

В.В. НОВИКОВ

СОВРЕМЕННЫЕ НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ, ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ, НЕЙРОСЕТИ И ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА

В статье представлены примеры исследования исторического ландшафта с разрушенными в ходе антропогенного воздействия курганами с помощью применения различных современных неинвазивных технологий, программных продуктов, игровых технологий и нейросетей. Отдельное внимание уделяется сочетанию технологий, а также успешной проверке данных на основе археологических раскопок на территории комплекса Гнёздово.

Ключевые слова: исторический ландшафт, курганы, воздушное лазерное сканирование, геофизические исследования, историческая аэрофотосъемка, игровые программные продукты, нейросети, археологические исследования.

Введение

Археологическое наследие – это невозобновляемый источник знаний с неизмеримым потенциалом для научной, образовательной и культурной интерпретации. Именно археологическое изучение регионов или отдельных мест может определить их ценность для культурного наследия, туризма и социального развития среды.

Современный ландшафт – это объект, который необходимо воспринимать как культурное достояние с собственной историей. Объекты археологии являются частью понятия «исторический ландшафт», который исследуется с точки зрения не географии, а последовательности событий во времени. Исследование исторического ландшафта (ИЛ) – это комплексное понятие, включающее отношения человека с окружающим миром и его трансформацию под влиянием человеческой деятельности. Ландшафтная археология с помощью разных подходов и методов стремится объяснить взаимосвязи между объектами и закономерности культурного развития в рамках памятника, групп памятников и целых регионов. Ландшафт представляется как культурно сконструированное пространство в исторической перспективе от эпохи камня до современности, где археологические исследования с разными целями становятся только частью общего процесса пространственного исследования экоисторической системы [15, с.11–13; 11, с.6–10].

ИЛ необходимо рассматривать как самостоятельный объект исследования, где применение пространственных методов анализа и комплекса неинвазивных технологий в целом позволяет реконструировать сюжеты прошлого в единую картину. В последние десятилетия произошел прорыв в развитии геоинформационных систем (ГИС) или средств автоматического проектирования (САПР), неинвазивных геофизических исследований, программных продуктов и нейросетей. Все это позволяет успешно объединять и анализировать данные значительного объема, а построение цифровых моделей рельефа в целом и отдельных его объектов выступает в качестве необходимого инструмента для эффективного анализа исторической реальности в динамике. Он позволяет решать задачи, которые ранее были недоступны – выявлять и изучать отдельные объекты, такие, например, как сильно поврежденные или полностью разрушенные курганные группы или отдельно стоящие курганы для разных исторических периодов.

Отдельного внимания заслуживает вопрос методики обнаружения курганов, которые подверглись сильному антропогенному и техногенному воздействию и практически полностью утратили курганные насыпи и выраженные в рельефе ровики. Нелокализованные объекты археологического и культурного наследия невозможно поставить на соответствующую охрану, исследовать в ходе раскопок или корректно интерпретировать их роли в палеоландшафте. Чтобы выявлять такие объекты, необходимо сочетать разные современные методы и архивные данные. В этом случае наиболее проверенными и точными источниками информации становятся данные современного дистанционного зондирования (LiDAR/ALS¹, спутниковая съемка, современная и историческая аэрофотосъемка), на второй стадии – инструментальные или полуинструментальные топографические планы и карты, а наименее надежными становятся отрывочные данные, схемы, глазомерные планы-наброски, так как они практически не обладают привязками к современным реалиям на местности, имеют высокую погрешность в расстояниях и не исключают фактор человеческой ошибки.

К сожалению, до сих пор многие исследователи опираются в своих реконструкциях ландшафта только на третью группу источников, игнорируя современные программные возможности ГИС для сбора, группировки и последующей аналитики данных [3; 16].

Использование различных методов и данных дистанционного зондирования (спутниковой съемки, исторической и современной аэрофотосъемки, воздушного лазерного сканирования и т. д.), наземных методов геофизических исследований, а также непривычных для археологии продуктов для визуализации (игровых движков, нейросетей) позволяет обнаружить разрушенные курганы, визуализировать информацию и, таким образом, определить направление для инвазивных исследований (раскопок и разведок). Максимально эффективным становится использование сразу нескольких методов и данных, которые объединяются на основе ГИС. Настоящая статья призвана показать примеры отдельных методических находок и инструменты, которые можно эффективно использовать для решения подобных задач. Работа не претендует на обзор всех технологий, но дает выборку некоторых доступных решений, часть которых проверена инвазивными исследованиями.

Разрушенные курганы как объект исследования

Курганы и курганные группы – это наиболее частый объект исследования как в настоящее время, так и в прошлом, с самого момента появления осознанного научного интереса к археологии. В то же время курганы чаще всего привлекают внимание грабителей.

В числе самых разрушительных факторов для курганов и курганных групп на протяжении XIX–XXI вв. является сельское хозяйство, особенно на территориях с плодородными почвами. В процессе распашки погребальные насыпи зачастую намеренно разрушались, запахивались и постепенно исчезали из исторического ландшафта. Локализовать их можно посредством визуальных наблюдений и применения дедуктивного метода, но это касается преимущественно больших курганных насыпей, которые не так легко исчезают, даже несмотря на длительную распашку тяжелой техникой.

При изучении территорий с открытым безлесным ландшафтом и пахотных пространств эффективными оказываются мультиспектральная, цифровая спутниковая или аэрофотосъемка с возможностью анализа в разных диапазонах. На основе анализа растительности, сельскохозяйственных культур и цвета почвы (crop/soil marks) она позволяет видеть объекты на распаханых участках [8; 13].

¹ LiDAR – Light Detection and Ranging, ALS – airborne laser scanning.

Курганы небольшого размера могут быть разрушены полностью и располагаться уже не на пахотных полях. Их обнаружение – скорее дело случая. Иногда даже стоящие на учете курганные группы, обнаруженные в ходе разведок в XX веке, зарастают лесными массивами, и найти их в XXI веке по старым топографическим привязкам становится невозможно. Это стало ярче проявляться в конце XX века по мере сокращения хозяйственной деятельности, зарастания старых пахотных и кормовых полей, расширения леса, подлеска и формирования высокого травяного покрова.

Историческая аэрофотосъемка

В Европейской части России работа с обнаружением курганных групп и отдельных курганов часто возможна благодаря исторической аэрофотосъемке, выполненной преимущественно в 40–50-х гг. XX в.

Историческая аэрофотосъемка стала бесценным источником информации для археологии в начале XXI в. Благодаря разным архивам, накопилось достаточно снимков, которые позволяют оценить изменения окружающей среды и ландшафта. Снимки часто выполнялись сериями под разными углами. Параметры искажения (фокусное расстояние, дисторсия объектива и пр.) могут быть указаны на краях снимков, их нужно учитывать при привязках в ГИС, при создании вертикальных ортофотопланов и цифрового рельефа методом фотограмметрии.

Несмотря на все искажения, именно историческая аэрофотосъемка может стать единственным источником объективной информации о памятнике. Применение ГИС позволяет привязать исторические снимки, опираясь на современные опорные точки, которые остались неизменными во времени, и тем самым получить координаты (пусть и не идеально точные) в локальной или международной системе для определения перспективного участка работ или границ объекта [13; 6, с.85-91; 14].

В качестве интересного примера можно привести неинвазивные исследования распаханной курганной группы возле деревни Шниткино (Тверская область), которая в настоящее время не прослеживается в ландшафте.

Самую раннюю информацию о группе дает зимний снимок – аэрофотосъемка 1943 г. На нем высокий снежный покров скрывает низкие насыпи, а на крупных курганах растут деревья, которые определяются тенью на поверхности. На летнем снимке (аэрофотосъемка 1944 г.) отчетливо фиксируются выступающие и распаханые круглые насыпи диаметром от 9 до 22 м, которые связаны со скоплением курганов № 1. Деревья на курганах уже вырублены. Отдельные невысокие насыпи курганов сnivelированы и выражены в виде белых пятен, часть насыпей повреждена, отдельные высокие насыпи читаются хорошо и имеют тень на прилегающей поверхности, что позволяет предполагать их высоту более 1 м (№№ 2, 8, 9, 10, 12, 16, 15). Общее количество – около 18 насыпей. Второе курганное скопление предположительно состоит из 5 курганов и расположено восточнее первого скопления. Курган № 1 в этом скоплении отчетливо фиксируется на всех аэрофотоснимках, остальные – были уже распаханы и представлены на фотографиях круглыми пятнами.

Размеры и форма объектов, а также их положение на разных по времени снимках подтверждают, что это постоянные, а не временные объекты (стога сена, временные отвалы и пр.). Курганы первого (западного) скопления №№ 8, 9, 10, 12, 16 имеют округлые вершины, курган № 2 – плоскую. Курган №1 второго (восточного) скопления представляет собой длинный курган (цв.вкл.: рис.1: 1-3).

Территория продолжала активно распахиваться, а в годы войны, по словам местных жителей, использовалась в качестве аэродрома. В 1950 г. Я.В. Станкевич обнаружила эту курганную группу уже сильно разрушенной, тогда в ней насчитывалось около 7 курганных насыпей. В 1973 г. в учетный паспорт памятников РСФСР

№ I.20.7.417 вошли только 4 кургана вместе с глазомерным планом: №№ 16, 10, 12 (западное скопление), № 1 (восточное скопление), которое зафиксировано и на фотографии (цв.вкл.: рис.1: 4). Размеры этих курганов составляли от 6–9 до 22 м при высоте 0,6–0,7 и 2 м. В 1990 г. осталась только одна частично поврежденная насыпь № 1 восточного скопления [1, с.211; 4 с.246]. Свидетельства местных жителей также подтверждают разрушение нескольких насыпей. В современном ландшафте наблюдается одна частично разрушенная насыпь кургана № 1 (восточное скопление) (цв.вкл.: рис.1: 5-8).

Стоит отметить, что попытки разработки программных алгоритмов распознавания объектов – в частности, курганов – по растровым изображениям в ГИС и сторонних программных продуктах предпринимаются все чаще. Например, метод геоморфометрии позволяет выделять курганы по максимальным высотам вершин и прилегающим точкам рельефа. И хотя есть определенный прогресс в этом направлении, основным методом пока еще остается дедуктивный визуальный анализ [9, с.15-20; 10]. Можно отметить и вполне эффективное использование современных игровых программных движков (Unity или Unreal Engine), которые являются полезным инструментом для реконструкции исторического пространства или объектов [7].

Однако иногда могут помочь и достаточно простые средства 3D-визуализации, которые еще не часто используются исследователями. Появившиеся в последнее время нейросети позволяют быстро получить 3D-визуализацию даже на основе одной фотографии. В случае с курганной группой в Шниткино дополнительная визуализация демонстрирует близкие по форме к курганам объекты в ландшафте (цв.вкл.: рис.1: 9).

Использование дополнительных инструментов визуализации не решает вопрос с созданием топографического плана или определением конкретных размеров насыпей, здесь ведущую роль играет использование ГИС. Однако они предлагают дополнительные возможности получить относительное понимание высот для объектов в пространстве и оперативно проверить предположения.

Еще одним фактом в пользу локализации курганов в этой группе становится более точный метод исследования – воздушное лазерное сканирование.

ВЛС и историческая аэрофотосъемка

Воздушное лазерное сканирование (LiDAR или ВЛС) на любой мобильной основе – это проверенный и очень эффективный метод исследования и фиксации исторического ландшафта. ВЛС позволяет изучить объекты, скрытые лесом, подлеском и высокой растительностью. Для открытых пространств оно дает дополнительные возможности, поскольку позволяет анализировать объекты, хоть сколько-нибудь выраженные в рельефе даже незначительным перепадом высот [5; 12].

К сожалению, ВЛС позволяет зафиксировать лишь современное состояние объекта – например, раннесредневековый курганный могильник в Тимерёво (Ярославская область). Однако подобная съемка становится хорошей топоосновой, к которой могут эффективно привязываться результаты инструментальных и глазомерных съемок (карты, планы, схемы), а также данные раскопок более раннего времени. Это позволяет определить неисследованные участки и понять общее состояние курганной группы (цв.вкл.: рис.2: 1-4).

В отдельных случаях историческая аэрофотосъемка может быть существенно дополнена данными ВЛС, и они становятся средствами взаимной проверки. Вновь обращаясь к примеру разрушенной курганной группы в Шниткино, мы видим результат сканирования того же участка с высокой плотностью точек на один квадратный метр (более 15 точек). В ландшафте зафиксирована западная часть длинного кургана № 1 восточного скопления (цв.вкл.: рис.1: 10 (1)) и, несмотря на серьезные изменения в ландшафте, видны распаханная площадка разрушенного кургана на тех местах, где они

были зафиксированы на исторической аэрофотосъемке (цв.вкл.: рис.1: 10 (2-4)). Их высота совпадает с уровнем площадки кургана № 1 и явно выделяется перепадом высоты.

ВЛС и геофизика

Еще одно направление исследования – использование ВЛС в сочетании с методами разведочной геофизики. При строительстве трассы М-4 Дон в Краснодарском крае на объекте Красносельская-9 было проведено воздушное лазерное сканирование на базе беспилотного летательного аппарата. Это позволило выявить распаханную курганную насыпь, которая не обнаруживалась на местности рядом с другими, более выраженными в рельефе, курганами. Проведенные топогеодезические работы с использованием наземных приборов не давали возможность быстро получить высокодетализированный цифровой рельеф местности в отличие от ВЛС, которая была выполнена на большой площади с плотностью более 20 точек на 1 м². Используемая для проверки выявленной распаханной насыпи одного из методов разведочной геофизики магниторазведки² позволила выявить аномалию в центре предполагаемого кургана, которая в ходе раскопок оказалась погребением по обряду ингумации (цв.вкл.: рис.2: 5-6).

Важные для понимания структуры памятника результаты принесло сканирование северо-восточной части Центрального поселения Гнёздовского археологического комплекса в непосредственной близости от Лесной курганной группы (Смоленская область). Оно проводилось в два этапа – в 2018 и 2020 гг. – и охватила площадь 937,63 га [2, с.238].

Исследованная территория подвергалась сельскохозяйственной распашке с XVIII в. до конца 1990-х гг. Самые ранние карты относятся к началу XX в. Они, как и аэрофотосъемка 1940-х гг., не зафиксировали объектов, которые читались бы в рельефе, за исключением пахотного поля и огородов. В настоящее время мощность пахотного и огородного горизонта составляет на разных участках от 25 до 45 см. В ходе археологических работ в 2017–2023 гг. под этим слоем были прослежены непотревоженные участки культурного слоя раннесредневекового поселения и серии ям разного характера, которые относятся ко второй половине X – началу XI вв. Культурный слой поселения перекрывал остатки разрушенных курганов, которые сохранились в виде засыпанных в ходе нивелировки ровиков и площадок с частично сохранившимися погребениями. Разрушенная курганная группа была выделена в самостоятельную девятую курганную группу Гнёздовского комплекса и получила название Полевой, ее площадь составляет около 2,4 га³. Общее число частично или полностью исследованных курганов в настоящее время оценивается в 20 курганов. В случаях, когда разрушенные курганы перекрываются культурным слоем поселения, обнаружить их посредством ВЛС не представляется возможным.

Проведенные работы по электроразведке позволили выявить в профилях удельных электрических сопротивлений контуры ровиков разрушенных курганов, заглубленных в материк. Применение магниторазведки на участках, прилегающих с юга к раскопу, дало возможность выявить предполагаемые ровики двух или трех курганов (8, 9 и 11 м в диаметре по внешним краям ровиков) (цв.вкл.: рис.3: 1, 2).

ВЛС и инвазивные методы исследования

Еще более интересная картина была обнаружена севернее участка основных работ. На основе анализа высотных и свето-теневых карт, построенных по

² Здесь и далее все работы по инженерной геофизике выполнены лабораторией инженерной геофизики РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

³ На данном этапе исследований не исключается вероятность, что эта группа была частью Лесной курганной группы.

данным ВЛС, были определены аморфные кольцевидные объекты, которые были интерпретированы как возможные площадки разрушенных курганов. Эта территория расценивается как часть поселения, поэтому на участке был заложен раскоп, местоположение которого, кроме всего прочего, было привязано к выявленным в ходе ВЛС объектам. Работы проводились по методике исследования культурного слоя поселения по слоям с промывкой грунта. В ходе работ под слоем пахоты был обнаружен ровик кургана шириной до 5 м и глубиной 1,2–1,5 м. Сверху он был перекрыт пахотным горизонтом мощностью до 25 см, который практически не содержал следы культурного слоя поселения. Ровик имел несколько уровней заполнения, связанных с запылением после возведения кургана и двумя уровнями разрушения насыпи. Последние были разделены горелой прослойкой, насыщенной деревом, мощностью до 20 см с керамическим и индивидуальным материалом, который датируется второй половиной X в. Прослойка связана с вторичным использованием ровика кургана в качестве неясного по характеру самостоятельного объекта.

Размеры предполагаемой площадки кургана, которые совпадают с кольцевидным объектом на картах ВЛС, составляют около 16–17 м, а внешний диаметр кургана с учетом ширины ровика – 27 м. Площадка кургана в силу более плотной структуры лучше сохранилась, несмотря на распашку, тогда как заполнение ровиков имеет явно меньшую плотность, а участок самого ровика характеризуется небольшим понижением поверхности (цв.вкл.: рис.3: 3).

Заключение

Сочетание различных неинвазивных методов дистанционного зондирования и наземных решений в виде геофизических исследований, вне всякого сомнения, дают широкий инструментарий для локализации на местности разрушенных курганов разной степени сохранности. Визуализация программными средствами (использование игровых технологий и нейросетей) материалов исторической съемки позволяет исследователям лучше интерпретировать данные 2D-изображений и получать объемную информацию для проверки своих выводов. Воздушное лазерное сканирование с высоким качеством детализации при съемке исторического ландшафта (не менее 15–20 точек на 1 м²) является эффективным методом исследования и позволяет фиксировать даже минимальные перепады современного рельефа, связанные с сохранившимися площадками курганов или небольшими понижениями на месте ровиков.

Важно подчеркнуть, что данные неинвазивных методов требуют обязательной проверки – частично или полностью – в ходе проведения наземных полевых разведок или раскопок для накопления корректной информации для более широких форм интерпретации данных в будущем.

Эффективная и многокомпонентная аналитика данных дистанционного зондирования и неинвазивных методов геофизических исследований возможна только при использовании программных продуктов на основе геоинформационных систем и/или средств автоматического проектирования с координатными привязками. Это позволяет максимально эффективно сравнивать полученные данные, выделять аномалии и ставить корректные исследовательские задачи. Следующим этапом развития этой аналитики станет частичная автоматическая классификация данных на основе нейросетей и программных модулей.

Использование современных методов исследования и программных решений для визуализации данных позволяет существенно расширить арсенал средств для исследования ландшафтов, установления взаимосвязей между объектами, выявления разрушенных курганов для постановки их на учет и охрану и, соответственно, лучшего пространственного понимания памятников археологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Археологическая карта России. Тверская область. Ч. 2. М.: ИА РАН, 2007. – 440 с.
2. Новиков В.В. Воздушное лазерное сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в Европейской части России // Поволжская Археология, № 1(39), 2022. Казань, 2022. – С. 232–246.
3. Коробов Д.С. Основы геоинформатики в археологии. Учебное пособие. М.: Изд-во Московского университета, 2011. – 220 с.
4. Станкевич Я.В. К истории населения Верхнего Подвинья в I и начале II тыс. н.э. // Материалы и исследования по археологии СССР. № 76. М.: АН СССР, 1960. – С. 7-327.
5. An Introduction to LiDAR for Archaeology. An introductory guide to understanding LiDAR and interpreting landscape history. AOC Archaeology group. 2015. – 14 с.
6. Bödőcs A., Rupnik L., Doneus M. Archival and cartographic aerial photographs, satellite images // Researching archaeological landscapes across borders. Strategies, methods and decisions for the 21st century. Graz – Budapest, 2019. – С. 85–91.
7. Challis K., Kincey M. Immersive visualisation of survey and laser scanning: the case for using computer game engines // Oxbow Books. 2013. – С. 238–251.
8. Gojda M. Current Development in Archaeological Remote Sensing: A Central European Experience and Evaluation // Natural sciences in archaeology. Volume X, 2019. – С. 155–164.
9. Kramer I.C. An archaeological reaction to the remote sensing data explosion. Reviewing the research on semi-automated pattern recognition and assessing the potential to integrate artificial intelligence. Faculty of Humanities. University of Southampton, 2015. – 86 с.
10. Niculit M. Geomorphometric Methods for Burial Mound Recognition and Extraction from High-Resolution LiDAR DEMs // Sensor, 20. 2020. – С. 2–30.
11. Mlekuž D. Landscape as an archaeological heritage // Researching archaeological landscapes across borders. Strategies, methods and decisions for the 21st century. Graz – Budapest, 2019. – С. 6–11.
12. Novikov V.V. UAV flown ALS for investigations of archaeological sites and historical landscapes in Russia: first results from a 2018–2022 project // The newsletter of the Aerial Archaeology Research Group (№64), London, 2022. – С. 54–64.
13. Novikov V.V. Airborne and Space-Borne Prospection. Encyclopedia of Archaeology, 2nd Edition, vol. 2, Elsevier. London, 2023. – С. 210–221.
14. Palmer R. Reading aerial images. P. 76–87 // Interpreting archaeological topography airborne laser scanning, 3D Data and ground observation. Oxbow Books. Oxford, UK and David Brown Book Company, Oakville, 2013. – С. 76–88.
15. Pirkovič J. European Heritage Strategy for the 21st Century – Strategy 21 // Researching archaeological landscapes across borders. Strategies, methods and decisions for the 21st century. Graz – Budapest, 2019. – С. 11–25.
16. Weng Q. Remote Sensing and GIS Integration. Theories, Methods, and Applications. New York etc. 2010. – 383 с.

V.V. Novikov

Modern non-invasive methods, software, neural networks and game technologies for researching historical landscape

The article presents examples of study of historical landscape with mounds destroyed during anthropogenic impact based on application of various modern non-invasive technologies, software products, game technologies and neuronetworks. Special attention is paid to the combination of technologies, as well as to the successful example of data verification based on archaeological excavations on the territory of the archaeological complex Gnezdovo.

Keywords: historical landscape, mounds, LiDAR, geophysical surveys, historic aerial photography, game engine, archaeological research.

Иллюстрации к статье В.В. Новикова **СОВРЕМЕННЫЕ НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ, ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ, НЕЙРОСЕТИ И ИГРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЛАНДШАФТА**

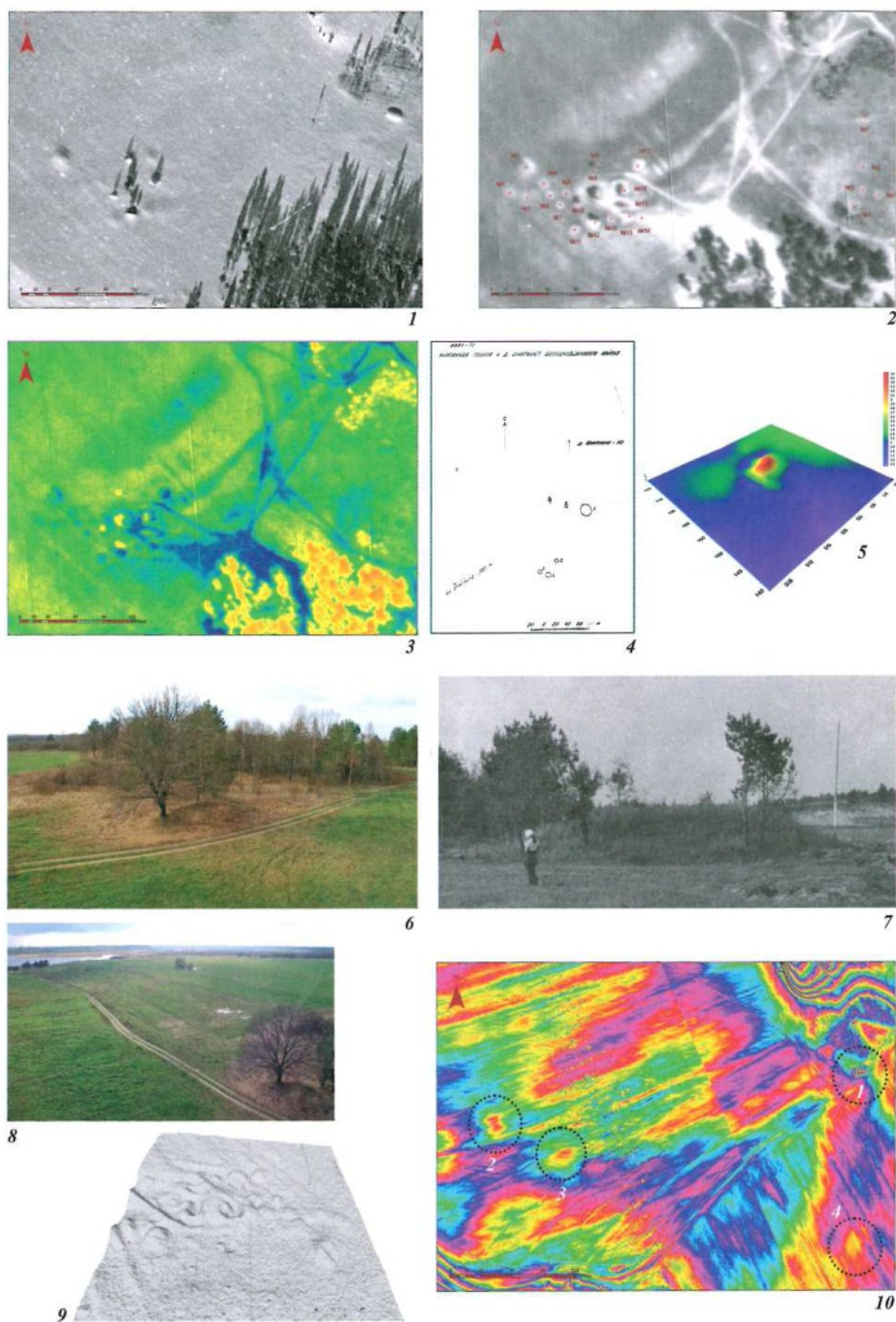


Рис. 1: 1 – Аэрофотоснимок 1943 г. курганных скоплений возле д. Шниткино (Тверская область); 2–3 – Аэрофотоснимок 1944 г. с нанесенными курганами двух курганных групп курганных скоплений возле д. Шниткино; 4 – глазомерная схема сохранившихся курганов (1973 г.); 5 – цифровая модель сохранившейся части кургана № 1 (восточное скопление), построенная на основе инструментальной съемки с использованием тахеометра в локальной системе координат в 2016 г. 6 – вид на курган № 1 (восточное скопление) с юго-востока (2016 г.); 7 – вид на курган № 1 (восточное скопление) с юга (1973 г.); 8 – вид современного состояния участка ландшафта в районе западного скопления курганов; 9 – вариант построения 3D-модели на основе аэрофото-съемки 1944 г. с использованием современной нейросети в сети он-лайн; 10 – свето-теневой план на основе воздушного лазерного сканирования участка ландшафта на месте курганных скоплений с отмеченными участками сохранившихся остатков курганов.

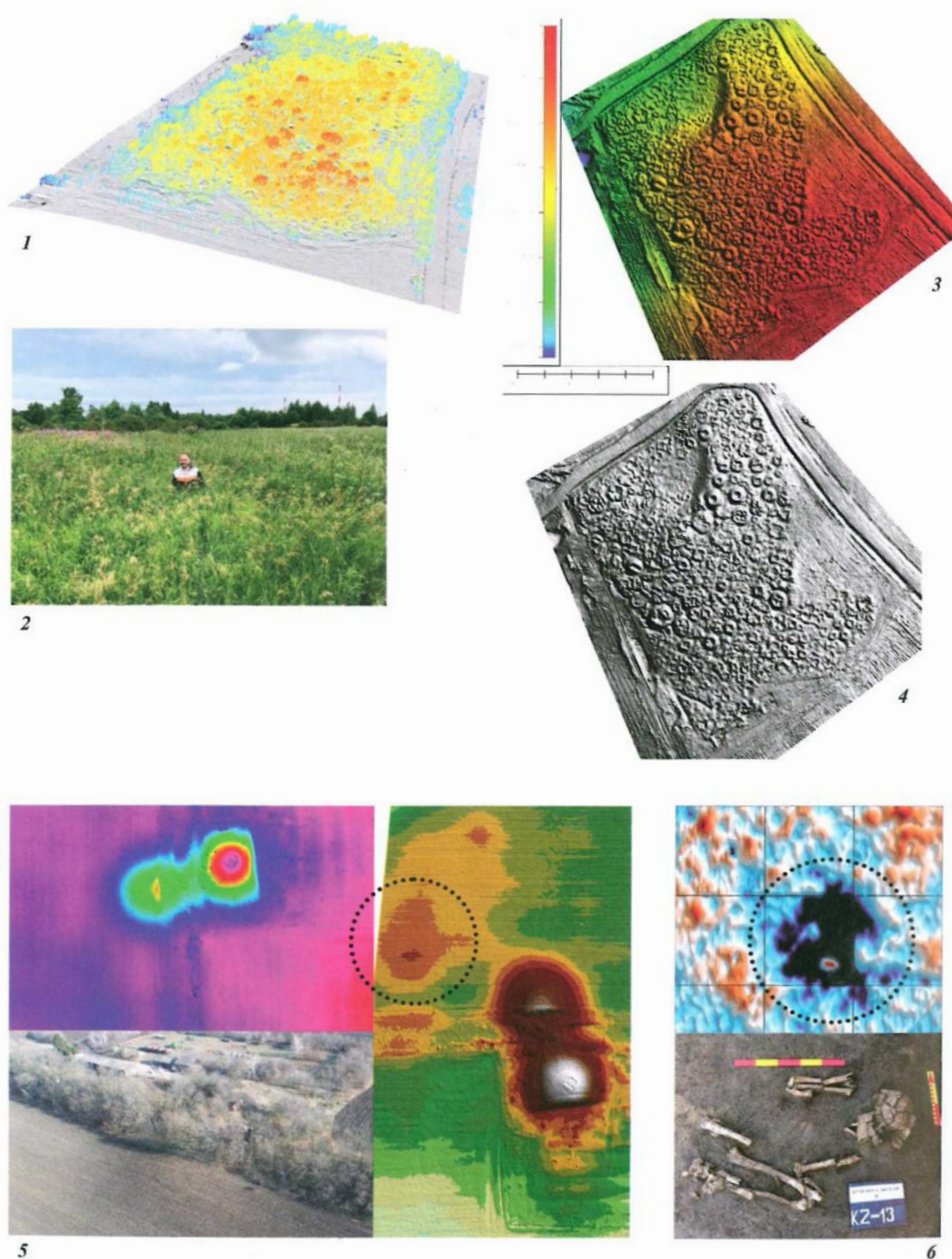


Рис. 2: 1–2 – растительность на территории курганной группы в Тимерёво (Ярославская область); 3–4 – свето-теневая карта курганной группы в Тимерёво на основе данных воздушного лазерного сканирования; 5 – фотография до раскопок и свето-теневые планы на основе данных воздушного лазерного сканирования курганной группы Красносельская-9 (Краснодарский край); 6 – магнитная аномалия в центре кургана и фотография части погребения в центральной части кургана.

Иллюстрации к статье В.В. Новикова СОВРЕМЕННЫЕ НЕИНВАЗИВНЫЕ МЕТОДЫ...

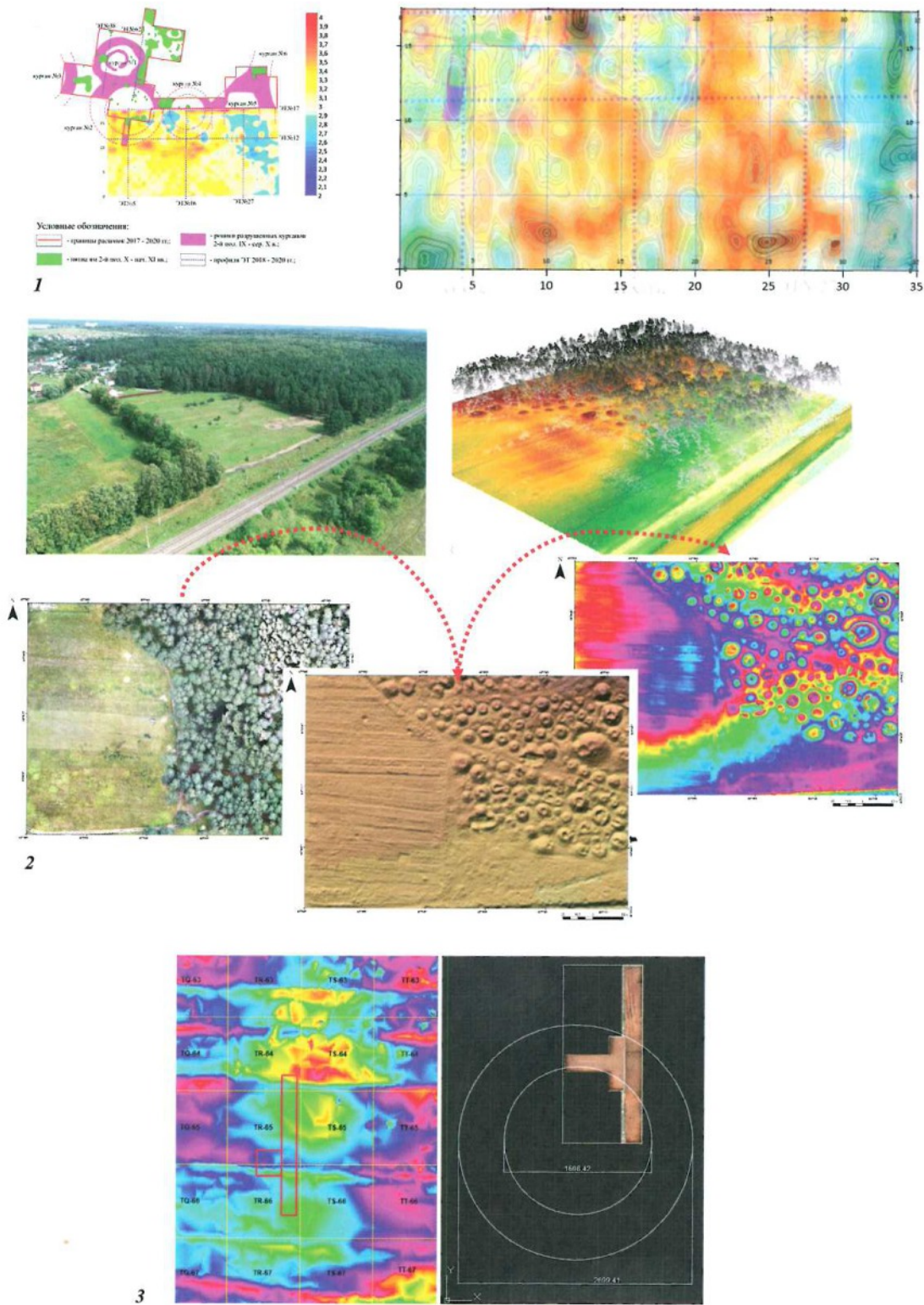


Рис. 3: 1 – участок магниторазведки с контурами разрушенных курганов с южной части раскопа ЦС-XXIII и ЦС-XIX в северо-восточной части Гнёздовского археологического комплекса (Смоленская область); 2 – участок поселения с разрушенными курганами, выделенными на основании данных воздушного лазерного сканирования; 3 – ортофотоплан на уровне зачистки контура ровика разрушенного кургана на раскопа ЦС-XXXII и реконструкция размеров кургана.