резинкин**¹

магистрант **В.О. Мамматов**¹

1 – Лесосибирский филиал ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Лесосибирск, Россия

Доступность лесных ресурсов зачастую становится ключевым показателем при определении жизнеспособности лесозаготовительного производства. Ученые предлагают различные подходы к оценке данного показателя, основанные на применении экономических, математических, статистических методов. Однако настоящее исследование приводит к выводу о том, что процесс оценки доступности лесных ресурсов связан со сбором и анализом большого объема данных, при этом чем больше исходных данных анализируется, тем качественнее получается оценка. В качестве исходных данных целесообразно принимать факторы, способные оказать влияние на уровень доступности лесных ресурсов. Выделено три укрупненных группы факторов: прибыль, транспортная доступность и стоимость лесохозяйственных работ; каждая укрупненная группа, в свою очередь, складывается из ряда более мелких факторов. В данной статье описан опыт создания программного продукта на базе географических информационно-аналитических систем, предназначенного для детальной оценки всей совокупности факторов, определяющих уровень доступности лесных ресурсов. Используя эту информацию, лесопользователь может своевременно провести оценку различных видов доступности лесных ресурсов на арендованном лесном участке, а также решать проблемы выбора лесных участков для будущей аренды, доставки сырья, доступности информации о лесных ресурсах. Полнота и детальность полученной таким образом оценки позволит повысить эффективность использования лесных ресурсов, подобрать оптимальную технологию и систему машин, избежать экологических нарушений, разработать оптимальный маршрут транспортировки древесины, что в итоге позволит лесопользователю извлечь максимальную прибыль от полученной лесопромышленной продукции. Именно повышение рентабельности производства является залогом успешного развития отечественной лесопромышленной отрасли.

Ключевые слова: доступность лесных ресурсов, рентабельность, лесозаготовка, географические информационно-аналитические системы, транспортная доступность леса.

ESTIMATION OF THE AVAILABILITY OF FOREST RESOURCES WITH THE USE OF MODERN TECHNIQUES ON THE BASIS OF GEOGRAPHICAL INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEMS

PhD (Engineering), Associate Professor **A.P. Mokhirev**¹

Master's Degree Student **M.O. Pozdnyakova**¹

Master's Degree Student **S.Y. Rezinkin**¹

Master's Degree Student **V.O. Mammatov**¹

1 – Lesosibirsk Branch of FSBEI HE "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev", Lesosibirsk, Russia

Abstract

The availability of forest resources often becomes a key indicator in determining the viability of logging operations. Scientists offer different approaches to the assessment of this indicator, based on application of economic, mathematical, statistical methods. However, this study leads to the conclusion that the process of assessing the availability of forest resources is associated with collection and analysis of a large amount of data, at this, than more initial data is analyzed, the better the assessment is. As the initial data, it is advisable to take factors that can influence the level of availability of forest resources. Three enlarged groups of factors are distinguished: profit, transport accessibility and cost of forestry operations; each aggregated group, in turn, consists of a number of smaller factors. This article describes the experience of creating a software product on the basis of geographic information and analytical systems, designed for a detailed assessment of the entire set of factors that determine the level of availability of forest resources. Using this information, a forest user can evaluate various types of availability of forest resources on a leased forest site in a timely manner, and also solve the problems of selecting forest plots for future lease, delivery of raw materials, and availability of information on forest resources. The completeness and details of the evaluation thus obtained will increase the efficiency of the use of forest resources, select the optimal technology and system of machines, avoid environmental violations, and develop an optimal route for wood transportation, which will eventually allow the user to extract the maximum profit from received timber products. It is the increase in the profitability of production that is the key to successful development of domestic timber industry.

Keywords: availability of forest resources, profitability, logging, geographic information and analytical systems, transport accessibility of forests.

На сегодняшний день лесная отрасль российской промышленности занимает около 1 % от ВВП страны. Значение этого показателя говорит о том, что при наличии внушительных запасов лесных ресурсов их промышленное освоение сталкивается со значительными трудностями.

Помимо того, что около половины лесных ресурсов России непригодно для эффективного освоения по организационно-правовым основаниям, очевидно, что оставшаяся часть лесных ресурсов крайне неоднородна и экономические условия их использования очень различаются. Деление лесов по экономическому критерию возможно с помощью понятия «экономическая доступность древесных ресурсов».

Термин «экономическая доступность лесных ресурсов» всё чаще встречается в исследованиях современных ученых. А.Г. Третьяков [9] считает, что экономическую доступность нельзя рассматривать отдельно от экологической доступности, Р.В. Полшведкин и А.Н. Мариев [6] предлагают уйти от стоимостных оценок и определять экономическую доступность лесных ресурсов в относительных величинах (классах). При этом среди ученых не существует однозначного определения этого понятия.

Доступность лесных ресурсов является широким понятием, включающим множество различных показателей, однако в конечном итоге она характеризует жизнеспособность лесной промышленности. Жизнеспособное лесопромышленное производство – это, в первую очередь, высокая рентабельность, обеспечивающая конкурентоспособность лесопромышленной продукции на рынке.

Поэтому своевременная и точная оценка уровня доступности имеющихся лесных ресурсов – это ключевой момент в создании эффективного и стабильного лесопромышленного комплекса.

Для того чтобы лесная отрасль активно развивалась, необходимо задействовать все имеющиеся ресурсы (не только сырьевые, но и трудовые, экономические). Для этого нужно обладать полной информацией о разрабатываемой территории, включающей такие данные, как: лесосырьевая база, человеческие ресурсы, наличие и развитие инфраструктуры (в том числе дорожной сети), рельефные особенности, климатические показатели и т. д.

Однако, будучи бесспорным мировым лидером по наличию лесных ресурсов, наша страна обладает весьма приблизительными представлениями о них. Неприемлемость такой ситуации была отмечена еще в апреле 2013 года на заседании прези-

диума Государственного совета по вопросам повышения эффективности лесного комплекса страны, где президент Владимир Путин заявил: «Сегодня мы не обладаем полной и, самое главное, достоверной информацией ни о количестве, ни о качестве лесных ресурсов. Такие сведения есть у нас лишь по 19 % лесных территорий».

Таким образом, возможность получения точной оценки доступности лесных ресурсов тесно связана с наличием большого объема информации, которую необходимо систематизировать, обновлять и оперативно обрабатывать.

На сегодняшний день отсутствует четкое определение такого термина, как «доступность лесных ресурсов». Авторами выделяется несколько видов доступности древесины.

Экологическая доступность древесных ресурсов выражается в ограничении на пользование ресурсом, т. к. данный вид пользования может нарушить естественные природные процессы и подорвать возможность выполнения этим ресурсом экологических функций или снизить его экологическую ценность. В некоторых работах [7, 8, 16] данные леса выделяются как законодательно запрещенные к рубке и отнесены к институционально недоступным.

Технологическая доступность древесины – определенные древесные ресурсы, которые возможно освоить определенной технологией в определенный момент времени. При этом следует уточнить, что говорится именно об определенной технологии. При использовании другой технологии рассматриваемый ресурс может быть недоступен. Данный вид доступности относится к определенному виду заготавливаемой древесной продукции. Так, например, при использовании технологии по заготовке круглых лесоматериалов недоступна будет продукция в виде щепы.

Техническая доступность древесины – древесные ресурсы, которые возможно освоить определенной техникой в определенный момент времени. Говоря о данном виде доступности, следует уточнять, для какой техники определяется доступность. Для определенных природно-производ-

ственных условий должна применяться техника с определенными характеристиками.

Транспортная доступность древесины – древесные ресурсы, которые возможно транспортировать до пункта доставки определенными техническими средствами в определенное время. Следует заметить, что древесные ресурсы могут стать транспортно доступными при изменении технического средства на вывозке древесины или при улучшении транспортных путей. Данный вид доступности тесно связан с технологической и технической доступностью.

Под *экономической доступностью древесного ресурса* понимается его территориальное расположение относительно пунктов сбыта, которое при современном организационно-техническом уровне обеспечит необходимый уровень нормативной рентабельности. Определение доступности ресурсов достигается соизмерением таких экономических категорий, как цена на лесопroduкцию и полная ее себестоимость, включающая лесозаготовку и транспортировку до потребителя. Данный вид доступности наиболее часто рассматривается в исследованиях. При этом термин «экономическая доступность» рассматривается разными определениями и формулировками. В какой-то степени транспортную, технологическую и техническую доступности можно отнести к экономической, т. к. на сегодняшний день при определенных финансовых вложениях, возможно изменить технику и технологию заготовки древесины, создать транспортную инфраструктуру и т. д., что изменит транспортную, технологическую и техническую доступность ресурса.

Исходя из рассмотренных выше определений, можно сформулировать определение для термина «доступность лесных ресурсов»:

Доступность лесных ресурсов выражается в возможности экологически безопасной, экономически эффективной заготовки определенного вида древесной продукции, применяя определенную технику и технологию.

Для того чтобы дать объективную оценку уровню доступности лесных ресурсов страны, региона или отдельного лесного участка, предлагает-

ся учесть все значимые факторы, то есть те факторы, изменение которых в значительной степени влияет на изменение уровня экономической доступности древесины [4].

Первым фактором, имеющим прямую связь с уровнем экономической доступности, является прибыль от лесозаготовительного производства (от использования лесных ресурсов). Все расходы, которые производитель несет в процессе лесозаготовительных работ, в конечном итоге будут включены в себестоимость готовой продукции. При этом не важно, что является готовой продукцией, – заготовленный круглый лес или мебель и пиломатериалы.

Этот показатель отражает объем экономических благ, полученных субъектом лесопользования, соответственно, чем выше прибыль – тем выше уровень доступности лесных ресурсов. Поскольку прибыль есть разница между доходами и расходами, в разрезе экономической доступности древесины предметом рассмотрения выступают:

1) лесотаксационные показатели:

- породно-качественные характеристики древесины на рассматриваемом участке. Этот фактор влияет на доходы (на рыночную цену, которую покупатель готов платить за древесину);

- плотность насаждений – «запас». Этот фактор влияет на объем заготавливаемой древесины, и, соответственно, на объем продаж продукции;

- ресурсы различных видов недревесной продукции. В эту статью относят ягодники, плодовые и орехоносные деревья, кустарники, лекарственные травы и сенокосы;

2) себестоимость лесозаготовки на рассматриваемом участке. Этот показатель отражает уровень расходов, которые возникают при заготовке древесины на данном участке, он включает в себя несколько основных блоков:

- эксплуатационные расходы, то есть издержки производства по поддержанию в работоспособном состоянии эксплуатируемых машин или оборудования. Это затраты на ремонт, амортизационные отчисления и прочие расходы, возникающие в процессе использования техники;

- расходы на горюче-смазочные материалы (ГСМ). Этот пункт включает в себя: топливо, смазочные материалы, специальные жидкости;

- расходы на оплату труда. Каким бы автоматизированным ни был процесс лесозаготовки, он всегда контролируется людьми: человек управляет манипулятором, обслуживает технику, выполняет расчеты, подсчитывает числовые показатели. Оплата труда должна быть достойной и проводиться в соответствии с законодательством;

3) комплексное использование древесины. Разработка всей биомассы дерева позволяет максимально использовать сырье, оплаченное лесозаготовителем. Соответственно, увеличивается доход от продажи при неизменном уровне затрат на сырье. Кроме того, использование сучьев и пней в производственных целях освобождает лесозаготовителя от необходимости уничтожать порубочные остатки на лесосеке. Однако целесообразность комплексного использования древесины на предприятии полностью обусловлена наличием эффективной технологии, которая бы позволила получать ценную продукцию при низком уровне затрат на производство.

Второй фактор, который оказывает влияние на оценку доступности лесных ресурсов, – это транспортная доступность лесных участков. При транспортировке леса используют несколько видов транспорта:

1) водный транспорт леса (лесосплав и судовые перевозки) является самым экономичным и наименее энергоемким из всех существующих видов транспорта леса. Энергоемкость лесосплава в 4 раза меньше, чем при транспортировке леса железнодорожным транспортом, и в 17 раз меньше, чем при автомобильной транспортировке. Однако сезонность, малая скорость доставки и большие потери груза при транспортировке делают этот вид транспортировки очень неудобным. Кроме того, его можно использовать только для доставки круглого леса;

2) железнодорожный транспорт позволяет круглогодично перевозить большие объемы лесных грузов на дальние расстояния при небольших (по сравнению с автомобилями) затратах. Минусом этого вида транспорта является ограниченность железнодорожных путей на территории России, особенно в Сибири.

3) автомобильный транспорт леса является самым популярным по многим причинам, главная из которых – это широкая сеть автомобильных дорог. Однако грузовые автомобили потребляют максимальный объем топлива, что делает перевозку лесных грузов на дальние расстояния нерентабельной.

По длине автомобильных дорог Россия находится на 5 месте среди всех стран мира (1 396 000 км), удельное покрытие дорожной сетью составляет 0,08 км/км². По показателям лесной дорожной инфраструктуры Россия сильно отстает от других крупных стран мира. Развитие сети лесных дорог – это одна из ключевых задач при повышении эффективности лесопользования [12, 13, 15].

Третий фактор, который следует учитывать при оценке доступности лесных ресурсов, – это стоимость лесохозяйственных работ. Согласно статье 72 Лесного Кодекса РФ, каждый арендатор лесного участка обязан проводить лесовосстановительные мероприятия в определенном объеме в определенный срок (в зависимости от региональной политики и вида лесных участков).

В настоящее время арендатор лесного участка может либо самостоятельно проводить лесохозяйственные работы, либо оплачивать их на контрактной основе (то есть рассчитывается стоимость аналогичных работ в условиях данной местности, и арендатор уплачивает ее арендодателю – муниципальным органам).

В связи с этим следует уменьшить прибыль от продажи лесной продукции на величину стоимости лесохозяйственных работ, что повлечет за собой снижение уровня доступности лесных ресурсов.

Таким образом, вопрос о стоимости лесовосстановления должен быть урегулирован не только исходя из нормативов затрат, но и с учетом максимальной прибыли от использования лесных ресурсов. То есть участок, таксационные показатели и транспортная доступность которого предполагают невысокий уровень прибыли от его использования, должен пройти программу уменьшения лесовосстановительной стоимости. Это повысит его экономическую привлекательность и приведет к сба-

лансированности интересов арендодателя (государства) и арендатора (лесопромышленника).

Часто при поиске лесного участка для аренды предприятия лесной промышленности не имеют доступа к структурированной информации о состоянии участка и его характеристиках (удаленность от промышленных узлов, возможные способы транспортировки древесины к местам переработки, данные по породному составу и качеству древесины на участке, рельеф участка, транспортные пути, находящиеся на участке, почвенный состав участка, информация о защитных и неэксплуатационных лесах и т. д.).

Для эффективного планирования и организации лесозаготовительного производства, для качественного анализа и моделирования процессов лесозаготовки необходимо обладать полной и достоверной информацией о сырьевой базе.

Наиболее полное представление о доступности леса на участке, его количестве, качестве и расположении можно получить на основе географического подхода. Наиболее эффективным способом скомпоновать всю необходимую информацию и в доступном виде предоставить её конечному пользователю является разработка специализированной географической информационно-аналитической системы (ГИАС) для лесопользователей [2].

Процесс сбора и актуализации географической информации требует ощутимых затрат материальных, технических и организационных средств.

Однако, используя готовую географическую информационно-аналитическую систему, предприятие лесной промышленности сможет в более короткие сроки и с меньшими затратами проанализировать интересующий лесной участок, просмотреть объемы возможной заготовки (расчётную лесосеку), кварталы с интересующими сортами древесины, места, где заготовка древесины запрещена (ООПТ, ОЗУ), кратчайшие и экономически выгодные пути транспортировки древесины к местам её переработки, сезонность вывозки древесины с лесосеки, планировать освоение лесосек, определять направление валки, трелёвки и вывозки, определять

наиболее удобное расположение пунктов погрузки и складирования [2].

На сегодняшний день не существует информационных ресурсов, позволяющих овладеть в полном объёме информацией о лесных участках Красноярского края, поэтому предприятия лесной промышленности испытывают трудности при выборе перспективной лесосырьевой базы и организации производственного процесса [2].

Информационно-аналитические системы в современном мире активно используются в муниципальных организациях, промышленных предприятиях, бизнесе и науке, в различных приложениях, включающих информацию и анализ природных условий, сырьевых ресурсов, планирование их пользования, анализ расположения, прогнозирование чрезвычайных ситуаций, планирование инфраструктуры и т. д. [1]. Одна из важных и перспективных областей ИАС – это управление природными ресурсами, в том числе лесопользование [3, 14, 17].

Таким образом, на сегодняшний день существуют предпосылки для создания географического информационного ресурса, необходимого для предварительной оценки доступности лесных ресурсов, планирования и моделирования производственной деятельности предприятий лесной промышленности.

Вопрос изготовления и обновления картографических материалов очень актуален и является одним из важнейших при обеспечении эффективного управления лесными ресурсами.

Значительно упростить процесс оценки доступности лесных ресурсов возможно с применением цифровых карт, актуализация которых осуществляется гораздо проще, а долговечность практически не ограничена.

К сожалению, в настоящее время большинство лесопромышленных предприятий не имеют квалифицированных специалистов по использованию геоинформационных технологий или не обладают данными, необходимыми для исследования или принятия решений.

Специализированная географическая информационно-аналитическая система (ГИАС) для лесопользователей должна содержать:

- информацию о запасах древесины, находящихся на территории лесничества (подразделённую на запасы хвойных и лиственных пород);
- информацию об имеющихся и проектируемых транспортных путях, пригодных для транспортировки леса;
- информацию о водных объектах (гидрография);
- информацию о лесопользовании (арендаторах лесных участков);
- информацию о рельефе местности;
- границы исследуемой территории, границы лесничеств.

Исследование рынка программных продуктов, предназначенных для работы с географической информацией, показало, что группа настольных продуктов ArcGISforDesktop, разработанных специалистами компании ESRI, обладает обширным инструментарием для обработки географической информации, её хранения, предоставления пользователю в различных видах, глубокого анализа и моделирования различных ситуаций.

Разработка специализированной ГИАС для оценки доступности лесных ресурсов, а также планирования и управления лесозаготовительным процессом предполагает выполнение ряда задач [3]:

1. Создание базы данных

Это наиболее трудоёмкая и неформализованная часть работы. Ее полнота и точность определяет качество анализа и конечных продуктов.

Первым шагом разработки проекта географической информационно-аналитической системы является создание информационного обеспечения. Его основой являются пространственные данные вместе с их семантическим окружением. ГИАС обеспечивает механизм, при использовании которого из пространственных данных различных источников может быть построена цифровая модель [17].

При разработке цифровой базы данных выполняются следующие шаги:

- проектирование базы данных – определение границ исследуемой местности, системы координат, необходимых слоёв данных, объектов в каждом слое, атрибутов, способов кодирования и организации атрибутов;

- ввод полученных данных в компьютер;
- оцифровка или конвертирование данных из других форматов;
- проверка и исправление ошибок, создание топологии;
- ввод атрибутивных данных и связывание атрибутов с пространственными объектами;
- преобразование пространственных данных в реальные координаты и стыковка смежных покрытий.

Для разработки предлагаемой ГИАС необходима информация о границах территории Красноярского края, районировании Красноярского края – эта информация размещена на официальном сайте Росреестра в свободном доступе.

Далее необходима информация о точных границах лесничеств Красноярского края; данной информации в полном объёме и свободном доступе не существует. В лесном плане Красноярского края находится письменное описание границ лесничеств. Используя эту информацию вместе с картой районирования Росреестра и космическими снимками высокого разрешения, получают искомые границы.

Детальной информации о транспортных путях, находящихся на территории Красноярского края, в том числе лесовозных, также не существует. Для качественной оцифровки транспортных путей можно воспользоваться подложками из топографических карт и космическими снимками высокого разрешения.

Данные о водных объектах получают на основе данных из встроеной подложки космических снимков ESRI.

Данные об арендаторах лесных участков можно получить на основании данных FSC-сертификации, свободных данных арбитражного суда Красноярского края и данных, предоставленных предприятиями лесной промышленности Красноярского края.

Данные о рельефе местности получены в результате обработки программными средствами ArcMap данных миссии SRTM [2].

Информация о запасах древесины, расчётной лесосеке и объемах заготовленной древесины по-

лучена по данным Министерства природных ресурсов Красноярского края и лесного плана Красноярского края.

Данные о пожароопасных участках получают с информационного ресурса лесопожарного центра Красноярского края.

На основании статьи 104 Лесного кодекса РФ и статьи 65 Водного кодекса РФ разработан картографический слой «Водоохранная зона».

2. Анализ данных

Географические информационные системы могут быть использованы для решения трудоёмких или не решаемых вручную аналитических задач. Кроме того, они позволяют прорабатывать альтернативные сценарии. В результате ГИС-анализа территории в качестве выходных данных получается серия тематических карт, графиков и таблиц. Эта информация визуализирована и поэтому доступна для понимания. По этой причине отображению информации следует уделять большое внимание. Карты могут представляться двумерными, которые дают информацию о каком-то явлении или анализе разных показателей, или в трехмерном виде (3D-виртуальная модель местности). Также карты могут быть статическими или в виде анимации.

Для определения значения какого-либо показателя или явления на всей исследуемой территории используются методы геостатистического анализа, основанные на интерполяции, экстраполяции, аппроксимации данных, и различные способы картографического изображения, основанные на классификации данных. Основываясь на разных факторах, можно осуществлять комплексную оценку территории для ее пригодности под поставленные задачи, а также проводить её районирование, ранжирование и кластеризацию. Оценку динамики развития явления или процесса, а также их прогнозирование можно смоделировать, основываясь на разновременных данных.

3. Представление результатов анализа

ГИАС предлагает множество возможностей для составления специализированных карт и отчётов. Ключевым моментом на данном этапе является способность обобщать и представлять результаты анализа в графическом или табличном виде. Каче-

ственно и понятно представленные результаты анализа оказывают значительное влияние на процесс принятия решений.

Разработанная географическая информационная система позволит конечному пользователю задавать входные параметры и получать требуемые тематические карты посредством сети Интернет. При этом пользователю не нужно обладать навыками работы в используемом программном обеспечении (ArcGISforDesktop) и понимать логику работы программы, а качественная визуализация выходных данных (карт) позволит использовать данный продукт широкому кругу пользователей.

Представленная методика апробирована на территории Красноярского края. На основе данных Лесохозяйственных регламентов лесничеств Красноярского края, утверждённых приказом Министерства природных ресурсов и лесного комплекса Красноярского края от 22.12.2008, свободных данных с wms-сервера Росреестра, разработан полигональный картографический слой, содержащий информацию о точных границах лесничеств Красноярского края.

С помощью инструментов геообработки оцифрованы границы лесничеств. В результате создан картографический слой с точными границами лесничеств Красноярского края. Атрибутивная таблица данного слоя содержит информацию по каждому лесничеству: «расчётная лесосека», «фактически заготовлено древесины», «неосвоенные ресурсы».

Транспортные пути, их расположение и характеристики очень важны для оценки транспортной доступности лесных ресурсов. Поэтому данному слою необходимо уделить особое внимание. Для реализации данного проекта были оцифрованы дорожные сети (в том числе лесовозные дороги, магистрали, ветки и усы, железнодорожные пути, платформы и тупики). Оцифровка проводилась по подложке космических снимков, которая проецируется на рабочий стол программы. Данная информация позволяет определить транспортную доступность участков леса (рис. 1).

Информация о гористости ландшафта необходима лесозаготовителю при планировании освоения лесосеки. Для разработки данного слоя ис-

пользуются бесплатные данные миссии SRTM (Shuttle radar topographic mission) – это радарная топографическая съёмка, охватывающая большую часть территории Земли. Исключение составляют самые северные (>60) и самые южные (>54) широты и океаны. Съёмка проводилась в феврале 2000 г. с использованием специальной радарной системы. С помощью двух радиолокационных сенсоров SIR-C и X-SAR были собраны более 12 терабайт данных. Данные представляют собой простой 16-битный растр (без заголовка), значение пиксела является высотой над уровнем моря в данной точке, также оно может принимать значение -32768, что соответствует значению no data (нет данных). Референц-эллипсоид данных – WGS84.

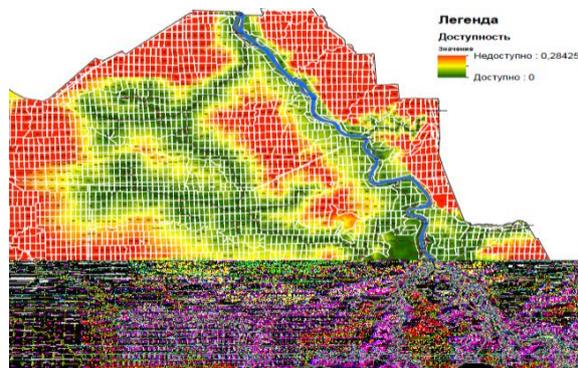


Рис. 1. Изображение транспортной доступности леса с наложением на квартальную сеть

Изначально перед миссией SRTM ставились следующие задачи по точности:

- линейная абсолютная ошибка по высоте менее 16 метров;
- линейная относительная ошибка по высоте менее 10 метров;
- круговая абсолютная ошибка в плане меньше, чем 20 метров;
- круговая относительная ошибка в плане меньше, чем 15 метров;
- относительная ошибка по высоте для данных X-band SRTM меньше 6 метров;
- все ошибки в доверительном интервале 90 %.

Данные SRTM на интересующую территорию можно загрузить с официального сайта. Аналогично идентифицируются и скачиваются остальные архивы на исследуемую территорию. Далее из скачанных растров формируют общую мозаику

растров. Обработав полученные данные SRTM с помощью инструмента геообработки «Уклон» из набора инструментов «SpatialAnalyst», получают растровый слой с визуальными данными об уклонах в градусах, разбитых на три диапазона (по доступности разных технических средств) (рис. 2). По карте видно, на каком участке местности какой уклон преобладает. Накладывая на нее информацию о предстоящих лесозаготовках (границы лесосеки, планируемые транспортные пути), оценивают техническую и технологическую доступности по уклону.

0° - 15°
16° - 21°
22° - 84°

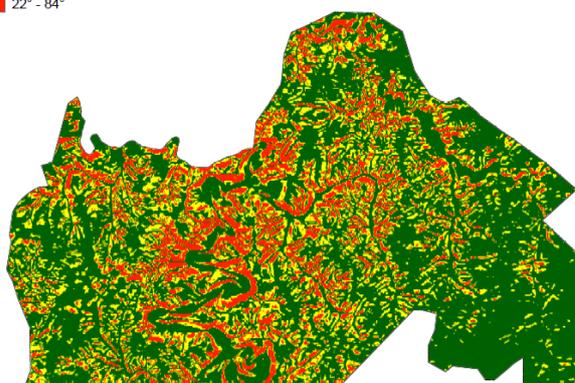


Рис. 2. Распределение участка леса по уклону местности

Для более детальной визуализации есть возможность разбить до тридцати двух диапазонов и отобразить крутизну уклона в процентах.

Также при обработке данных SRTM получены достаточно детальные карты рельефа местности, которые также возможно использовать для оценки технической и технологической доступности ресурса. Для оценки технологической доступности, а также для планирования освоения лесосек, определения направления валки, трелёвки и вывозки, определения наиболее удобного расположения пунктов погрузки и складирования удобно использовать карты рельефа с отмывкой (рис. 3).

Далее, руководствуясь статьей 104 Лесного кодекса РФ и статьей 65 Водного кодекса РФ, при использовании инструмента пространственного анализа «Буфер» из набора инструментов «Анализ», разработан картографический слой «Водоохранная зона».

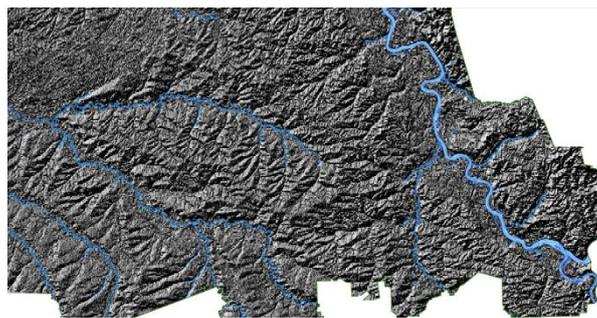


Рис. 3. Карта рельефа с отмывкой уклонов

Процесс разработки данного слоя включает несколько этапов.

1. Когда создаются буферные полигоны, использующие систему координат проекции и содержащие объекты, покрывающие большую территорию, либо если применяется очень большое буферное расстояние, из-за искажений в проекции могут создаваться неточные буферы. Если использовать класс пространственных объектов в виде географической системы координат и буферное расстояние (Buffer Distance) задать в линейных единицах в противоположность угловым единицам, то возможно при создании буферных полигонов полностью избежать искажений. Используя такую комбинацию входных значений, инструмент создает истинные геодезические буферы, которые точно показывают расстояния на земной поверхности.

2. При создании буферных полигонов вокруг объектов с системой координат проекции и с выводом в класс объектов базы геоданных часто получаются геометрические формы, включающие в себя сегменты дуги окружности (особенно при создании буферных полигонов вокруг точек). При перепроецировании таких буферов следует воспользоваться инструментом «Уплотнить» (Densify) для конвертации сегментов дуги окружности в прямые линии, и только после этого их перепроецировать. Без этой операции перепроецированные буферы неточно представляют территорию, которую охватывал исходный буфер.

3. При выходе класс объектов имеет поле с названием BUFF_DIST, которое содержит буферное расстояние для построения буфера вокруг каждого пространственного объекта в единицах изме-

рения, соответствующих системе координат входных объектов.

4. При создании буферных полигонов внутри полигональных объектов необходимо использовать отрицательные буферные расстояния – при этом границы полигона уменьшатся на заданное расстояние.

5. В результате обработки водных объектов получен слой полигональных объектов «Водоохранная зона». Используя информацию данного слоя, можно оценить экологическую доступность лесных ресурсов: выявлять незаконные рубки и определять те части кварталов, где заготовка древесины запрещена.

Данные об арендаторах лесных участков получены на основании данных FSC-сертификации, свободных данных арбитражного суда Красноярского края и данных, предоставленных предприятиями лесной промышленности Красноярского края, в которых указаны участковые лесничества и номера кварталов, которые арендованы предприятиями лесной промышленности. Квартальная сеть лесничеств Красноярского края загружена с официального сайта ЛПЦ-картография.

При помощи данной информации оцифровываются кварталы, арендованные предприятиями. В атрибутивную таблицу заносится информация о предприятии-арендаторе, номер договора аренды, дата окончания аренды. Данная информация позволяет получить информацию по свободным к освоению участкам.

Информация может предоставляться пользователю в цифровом виде, в виде карт высокого разрешения (свыше 40 000 на 20 000 пикселей), в виде тематических атласов, удобных в просмотре и не требующих дополнительного программного обеспечения.

На основе свободных данных единого государственного реестра почвенных ресурсов создана почвенная карта лесничеств Красноярского края [3]. По полученной информации данного ресурса возможно определить техническую и транспортную доступность древесины. На основе полученной карты можно планировать транспортные пути, сезонность вывозки древесины, виды лесозаготовительных машин.

Заключение

В работе представлен опыт создания специализированной геоинформационной системы на базе программного продукта ArcGISforDesktop для проведения комплексной оценки доступности лесных ресурсов на территории Красноярского края. В результате разработаны слои карт:

- границы лесничеств Красноярского края (полигональный слой);
- дорожная сеть (линейный слой);
- железнодорожные пути (линейный слой);
- гидрография (полигональный и линейный слои);
- арендная база (полигональный слой);
- уклоны (растровый слой);
- рельеф (растровый слой);
- пожароопасные участки (полигональный слой);
- водоохранная зона (полигональный слой);
- почвенная карта (полигональный слой);
- породный состав лесов (wms-сервер);
- квартальная сеть лесничеств (полигональный слой);
- ООПТ (wms-сервер).

Слои разработанной ГИАС учитывают влияние всех факторов, определяющих уровень доступности лесных ресурсов. При этом для отражения одного фактора предназначено несколько разных слоев. Используя эту информацию, лесопользователь может своевременно провести оценку различных видов доступности лесных ресурсов на арендованном лесном участке, а также решать проблемы выбора лесных участков для будущей аренды, доставки сырья, доступности информации о лесных ресурсах.

Полнота и детальность полученной таким образом оценки позволит повысить эффективность использования лесных ресурсов, подобрать оптимальную технологию и систему машин, избежать экологических нарушений, разработать оптимальный маршрут транспортировки древесины, что в итоге позволит лесопользователю извлечь максимальную прибыль от полученной лесопромышленной продукции.

Именно повышение рентабельности производства является залогом успешного развития отечественной лесопромышленной отрасли.

1. Формирование геоинформационного интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов [Текст] / А. А. Кадочников, В. Г. Попов, А. В. Токарев, О. Э. Якубайлик // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2008. – Т. 1. – № 4. – С. 377-386.
2. Мохирев, А. П. Географическая информационная система планирования оптимального освоения лесного фонда [Текст] / А. П. Мохирев, П. А. Егармин // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 4 (12). – С. 172-176.
3. Мохирев, А. П. Создание геоинформационного ресурса для планирования лесозаготовительного производства [Текст] / А. П. Мохирев, Е. В. Горяева, П. А. Егармин // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. – 2017. – Т. 22. – № 2. – С. 137-153.
4. Мохирев, А. П. Сравнительный анализ доступности лесных ресурсов лесозаготовительных предприятий [Электронный ресурс] / А. П. Мохирев, М. О. Позднякова, Н. В. Аксенов // Инженерный вестник Дона. – 2017. – Т. 44. – № 1 (44). – Режим доступа: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_16_Mokhirev_Aksenov_Pozdnyakova.pdf_60682d9ad0.pdf.
5. Пахахинова, З. З. Картографическая регистрация базовых пространственных объектов для мониторинга природопользования [Текст] / З. З. Пахахинова, Э. А. Батоцыренов, А. Н. Бешенцев // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. – 2016. – № 2 (34). – С. 94-104.
6. Полшведкин, Р. В. Оценка доступности и качества лесных ресурсов Удорского района Республики Коми. Методический подход [Текст] / Р. В. Полшведкин, А. Н. Мариев // Использование геоинформационных систем в управлении природопользованием и охраной окружающей среды в республике Коми: Материалы научно-практической конференции. – Сыктывкар, 2006. – Режим доступа: <http://www.agiks.ru/data/konf/page13.htm>.
7. Об экономически доступной расчетной лесосеке на арендных территориях ООО «Сибирский лес» в Красноярском крае [Текст] / В. А. Соколов [и др.] // Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2016. – № 3. – С. 214-217.
8. Соколов, В. А. Организация устойчивого использования лесов Сибири [Текст] // Лесохозяйственная информация. – 2013. – № 2. – С. 52-59.
9. Третьяков, А. Г. Лесная рента и экономическая доступность лесных ресурсов: методологические аспекты [Текст] / А. Г. Третьяков // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2015. – № 2. – Т. 19. – С. 153-160.
10. Фарбер, С. К. Перспективы использования данных SRTM для решения лесных научно-практических задач [Текст] / С. К. Фарбер, Н. С. Кузьмик, Н. В. Брюханов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 3. – № 4. – С. 85-88.
11. Bredstrom, D. Annual planning of harvesting resources in the forest industry [Text] / D. Bredstrom, P. Jonsson, M. Ronnqvist // International transactions in operational research. – 2010. – № 17. – P. 155-177.
12. Decisions and methodology for planning the wood fiber flow in the forest supply chain [Text] / D. Carlsson, S. D'Amours, A. Martel, M. Rönnqvist // Recent developments in supply chain management ; eds.: R. Koster and W. Delfmann. – Helsinki : University Press, 2008. – P. 11-39.
13. Economic and environmental impacts of transport cost changes on timber and forest product markets in Norway [Text] / E. Tromborg [et al.] // Scandinavian Journal of Forest Research. – 2009. – № 24 (4). – P. 354-366.
14. Gerasimov, Yu. Yu. GIS-based decision-support program for short-wood transport in Russia [Text] / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov, T. Karjalainen // The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations. Copenhagen September 23-25, 2008. – Forest & Landscape Working Papers. – 2008 – No. 30.

15. Henningsson, M. Optimization models for forest road upgrade planning [Text] / M. Henningsson, J. Karlsson, M. Rönnqvist // *Journal of Mathematical Models and Algorithms*. – 2007. – № 6(1). – P. 3-23.
16. Sokolov, A. P. A toolset of decision support systems for wood harvesting and forest bioenergy logistics in Russia [Text] / A. P. Sokolov, V. S. Syunev // *Renewable energy sources and clean technologies: Proceedings of 14th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2014*. – Albena : STEF92 Technology. – 2014. – Vol. 1. – P. 3-10.
17. Velazquez-Marti, B. GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks [Text] / B. Velazquez-Marti, E. Annevelink // *Transactions of the ASABE*. – 2009. – № 52 (4). – P. 1069-1078.

References

1. *Formirovanie geoinformacionnogo internet-portala dlja zadach monitoringa sostojanija prirodnoj sredy i resursov* [Formation of a geoinformation Internet portal for monitoring the state of the natural environment and resources] / A. A. Kadochnikov, V. G. Popov, A. V. Tokarev, O. Je. Jakubajlik // *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Serija: Tehnika i tehnologii* [Journal of the Siberian Federal University. Series: Engineering and technology]. – 2008. – Vol. 1. No. 4 – P. 377-386.
2. Mokhitev A. P. *Geograficheskaja informacionnaja sistema planirovanija optimal'nogo osvoenija lesnogo fonda* [Geographic Information System for Planning Optimal Development of Forest Fund] / A. P. Mokhitev, P. A. Egarmin // *Sistemy. Metody. Tehnologii* [Sistems. Methods. Technologies]. – 2011. – № 4 (12). – P. 172-176.
3. Mokhitev A. P. *Sozdanie geoinformatsionnogo resursa dlya planirovaniya lesozagotovitel'nogo proizvodstva* [Creation of a geoinformation resource for logging production planning] A. P. Mokhitev, E. V. Goryaeva, P. A. Egarmin // *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii)* [Bulletin of Siberian State University of Geosystems and Technologies]. – 2017. – Vol. 22. – No. 2. – P. 137-153.
4. Mokhitev A. P. *Sravnitel'nyj analiz dostupnosti lesnyh resursov lesozagotovitel'nyh predpriyatij* [Comparative analysis of the availability of forest resources of logging enterprises] / A. P. Mokhitev, M. O. Pozdnjakova, N. V. Aksenov // *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don]. – 2017. – Vol. 44. – № 1 (44). – URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_16_Mokhitev_Aksenov_Pozdnyakova.pdf_60682d9ad0.pdf.
5. Pakhakhinova Z. Z. *Kartograficheskaya registratsiya bazovykh pro-stranstvennykh ob"ektov dlya monitoringa prirodopol'zovaniya* [Cartographic registration of basic spatial objects for environmental monitoring] / Z. Z. Pakhakhinova, E. A. Batotsyrenov, A. N. Beshentsev // *Vestnik SGUGiT* [Bulletin of SGUGiT]. – 2016. – No. 2 (34). – P. 94-104.
6. Polshvedkin R. V. *Ocenka dostupnosti i kachestva lesnyh resursov Udorskogo rajona Respubliki Komi. Metodicheskij podhod* [Assessment of the availability and quality of forest resources in the Udorsk region of the Komi Republic. Methodological approach] / R. V. Polshvedkin, A. N. Mariev // *Ispol'zovanie geoinformacionnyh sistem v upravlenii prirodopol'zovaniem i ohranoy okruzhajushhej sredy v respublike Komi: Materialy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Use of geoinformation systems in environmental management and environmental protection in the Republic of Komi: Materials of the scientific-practical conference]. – Syktyvkar, 2006. – URL: <http://www.agiks.ru/data/konf/page13.htm>.
7. *Ob jekonomicheski dostupnoj raschetnoj lesoseke na arendnyh territorijah OOO «Sibirskij les» v Krasnojarskom krae* [On the economically accessible settlement felling area in the lease areas of OOO Sibirsky Les in the Krasnoyarsk Territory] / V. A. Sokolov [et al.] // *Izvestija Nacional'noj Akademii nauk Kyrgyzskoj Respubliki* [Proceedings of the National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic]. – 2016. – No. 3. – P. 214-217.
8. Sokolov V. A. *Organizacija ustojchivogo ispol'zovaniya lesov Sibiri* [Organization of sustainable use of Siberian forests] // *Lesohozjajstvennaja informacija* [Forest management information]. – 2013. – No. 2. – P. 52-59.

9. Tret'jakov A. G. *Lesnaja renta i jekonomicheskaja dostupnost' lesnyh resursov: metodologicheskie aspekty* [Forest rent and economic accessibility of forest resources: methodological aspects] / A. G. Tret'jakov // *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoj vestnik* [Journal of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin]. – 2015. – No 2. – P. 153.
10. Farber S. K. *Perspektivy ispol'zovaniya dannykh SRTM dlya resheniya lesnykh nauchno-prakticheskikh zadach* [Prospects of using SRTM data for solving forestry scientific and practical problems] / S. K. Farber, N. S. Kuz'mik, N. V. Bryukhanov // *Interexpo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Sibir]. – 2013. – Vol. 3. – No. 4. – P. 85-88.
11. Bredstrom D. Annual planning of harvesting resources in the forest industry / D. Bredstrom, P. Jonsson, M. Ronnqvist // *International transactions in operational research*. – 2010. – № 17. – P. 155-177.
12. Decisions and methodology for planning the wood fiber flow in the forest supply chain / D. Carlsson, S. D'Amours, A. Martel, M. Rönnqvist // *Recent developments in supply chain management*; eds.: R. Koster and W. Delfmann. – Helsinki : University Press, 2008. – P. 11-39.
13. Economic and environmental impacts of transport cost changes on timber and forest product markets in Norway / E. Tromborg [et al.] // *Scandinavian Journal of Forest Research*. – 2009. – № 24 (4). – P. 354-366.
14. Gerasimov Yu. Yu. GIS-based decision-support program for short-wood transport in Russia / Yu. Yu. Gerasimov, A. P. Sokolov, T. Karjalainen // *The Nordic-Baltic Conference on Forest Operations*. Copenhagen September 23-25, 2008. – *Forest & Landscape Working Papers*. – 2008 – No. 30.
15. Henningsson M. Optimization models for forest road upgrade planning / M. Henningsson, J. Karlsson, M. Rönnqvist // *Journal of Mathematical Models and Algorithms*. – 2007. – № 6(1). – P. 3-23.
16. Sokolov A. P. A toolset of decision support systems for wood harvesting and forest bioenergy logistics in Russia / A. P. Sokolov, V. S. Syunev // *Renewable energy sources and clean technologies: Proceedings of 14th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2014*. – Albena : STEF92 Technology. – 2014. – Vol. 1. – P. 3-10.
17. Velazquez-Marti B. GIS application to define biomass collection points as sources for linear programming of delivery networks / B. Velazquez-Marti, E. Annevelink // *Transactions of the ASABE*. – 2009. – № 52 (4). – P. 1069-1078.

Сведения об авторах

Мохирев Александр Петрович – доцент кафедры технологии лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кандидат технических наук, доцент, г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru

Позднякова Мария Олеговна – студент магистратуры Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: m_o_pozdnyakova@mail.ru

Резинкин Сергей Юрьевич – студент магистратуры Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: rog31@mail.ru

Мамматов Владимир Олимбаевич – студент магистратуры Лесосибирского филиала ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», г. Лесосибирск, Российская Федерация; e-mail: mammatov1@mail.ru

Information about authors

Mokhirev Aleksandr Petrovich – Associate Professor of the Department of Logging Technology and Woodworking Production, Lesosibirsk Branch «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Lesosibirsk, Russia; e-mail: ale-mokhirev@yandex.ru

Pozdnyakova Mariya Olegovna – Magister of Lesosibirsk Branch «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Lesosibirsk, Russia; e-mail: m_o_pozdnyakova@mail.ru

Rezinkin Sergey Yur'evich – Magister of Lesosibirsk Branch «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Lesosibirsk, Russia; e-mail: pogz31@mail.ru

Mammatov Vladimir Olimbaevich – Magister of Lesosibirsk Branch «Reshetnev Siberian State University of Science and Technology», Lesosibirsk, Russia; e-mail: mammatov1@mail.ru

DOI: 10.12737/article_5a3cf4403ea445.07775744

УДК 630*91

МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ЗЕЛЕННОГО ЛЕСОПАРКОВОГО ПОЯСА ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ

доктор биологических наук, профессор **Н.Н. Харченко**¹
доктор экономических наук, профессор **С.С. Морковина**¹
доктор биологических наук, профессор **Н.Е. Косиченко**¹
кандидат географических наук **М.В. Скрынникова**¹

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет»,
Воронеж, Российская Федерация

Создание лесопарковых зеленых поясов определено главой IX.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» для целей ограничения режима природопользования и хозяйствования и сохранения естественных экологических систем. Лесопарковые зеленые пояса являются новой формой реализации права городских жителей на благоприятную окружающую среду. В зоне лесостепи к функционированию лесопарковых зеленых поясов предъявляются важные биоклиматические и природоохранные требования: зимой – защита от неблагоприятных ветров; летом – защита от пыльных бурь, суховеев, от избыточной инсоляции, закрепление склонов, оврагов, почв. Лесопарковые зеленые пояса должны нести значительную экосистемную нагрузку. Важнейшими показателями успешного функционирования лесопаркового зеленого пояса являются его размещение, конфигурация и размер. Научно обосновано использование четырех критериев для определения приоритетных участков для включения в состав лесопаркового зеленого пояса. Критерий локализации, являющийся основанием для включения участка в состав лесопаркового зеленого пояса, отражает удаленность участка (приближенность) от черты городской агломерации. Критерий экосистемной нагрузки отражает выполнение участком экологических функций. Критерий «Тип участка» служит для определения происхождения участка и оценки его отличительных признаков. Критерий «Наличие обременений» служит индикатором несовместимости участка с целями создания лесопаркового зеленого пояса. Отбор участков для включения в состав лесопаркового зеленого пояса осуществляется с учётом мнения экспертов по результатам их анкетирования. Предложенный методический подход к выявлению участков для включения в состав лесопаркового зеленого пояса может быть использован на всех уровнях лесопользования региональными органами исполнительной власти для обоснования управленческих решений по созданию «зеленого щита» территорий.

Ключевые слова: лесопарковые зеленые пояса, экосистемная нагрузка, лесное хозяйство, региональная экономика, лесопользование.