

УДК 902.3

**А.Г. ДАНИЕЛЯН***(danielan.alina876@gmail.com)**Волгоградский государственный социально-педагогический университет***ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ LiDAR В АРХЕОЛОГИИ\***

*Рассматриваются возможности использования “LiDAR” в археологических исследованиях. Выделяются преимущества данной технологии, такие как возможность быстрого сканирования больших территорий и обнаружения древних объектов, скрытых под растительностью. Подчеркивается значительное улучшение точности и эффективности археологических раскопок благодаря “LiDAR”. Приводятся примеры успешного применения технологии в различных археологических проектах по всему миру.*

*Ключевые слова: технология LiDAR, археология, археологические раскопки, дистанционное зондирование, воздушное лазерное сканирование.*

LiDAR (Light Detection and Ranging) – это технология определения дальности, которая измеряет расстояние до объекта, направляя лучи света на объект, и использует время распространения и длину волны отраженного луча света для оценки расстояния, а в некоторых приложениях создает трехмерное представление объекта [2]. В русскоязычных работах встречается наименование «Лазерное сканирование воздушного базирования». Они встречаются нескольких типов: мобильные или стационарные, механические или твердотельные.

Лазерное сканирование воздушного базирования основано на измерениях расстояния и точной ориентации этих измерений между сенсором и отражающей поверхностью. Это достигается путем соединения GPS-измерений с инерционным измерительным блоком, с помощью которого осуществляется детальный сбор информации о земной поверхности. Система основана на принципе отражения импульсного лазера от колеблющегося зеркала и измерении времени полета для установления расстояния, которое проходит лазерный импульс. Комплексная система геопозиционирования определяет точную позицию сенсора в плоскости (x, y) и его высоту (z). Эта информация, сочетающаяся с углом зеркала, используется для вычисления трехмерных координат точки на местности. Система “LiDAR” использует высотные данные с точностью от 0,5 м до менее дециметра, в зависимости от высоты полета воздушного судна и частоты приема сигнала [6].

Идея использовать свет и измерять, сколько времени потребовалось свету, чтобы вернуться, для определения расстояния, возникла у Э.Х. Сингэ, который в 1930 г. использовал прожекторы для изучения атмосферы. В соответствии с условиями атмосферы световые импульсы были использованы в 1938 г. для измерения высоты облаков. Преимущество использования лазерного излучения в том, что оно имеет короткую длину волны, что позволяет обнаруживать или измерять объекты гораздо меньшего размера. Кроме того, лазерный луч очень узкий, что позволяет видеть мельчайшие детали с высоким разрешением на относительно больших расстояниях [7].

Применение “LiDAR” продолжало расширяться и привело к измерению свойств океанской воды и атмосферы для целей топографического картографирования. Ледяные покровы и пологи лесов также исследовались с помощью лидарной технологии [Там же]. Лидары применяются и в автономных автомобилях, и в рассеивании семян в сельском хозяйстве.

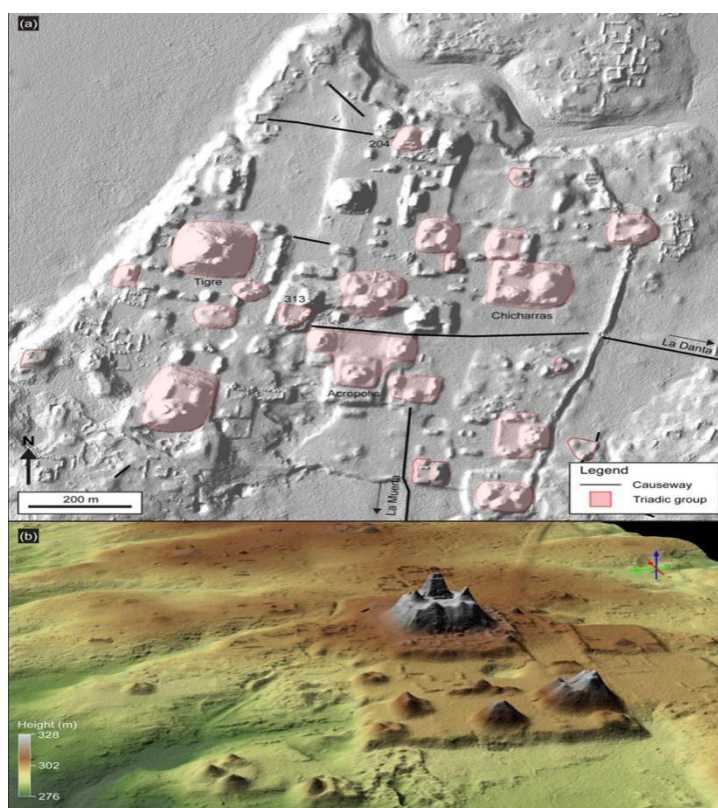
Тем не менее, только после того, как GPS\*\* стала доступна для общественного использования и в сочетании с инерциальными единицами измерения (IMU) в конце 1980-х годов “LiDAR” стал жиз-

\* Работа выполнена под руководством Гузиной А.А., соискателя ученой степени кандидата исторических наук при отделе скифо-сарматской истории ИА РАН, старшего лаборанта Научно-исследовательской археологической лаборатории им. В.И. Мамонтова ФГБОУ ВО «ВГСПУ».

\*\* Глобальная навигационная спутниковая система определения местоположения Global Position System

неспособным и чрезвычайно точным инструментом для ученых. К середине 1990-х гг. лидарные сканеры были способны производить от 2000 до 25 000 импульсов в секунду и в основном использовались для топографического картирования поверхности Земли [7].

“LiDAR” имеет широкий спектр применений в археологии, включая планирование полевых кампаний, картографирование объектов, скрытых под лесом или естественными непрерывными поверхностями. Применение технологии “LiDAR”, основанной на лазерном дистанционном зондировании, способной проникать сквозь растительность, вызывает фундаментальный сдвиг в археологии и обладает потенциалом для преобразования исследований в лесных районах по всему миру. Так, в 2016 г. с помощью лазерных снимков группа исследователей обнаружила древние города на севере Гватемалы (см. рис. 1) [5], а в 2020 г. в тропических лесах Амазонки археологами было обнаружено более 35 поселений, датируемых 1300–1700 годами нашей эры. Технология “LiDAR” также позволяет создавать цифровые модели рельефа археологических памятников высокого разрешения [2].



**Рис. 1.** Триадные структуры в Эль-Мирадоре: (а) изображение LiDAR, показывающее триадные структуры в административном центре Эль-Мирадора (пирамида Тигре является самой большой в этой части города); (б) 3D-изображение LiDAR, показывающее пирамидальный комплекс Ла-Данта, расположенный на восточной стороне административного центра в Эль-Мирадоре

В России применение технологии LiDAR реализуется с 2018 г. на территории европейской части страны. За 2018–2021 гг. учёным удалось выявить 2330 археологических объектов (могильники, поселения, фортификационные сооружения, архитектура и др.) от эпохи бронзы до середины XX в. в лесной и лесостепной зонах Тверской, Смоленской, Московской, Владимирской, Тульской, Пензенской, Брянской, Калужской, Орловской областей, Мордовии и Краснодарского края (см. рис. 2, рис. 3 на с. 30) [3].



Рис. 2. 1 – ВЛС 2018–2021 гг.; 2 – процесс работы

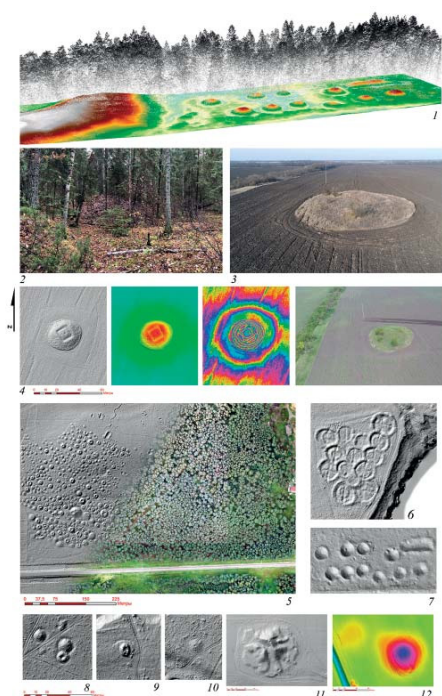


Рис. 3. Результаты ВЛС курганов: 1-2 – классифицированные данные и вид на курганную группу (Тверская обл.); 3 – вид на курган на территории пахотного поля (Краснодарский край); 4 – курган и результаты ВЛС (Краснодарский край); 5 – Лесная курганная группа (ГАК, Смоленская обл.); 6 – раскопанные в 70-х гг. курганы в Центральной курганной группе (ГАК, Смоленская обл.); 7 – длинные и круглые курганы (Тверская обл.); 8 – целые и раскопанные «колодцем» в 19 в. курганы (Тверская обл.); 9 – частично разрушенный и раскопанный курган в 19 в. (Смоленская обл.); 10 – слабовыраженный в рельефе курган (Смоленская обл.); 11 – курган, раскопанный траншеями в 19 в. (Краснодарский край); 12 – выраженный и распаханый курганы на территории пахотного поля (Краснодарский край)

Применения технологии “LiDAR” в археологии имеет ряд преимуществ. Во-первых, “LiDAR” позволяет археологам документировать ландшафт в том же виде, как его воспринимают люди – в нескольких измерениях. “LiDAR” производит огромный объем трёхмерных измерений (облако трёхмерных точек), преимущества которых заключается в том, что можно программным образом провести классификацию, т. е. выделить точки по разным высотам, от базового уровня 0, и оставшееся убрать, получив при этом цифровое облако и чистый рельеф.

Во-вторых, “LiDAR” способен сканировать большие территории в кратчайшие сроки. Это позволяет археологам получить обширную информацию о местности за короткое время. Василий Новиков, руководитель проектов Фонда развития и культуры «Таволга», директор департамента археологии и специальных работ компании «Энерготранспроект», кандидат исторических наук отмечает, что объекты археологии в России достаточно компактны, в размере от 100 до 400 гектаров, что позволяет проводить работы с использованием лидарной техники в течение 3–4 дней. В то время как для геодезиста это может занять значительно больше времени [1].

В-третьих, благодаря технологии “LiDAR” могут быть контекстуализированы древние общества в рамках полностью определённого ландшафта. Из-за ограничений по размеру выборки, интерпретация масштаба и организации плотно заросших лесом участков была затруднена, картографирование требовало кропотливой наземной съёмки, однако, сейчас исследователи могут получить более полное представление о таких обществах

Что касается недостатков, то здесь можно выделить высокую стоимость самой техники “LiDAR”, которая в среднем стоит 2 млн рублей. Также требуется специальная обработка данных, что может стать преградой для использования техники в простых археологических проектах. Услуги топографических компаний для съёмки территории с помощью LiDAR затрудняют контроль и защиту объектов археологического наследия, которые могут быть частично или полностью уничтожены действиями людей, которые не имеют специального образования в области археологии или которые сознательно идут на этот шаг ради какой-либо выгоды (например, финансовой). В соответствии со ст. 243, 243.1, 242 Уголовным кодексом Российской Федерации данные действия запрещены [4], наличие свободного доступа к технологии “LiDAR” создает риск такой незаконной деятельности.

Таким образом, мы можем подчеркнуть значимость использования “LiDAR” в археологических исследованиях. Технологии “LiDAR” значительно упрощает и ускоряет процесс поиска и документирования археологических находок, а также способствует сохранению культурного наследия. Применение технологии “LiDAR” в археологии открывает перед исследователями новые перспективы и позволяет более полно и точно воссоздавать историю человеческого развития на протяжении веков, а также способствовать сохранению культурного наследия.

### Литература

1. Лекция: Воздушное лазерное сканирование в археологии // New Archaeology. [Электронный ресурс]. URL: <https://youtu.be/FG1zefM6fQ?si=7B93Wi2OpMJfnWFg> (дата обращения: 27.02.2024).
2. Лидары (LiDAR, Light Detection and Ranging) // TADVISER. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/a/427040> (дата обращения: 24.02.2024).
3. Новиков В.В. Воздушное лазерное сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в европейской части России // Поволжская археология. 2022. № 1(39). С. 232–246.
4. Уголовный кодекс Российской Федерации: от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 25.03.2022) // Собрание законодательства РФ. 17.06.1996.
5. Хансен Р.Д., Моралес-Агилар С., Томпсон Дж. [и др.]. Лидарный анализ в прилегающем карстовом бассейне Мирадор-Калакмуль, Гватемала: введение в новые взгляды на региональную социально-экономическую и политическую организацию ранних майя // Древняя Мезоамерика. 2022. С. 1–40.
6. Ackermann F. Airborne laser scanning-present status and future expectations // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 1999. Vol. 54. No. 2–3. P. 64–67.
7. The History of LIDAR // ACRONAME. [Электронный ресурс]. URL: <https://acroname.com/blog/history-lidar> (дата обращения: 24.02.2024).

**ALINA DANIELYAN**  
*Volgograd State Socio-Pedagogical University*

### **THE USE OF THE TECHNOLOGIES “LIDAR” IN ARCHAEOLOGY**

*The article deals with the potential of the use of LiDAR in the archaeological studies. There are revealed the advantages of this technology, such as the opportunity of the quick scanning of the big territories and the discovery of the ancient objects that are hidden under the vegetation cover. The author underlines the significant improvement of the accuracy and the efficiency of the archaeological excavations thanks to LiDAR.*

*There are given the examples of the successful use of the technologies in the different archaeological projects around the world.*

**Key words:** *technology LiDAR, Archaeology, archaeological excavation, remote sensing, airborne laser scanning.*