

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

А. А. Сазонов, А. Л. Киндеев, И. С. Князев

кафедра почвоведения и ГИС факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, г. Минск, alexey.szonov@gmail.com

П. С. Курлович

кандидат исторических наук, кафедра археологии и специальных исторических дисциплин исторического факультета Белорусского государственного университета

В. А. Маковская

научно-фондовый отдел Белорусского государственного музея народной архитектуры и быта

Исследование посвящено пионерному опыту использования воздушного лазерного сканирования для поиска и картографирования памятников археологии на территории Беларуси на примере Минского, Мядельского и Вилейского районов Минской области. Обозначены основные сложности при проведении работ: погодные условия, характер поверхности участка съемки, трудности локализации объекта съемки и оценки объемов работ. Представлена методика получения цифровых моделей рельефа из сырых облаков точек.

Ключевые слова: воздушное лазерное сканирование; археология; облака точек; цифровая модель рельефа.

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС), или лидарная съемка – достаточно новая технология, позволяющая создать цифровую модель объекта на основе облаков точек с определенными пространственными координатами. Для их получения используется лазерный сканер – LiDAR, который в процессе съемки записывает для каждой точки координаты (XYZ) и численный показатель интенсивности отраженного сигнала. Он зависит от свойств поверхности, на которую визируется лазерный луч [1].

На сегодняшний день наиболее простыми и относительно доступными являются два вида лазерного сканирования – наземное, с использованием наземного лазерного сканера, и воздушное, где набирают популярность системы на базе беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Технология ВЛС позволяет получать на основе облаков точек не только трехмерные модели объектов и местности, но и создавать высокоточные цифровые модели рельефа (ЦМР). Основное достоинство полученных этим методом ЦМР от данных, получаемых при классической инструментальной съемки с использованием тахеометров и нивелиров – в густоте точек на квадратный метр (в зависимости от параметров съемки – от 50 и более) и скорости сбора данных, а ЦМР, полученные с помощью аэрофотосъемки (АФС), не позволяют с

достаточной точностью и детальностью создать модель рельефа, скрытую под лесной и древесно-кустарниковой растительностью.

Использование ВЛС на БПЛА показало свою эффективность в изучении объектов археологии в Европе благодаря скорости и точности сбора данных [3]. На территории России ВЛС на базе БПЛА показало свою эффективность при моделировании сложных объектов археологии в лесных зонах [2]. Важно, что «ВЛС с высокой плотностью позволяет выявлять остатки распаханных курганных насыпей, которые не видны невооруженным взглядом и не выделяются даже в ходе топогеодезической съемки с редким шагом» [2].

Основной целью нашего исследования стало получение первичных результатов ВЛС для отдельных памятников археологии и определение дальнейших шагов по разработке методики ВЛС применительно к условиям Беларуси.

В качестве носителя полезной нагрузки нами применялся БПЛА DJI Matrice 300 RTK. К основным достоинствам аппарата можно отнести простоту и надежность эксплуатации, время полета – до 40 минут, а также непосредственную интеграцию систем БПЛА и лазерного сканера DJI Zenmuse L1.

Применяемый в исследовании лазерный сканер DJI Zenmuse L1 позволяет получать до трех отражений лазерного луча, имеет диапазон обнаружения 450 м при коэффициенте отражения 80% и 190 м при коэффициенте отражения 10%, обеспечивает плотность облака точек на уровне 100 тчк/м² при высоте полета 100 м, точность получения координат по горизонтали составляет 10 см, по вертикали 5 см при высоте полета 50 м.

Работы проводились в период с марта по июнь 2022 г. В качестве опытных участков были выбраны археологические памятники, находящиеся в пределах Минского, Мядельского, Вилейского районов Минской области (рисунок 1).

Порядок выполнения ВЛС и получения результатов можно разделить на четыре этапа.

Первый этап – предполетная подготовка. Он включает себя проверку систем БПЛА, определение участка съемки и установку основных параметров, таких как процент перекрытия, высота и скорость полета, количество отражений лазера.

Второй этап – непосредственно проведение ВЛС участка местности. На этом этапе важно проводить постоянный контроль за ходом процесса, следить за уровнем заряда батарей, учитывать погодные условия, обеспечивать безопасность полета.

Третий этап – постобработка сырых данных. На этом этапе данные, полученные с лазерного сканера, обрабатываются в программном обеспечении DJI Terra, только после этого можно получить облака точек в формате LAS/LAZ для дальнейшего анализа и построения ЦМР. В процессе постобработки устанавливается система координат выходных данных, уравниваются облака точек, происходит их колоризация на основе полученных во время АФС фотоснимков.

Четвертый этап – построение ЦМР. Полученные облака точек загружаются в специализированное программное обеспечение – QuickTerrainModeler, ArcGIS, для классификации. Классификация позволяет отнести точки к следующим классам: земля (ground), неклассифицированные точки (default), низкая растительность (low vegetation), средняя растительность (medium vegetation), высокая растительность (high vegetation), строения (building) и т. д. На основе классифицированных облаков точек можно построить ЦМР с разрешением от 0,3 м и более (рисунок 2).

Необходимо отметить, что в различном программном обеспечении классификация происходит по-разному, в соответствии с используемыми алгоритмами. Наиболее удачные результаты дает использование инструментов ArcGIS Pro.

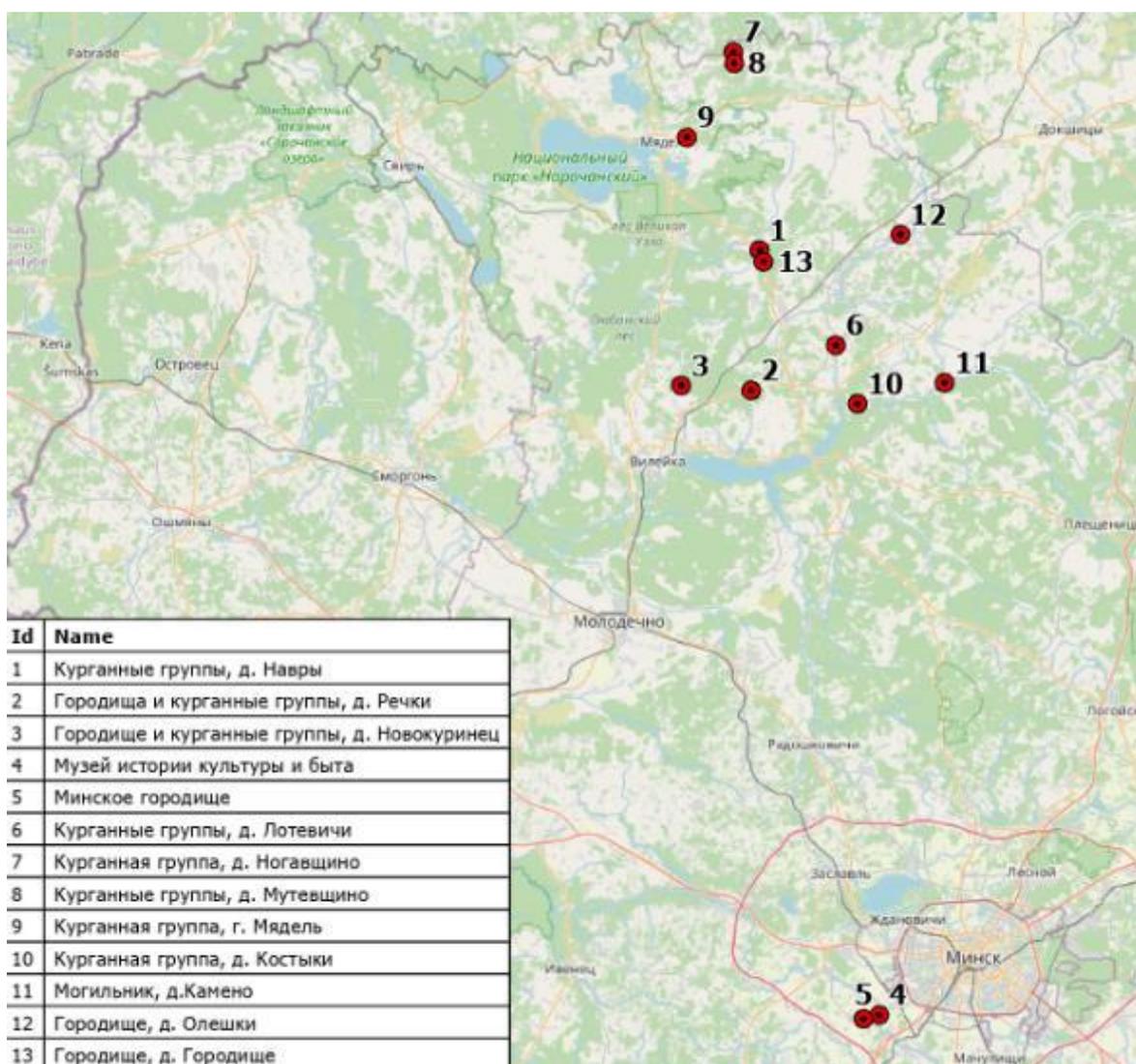


Рис. 1. Опытные участки ВЛС

В целом необходимо выделить следующие трудности, с которыми приходится сталкиваться при выполнении работ:

– характер поверхности: съемка в условиях густой лесной растительности наиболее эффективна в весенний и осенний периоды, летом качество результатов заметно снижается за счет влияния листвы деревьев, травянистой растительности;

– большинство исследуемых объектов ранее картографировались без использования современных методик, для некоторых есть только приблизительные координаты и абрисы, что не позволяет изначально локализовать объекты и оценить объем работ;

– существующие законодательные ограничения на полеты и отсутствие нормативно-правовой базы для воздушного лазерного сканирования.

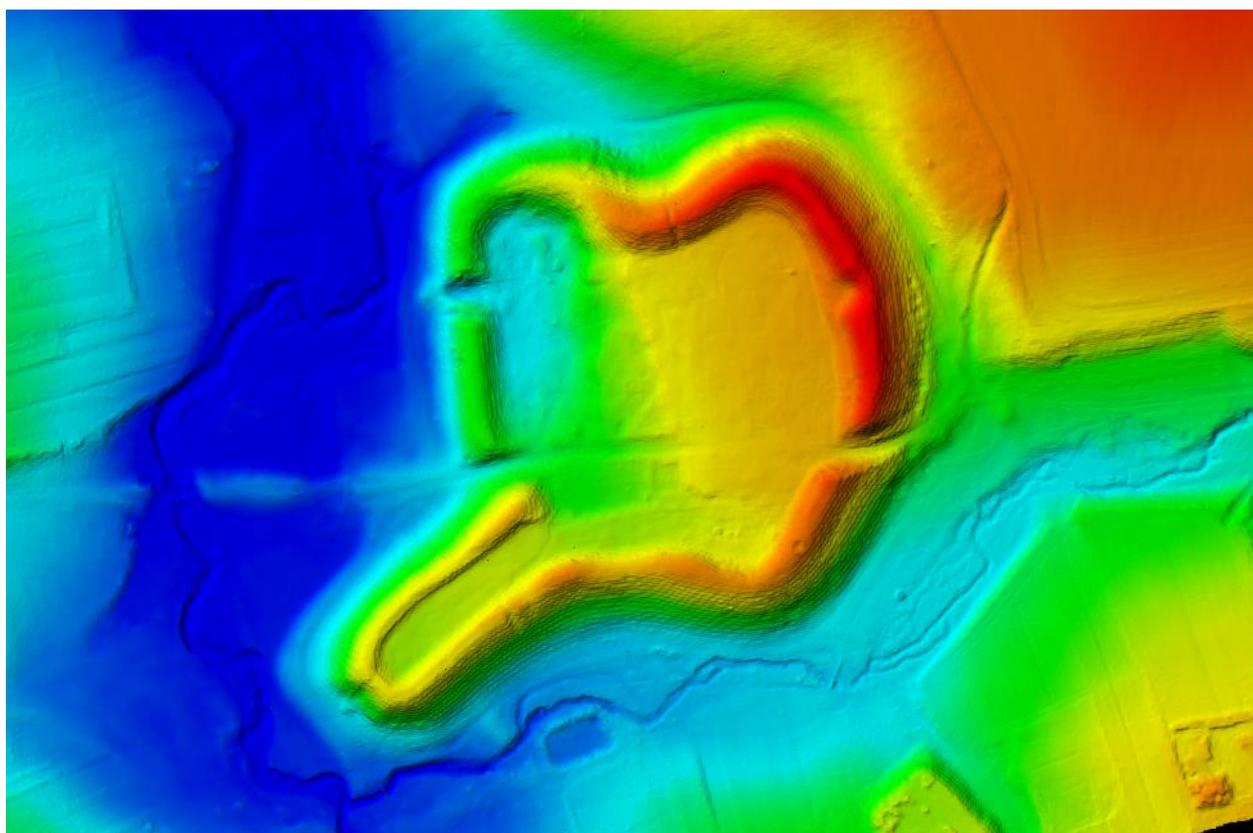


Рис. 2. ЦМР городища на р. Менка

Таким образом, применение ВЛС для обследования памятников археологии является перспективным методом, который позволит не только картографировать уже известные объекты, но и находить новые, которые не были замечены ранее.

Уже сейчас метод широко применяется для археологических изысканий в Беларуси, России, Европе, особенно широкую известность получают исследования в Южной Америке.

Существующие трудности могут быть преодолимы при помощи комплексного анализа результатов ВЛС и АФС, наземной инструментальной и георадарной съемки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Воздушное лазерное сканирование // СВР Гео [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://svrgeo.ru/services/vozdushnoe-lazernoe-skanirovanie>. – Дата доступа: 01.09.2022 г.
2. Новиков, В.В. Воздушное лазерного сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в европейской части России / В.В. Новиков // Поволжская Археология. – 2022, № 1 (39). – С. 232-246.
3. Risbøl O., Gustavsen L. LiDAR from drones employed for mapping archaeology –Potential, benefits and challenges. In Archaeological Prospection. – Vol. 25. 2018. – P. 329-338.