

## ВОЗМОЖНОСТИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

А.Н. МАКСИМОВА, *асп. МГУЛ*<sup>(1)</sup>,  
О.В. МАРТЫНЕНКО, *доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук*<sup>(1)</sup>,  
В.Н. КАРМИНОВ, *доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук*<sup>(1)</sup>,  
П.В. ОНТИКОВ, *ст. преподаватель МГУЛ*<sup>(1)</sup>,  
Н.М. МИНАКОВ, *магистрант МГУЛ*<sup>(1)</sup>

*maximova@mgul.ac.ru*

<sup>(1)</sup> ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»  
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

В настоящее время для восполнения основных целей развития и ведения лесного хозяйства популярным и важным направлением стало использование ГИС-технологий, а точнее – создание и применения лесных карт. ГИС-технологии богаты способами и вариантами преобразования различной информации в требуемый вид. Конечным продуктом работы с ГИС-программами является представление данных в виде карты. Карта – это информативный способ хранения и обработки данных. В лесном хозяйстве применение ГИС-технологий во многом упростило и улучшило работу с большим объемом материалов и увеличило качество обработки информации. В области почвоведения возможности ГИС значительно ускорили почвенные исследования. Информационные технологии позволяют собрать воедино ранее полученные данные и имеют возможность дополнять и уточнять их без особых трудностей и затрат. В качестве ГИС-пакета в работах кафедры почвоведения МГУЛ применяется бесплатная система QGIS (Quantum GIS). Программа преобразовывает обширные массивы собранных данных в цифровые карты с таксационной и почвенной информацией. Визуализированный материал с максимальной точностью оцифровывается в системе QGIS и отображается в виде карты с географической привязкой, а также возможностью редактирования с помощью широкого выбора инструментариев. В среде ГИС легко выполняется построение планов перспективных насаждений. В современном мире применение ГИС-технологий при изучении почв играет огромную роль при сборе, анализе, моделировании и наглядном представлении данных. Развитие и модернизация ГИС-технологий и внедрение их в структуры лесохозяйственных организаций стало перспективным и важным направлением для оптимизации условий рационального ведения лесного хозяйства.

Ключевые слова: лесное хозяйство, почвоведение, почва, ГИС-технологии, база данных, карты, почвенное картографирование, бонитировка почв, информационные технологии.

Главной целью лесного хозяйства является сохранение, рациональное использование, разведение и возобновление лесов; основными задачами – использование лесов с достаточным восполнением потребностей страны в запасах древесины и других продуктах леса, усиление защитных свойств лесов, повышение их продуктивности, охрана от пожаров, защита от болезней и насекомых-вредителей, воспроизводство и умножение лесных богатств.

Органы управления лесным хозяйством уже долгое время используют лесные тематические карты. Они, прежде всего, являются основными заказчиками и пользователями лесных географических информационных систем (ГИС). В нашей стране развитие ГИС-технологий в лесном хозяйстве началось в 1993 г., когда А.Д. Китов и В.С. Михеев одними из первых осуществили систематизацию программных средств ГИС и направлений их развития. Методики повыше-

ния эффективности и качества работы лесного комплекса были предложены В.В. Корякиным [1]. Главной задачей использования ГИС в лесном хозяйстве, по его мнению, является создание и эффективное использование цифровых лесных карт. Карта, оформленная в цифровом варианте, представляет ценность и важность, так как может быть использована любыми заинтересованными ведомствами. С 1993 по 1997 г. были выполнены масштабные работы по созданию геоинформационных систем для решения задач лесхозов. Однако данные работы зачастую выполнялись бессистемно и на основе разных ГИС-пакетов, и хотя они выполняли сходные функции, но обладали различными интерфейсами и инструментами. Для организации учета и управления лесными ресурсами требовалась единая геоинформационная система, поэтому в 1996 г. была разработана лесоуправляющая ГИС (ЛУГИС), комплекс совмещенных тема-

тических (подсистема ПЕТЛЕСПРО) и картографических баз данных (WINGIS). А 9 июня 1998 г. Приказом № 92, Федеральная служба лесного хозяйства России приняла в эксплуатацию автоматизированную лесоустроительную геоинформационную систему. Помимо получивших массовое применение ГИС-технологий, появились GPS-технологии и автоматизированные системы обработки данных дистанционного зондирования Земли [2, 3].

ГИС-технологии повышают требования к созданию планово-картографического материала. В результате возникает необходимость в получении конкретной и точной актуализированной информации о пространственном размещении природных объектов.

В настоящее время ГИС-технологии активно применяются в процессе создания лесных карт. Используя для этого цифровые методы обработки данных и ГИС-технологий, лесоустроительные организации стали на сегодняшний день основными производителями первичных данных о лесном фонде.

ГИС-технологии могут выполнять различные команды с данными (ввод, манипулирование, управление, запрос, анализ, визуализация).

Данные и материалы для использования их в геоинформационных системах должны быть преобразованы в требуемый цифровой формат. Процесс перевода данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. Ввод данных можно осуществлять с помощью дигитайзера. Некоторые ГИС имеют встроенные векторизаторы, автоматизирующие процесс оцифровки растровых изображений. Большинство данных уже переведены в форматы для ГИС-пакетов. Часто имеющиеся данные необходимо дополнительно видоизменять в соответствии с заданными требованиями системы. Для совместной обработки и визуализации все данные удобнее представлять в одной картографической проекции. ГИС-технологии предоставляют различные варианты управления данными и выбора материалов, требуемых для выполнения конкретной задачи [4].

В небольших проектах информация может храниться в виде обычных файлов. Но

при увеличении объема информации и росте объема числа пользователей для хранения, систематизации и управления данными удобнее применять системы управления базами данных (СУБД), специальные компьютерные модели для работы с интегрированными наборами информации. В ГИС наиболее удобно применять реляционную структуру, при которой данные хранятся в форме таблицы, а для соединения таблиц используются общие поля [5].

С помощью ГИС-технологий можно решать задачи предоставления разнообразной информации по запросам органов планирования, осуществлять разрешение территориальных конфликтов, отбирать оптимальные позиции для расположения объектов и другие задачи. Требуемая для принятия решений информация может быть найдена в картографическом варианте с дополнительными текстовыми пояснениями, графиками и диаграммами. Легкодоступная для восприятия и обобщения информации позволяет сосредоточиться на поиске быстрого и правильного решения, а также сбора и анализа разнотипных материалов. Можно достаточно быстро рассмотреть несколько способов решения и выбрать наиболее эффективный и экономически целесообразный вариант. Процесс создания карт в ГИС более прост и гибок, чем в ранее принятых методах ручного или автоматического картографирования. В качестве источника получения исходных данных часто пользуются оцифровкой бумажных карт. Основанные на ГИС цифровые карты могут быть непрерывными (без деления на отдельные листы и регионы) и не связанными с конкретным масштабом или проекцией, с требуемой тематической нагрузкой, с выделением и отображением необходимых символов. Цифровая карта может совершенствоваться и пополняться новыми данными (например, из других электронных источников), а имеющаяся в ней информацию можно корректировать и отображать, если нужно, на экране. В крупных организациях имеющаяся топографическая база данных может применяться в качестве основы другими отделами и подразделениями, при этом возможно быстрое копирование [6].

В геоинформационных системах можно получать ответы как на простые команды (где

находится и кому принадлежит данный квартал, какое расстояние между объектами и т. д.), но и сложные запросы (какой тип почв на выбранном участке). Запросы можно осуществлять как с помощью мыши, так и посредством развитых аналитических средств. С помощью ГИС можно создавать и выполнять шаблоны для поиска, выполнять команды с поставленными заранее варьирующимися условиями. Современные ГИС-программы имеют множество мощных и функциональных инструментов для анализа, среди них наиболее значимы и популярны два: анализ близости и анализ наложения.

При осуществлении анализа близости объектов относительно друг друга в ГИС применяется процесс, называемый буферизацией. Процесс наложения заключается в интеграции данных, расположенных в разных тематических слоях. Это операция отображения, но в ряде аналитических операций данные из разных слоев объединяются физически. Наложение, или пространственное объединение, позволяет, например, интегрировать данные о почвах, уклоне, растительности, климате.

Для большинства вариантов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика. Карта – это очень эффективный и информативный способ хранения, представления и передачи информации. ГИС-технологии предоставляют новые удивительные инструменты, расширяющие и развивающие науку и технические основы картографии. Благодаря этому визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетной документацией, трехмерными мультимедийными изображениями, таблицами, графиками, диаграммами, фотографиями и другими возможностями [7].

Многие организации, применяющие ГИС, обнаружили, что они позволили улучшить и модернизировать управление организацией и ее ресурсами на основе географического объединения имеющихся данных и возможности их совместного использования. Возможность массового применения и постоянного увеличения и усовершенствования атрибутивно-пространственной, геопривязанной информации позволила повысить эффективность работы в целом.

ГИС-технологии подтверждают известное выражение о том, что лучшая информированность помогает принять лучшее решение. ГИС – это не только многофункциональный инструмент для выдачи решений, ГИС – это средство, помогающее упростить и значительно усовершенствовать эффективность и качество процедуры принятия решений. Она дает возможность ответить на запросы и представить выводы анализа в наглядном и удобном для восприятия виде [4].

Сфера почвоведения в нашей стране также начинает принимать инновационные ГИС-технологии в свой арсенал средств информационного обеспечения, так как результаты представленных исследований наглядно демонстрируют потенциал и возможности ускорения почвенных исследований и снижения их материальных затрат за счет применения современных инструментов обработки и анализа массивов данных [5, 8]. Реализация этого достаточно востребованного и перспективного в этой области проекта стала возможной благодаря постоянно развивающимся и совершенствующимся ГИС-технологиям.

Рациональное использование почв в лесном хозяйстве напрямую связано с вопросами бонитировки лесных почв и должно являться одним из элементов концепции постоянного, устойчивого и неистощительного пользования лесными ресурсами. Учет почвенных условий при планировании и проведении лесовосстановления и других лесохозяйственных мероприятий увеличит их экономическую эффективность и позволит создать высокопродуктивные насаждения, отвечающие имеющимся экологическим условиям. На современном этапе достижение указанных целей невозможно без использования ГИС.

Работы по оценке плодородия лесных почв, их бонитировке и рациональному использованию ведутся на кафедре почвоведения практически с момента ее основания в середине XX в. и неразрывно связаны с именами профессоров С.С. Соболева и В.Д. Зеликова [9, 10]. Более чем за полвека исследований накоплен колоссальный фактический материал, логично обобщенный в виде бонитировочной шкалы.

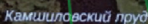


Fig. The situation of the points of the soil survey space image with applied borders of forest stands (Sverdlovsk forestry of the Moscow training and experimental forestry)

Материалы почвенных обследований территории Московского учебно-опытного лесничества были оцифрованы в 1990-х гг. прошлого века, в то же время не прекращаются работы по дополнению и уточнению выполненных ранее исследований. И в этом на помощь приходят информационные технологии.

Оценка плодородия и мониторинг состояния лесных почв уже с этапа полевых исследований могут быть эффективно автоматизированы с помощью ГИС. Привязка точек опробования с помощью GPS и их автоматическое внесение в базу данных ГИС позволяет с высокой точностью получить на картографических материалах их плановое местоположение и оценить его относительно границ выделов и квартальной сети (рисунк).

Использование специально разработанного кафедрой почвоведения МГУЛ кодификатора наиболее распространенных почвенных разностей позволяет непосредственно в полевых условиях фиксировать полное название почвы (генетическая часть, гранулометрический состав верхнего минерального горизонта и название материнской породы). В то же время, полный отказ от рукописного заполнения традиционных почвенных журналов представляется пока преждевременным. Во всяком случае,

до момента широкого распространения доступных пылевлагозащитных моделей портативных компьютеров. Соответственно рукописное оформление первичной полевой информации требует занесения ее в специальную базу данных с помощью соответствующих СУБД. Для этой цели традиционно используются программы Access и Excel из пакета MS Office.

В качестве ГИС-пакета была выбрана система QGIS, полное название Quantum GIS. Целью создания QGIS было сделать использование геоинформационных систем легким и понятным для неопытного пользователя. QGIS – это бесплатная кроссплатформенная программа, которая в некоторых аспектах даже превосходит широко распространенные платные аналоги. На сегодняшний день актуальная версия программы имеет номер 2.8. QGIS позволяет визуализировать (представить в виде цифровой карты) большие объемы статистической информации, имеющей географическую привязку. В среде создаются и редактируются карты всех масштабов: от планов земельных участков до карты мира. Также в QGIS встроен широкий инструментальный анализ пространственной информации.

Для векторной картографической информации в QGIS используется специальный



«шейп-файл». Шейп-файл (англ. Shapefile) – популярный векторный формат географических файлов. Разрабатывается и поддерживается компанией ESRI с целью интероперабельности между продуктами ESRI и другими программами. Формат шейп-файла позволяет хранить следующие различные типы геометрических объектов.

Отдельный файл может хранить объекты только одного типа. Каждая запись в шейп-файле также может иметь несколько атрибутов для описания своей геометрии, например, название, температура, глубина.

Шейп-файл – это простой, не топологический формат для хранения геометрического местоположения и атрибутивной информации географических объектов. Географические объекты могут быть представлены точками, линиями или полигонами (площадями). Рабочая область, содержащая шейп-файлы, может также содержать таблицы dBASE, которые могут хранить дополнительные атрибуты, доступные для соединения с объектами шейп-файла.

Для получения актуальных космоснимков, имеющих геопривязку, мы использовали программу SAS.Planet. Это бесплатно распространяемая навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов.

Имеющиеся архивные картографические материалы почвенного обследования представляли из себя квартальную сеть с нанесенными на нее номерами, обозначающими местоположение точки заложения почвенного разреза. Каждой такой точке соответствует определенное название почвы, гранулометрический состав и материнская порода. Эта информация также была отсканирована, оцифрована и окончательно систематизирована в виде таблицы с помощью программы Excel из пакета MS Office.

Указанные материалы были дополнены результатами исследований, выполненных в последние несколько лет. Эти материалы уже изначально готовились для их использования в электронном виде, а сами

исследования осуществлялись с помощью современных технологий (GPS привязка, использование космоснимков и пр.).

Информация о насаждениях была представлена в виде оцифрованного плана лесонасаждений в формате shape с совмещенным выделенным таксационным описанием в формате dbf.

Таким образом, в среде QGIS построены две привязанные и согласованные между собой тематические карты с таксационной и почвенной информацией. Руководствуясь имеющейся бонитировочной шкалой, в среде ГИС можно осуществить построение плана перспективных насаждений, у которых преобладающая порода будет иметь наивысшую производительность в данных почвенно-грунтовых условиях или, так называемых «лесов будущего».

Эффективность применения геоинформационных технологий как в теоретическом плане, так и в практических приложениях при изучении почв достаточно велика. Возможности применения ГИС для сбора, анализа, моделирования и наглядного представления данных в почвоведении далеко не исчерпываются уже ранее полученными данными.

Технологии ГИС довольно молоды, еще не сформировался широкий опыт их применения, но у них есть огромная перспектива использования для автоматизации внесения изменений в таксационные описания и оптимизации управления лесным фондом в целом. С позиции разработчиков данного программного обеспечения видится, что основным направлением их развития в ближайшем будущем будет улучшение интерфейса пользователя программ, повышение и оптимизация их надежности, качества и рост степени автоматизации [11–14].

Предложенный подход к созданию электронных систем картографических, атрибутивных почвенных и таксационных данных с целью рационального использования лесных почв может быть рекомендован для использования в практической деятельности лесохозяйственных организаций.

### Библиографический список

1. Журкин, И.Г. Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.

2. Никифоров, А.А. Анализ структуры, динамики и продуктивности лесного растительного покрова с применением ГИС-технологий, математического и 3D моделирования: дис. ... канд. с.-х. наук / А.А. Никифоров. – СПб., 2005. – 157 с.
3. Никифоров, А.А. Разработка информационной системы Лисинского УОЛХ с применением ГИС-технологий / А.А. Никифоров // Сборник докладов молодых ученых на ежегодной научной конференции Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 6. – СПб: СПбЛТА, 2002. – С. 54–59.
4. Трубина, Л.К. Геоинформационные системы: Методическое указание для студентов кафедры геоэкологии / Л.К. Трубина. – Новосибирск, 2002. – 29 с.
5. Коновалов, Н.В. Введение в ГИС / Н.В. Коновалов, Е.Г. Капралов. – М.: Комитет ГИС-образование, 1997. – 160 с.
6. Цветков, В.Я. Геоинформационные системы и технологии / В.Я. Цветков. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
7. Геоинформационные технологии в лесной отрасли / МПР, Бюллетень «Использование и охрана природных ресурсов России», № 11-12, 2000. – 137 с.
8. Петров, А.П. и др. Экономика лесного хозяйства / А.П. Петров, А.А. Бельдиева и др. – М.: ВНИИЛМ, 2002. – 304 с.
9. Зеликов, В.Д. Почвы и бонитет насаждений / В.Д. Зеликов. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 120 с.
10. Соболев, С.С. Бонитировка почв на территории СССР / С.С. Соболев. – М., 1974 – 118 с.
11. Берлянт, А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – М.: 1997. – 64 с.
12. Вуколова, И.А. ГИС-технологии в лесном хозяйстве / И.А. Вуколова. – Пушкино: ГОУ ВИПКЛХ, 2008. – 79 с.
13. Старостенко, Д.А. Геоинформационные технологии в лесной отрасли. ГИС / Д.А. Старостенко // Ассоциация, Информационный бюллетень, № 2 (24), 2000. – 12 с.
14. MapBasic: Справочник. New York: MapInfo Corporation, 2004. – 663 с.

#### GIS TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABLE FOREST SOIL USE

**Maximova A.N.**, pg. MSFU<sup>(1)</sup>; **Martynenko O.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)<sup>(1)</sup>; **Karminov V.N.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D. (Agricultural)<sup>(1)</sup>; **Ontikov P.V.**, Senior Lecturer MSFU<sup>(1)</sup>; **Minakov N.M.**, undergraduate MSFU<sup>(1)</sup>

maximova@mgul.ac.ru

<sup>(1)</sup> Moscow State Forest University (MSFU), 1<sup>st</sup> Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Recently GIS technology and, in particular, the creation and use of forest maps has become a popular and important area for the key development objectives and forest management. GIS technology allows a number of ways and options to convert various information to the required form. The final product of GIS programs is the presentation of data in form of a map. A map is an informative way of storing and processing data. In forestry the application of GIS technologies has greatly simplified and improved work with a large amount of materials and increased the quality of information processing. In the field of soil science, GIS capability greatly accelerated soil research. Information technologies allow us to piece together the previous data and have the opportunity to supplement and clarify them without much difficulty and cost. As the GIS package in the Department of Soil science, Moscow state forest University used a free system QGIS (Quantum GIS). The program converts vast amounts of collected data to digital maps with forest inventory and soil information. The material is visualized with utmost precision and is digitized in the QGIS system and displayed in map form with an ability to edit it with a wide array of tools. With the GIS environment the drawing of plans of prospective plantings is easily done. In today's world the use of GIS-technologies in studying soil plays a huge role in the collection, analysis, modeling, and visualizing data. Development and modernization of GIS technologies and their introduction into the structures of forest organizations has become a promising and important area for optimization of the conditions for rational forest management.

Keywords: forestry, soil science, soil, GIS technology, database, maps, soil mapping, soil evaluation, information technology.

#### References

1. Zhurkin, I.G., Shaytura S.V. *Geoinformatsionnye sistemy* [Geographic Information Systems]. Moscow: KUDITs-PRESS, 2009, 272 p.
2. Nikiforov A.A. *Analiz struktury, dinamiki i produktivnosti lesnogo rastitel'nogo pokrova s primeneniem GIS-tekhnologii, matematicheskogo i 3D modelirovaniya* [Analysis of the structure, dynamics and productivity of forest vegetation using GIS technologies, mathematical modeling and 3D. Candidate of Agricultural sci. diss.]. St. Petersburg, 2005, 157 p.
3. Nikiforov A.A. *Razrabotka informatsionnoy sistemy Lisinskogo UOLKh s primeneniem GIS-tekhnologii* [Development of information system Lisinski UOLH using GIS technologies]. Proceedings of the young scientists at the annual conference of the St. Petersburg Forestry Academy, no 6, St. Petersburg: SPBFTU, 2002, pp. 54-59.
4. Trubina L.K. *Geoinformatsionnye sistemy* [Geographic Information Systems]. Novosibirsk, 2002, 29 p.
5. Konovalov N.V., Kapralov E.G. *Vvedenie v GIS* [Introduction to GIS]. Moscow: Komitet GIS-obrazovanie, 1997, 160 p.
6. Tsvetkov V.Ya. *Geoinformatsionnye sistemy i tekhnologii* [Geographic Information Systems and Technologies]. Moscow: Finansy i statistika, 1998, 288 p.
7. *Geoinformatsionnye tekhnologii v lesnoy otrasli* [Geoinformation technologies in the forest sector]. MPR, Byulleten' «Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov Rossii», no 11-12, 2000, 137 p.
8. Petrov A.P., Bel'dieva A.A., Dikareva O.A., Klimontova L.Ya. *Ekonomika lesnogo khozyaystva* [Forestry Economics]. Moscow: VNIILM, 2002, 304 p.
9. Zelikov, V.D. *Pochvy i bonitet nasazhdeniy* [Soil and forest bonitet]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1971, 120 p.
10. Sobolev S.S. *Bonitirovka pochv na territorii SSSR* [Valuation of soils in the USSR]. Moscow, 1974, 118 p.
11. Berlyant A.M. *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye* [GIS mapping]. Moscow, 1997, 64 p.
12. Vukolova I.A. *GIS-tekhnologii v lesnom khozyaystve* [GIS technology in forestry]. Pushkino: GOU VIPKKh, 2008, 79 p.
13. Starostenko D.A. *Geoinformatsionnye tekhnologii v lesnoy otrasli. GIS* [Geoinformation technologies in the forest sector. GIS]. Assotsiatsiya, Informatsionnyy byulleten' [Association Newsletter], no. 2 (24), 2000, 12 p.
14. *MapBasic: Spravochnik* [MapBasic: Directory]. New York: MapInfo Corporation, 2004, 663 p.