

14. International Standard ISO 13600. Technical energy systems - Basic concepts. First ed. 1997-11-15.
15. Mirchevski S. Energy Efficiency in Electric Drives // Electronics. 2012. Vol. 16, №. 1. P. 46-48.
16. Shamabadi Z. Evaluation the effect of reduced tillage on irrigated wheat yield and energy Efficiency // International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2012. Vol. 4, № 20. P. 1508-1511.
17. Tarighi J. Static and dynamic analysis of front axle of tractor using finite element methods // Journal of Agricultural Engineering. 2011. № 2. P. 44-49.
18. Gao H. Establishing saving agricultural mechanization system // Chinese Agricultural Mechanization. 2007. № 1. P. 7-10.
19. Alam M.S. Energy Flow in Agriculture: Bangladesh // American Journal of Environmental Sciences. 2005. № 1. P. 213-220.
20. Clafk W. Energy Efficient in Agricultural // Efficient Use And Conservation Of Energy. 2003. Vol. 2. P. 72-94.

УДК 528.94:630 (084)

DOI: 10.18324/2077-5415-2016-2-169-173

Решение задач планирования лесопромышленного производства с использованием географической информационной системы

А.П. Мохирев^а, С.Ю. Резинкин^б

Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, ул. Победы 29, Лесосибирск, Россия

^аale-mokhirev@yandex.ru, ^бpogz31@mail.ru

Статья поступила 15.04.2016, принята 5.05.2016

Как правило, для планирования и организации лесозаготовительного или деревоперерабатывающего производства необходимо проанализировать большой объем информации об инфраструктуре и объеме сырьевых ресурсов в регионе, в том числе доступных, наличии конкурирующего и смежного производств и т. п. В большинстве случаев получение подобной информации сопряжено с известными сложностями. В статье представлены результаты исследований по разработке географической информационной системы, где в картографическом или текстовом формате представлены данные, необходимые для планирования и организации лесопромышленного производства. Материал разрабатывался в среде ArcGis. Предлагаемая система проста в использовании и пригодна для практической работы. В частности, доступны следующие функции: осуществление навигации по иерархической системе «субъект РФ – лесничество – участковое лесничество – арендная территория» и переключение между картами лесничеств рассматриваемого региона; просмотр справочной информации по лесничествам, лесопаркам, лесорастительным зонам и районам в границах субъектов РФ; формирование запросов по отбору интересующего пространственного объекта и получение справочных данных; изменение масштаба карт без потери качества; получение координат объектов и данных о рельефе местности; планирование сети лесных дорог; распечатка карт и справочной информации; определение экономически доступных древесных ресурсов; получение информации о наличии инфраструктуры в границах рассматриваемого объекта, об объемах расчетной лесосеки лесничества, участкового лесничества, лесного участка, а также об объемах свободной (неосваиваемой) древесины с указанием ее породы и качества, о конкурирующих и смежных производствах в рассматриваемом районе. Система апробирована на территории Красноярского края.

Ключевые слова: географическая информационная система; планирование лесозаготовительного производства; схема лесных дорог; экономическая доступность; планирование освоения лесного фонда.

Problem solving for timber production planning by using geographic information systems

A.P. Mokhirev^а, S.Yu. Rezinkin^б

Siberian State Technological University, Lesosibirsk branch; 29, Pobedy St., Lesosibirsk, Russia

^аale-mokhirev@yandex.ru, ^бpogz31@mail.ru

Received 15.04.2016, accepted 5.05.2016

To plan and organize logging and wood processing, it is required to analyze a large amount of information. It touches upon existing infrastructure and natural resources in the region, including affordable ones, upon availability of competing and related productions, etc. In most cases, this information is difficult to obtain. The article presents the results of studies on the development of geographic information system which presents data in the map or text format. The data are necessary for planning and organizing timber production. The system has been developed in ArcGis environment. The system proposed is simple to use and is suitable for practical work. It allows you to navigate on hierarchical system «a subject of the Russian Federation – forestry – district forestry – rent area» and to

switch between forestry maps of the area under search. It also allows to view background information on forestry, forest parks, forest zones and areas within the boundaries of the Russian Federation; to generate queries on the selection of the object of interest and its data; to zoom the maps with no loss of quality; to get coordinates of objects and topographic information; to plan forest roads; to print maps and background information; to find out economically affordable wood sources; to receive information on the infrastructure available in this object, on the amount of wood available in the forestry, forest district and forest land; to obtain information about the volumes of harvested and the non-harvested wood showing its breed and quality; to get information about competing and related productions in the area. The system has been tested on the territory of Krasnoyarskiy Krai.

Key words: geographic information system; timber production planning; scheme of forest roads; economic affordability; forest exploitation planning.

Введение

В России сосредоточено около 20 % мировых запасов лесных ресурсов. По запасам древесины, определенным в соответствии с методикой ФАО (*Food and Agriculture Organization*), Россия (83,4 млрд м³) занимает 2-е место в мире после Бразилии (126,2 млрд м³). Однако при расчетной лесосеке около 650 млн м³ в год в России ежегодно заготавливается менее 200 млн м³, из которых в дальнейшую переработку на территории страны попадают около 20 %. Основными причинами слабого развития лесной промышленности являются экономическая и транспортная недоступность большой доли лесных ресурсов. По экспертным оценкам, для эксплуатации доступно 52 % площади лесов, однако преобладающая их часть истощена в результате интенсивного лесопользования в последние десятилетия. Согласно данным [1], преобладающая доля доступных для эксплуатации лесов находится на Европейском Севере, Урале и вдоль Транссибирской магистрали. Многолесная северная азиатская часть России относится к недоступным лесам.

Для всего лесопромышленного комплекса, особенно лесозаготовительного сектора, проблема отсутствия развитой инфраструктуры — одна из ключевых. Самое слабое звено — дорожная сеть, без ее развития невозможно вести рациональное лесопользование [2–6].

Получается замкнутый круг: неразвитость инфраструктуры, в первую очередь дорожной сети, приводит к низкому освоению расчетной лесосеки. Малые объемы лесозаготовки являются препятствием в создании перерабатывающих мощностей, а их отсутствие лишает финансовой возможности инвестировать в развитие дорожной сети. Разорвать это кольцо можно только через инвестирование средств в создание обслуживающей инфраструктуры проекта, не нарушив при этом социальные, экологические и другие нормы [7].

Постановка задачи. При планировании лесозаготовительного или деревоперерабатывающего процесса требуется проанализировать большой объем информации: существующая инфраструктура, объем сырьевых ресурсов в регионе, в том числе доступных, наличие конкурирующего и смежного производства и т. п. Трудозатраты на сбор и обработку таких данных достаточно велики, поэтому для решения задачи целесообразно использовать географические информационные системы (ГИС), позволяющие визуализировать информацию для облегчения ее анализа.

Целью настоящих исследований явилось создание картографического информационного ресурса, необходимого для планирования и прогнозирования деятельности лесного производства.

В качестве выходных данных должна быть представлена информация о ресурсах (сырьевых, энергетических, трудовых), а также об экономической, экологической, транспортной доступности древесины и производствах, имеющих на рассматриваемой территории [8].

Описание ГИС. Для решения поставленной задачи требуется ряд исходных данных, которые условно можно разделить по территориально-производственным признакам:

1. Данные по возможному использованию произрастающих древесных ресурсов. К ним можно отнести размер расчетной лесосеки и фактического лесопользования по породам и качеству древесины, информацию о защитных и неэксплуатационных лесах.

2. Инфраструктура на участке лесного фонда (транспортная сеть с указанием качества и сезонности). Эта информация потребуется для определения доступности и создания логистики производства.

3. Данные о конкурирующих и смежных производствах, включая объем заготовки и глубину переработки древесины на рассматриваемой территории, потребуются для маркетинговых исследований.

4. Несырьевые ресурсы. К такой информации относятся доступные энергоресурсы, человеческие ресурсы, экономические показатели и др., которые могут понадобиться для организации производства.

После ввода данных требуется обработка данных. Вводимая информация может предоставляться пользователю в таблицах, на территориальных схемах или перерабатываться для получения другой информации. Требуются расчеты для получения следующих выходных данных: объем свободных (неосваиваемых) ресурсов, экономически доступные лесные ресурсы. Если объем неосваиваемых ресурсов находится как разница между расчетной лесосекой и фактическим объемом заготовки, то экономической доступность лесных ресурсов определить сложнее.

При определении экономической доступности лесных ресурсов нами изучены технологические процессы заготовки и вывозки древесины на некоторых предприятиях Красноярского края, калькуляция их себестоимости. Определяющий показатель экономической доступности — прибыль получаемой продукции. Основными факторами, влияющими на прибыль от заготовки древесины, являются: цена получаемой продукции; себестоимость лесозаготовительных работ; затраты на строительство дорог и доставку древесины до потребителя. При этом основная доля (около 40 %) затрат ложится на вывозку древесины, а общие транспортные расходы (строительство и содержание дорог, вывозка древесины) составляют до 60 % от общей себестоимости.

При условии, что некоторая часть дорог, по которым планируется вывозка древесины, уже существует, следует их выделить. В этом случае формула примет вид:

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{лв}} - ((C_{\text{ст}}L_c)^y + C_{\text{в}} \cdot L),$$

где $\Pi_{\text{лв}}$ — разность стоимости товарной продукции и затрат на лесозаготовку 1 м³ древесины, р. (франко верхний склад); $C_{\text{ст}}$ — затраты на строительство, содержание 1 км автодорог и вывозку древесины, 1 м³/км, р.; L — расстояние до разрабатываемых участков; y — показатель степени, зависящий от стоимости строительства дороги и L ; L_c — расстояние пути, требующее строительства дороги; $C_{\text{в}}$ — затраты на содержание дорог и вывозку древесины, 1 м³/км, р.

Более подробно используемая методика определения экономической доступности рассмотрена в предыдущих работах автора [9–11]. Методика основана на проектировании сети лесных дорог [12–14].

При этом доступность определяется для деловой и топливной древесины, что позволяет спланировать технологию ее производства и переработки [15].

Экономическая доступность отображается в виде окружностей, радиусом, равным максимальному расстоянию эффективной заготовки древесины.

Создание цифровой базы данных выполнено с использованием современных технических программных средств ArcGis [16–19].

Система ArcGIS представляет собой масштабируемую среду для создания полноценной ГИС. ArcGIS-Desktop — это набор различных программных приложений для создания, редактирования, глубокого анализа и распространения географической информации. В ArcGIS имеются наборы инструментов и географических данных, используя которые, можно моделировать различные процессы, а на основе полученных результатов прогнозировать развитие ситуации.

Результаты исследований. В результате проведенных операций разработано картографическое приложение в виде интерактивной карты, предназначенной для просмотра и реализации запросов пользователя.

Предлагаемая система проста в использовании и пригодна для практической работы. Она позволяет:

- осуществлять навигацию по иерархической системе «субъект Российской Федерации – лесничество – участковое лесничество – арендная территория» и переключение между картами лесничеств рассматриваемого региона;
- просматривать справочную информацию по лесничествам, лесопаркам, лесорастительным зонам и районам в границах субъектов Российской Федерации;
- формировать запросы по отбору интересующего пользователя пространственного объекта и получать справочные данные по выбранному объекту;
- изменять масштаб карты без потери качества;
- получать координаты объектов;
- распечатывать карты (субъекта Российской Федерации, отдельных лесничеств (лесопарков) и пр.) и справочную информацию;
- получать информацию о наличии инфраструктуры в рассматриваемом объекте;

- получать информацию об объемах расчетной лесосеки лесничества, участкового лесничества, лесного участка с указанием ее породы и качества;

- получать информацию об объемах заготавливаемой и свободной (неосваиваемой) древесины с указанием ее породы и качества;

- получать информацию об экономически доступных древесных ресурсах;

- получать информацию о конкурирующих и смежных производствах в рассматриваемом районе;

- получать информацию о рельефе местности;

- получать информацию о почвогрунтах местности;

- получать информацию о породном составе произрастающей на местности древесины.

В качестве территории для апробации был выбран Красноярский край. На территории региона находится 61 лесничество. При расчетной лесосеке около 77 млн м³ осваивается около 15–18 %. Согласно данным [1] большая часть древесных ресурсов края относится к недоступным. Дорожная сеть развита недостаточно, однако на территории региона действуют четыре лесопромышленных узла: Красноярский, Канский, Лесосибирский, Богучанский. В каждом из городов — узловых центров созданы лесоперерабатывающие предприятия с прилегающей сетью лесозаготовительных производств.

Через административный центр региона проходит Транссибирская магистраль, северные территории связывает железнодорожная ветка до Лесосибирска. Таким образом, железнодорожная сеть и водные артерии (р. Ангара и Енисей) повышают транспортную доступность региона.

В качестве картографической основы использовались материалы геопортала Института вычислительно-го моделирования СО РАН [20].

В рамках исследований обработаны данные по всем лесничествам Красноярского края. Цель — представить наглядную информацию о природно-производственных условиях рассматриваемой территории, влияющих на лесозаготовительный процесс. На картографическом материале представлены следующие слои:

- границы лесничеств;
- существующие транспортные пути (железнодорожные, водные, автомобильные, в том числе лесовозные);
- промышленные центры переработки древесины с предполагаемыми зонами экономической доступности древесины;
- планируемая сеть лесных дорог;
- экологически недоступные участки (особо охраняемые природные территории, защитные леса и т. п.);
- рельеф местности;
- районирование по типам почвогрунтов;
- районирование по глубине снежного покрова;
- породный состав произрастающей древесины.

Требуемая информация отображается, по запросу пользователя, в картографическом или текстовом виде. Для анализа может предоставляться атлас лесничеств.

Для создания атласа лесничеств использовалось приложение ArcMAP. С помощью инструментов редактирования созданы отдельные слои карты: границы Красноярского края, границы лесничеств, дорожная сеть, железнодорожные пути, гидрография, линейный и

полигональный слой. В атрибутивной таблице «Границы лесничеств» добавлены поля, содержащие информацию о деятельности лесничеств, а также созданы автоматически вычисляемые поля для облегчения ввода информации пользователем. С помощью многостраничной компоновки сформированы листы карты, содержащие два фрейма данных, инструментом «вставка – динамический текст» на лист добавлены данные атрибутивной таблицы, которые обновляются в соответствии с отображаемым лесничеством. Пример страницы выходных параметров Енисейского лесничества

Красноярского края с запросом определенных данных показан на рис. 1.

На странице представлена информация о наличии магистральных дорог и зон экономической доступности, объемах расчетной лесосеки и фактически заготовленной древесины за 2014 г. по хвойной и лиственной хозяйственной секции, с разделением на деловую и дровяную древесину. Путем несложных автоматических вычислений отображается информация о количестве неосваиваемых ресурсов на территории лесничества. Данная информация будет полезна лесопользователям или государственным органам для планирования производства.



Рис. 1. Пример страницы с выходными параметрами

Выводы и заключение

Для планирования и организации лесопромышленного производства необходимы обширные данные. Часть информации может использоваться в необработанном виде, многое требует сложных расчетов. При определении схемы планируемых транспортных путей, экономической доступности древесных ресурсов использовались методики, ранее опубликованные и апробированные автором настоящей статьи на разных объектах.

В результате исследований разработан информационный ресурс, необходимый для принятия правильных решений по планированию и прогнозированию деятельности лесной промышленности региона. В предлагаемой информационной среде собранная информация по запросу пользователя отображается в картографическом или текстовом формате.

Разработанная информационная среда может быть использована при разработке целевых и отраслевых программ и проектировании новых производств на федеральном, региональном и местном уровнях как лесопользователями, так и государственными органами исполнительной власти при управлении лесным хозяй-

ством и лесоустройстве. ГИС позволяет оперативно прогнозировать и планировать разработку лесных массивов на краткосрочную, среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Литература

1. О повышении эффективности лесного комплекса [Электронный ресурс]: докл. 2013 / Госсовет Рос. Федерации. URL:http://region.adm.nov.ru/upload/iblock/863/09doklad_pechat_itogovaya.pdf (дата обращения: 22.02.2016).
2. Шегельман И.Р., Щукин П.О., Петухов Р.А. Ресурсный подход к развитию региональной сети лесовозных дорог // Перспективы науки. 2011. № 26. С. 188–191.
3. Larsson G. Studies on forest road planning. Goteborg, 1959. P. 136.
4. Mokhirev A.P., Bolotov O.V. Analysis of methods of mathematical modeling of forest road net: Ecology and life (Science, Education, Culture) // International Journal. Novgorod the Great, 2002. P. 38.
5. Tan J.M. Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing sistem. Tiiwistelma: Metsatieverkon suunnittelu siyaintietokantamenetelmalla // Acta Forestalia Genetika. 1992. № 227. P. 85.

6. John S.A. A method for estimating operability and location of the timber resources. New York, 1986. 340 p.
7. Мохирев А.П., Егармин П.А. Географическая информационная система планирования оптимального освоения лесного фонда // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 4 (12). С. 172-176.
8. Болотов О.В., Мохирев А.П., Горяева Е.В. Методологический подход к определению экологической доступности лесных ресурсов // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2004. № 9. С. 77-80.
9. Мохирев А.П. Влияние рентаобразующих факторов на экономическую доступность лесных ресурсов // Экономика и эффективность организации производства. 2006. № 5. С. 187-190.
10. Мохирев А.П. Методика определения экономической доступности лесных ресурсов // Современные наукоемкие технологии. 2006. № 8. С. 63-66.
11. Мохирев А.П., Гуськов Д.А. Преимущества использования ГИС-технологий в определении экономической доступности древесных ресурсов // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. № 15. С. 41-43.
12. Мохирев А.П. Обоснование проектирования сети лесных дорог на примере предприятий Нижнего Приангарья: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2007. 176 с.
13. Мохирев А.П., Болотов О.В. Проектирование сети лесных дорог на примере предприятий Красноярского края: моногр. Красноярск: СибГТУ, 2010. 178 с.
14. Болотова А.С., Мохирев А.П. Экспериментальные исследования проектирования сети дорог на территории Каргинского лесничества Енисейского лесхоза: деп. рукоп. № 337-В2004 26.02.2004.
15. Шегельман И.Р., Будник П.В. Новые технические решения для заготовки деловой древесины и топливной щепы // Перспективы науки. 2012. № 6 (33). С. 107-109.
16. Jenness J. Dem surface tools for ARCGIS // Flagstaff, 2013. 95 p.
17. Jenness J. Tools for Graphics and Shapes: Extension for ArcGIS. Jenness Enterprises. Available 2009. at: http://www.jennessent.com/arcgis/shapes_graphics.htm
18. ESRI. 3D Analyst -ArcView Extension. Review available at [Электронный ресурс]. URL <http://www.esri.com/software/arcview/extensions/3dext.html> (дата обращения: 22.02.2016).
19. Yankovich E.P., Baranovskiy N.V., Yankovich K.S. ARCGIS for assessment and display of the probability of forest fire danger // 2014 9th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2014 9, Advanced Technology: Recent Trends and Their Implications. 2014. С. 222-225.
20. Кадочников А.А., Попов В.Г., Токарев А.В., Якубайлик О.Э. Формирование геоинформационного интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов // Журн. Сибирского федерального университета. Сер. Техника и технологии. 2008. Т. 1, № 4. С. 377-386.
3. Larsson G. Studies on forest road planning. Goteborg, 1959. P. 136.
4. Mokhirev A.P., Bolotov O.V. Analysis of methods of mathematical modeling of forest road net: Ecology and life (Science, Education, Culture) // International Journal. Novgorod the Great, 2002. P. 38.
5. Tan J.M. Planning a forest road network by a spatial data handling-network routing sistem. Tiivistelmä: Metsätieteen tutkimuskeskuksen tutkimusraportti // Acta Forestalia Genetika. 1992. № 227. P. 85.
6. John S.A. A method for estimating operability and location of the timber resources. New York, 1986. 340 p.
7. Mokhirev A.P., Egarmin P.A. Geographic Information System Planning the optimal development of forest // Systems. Methods. Technologies. 2011. № 4 (12). P. 172-176.
8. Bolotov O.V., Mokhirev A.P., Goryaeva E.V. The methodological approach to the determination of the environmental accessibility of forest resources // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2004. № 9. P. 77-80.
9. Mokhirev A.P. Influence of rentforming factors on the economic availability of forest resources // Ekonomika i effektivnost' organizatsii proizvodstva. 2006. № 5. P. 187-190.
10. Mokhirev A.P. Methods of determining the affordability of forest resources // Modern High Technologies. 2006. № 8. P. 63-66.
11. Mokhirev A.P., Gus'kov D.A. The benefits of using GIS technology in determining the affordability of wood resources // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2006. № 15. P. 41-43.
12. Mokhirev A.P. Justification of the forest road network design on the example of the Lower Angara region: dis. ... kand. tekhn. nauk. Krasnoyarsk, 2007. 176 p.
13. Mokhirev A.P., Bolotov O.V. Design of forest road network on the example of Krasnoyarsk region: monogr. Krasnoyarsk: SibGTU, 2010. 178 p.
14. Bolotova A.S., Mokhirev A.P. Experimental studies of the design of the road network on the territory of the Yenisei Karginy forest forestry: dep. rukop. № 337-V2004 26.02.2004.
15. Shegel'man I.R., Budnik P.V. New technical solutions for commercial timber harvesting and wood chips // Science Prospects. 2012. № 6 (33). P. 107-109.
16. Jenness J. Dem surface tools for ARCGIS // Flagstaff, 2013. 95 p.
17. Jenness J. Tools for Graphics and Shapes: Extension for ArcGIS. Jenness Enterprises. Available 2009. at: http://www.jennessent.com/arcgis/shapes_graphics.htm
18. ESRI. 3D Analyst -ArcView Extension. Review available at [Elektronnyi resurs]. URL <http://www.esri.com/software/arcview/extensions/3dext.html> (data obrashcheniya: 22.02.2016).
19. Yankovich E.P., Baranovskiy N.V., Yankovich K.S. ARCGIS for assessment and display of the probability of forest fire danger // 2014 9th International Forum on Strategic Technology, IFOST 2014 9, Advanced Technology: Recent Trends and Their Implications. 2014. P. 222-225.
20. Kadochnikov A.A., Popov V.G., Tokarev A.V., Yakubailik O.E. Formation of geoinformation Internet portal for monitoring tasks of the natural environment and resources // Zhurn. Sibirskogo federal'nogo universiteta. Ser. Tekhnika i tekhnologii. 2008. T. 1, № 4. P. 377-386.

References

1. Report on improving the efficiency of forest complex [Elektronnyi resurs]: dokl. 2013 / Gossovet Ros. Federatsii. URL:http://region.adm.nov.ru/upload/iblock/863/09doklad_pechat_itogovaya.pdf (data obrashcheniya: 22.02.2016).
2. Shegel'man I.R., Shchukin P.O., Petukhov R.A. Resource approach to the development of a regional network of forest roads // Science Prospects. 2011. № 26. P. 188-191.