

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ И ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ. СПЕЦИАЛЬНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 69.05

Н.Н. Алексеенко

ООО «Геопроектизыскания»

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ И НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ОБЪЕКТОВ

Посвящена актуальности и преимуществам использования инновационных методов лазерного сканирования для решения задач территориального планирования, проектирования, реконструкции и строительства. Приведена некоторая информация о мировом опыте использования лазерного сканирования в качестве иллюстрации универсальности и эффективности их применения в самых различных отраслях хозяйственной деятельности. Предложено внедрение методов лазерного сканирования для задач последующего создания геоинформационной системы на территории Российской Федерации, содержащей актуальную на текущий момент времени фактическую информацию. Приведены примеры использования и преимущества лазерного сканирования для проектирования и строительства крупных инфраструктурных проектов на территории РФ, в числе которых лазерное сканирование г. Керчь, сканирование участков Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей, лазерное сканирование по трассе ВСМ-2 «Москва — Казань», трасса автодороги М-4 Дон.

Ключевые слова: географическая информационная система, лазерное сканирование, воздушное лазерное сканирование, мобильное лазерное сканирование, наземное лазерное сканирование, Байкало-Амурская магистраль, высокоскоростная магистраль

В наше время существующие на большей части территории страны системы расселения, землепользования и ресурсопользования все еще слабо оценены, не приспособлены к современной экономической ситуации и не проанализированы возможности их эффективного использования. Большая часть архивной и статистической информации о территориях устарела, так как собиралась и совокупно анализировалась только в конце 1980-х гг. Эту информацию нельзя брать за основу для построения планов перспективного развития. При разработке схем территориального планирования осуществляется сбор и систематизация комплексной информации обо всех сторонах хозяйственной деятельности муниципального образования.

С целью разработки перечня мероприятий территориального планирования необходимо максимально полно и детально оценить имеющиеся в муниципальном районе ресурсы для развития. Соответственно реалистичность перечня мероприятий территориального планирования и последующего строительства объектов также будет зависеть от качества собранной информации.

В соответствии с Градостроительным кодексом РФ одним из основных документов Территориального планирования являются схемы территориального планирования.

«Подготовка схем Территориального планирования осуществляется на основании результатов инженерных изысканий в соответствии с требованиями технических

регламентов. Разработка, согласование, утверждение и реализация градостроительной документации осуществляются на основе материалов соответствующих комплексных инженерных изысканий, состав которых определяется в зависимости от вида градостроительной документации. При использовании компьютерных технологий при разработке градостроительной документации учитывается формат и структура имеющихся у заказчика электронных картографических и других информационных данных (при возможности используется цифровая картографическая основа, предоставляемая заказчиком). В качестве картографической основы при разработке градостроительной документации с использованием геоинформационных систем применяются цифровые топографические карты и цифровые планы городов либо составленные на их основе производные цифровые карты» [1].

Информационное обеспечение проекта развития городов, учитывая объем и разнообразие используемых данных, требует привлечения специальных средств, поэтому одним из самых эффективных решений является создание Комплексной территориальной информационной системы, включающей в себя структурированное хранилище разнообразных электронных материалов, подсистему пространственной привязки данных (геоинформационная система (ГИС)) и подсистему временной или причинно-следственной привязки (документооборот) [2—4].

Комплексная территориальная информационная система основывается на трех концепциях:

- экспертной оценки;
- тотальной геопривязки;
- единого информационного поля данных.

В результате работ могут быть созданы:

- интернет-портал информационно-справочной системы;
- трехмерная оболочка макета города;
- отдельные виртуальные модели объектов.

В настоящее время повышение производительности труда и эффективности вложений невозможно без интеллектуального управления территориями. Для решения этого вопроса может быть создана комплексная территориальная ГИС, включающая в себя ряд проектов (табл. 1).

Табл. 1. Проекты комплексной территориальной ГИС

Идея проекта	Цель проекта
Создание интерактивного виртуального портала на основании полученных данных	Увеличение потока людей через повышение информированности о данном регионе
Создание комплексной ГИС устойчивого развития	Поддержка принятия решений при развитии и управлении территорией
Создание фондов высокоточных материалов для последующей продажи	Массовая высокоточная съемка территории наиболее передовыми методами по очень низкой цене и предложение полученной продукции потребителям
Выполнение высокоточных обмеров различных конструкций	Решение расчетных задач
Выполнение высокоточных съемок исторических памятников	Обеспечение сохранности (на случай чрезвычайных ситуаций) и контроля состояния уникальных исторических объектов, поддержка ремонтных работ

На сегодняшний день существует множество областей применения лазерного сканирования в народном хозяйстве (табл. 2).

Табл. 2. Использование лазерного сканирования в различных отраслях народного хозяйства

Область применения	Назначение
Городское планирование	Определение точной площади застройки, расчет объема существующей застройки, м ³ /га, инвентаризация существующей застройки, определение высоты зданий, определение линий прямой видимости, определение зон для уплотнительной застройки, городское зонирование, определение участков под застройку, расчет плотности населения
Промышленное и инфраструктурное строительство	Определение участков под застройку, проектирование промышленных площадок, дорожное строительство, проектирование и строительство линейных инфраструктурных объектов, расчет объемов землеустроительных работ (объемы извлекаемого грунта и т.д.) [5, 6]
Гидравлическое и гидрологическое моделирование	Определение точного русла рек и ручьев, идентификация границ водораздела, уточнение границ затопляемых территорий, цифровое моделирование направления течения воды, определение непроницаемых поверхностей, моделирование дождевых паводков и проектирование дренажных систем, анализ рисков, мониторинг дамб и искусственных водных объектов, проектирование систем водоснабжения, водоотведения, канализации [7, 8]
Лесное, рыбное хозяйство, природоохранная деятельность	Таксация лесов, измерение высоты деревьев, расчет объема древесины, расчет биомассы, определение истинного рельефа, анализ городского озеленения, парков, лесопарков, определение секвестрации углерода, наблюдение и анализ ареалов обитания [9]
Чрезвычайные ситуации	Расчет объема горючей массы лесов при лесных пожарах, анализ рельефа для моделирования распространения огня, анализ дымных и химических шлейфов, анализ рисков, цифровое моделирование лесных и степных пожаров, наводнений, возможных последствий цунами и ураганов, удешевление процесса создания ортофотопланов, построение цифровых моделей ландшафта и рельефа, 3D-моделирование в целях экономического развития [10]
Геология	Определение морфологических характеристик, анализ рисков оползней, определение ущерба от оползней, поиск трещин, провалов, разломов, картографирование и мониторинг вулканической деятельности, поиск и добыча полезных ископаемых, мониторинг добычи полезных ископаемых [11]
Управление прибрежными территориями	Определение и мониторинг прибрежных затопляемых территорий, мониторинг оседания грунта, размыва берегов, мониторинг повышения уровня океана, определение стабильность прибрежной зоны, управление пляжными территориями, анализ рисков, картографирование затоплений при ураганах и цунами, батиметрические исследования прибрежной зоны

Схема формирования информационной модели с помощью лазерного сканирования приведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема формирования информационной модели

В качестве примера мирового опыта приводим государственное исследование, выполненное в США в 2011 г., в ходе которого было выявлено около 600 вариантов применения результатов лазерного сканирования. Обобщая приведенные данные, можно сказать, что лазерное сканирование находит применение для решения широкого спектра задач на всех этапах жизненного цикла объектов любого масштаба:

предпроектных решений ОИ, ТЭО, территориального планирования; изысканий, проектирования, строительства и реконструкции; эксплуатации, ремонта, модернизации и реконструкции объектов капитального строительства [12—14].

По статистике Госдепартамента США, в настоящее время 34 Федеральных агентств США и 50 администраций штатов используют данные лазерного сканирования. Кроме того, 1/3 территории США уже отсканировано. Ежегодные затраты на лазерное сканирование в США составляют 146 долл. млн/г. Прибыль от использования лазерного сканирования с 2022 г. — 13 долл. млрд/г. [15—17] (табл. 3).

Табл. 3. Прибыль от использования лазерного сканирования в разных областях применения в США

Применение	Ежегодная выгода, млн долл.	
	Минимальная	Потенциальная
1. Управление рисками наводнений	295	502
2. Инфраструктура и строительство	206	942
3. Сбережение природных ресурсов	159	335
4. Сельское хозяйство и точное земледелие	122	2011
5. Водоснабжение и водоподготовка	85	156

Применение	Ежегодная выгода, млн долл.	
	Минимальная	Потенциальная
6. Предотвращение и борьба с лесными пожарами	76	159
7. Оценка полезных ископаемых и безопасность работ	52	1067
8. Управление лесными ресурсами	44	62
9. Управление водными ресурсами	38	87
10. Авиационная навигация и безопасность	35	56
11. Наземная навигация и безопасность движения	0,2	7,125
Итого по всем направлениям	1,2 млрд/г.	13 млрд/г.

В России лазерное сканирование также находит свое применение. Рассмотрим использование лазерного сканирования на различных этапах жизненного цикла объектов на примере нескольких масштабных проектов, выполненных нами за последние годы:

1. Для решения задач Территориального планирования в 2015 г. было проведено воздушное лазерное сканирование (ВЛС) территории г. Керчь. Отснято более 200 км². Полученные данные лазерного сканирования позволяют (рис. 2, 3):

- создать ГИС управления территорией;
- обновить генеральный план города (г. Керчь) и создать большой спектр тематических карт территории в цифровом виде;
- выполнить разработку основных технических решений и вариантов оптимального расположения объектов (градостроительные решения);
- экономить средства за счет разработки оптимальных проектных решений.



Рис. 2. Облако точек лазерного сканирования порта г. Керчь, текстурированное ортофотопланом

2. В рамках проектов Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей было проведено ВЛС более 3000 км с шириной 1 км, часть участка была отсканирована методом мобильного лазерного сканирования (МЛС). Это иллюстрирует использование лазерного сканирования для проектирования и строительства (рис. 4, 5).

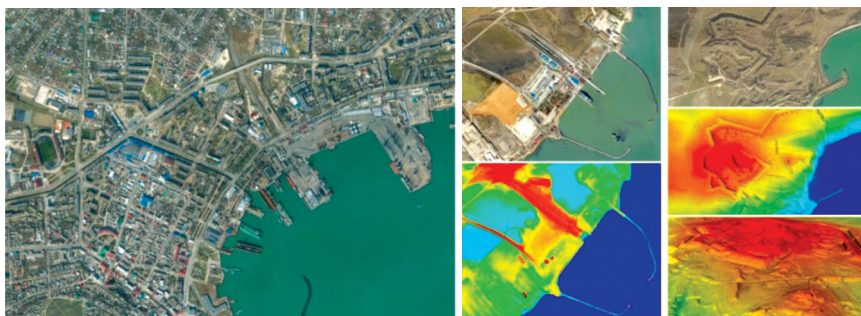


Рис. 3. Цифровая модель рельефа и ортофотоплан районов г. Керчь

Когда речь идет о новом строительстве и объект строительства присутствует только виртуально, необходимо проведение комплексных инженерных изысканий и, в частности, инженерно-геодезических изысканий. Методы классической геодезии останутся актуальными всегда, но существуют пути оптимизации — сокращение сроков проведения работ при увеличении точности. Это именно та инновация, которая может обеспечить оптимизацию. Но надо иметь в виду, что лазерное сканирование (в особенности ВЛС) целесообразно при проектировании крупных инфраструктурных объектов [18, 19].



Протяженность участков съемки: >3000 км;
 Продолжительность съемки: 35 дней;
 Высота съемки: 900 м;
 Ширина полосы съемки: 1000 м

Рис. 4. Участки проведения ВЛС и МЛС по Байкало-Амурской и Транссибирской магистралям

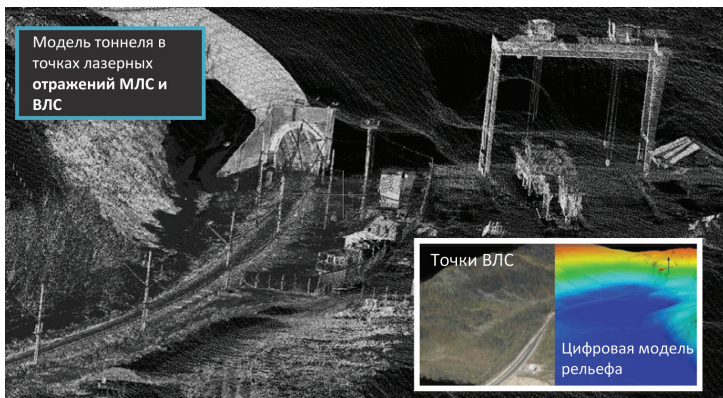


Рис. 5. Модель тоннеля в точках лазерных отражений в результате совместного использования облака точек МЛС и ВЛС

3. В рамках проекта высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва — Казань — Екатеринбург» было выполнено ВЛС участка трассы ВСМ-2 «Москва — Казань» шириной 1500 м и подготовлены SCTR масштаба 1:2000 на всю протяженность трассы шириной 900 м (лето 2015 г.) (рис. 6).

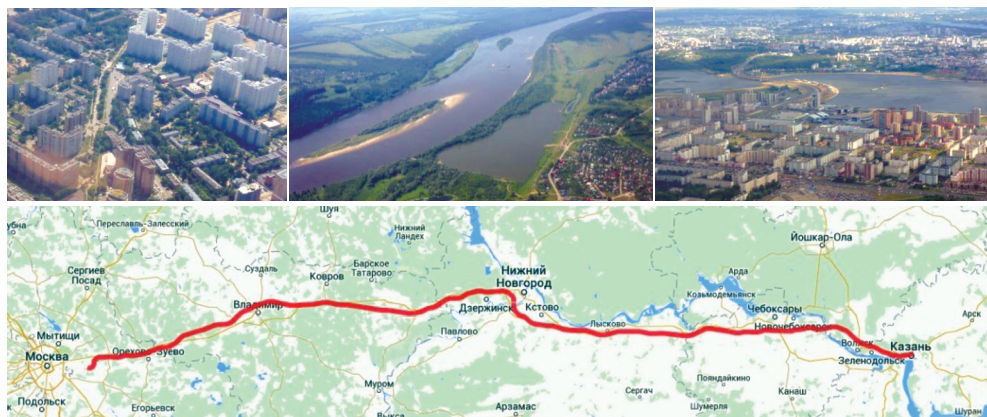


Рис. 6. Участки проведения ВЛС по трассе ВСМ-2 «Москва — Казань»

Были проведены работы по созданию цифровых моделей рельефа, ортофотопланов и специальных цифровых-топографических планов масштабов 1:2000, 1:1000 и 1:500 методом ВЛС и аэрофотосъемки, созданию опорной геодезической сети и созданию высокоточной координатной основы для строительства участка Москва — Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва — Казань — Екатеринбург» (рис. 7).

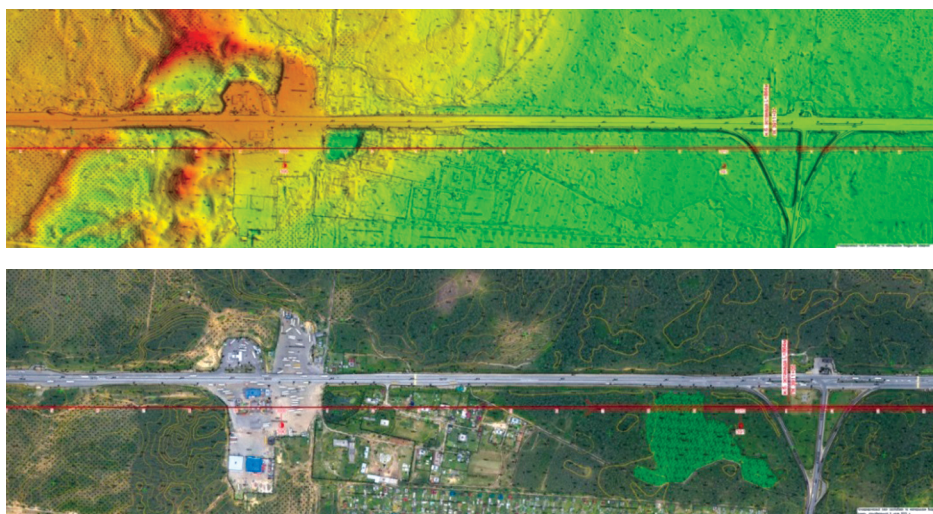


Рис. 7. Цифровая модель рельефа и ортофотоплан участка трассы ВСМ-2 «Москва — Казань»

4. МЛС на объекте М-4 Дон. Одна из существенных проблем создания и внедрения информационного моделирования — отсутствие точных исходных данных. Лазерное сканирование решает эту проблему полностью. Данные лазерного сканирования — имеют высокую точность (до 2 мм — наземное ла-

зерное сканирование) [20] и дают четкую географическую привязку сканируемого объекта. Дополнительные преимущества: сокращение стоимости, сроков работ, сокращение расходов на этапе строительства/реконструкции.

По трассе М-4 Дон было проведено лазерное сканирование участка автодороги. Сканирование проводилось мобильной сканирующей системой RIEGL VMX-450. В результате получено облако точек лазерных отражений, определены дефекты дорожной одежды, построена картограмма дорожной одежды, формирована информационная 3D-модель объекта на основе анализа данных, рассчитана оптимальная глубина фрезерования (рис. 8, 9).



Рис. 8. Мобильная сканирующая система RIEGL VMX-450

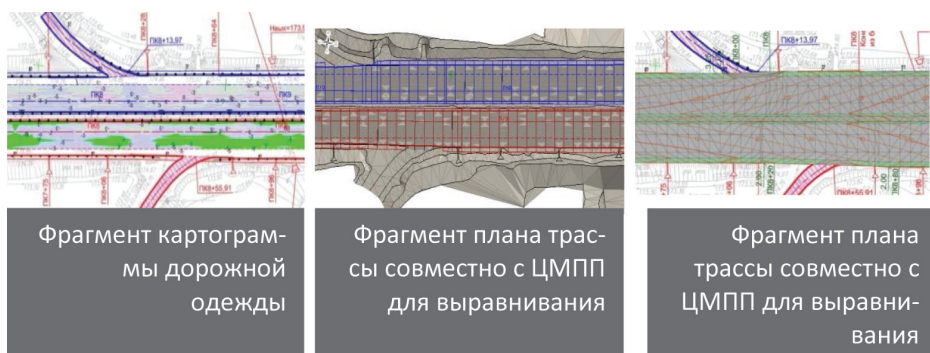


Рис. 9. Фрагменты планов

Для фрезерования была создана цифровая модель, которая содержит координаты точек по низу «корыта» фрезерования. Формат данных цифровой модели *.dxf. Файл с данными напрямую загружается в блок управления дорожной фрезой. При одинаковой площади фрезерования объем фрезерования, полученный на основе данных лазерного сканирования, сократился практически в 2 раза [21].

Благодаря применению технологии лазерного сканирования уменьшение объемов фрезерования составляет 40,3 % — 4,35 млн р. в совокупности на 3,5 км автодороги (приведенные значения экономии — 1,17 млн р. на 1 км дороги). Это демонстрирует значительный экономический эффект применения технологий лазерного сканирования.

Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ.
2. Лурье И.К., Самсонов Т.Е. Структура и содержание базы пространственных данных для мультимасштабного картографирования // Геодезия и картография. 2010. № 11. С. 17—23.

3. *Дубинин М.Ю., Рыков Д.А.* Открытые настольные ГИС: обзор текущей ситуации // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации. 2009. № 5 (72). С. 20—27.
4. *Пиньде Фу, Цзюлинь Сунь.* Веб-ГИС. Принципы и применение. М. : Дата+, 2013. 356 с.
5. *Шуришин К.Ю.* Проведение инженерно-геодезических изысканий объектов топливно-энергетического комплекса с использованием технологий мобильного лазерного сканирования и тепловизионной съемки // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 3 (28). С. 10—13.
6. *Ковач Н.С.* Мобильные лазерные системы в дорожной отрасли // Дороги: Инновации в строительстве. 2013. № 26. С. 34—36.
7. *Книжников Ю.Ф.* Аэрокосмическое зондирование: методология, принципы, проблемы. М. : Изд-во МГУ, 1997. 128 с.
8. *Книжников Ю.Ф., Вахнина О.В.* Инфраструктура пространственных данных на примере университетского учебно-научного полигона «Сатино» // Вестник Московского Университета. Серия 5: География. 2008. № 3. С. 3—7.
9. *Медведев Е.М., Данилин И.М., Мельников С.Р.* Лазерная локация земли и леса. 2-е изд., перераб. и доп. М. : Геолитар, Геоскосмос ; Красноярск : Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. 230 с.
10. *Медведев Е.М., Мельников С.Р.* Картографирование в режиме реального времени? С лазерным сканированием это возможно уже сегодня! // Информационный бюллетень ГИС Ассоциации. 2002. № 4 (36). С. 49—51.
11. Пат. 2216711 RU, МПК G01C 11/00, G03B 37/00. Способ формирования цифровой модели рельефа и/или ортофотоплана и система для его осуществления / Вислоцкий А.И., Голобородько Н.Н., Медведев Е.М. ; патентообл. Попов К.Н., Степанов В.И. № 2002107884/28 ; заяв. 28.03.2002; опубл. 20.11.2003. Бюл. № 32.
12. *Snyder G.I., Sugarbaker L.J., Jason A.L. and Maune D.F.* National requirements for enhanced elevation data // U.S. Geological survey open-file report 2013—1237. 2012. 371 p. Режим доступа: <http://pubs.usgs.gov/of/2013/1237/>.
13. *Dewberry U.S.* National Enhance Elevation Assesment // U.S. Geological Survey. December 2012. Режим доступа: http://nationalmap.gov/3DEP/3dep_neea.html.
14. *Snyder Gregory I.* The 3D elevation program — summary of program directions // U.S. Geological Survey Fact Sheet 2012—3089, 2012. 2 p. Режим доступа: <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3089/>.
15. *Lukas Vicki, Eldridge D.F., Jason A.L., Saghy D.L., Steigerwald P.R., Stoker J.M., Sugarbaker L.J. and Thunen D.R.* Status report for the 3D Elevation Program, 2013—2014 // U.S. Geological Survey Open-File Report 2015—1161. 2015. 17 p. Режим доступа: <http://pubs.usgs.gov/of/2015/1161/ofr20151161.pdf>.
16. *Sugarbaker L.J., Constance E.W., Heidemann H.K., Jason A.L., Lukas Vicki, Saghy D.L. and Stoker J.M.* The 3D elevation program initiative — A call for action // U.S. Geological Survey Circular 1399. 2014. 35 p. Режим доступа: <http://pubs.usgs.gov/circ/1399/pdf/circ1399.pdf>.
17. State fact sheets // U.S. Geological Survey. 3D Elevation Program (3DEP). Режим доступа: http://nationalmap.gov/3DEP/3dep_statefactsheets.html.
18. *Ковач Н.С., Макаров А.А., Мошев А.А., Хлебутин С.Б.* Методы лазерного сканирования: преимущества для крупных инфраструктурных проектов (на примере работ по модернизации Байкало-Амурской и Транссибирской магистралей) // Инженерные изыскания. 2015. № 9. С. 22—25.
19. *Ковач Н.С., Шуришин К.Ю.* Опыт использования МЛС для создания трехмерной модели инфраструктуры железных дорог // Геопрофи. 2012. № 2. С. 23—26.

20. Середович В.А., Комиссаров Д.В. Состояние, проблемы и перспективы применения технологии наземного лазерного сканирования // ГЕО-СИБИРЬ — 2005 : сб. материалов науч. конгр. Новосибирск : СТГА, 2005. Т. 1. С. 193—197.

21. Ковач Н.С., Клименок И.В. Практика лазерного сканирования // Автомобильные дороги. 2015. № 11 (1008). С. 86—87.

Поступила в редакцию в январе 2016 г.

Об авторе: **Алексеев Николай Николаевич** — кандидат юридических наук, почетный строитель РФ, генеральный директор, ООО «Геопроектизыскания», 111024, г. Москва, Андроновское шоссе, д. 26, стр. 17, alekseenko-n@yandex.ru.

Для цитирования: Алексеев Н.Н. Применение технологии лазерного сканирования в различных отраслях и на различных этапах жизненного цикла объектов // Вестник МГСУ. 2016. № 2. С. 62—73.

N.N. Alekseenko

APPLICATION OF LASER SCANNING TECHNOLOGY IN DIFFERENT BRANCHES AND ON DIFFERENT STAGES OF THE LIFECYCLE OF OBJECTS

At the present time settlement, land use and resources-use systems existing on most of the territory of Russia are still poorly estimated, they are poorly adapted to contemporary economic situation and the possibilities of their efficient use are not analyzed. The majority of archive and statistical information about the territories is out of date, because in had been collected and analyzed in the end of 1980s. Such information can't be the basis for constructing a plan of prospective development.

The article is dedicated to the currency and advantages of the use of innovative methods of laser scanning for solving the problems of spatial planning, design, reconstruction and construction. Some information on the world experience of using laser scanning is offered as an exemplification of flexibility and efficiency of their use in different branches of business activity. It is suggested to implement the methods of laser scanning for the tasks of the further creation of geographic information system on the territory of the Russian Federation containing current data information. The author also gives examples of the use and the advantages of laser scanning of Baikal-Amur Mainline and Trans-Siberian areas, laser scanning of the highway "High-speed network Moscow-Kazan", highway M-4 Don.

Key words: geographic information system, laser scanning, air laser scanning, mobile laser scanning, Baikal-Amur Mainline, high-speed network

References

1. *Gradostroitel'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii ot 29.12.2004 № 190-FZ* [Town-Planning Code of the Russian Federation from 29.12.2004 no. 190-FZ]. (In Russian)
2. Lur'e I.K., Samsonov T.E. *Struktura i sodержание bazy prostranstvennykh dannykh dlya mul'timasshtabnogo kartografirovaniya* [Structure and Content of Spatial Database for Multiscale Mapping]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and Cartography]. 2010, no. 11, pp. 17—23. (In Russian)
3. Dubinin M.Yu., Rykov D.A. *Otkrytye nastol'nye GIS: obzor tekushchey situatsii* [Open Desk-Type Geographic Information System]. *Informatsionnyy byulleten' GIS-Assotsiatsii* [Informational Bulletin of GIS-Association]. 2009, no. 5 (72), pp. 20—27. (In Russian)
4. Pin'de Fu, Tsyulin' Sun'. *Veb-GIS. Printsipy i primeneniye* [Web-GIS. Principles and Application]. Moscow, Data+ Publ., 2013, 356 p. (In Russian)

5. Shurshin K.Yu. Provedenie inzhenerno-geodezicheskikh izyskaniy ob'ektov toplivno-energeticheskogo kompleksa s ispol'zovaniem tekhnologiy mobil'nogo lazernogo skanirovaniya i teplovizionnoy s'emki [Engineering Geodesic Investigations of the Objects of Fuel and Energy Complex Using the Technologies of Mobile Laser Scanning and Thermal-imaging Shooting]. *Ekspozitsiya Neft' Gaz* [Exposition Oil & Gas]. 2013, no. 3 (28), pp. 10—13. (In Russian)
6. Kovach N.S. Mobil'nye lazernye sistemy v dorozhnoy otrasli [Mobile Laser Systems in Road Branch]. *Dorogi: Innovatsii v stroitel'stve* [Roads: Innovations in the Construction]. 2013, no. 26, pp. 34—36. (In Russian)
7. Knizhnikov Yu.F. *Aerokosmicheskoe zondirovanie: metodologiya, printsipy, problemy* [Aerospace Sensing: Methods, Principles, Problems]. Moscow, MGU Publ., 1997, 128 p. (In Russian)
8. Knizhnikov Yu.F., Vakhnina O.V. Infrastruktura prostranstvennykh dannykh na primere universitetskogo uchebno-nauchnogo poligona «Satino» [Infrastructure of Space Data on the Example of University Academic Training Area “Satino”]. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 5: Geografiya* [Proceedings of MSU. Series 5: Geography]. 2008, no. 3, pp. 3—7. (In Russian)
9. Medvedev E.M., Danilin I.M., Mel'nikov S.R. *Lazernaya lokatsiya zemli i lesa* [Laser Location of the Ground and Forest]. 2nd edition, revised. Moscow, Geolidar, Geoskosmos Publ. ; Krasnoyarsk, Institut lesa im. V.N. Sukacheva SO RAN Publ., 2007, 230 p. (In Russian)
10. Medvedev E.M., Mel'nikov S.R. Kartografirovaniye v rezhime real'nogo vremeni? S lazernym skanirovaniem eto vozmozhno uzhe segodnya! [Mapping in Real-Time Mode? In is Already Possible Today with Laser Scanning]. *Informatsionnyy byulleten' GIS-Assotsiatsii* [Informational Bulletin of GIS-Association]. 2002, no. 4 (36), pp. 49—51. (In Russian)
11. Vislotskiy A.I., Goloborod'ko N.N., Medvedev E.M. *Patent 2216711 RU, MPK G01C 11/00, G03B 37/00. Sposob formirovaniya tsifrovoy modeli rel'efa i/ili ortofotoplana i sistema dlya ego osushchestvleniya* [Russian Patent 2216711 RU, MPK G01C 11/00, G03B 37/00. Method of Forming a Digital Terrain Model or Orthophotomap and a System for its Implementation]. No. 2002107884/28 ; appl. 28.03.2002; publ. 20.11.2003, bulletin no. 32. Patent Holder Popov K.N., Stepanov V.I. (In Russian)
12. Snyder G.I., Sugarbaker L.J., Jason A.L. and Maune D.F. National Requirements for Enhanced Elevation Data. U.S. Geological Survey Open-File Report 2013—1237. 2012. 371 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/of/2013/1237/>.
13. Dewberry U.S. National Enhance Elevation Assessment. U.S. Geological Survey. December 2012. Available at: http://nationalmap.gov/3DEP/3dep_neea.html.
14. Snyder Gregory I. The 3D Elevation Program — Summary of Program Directions. U.S. Geological Survey Fact Sheet 2012—3089, 2012. 2 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3089/>.
15. Lukas Vicki, Eldridge D.F., Jason A.L., Saghy D.L., Steigerwald P.R., Stoker J.M., Sugarbaker L.J. and Thunen D.R. Status Report for the 3D Elevation Program, 2013—2014. U.S. Geological Survey Open-File Report 2015—1161. 2015. 17 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/of/2015/1161/ofr20151161.pdf>.
16. Sugarbaker L.J., Constance E.W., Heidemann H.K., Jason A.L., Lukas Vicki, Saghy D.L. and Stoker J.M. The 3D Elevation Program Initiative — A Call for Action. U.S. Geological Survey Circular 1399. 2014, 35 p. Available at: <http://pubs.usgs.gov/circ/1399/pdf/circ1399.pdf>.
17. State Fact Sheets. U.S. Geological Survey. 3D Elevation Program (3DEP). Available at: http://nationalmap.gov/3DEP/3dep_statefactsheets.html.
18. Kovach N.S., Makarov A.A., Moshev A.A., Khlebutin S.B. Metody lazernogo skanirovaniya: preimushchestva dlya krupnykh infrastrukturykh proektov (na primere robot po modernizatsii Baykalo-Amurskoy i Transsibirskoy magistralei) [Methods of Laser Scanning: Advantages for Big Infrastructural Projects (on the Example of the Works about Modernization of Baikal-Amur and Transsiberian Mainline)]. *Inzhenernye izyskaniya* [Engineering Surveys]. 2015, no. 9, pp. 22—25. (In Russian)

19. Kovach N.S., Shurshin K.Yu. Opyt ispol'zovaniya MLS dlya sozdaniya trekhmernoy modeli infrastruktury zheleznykh dorog [Experience of Using Laser Scanning Method for Creation of 3D Model of Railways Infrastructure]. *Geoprofi.* 2012, no. 2, pp. 23—26. (In Russian)

20. Seredovich V.A., Komissarov D.V. Sostoyanie, problemy i perspektivy primeneniya tekhnologii nazemnogo lazernogo skanirovaniya [State, Problems and Prospects of Applying the Technology of Surface Laser Scanning]. *GEO-SIBIR' — 2005 : sbornik materialov nauchnogo kongressa* [GEO-SIBIR' — 2005 : Collection of the Materials of Scientific Congress]. Novosibirsk, STGA, 2005, vol. 1, pp. 193—197. (In Russian)

21. Kovach N.S., Klimenok I.V. Praktika lazernogo skanirovaniya [Practice of Laser Scanning]. *Avtomobil'nye dorogi* [Automobile Roads]. 2015, no. 11 (1008), pp. 86—87. (In Russian)

About the author: **Alekseenko Nikolay Nikolaevich** — Candidate of Juridical Sciences, honorary builder of the RF, Director General, **LLC GeoProjectSurway**, 26-17 Andronovskoe Shosse, Moscow, 111024, Russian Federation; alekseenko-n@yandex.ru.

For citation: Alekseenko N.N. Primenenie tekhnologii lazernogo skanirovaniya v razlichnykh otraslyakh i na razlichnykh etapakh zhiznennogo tsikla ob"ektov [Application of Laser Scanning Technology in Different Branches and on Different Stages of the Lifecycle of Objects]. *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2016, no. 2, pp. 62—73. (In Russian)