

## СОЗДАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ГРАМДАКАНСКОГО УЧАСТКА НЕДР Рыльский И.А.<sup>1</sup>, Парамонов Д.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Рыльский Илья Аркадьевич – кандидат географических наук, старший научный сотрудник,  
Географический факультет,

Региональный центр Мировой системы данных, МГУ им. М.В. Ломоносова,

<sup>2</sup>Парамонов Дмитрий Андреевич – кандидат географических наук, заместитель генерального директора,  
ООО «Проектстрой»,  
г. Москва

**Аннотация:** современные лазерные сканирующие системы (мобильные и воздушные) обеспечивают высокую точность позиционирования каждой отдельной точки. За счет возможности проникновения лазерного луча сквозь кроны деревьев, лазерное сканирование и достижения истинной поверхности рельефа, лазерное сканирование предоставляет уникальные возможности по фиксации в цифровой трехмерной форме географических особенностей территории, включая рельеф под кронами деревьев, растительность и надземные объекты. Данная особенность позволяет создавать очень реалистичные виртуальные модели территорий, которые могут быть весьма востребованными при проведении геологоразведочных работ на неосвоенной местности и при ее дальнейшем хозяйственном освоении.

**Ключевые слова:** пространственные данные, геоинформатика, лидар, лазерное сканирование, виртуальная модель

## CREATION OF VIRTUAL MODEL OF GRANDAKANSKIY AREA Rylskiy I.A.<sup>1</sup>, Paramonov D.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Rylskiy Ilya Arkadievitch – PhD in Geography, senior researcher,  
GEOGRAPHICAL FACULTY,

WORLD DATA SYSTEM, MOSCOW STATE UNIVERSITY,

<sup>2</sup>Paramonov Dmitriy Andreevitch – PhD in Geography, deputy general director,  
OOO PROJECTSTROY,  
MOSCOW

**Abstract:** modern laser scanning systems (mobile and airborne) provide high positioning accuracy for each individual point. Due to the ability of a laser beam to penetrate through tree crowns, laser scanning and reach the true surface of the relief, laser scanning provides unique opportunities for recording in digital three-dimensional form the geographical features of the territory, including the relief under the tree crowns, vegetation and above-ground objects. This feature allows you to create very realistic virtual models of territories, which can be very popular when carrying out geological exploration work in undeveloped areas and during its further economic development..

**Keywords:** LIDAR, spatial data, geoinformatics, GIS, adjustment, virtual model

УДК 004.67:910.27(075.8)

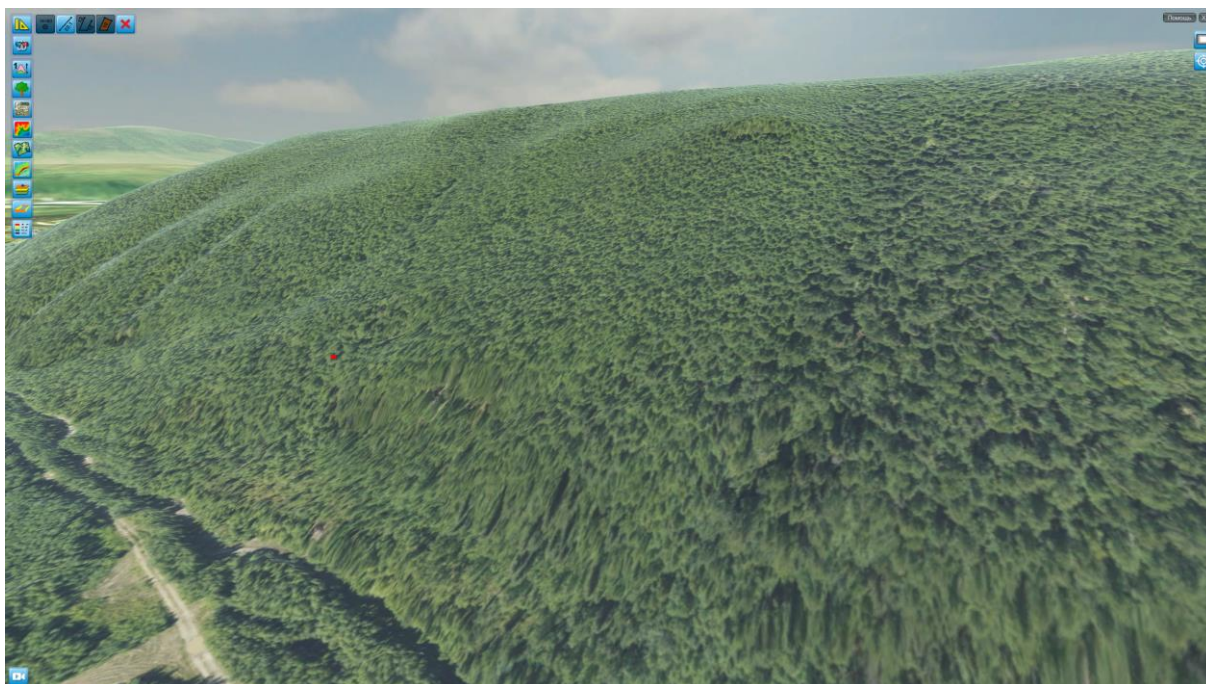
**Введение.** На сегодняшний день воздушное лазерное сканирование является наиболее совершенным, точным, детальным и производительным методом дистанционного зондирования, позволяющим работать во всех без исключения регионах планеты и обеспечивающим возможность картографирования поверхности рельефа вне зависимости от типа растительности. Данная особенность обеспечивается благодаря тому, что современные системы лазерного сканирования способны регистрировать полную форму отраженного сигнала, выделяя из него несколько отражений: первое – от ближайшей поверхности (например, вершина дерева), последнее – как правило, это истинная поверхность рельефа, и промежуточные (ствол, ветви, кустарники). Данной особенностью на сегодняшний день не обладает ни один другой метод, включая радиолокацию. Высокая производительность лазерного сканирования (до нескольких сотен квадратных километров в день) и высокая частота сканирования (от сотен тысяч до миллионов измерений трехмерных точек в секунду) создают широкое поле возможностей по созданию различных по назначению ГИС или виртуальных сред [3, С. 176].

**Постановка задачи.** Территория Грамдаканского лицензионного участка планируется к освоению в рамках проведения геологоразведочных мероприятий с использованием геофизических методов (сейсморазведка, гравиразведка, магнитная разведка). Весь комплекс мероприятий предполагает выполнение вышеупомянутых исследований параллельно с созданием высокоточной картографической основы масштаба 1:2000. Цель данных работ – создание цифровых наборов пространственных данных как для использования непосредственно в расчетах при ведении геофизических исследований, так и в информационном обеспечении разработки проекта освоения месторождения, включая проектирование

дорог, мест расположений карьеров, обогатительной фабрики и прочих объектов горнодобывающей отрасли. В то же время, ввиду незавершенности геологоразведки, окончательная локация рудных тел не установлена, и потому необходимо превентивное ведение работ на всей территории.

Грамаданский участок расположен в Иркутской области. Площадь участка превышает 10000 гектар. Территория расположена в условиях резко континентального климата, на участке в основном представлены низкорослые ландшафтные комплексы и речные долинные ландшафты (рис.1). Практически вся территория покрыта хвойным лесом с высотой основного древесного яруса от 11 до 34 метров.

**Предлагаемое решение.** Как уже было отмечено, выполнение воздушного лазерного сканирования в подобных природно-географических условиях является оптимальным выбором. Метод обеспечивает высокую точность (до 1:1000) и подробность данных, невзирая на высокую степень покрытия растительностью. Для обеспечения возможности принятия решений по полученным в ходе залета данным для сотрудников, не имеющих навыков работы с ГИС или топографическими планами, было решено продублировать пространственную информацию также в форме виртуальной модели.



*Рис. 1. Внешний вид типичного участка Грамаданской лицензионной площади.*

Выполнение воздушного лазерного сканирования велось с использованием пилотируемого носителя – самолета Ан-2 («кукурузник») с установленным на борту лазерным сканером Riegl LMS Q560, оснащенного также цифровой среднеформатной авиационной камерой DIGICAM H60 (60 мегапикселей), работающей в режиме RGB, а также для позиционирования и определения элементов внешнего ориентирования съемочных сенсоров использовались бесплатформенная инерциальная навигационная система Aerocondrol IID и ГНСС-приемник Novatel V (GPS-ГЛОНАСС). Полеты выполнялись по системе параллельных залетов на высоте 700 м над поверхностью рельефа, частота сканирования – 150 000 точек в секунду, размер пиксела фотоснимков – 9 см. Плотность итогового лазерного облака точек составила около 2.5 точек на 1 м<sup>2</sup> (средняя дистанция между точками – 60 см). Средняя точность позиционирования центров фотографирования составила 10-12 см в плане и по высоте, средняя точность по высоте точек лазерных отражений составила около 16 см. В соответствии с СНиП 11-02-96 данная точность достаточна для рисовки рельефа с шагом горизонталей по высоте 0.5 м, что достаточно не только для рисовки топографических планов 1:2000, но и 1:1000.

В рамках выполнения работ полученные материалы были использованы для создания следующих видов продукции: ЦМР, топографические планы масштаба 1:2000, шаг горизонталей 1 м; карта углов наклона, карта относительных высот растительности над поверхностью рельефа, ортофотоплан. Поскольку использование вышеперечисленных данных требует использования дополнительного программного обеспечения – ГИС-пакетов и/или САД-пакетов, а также предполагает у пользователя наличия развитых навыков работы с этими видами программных продуктов, то использование этих материалов людьми без специальной подготовки затруднено.

Вместе с этим, таких пользователей довольно много – это и полевые рабочие, нуждающиеся в понимании проходимости местности, руководящий состав, управленцы, инвесторы и прочие



потребители. Для обеспечения возможности этим пользователям также работать с полученным набором пространственных данных, была создана виртуальная модель Грамдаканского лицензионного участка.



Рис. 2. Внешний вид ландшафта Грамдаканского участка, представленного виртуальной моделью.

Виртуальная модель создана на базе программного ядра Unity, обеспечивающего возможность работы в режиме рендеринга в реальном времени с очень высокой степенью реализма. Все данные, помещенные в модель, представляют собой ехе-файл, а также дополнительные наборы сегментированных данных (3D-границы, текстуры, надземные объекты), представленные в закрытой форме (Рис.3), исключающей возможность несанкционированного хищения данных. Итоговая виртуальная модель не нуждается в установке, не использует для работы никакие внешние приложения, и может быть использована неограниченным числом пользователей. Коммуникация различных пользователей в едином пространстве модели не предусмотрена.

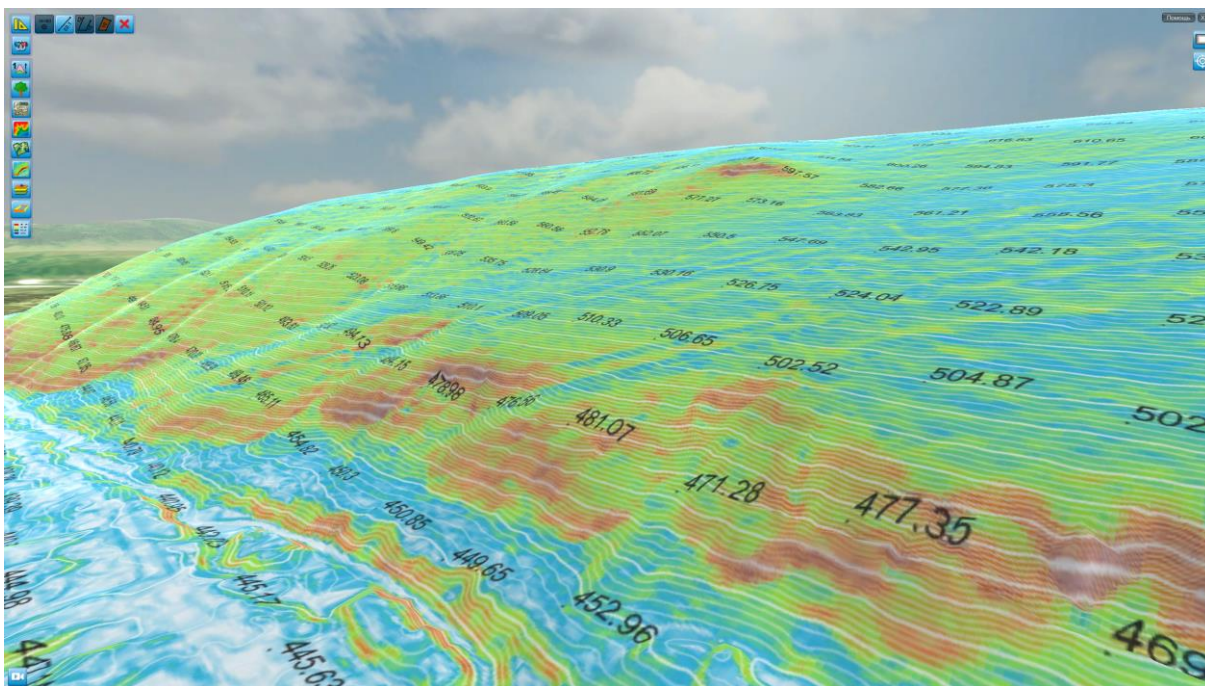


Рис. 3. Наложение данных о высотах рельефа на карту углов наклона в пространстве виртуальной модели.

Вышеперечисленные пространственные данные (топопланы, ортофотопланы, карты углов наклона, карты рельефа, проч.) были представлены в виде растровых изображений-текстур, которыми «обтягивается» цифровая модель рельефа, представленная в виде 3D-граней модели типа TIN. Моделирование растительности производилось методом детектирования отдельных деревьев по облаку лазерных точек, центрoид дерева и высота дерева определялись с использованием цифровой моделей относительных высот растительности, породный состав был задан по данным ручного дешифрирования (на участке представлены всего две основных породы первого яруса растительности). Далее в соответствии с координатами, высотой и породой на месте каждого дерева автоматизированным способом выставлялось трехмерное дерево-модель.

Модель каждого дерева представляет собой низкополигональный трехмерный объект, описанный набором 3D-граней, и текстурированный условной текстурой. В зависимости от высоты, подбирается масштаб и габариты каждого дерева, после чего в пространстве модели создается его условный трехмерный двойник (рис. 4).



*Рис.4. Модели деревьев в пространстве виртуальной модели.*

В результате подобного моделирования растительности удалось добиться высокого уровня реализма и обеспечить более четкое понимание географических особенностей территории. Поскольку деревья являются отдельными объектами, они могут быть отключены или включены пользователем для большего удобства работы с тем или иным видом данных (рис. 5).



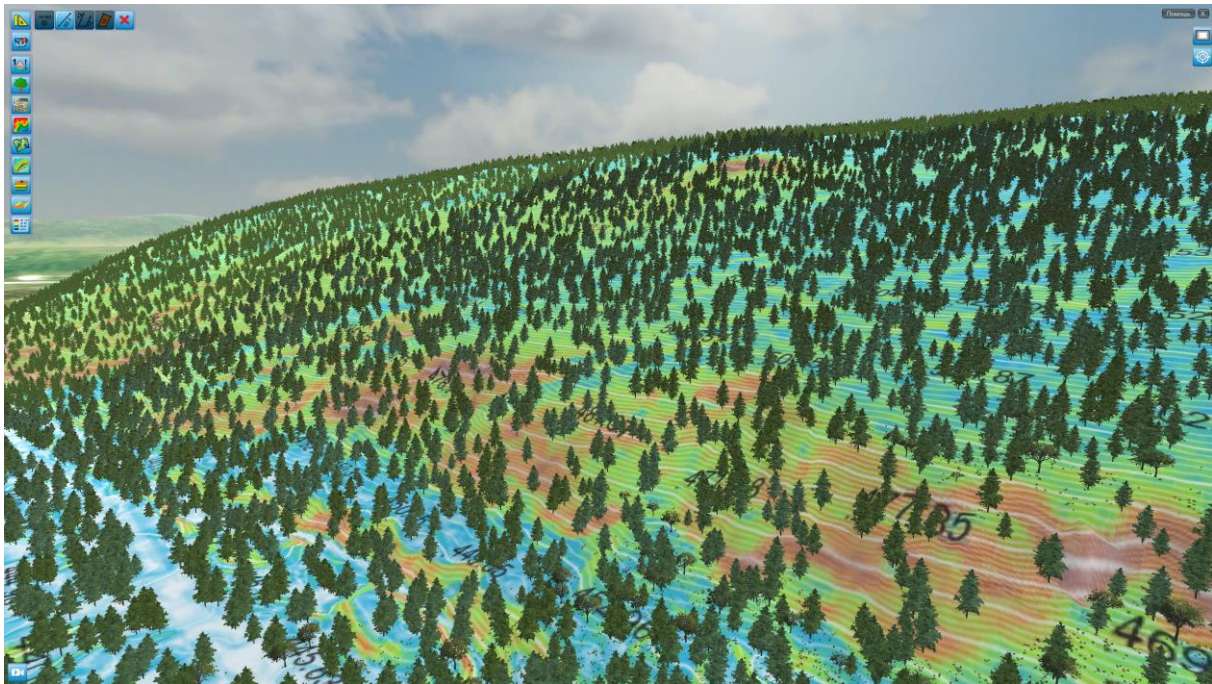


Рис 5. Наложение моделей деревьев на ЦМР, карту углов наклона и систему горизонталей.

Всего в модели было расположено около 182 000 деревьев. Для визуализации подобного массива данных требуется достаточно значительная вычислительная мощность компьютера. К счастью, современное развитие вычислительных мощностей графических процессоров позволяет успешно работать с данной моделью даже на персональном компьютере или ноутбуке. Минимальные системные требования модели – процессор Ryzen 7xxx серии или i7, 16 или более гигабайт оперативной памяти, графическая карта уровня NVIDIA RTX 3050 или выше.

**Выводы.** Продемонстрированный подход к представлению пространственных данных открывает широкие возможности для использования традиционных продуктов обработки залета воздушного лазерного сканирования не только специалистами, но и людьми далекими от географии, геодезии или проектирования. В сочетании с традиционными продуктами информационного обеспечения проектной деятельности на осваиваемых территориях, этот вид представления пространственных данных позволяет повысить качество принимаемых решений. Использование виртуальных моделей закрытого типа обеспечивает безопасность широкого использования данных без возможности их несанкционированного копирования.

#### *Список литературы / References*

1. *Chen Q.* Airborne lidar data processing and information extraction // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2007. V. 73, No. 2, pp. 109-112.
2. *Haala N., Brenner C., Anders K.-H.* 3D urban GIS from laser altimeter and 2D map data // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1998. V. 32, pp. 339–346.
3. *Lohr U.* Digital elevation models by laserscanning: Principle and applications // Third International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition, 1997. V. I, pp. 174–180.
4. *Schwalbe E., Maas H., Seidel F.* 3D building model generation from airborne laser scanner data using 2D GIS data and orthogonal point cloud projections // Proceedings of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 2005. V. 3, pp. 12–14.
5. *Vosselman G., Dijkman S.* 3D building model reconstruction from point clouds and ground plans // International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 2001. V.34, pp. 37–43.