

ДЕПАРТАМЕНТ КУЛЬТУРЫ ЯРОСЛАВСКОЙ ОБЛАСТИ
ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНЫЙ
И ХУДОЖЕСТВЕННЫЙ МУЗЕЙ-ЗАПОВЕДНИК

XVI
ТИХОМИРОВСКИЕ
КРАЕВЕДЧЕСКИЕ ЧТЕНИЯ

К 100-летию революций в России

Материалы научной конференции

Ярославль,
19–20 октября 2017 года

Ярославль
2019

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ ЭПИГРАФИКИ МЕТОДОМ БЕСКОНТАКТНОГО ТРЁХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ПОСЛЕДУЮЩЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИЕЙ РЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИГОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

В статье рассматривается проблема радикального пересмотра подхода к документированию и исследованию памятников старорусской эпиграфики. Предложена методика бесконтактного трёхмерного моделирования с последующей визуализацией рельефа поверхности математическими алгоритмами. Описываются способы сбора данных и формирования трёхмерных полигональных моделей фотограмметрическим способом, особенности пост-фотограмметрической обработки моделей, методы визуализации рельефа поверхности, способствующие повышению читаемости надписей, в том числе надписей плохой сохранности. Рассмотрен опыт применения методики при документировании и исследовании надписей на белокаменных и керамических плитах-вставках в пещерном некрополе Псково-Печерского монастыря.

Ключевые слова: эпиграфика, эпиграфика Московской Руси, методика документирования эпиграфических памятников, методика исследования эпиграфических памятников, математические методы визуализации, фотограмметрия, Свод русских надписей.

1. Документирование памятников эпиграфики — от аналоговых методов к цифровым

Со времён Геродота наиболее надёжным способом сохранения надписи считалось переписывание её текста, иногда — с кратким описанием внешнего вида носителя. В целом эта методика отмерла к концу XIX в., однако отдельные рецидивы её использования отмечаются и в наши дни. При использовании этого метода памятник эпиграфики воспринимается исключительно как текст, теряя при этом существенные качества¹. В эпоху Возрождения аналоговые методы

© Авдеев А. Г., Свойский Ю. М., Романенко Е. В., 2017

Статья подготовлена в рамках проекта «Corpus Inscriptionum Rossicarum / Свод русских надписей» при поддержке Фонда развития ПСТГУ.

¹ См., напр.: *Lieb L., Wagner R.* Dead Writing Matters? Materiality and Presence in Medieval German Narrations of Epitaphs // *MaterialenTextkulturen*. Bd. 14: Writing Matters. Presenting and Perceiving Monumental Inscriptions in Antiquity and the Middle Ages / ed. by I. Bertl, K. Bolle, F. Opendenoff, F. Stroth. B.; Boston: GmbHdeGruyter, 2017. P. 15–26.

получили дальнейшее развитие — списывание надписей и описание памятников было дополнено их зарисовкой. Важным стимулом распространения этого метода стало книгопечатание, уже в XVI в. подтолкнувшее исследователей к идее Свода надписей, который мог объединить и сделать доступным для изучения максимальное количество вызывавших повышенный интерес памятников эпиграфики античной эпохи. Однако зарисовка требует не только большого опыта и высокой квалификации, но и наличия у исследователя таланта художника; при этом она не слишком производительна и не позволяет качественно документировать сколько-нибудь значительное число памятников.

Органическим недостатком всех аналоговых методов является их субъективность. Качество документирования в огромной степени зависит от состояния памятника (освещённости, сохранности, читаемости надписи) и уровня подготовки исследователя, но нередко допускает вольный полёт фантазии художника (ил. 1). Поэтому списки или зарисовки одной и той же надписи, выполненные различными людьми, могут существенно отличаться друг от друга, зачастую — до полной неузнаваемости. При дальнейшей работе с надписью, документированной аналоговым методом, неизбежно возникают сомнения в надёжности копии. Исследователю приходится вновь возвращаться к памятнику и уточнять или повторять зарисовку.

Субъективность аналоговых методов заставила исследователей обратиться к контактным способам документирования эпиграфических памятников. Наиболее широкое распространение получило эстампирование — создание оттиска надписи на влажной бумаге или картоне. В Китае этот способ известен с раннего Средневековья (ил. 2), а в Европе он был освоен в XIX в. Эстампаж в целом адекватно отображает надпись, но получение оттиска — процесс трудоёмкий и не всегда безопасный для памятника (ил. 3), а транспортировка, хранение и исследование таких копий весьма затруднительны. В начале 1960-х гг. эти ограничения заставили исследователей обратиться к дальнейшему развитию контактных методов документирования — созданию копий надписей на кальке и полиэтилене, графитовых протирок, микалентных копий и контактных отливок, получаемых с помощью различных натуральных и синтетических материалов (гипса, пластика, смол, латекса, силикона и им аналогичных)². В течение долгого времени применение перечисленных технологий считалось эффективным, т. к. они позволяли создавать достаточно точные (хотя и не слишком

² Наиболее полное описание этих методов см.: *Шер Я. А.* Петроглифы Средней и Центральной Азии. М.: Наука, 1980. С. 67–78.

удобные в использовании) «механические» копии надписей. При этом, однако, зачастую происходило загрязнение памятника, а полученные копии оказывались недолговечными вследствие хрупкости.

Изобретение аналоговой фотографии существенно облегчило документирование надписей, но не отменило предшествующих ей методов. Так, в начале XX в. при издании свода античных надписей Северного Причерноморья, предпринятого акад. В. В. Латышевым, для отображения эпиграфических памятников применялись четыре способа: 1) воспроизведение эстампажа надписи с транскрипцией (ил. 4), 2) воспроизведение прориси надписи с транскрипцией (ил. 5), 3) воспроизведение фотографии надписи с транскрипцией (ил. 6) и 4) воспроизведение надписи специально отлитым типографским шрифтом, имитирующим её палеографические особенности, и её транскрипция (ил. 7). В многочисленных сводах и публикациях отдельных эпиграфических памятников, появившихся во второй половине XX — начале XXI в., фотографии надписи (теперь уже цифровая) и её транскрипция стали основным способом воспроизведения эпиграфических памятников.

Тем не менее, «фотофиксация», хотя бы и цифровая, имеет ряд ограничений. В первую очередь это неизбежно возникающий в любой оптической системе комплекс aberrаций — кривизна поля изображения, астигматизм, дисторсия, сферическая и коматическая aberrация, хроматические aberrации. Появление aberrаций обусловлено природой света, носит фундаментальный характер и, следовательно, принципиально неустранимо даже в современных высококачественных фотографических системах, хотя отчасти aberrации могут быть компенсированы правильным подбором оптики и методики выполнения съёмки.

В любом случае фотография, документирующая памятник, будет иметь существенные искажения, выражающиеся прежде всего в нелинейной разномасштабности, особенно заметной в краевых частях изображения. Следствием этого является практическая невозможность выполнения любых измерений размеров и углов на фотографии. «Фотографирование с масштабной линейкой» создаёт иллюзию решения задачи измерений и позволяет лишь грубо оценить размеры, но не выполнить сколько-нибудь точные измерения. В числе ограничений метода «фотофиксации», помимо воздействия aberrаций, следует назвать также принципиальную невозможность точного отображения (и измерения) глубины резьбы надписи или изображения и невозможность корректного документирования надписи

на криволинейной поверхности, например на колонне или барабане здания. Крайне затруднено фотографическое документирование надписей большой протяжённости. Если поверхность надписи сильно загрязнена, изменена химически или биологически, или, наоборот, резьба на белом камне (известняке) слишком хорошо очищена — на фотографии надпись становится практически нечитаемой вследствие недостаточной контрастности фотографического изображения. Для решения этой проблемы некоторые исследователи применяют подкрашивание надписей тёмными пигментами на светлых поверхностях и мелом на темных, что, безусловно, плохо отражается на сохранности памятника. Тем не менее, фотография позволяет несколько повысить читаемость даже плохо сохранившейся надписи. Для этого применяется искусственное освещение, которое создаёт тени, улучшающие читаемость надписи.

Частными случаями применения искусственного освещения являются использование многоугольной теневой фотосъёмки (Reflectance Transformation Imaging — RTI), фотосъёмки с выносной вспышкой и им подобные. Все эти способы требуют создания достаточно сложной системы освещения, поэтому во многих случаях технически не могут быть реализованы на практике, особенно при необходимости документирования большого количества надписей. При этом полученные результаты сохраняют все перечисленные выше ограничения фотографического метода. Повысить «читаемость» цифровой фотографии можно посредством применения математических преобразований изображения — изменением контрастности, насыщенности цвета и его температуры, однако получаемые изображения сохраняют геометрические искажения исходной фотографии.

2. Постановка проблемы.

Требования к методике документирования и инструментам исследования памятников эпиграфики

Исследование возможностей и ограничений традиционных методов документирования памятников эпиграфики приводит к выводу *о необходимости радикального пересмотра подхода к документированию и выработки методологии, обеспечивающей как полноценное воспроизведение памятника, так и его сохранность.*

Важность полноценного и качественного документирования обусловлена продолжающимся разрушением и повреждением надписей.

В силу этого:

1. Документирование должно быть выполнено способом, включающим повреждение или изменение внешнего вида памятника. Особенно остро эта проблема стоит для надписей, выполненных красками (особенно — плохо сохранившихся), и резных надписей, сохраняющих следы раскраски, а также надписей, имеющих биологические поражения. На таких надписях применение контактных методов должно быть полностью исключено, т. к. даже единичное прикосновение может повредить памятник. Резные надписи без краски менее чувствительны к контактным методам, однако и для них известны случаи повреждения в процессе документирования, особенно при изготовлении эстампажей и контактных копий вообще.

2. При документировании памятника эпиграфики в большинстве случаев должна документироваться не только сама надпись, но и её контекст (носитель). Так, например, для старорусских надгробий должны документироваться орнаменты и изображения (в т. ч. и на боковых сторонах), а также геометрия надгробной плиты.

3. Для исследования памятника эпиграфики необходим сбор сведений о размерах надписи и отдельных её элементах, высоте строк и междустрочий, ширине букв и их элементов; кроме того, необходимо фиксировать сведения о размерах носителя. Обычно эти сведения собираются трудоёмкими непосредственными измерениями.

4. Методика документирования памятника должна обеспечивать сбор сведений о глубине резьбы и её изменениях в пределах надписи. Традиционно эта задача решается контактными методами, применение которых должно быть полностью исключено.

5. Методика должна обеспечить возможность документирования надписи любого размера. Некоторые памятники эпиграфики (например, надписи о росписи храмов, располагающиеся по внутреннему периметру четверика храма) могут достигать протяжённости до 50 метров при ширине до 1 метра.

6. Методика должна позволять документирование надписей, располагающихся на криволинейных поверхностях, в т. ч. на нерегулярных поверхностях двойной кривизны.

7. Документирование должно выполняться в масштабе 1:1, при этом образ памятника не должен иметь искажений.

8. Результаты документирования должны максимально сокращать трудозатраты исследователей в ходе изучения памятников.

9. Методика документирования должна обеспечивать однозначность интерпретации надписи. Это особенно важно для плохо со-

хранившихся и труднодоступных памятников, а также памятников, находящихся под угрозой разрушения или повреждения.

10. Документирование должно осуществляться способом, исключающим непреднамеренные ошибки, и обеспечивать выполнение принципа «повторяемости эксперимента».

11. Результаты документирования должны быть сохранены в форме, обеспечивающей их длительную сохранность и возможность создания резервной копии.

12. Результаты документирования должны быть представлены в форме, обеспечивающей возможность широкого распространения сведений о памятнике и удалённой работы исследовательского коллектива с результатами документирования.

Наиболее перспективным методом, вполне удовлетворяющим перечисленным требованиям к методике документирования, является метод трёхмерного цифрового моделирования. Трёхмерное моделирование решает три основные задачи:

Документирование памятника. Трёхмерная модель памятника сохраняется в цифровом виде и остаётся доступной для исследователей в случае потери доступа к памятнику или его полной утраты.

Исследование памятника. Трёхмерная модель памятника предоставляет в распоряжение исследователя высокоточную и удобную в использовании копию памятника, позволяющую всесторонне исследовать надпись.

Обеспечение удалённого доступа к сведениям о памятнике. Трёхмерная модель памятника, вследствие своей цифровой природы, позволяет обеспечить удалённый доступ других исследователей к памятнику средствами Интернета. Возможно её использование также при обучении студентов профильных дисциплин и в общеобразовательных целях.

Принципиально важным при этом представляется физическое разделение процессов документирования и изучения, снижающее вероятность получения ошибочных выводов при исследовании памятника. Не менее важно и одновременное обеспечение выполнения «принципа повторяемости эксперимента»: результаты прочтения надписи могут быть независимо проверены в случае возникновения сомнений в корректности описания.

Несмотря на доступность и относительную экономичность методов трёхмерного моделирования, оно вплоть до настоящего времени не получило должного распространения при документировании и исследовании памятников. Отдельные попытки применения этих

методов пока не принесли значимых результатов, отразившихся в формировании полноценных сводов или хотя бы в уточнении прочтений отдельных надписей. Эпиграфика как специальная историческая дисциплина, несмотря на уже созданные электронные базы данных³, всё ещё остаётся в «эпохе бумаги» и слабо использует современные цифровые технологии.

Анализ проблематики применения современных методов документирования и исследования надписей показывает, что широкому распространению трёхмерного моделирования в эпиграфике препятствует ряд системных проблем.

Первая проблема — «кустарный» подход к документированию, выражающийся в том, что исследователи, соблазненные кажущейся лёгкостью и экономичностью сбора данных и формирования моделей, рекламируемой производителями оборудования и программного обеспечения, предпринимая проекты, не освоив должным образом методику сбора данных и технологический цикл их последующей обработки. Неизбежным следствием является низкое качество полученных моделей и их непригодность для дальнейшего исследования.

Второй проблемой является увлечение исследователей самим процессом освоения современных методов документирования в ущерб анализу собранных данных. Складывается в некотором смысле парадоксальная ситуация — «инноваторы», освоив (или не вполне освоив) какой-либо современный метод, не доводят его до практического использования, но переключаются на освоение нового, «лучшего и более эффективного», способа документирования.

Однако наиболее острой системной проблемой является слабость развития изучения эпиграфических памятников методами математической визуализации рельефа поверхности, документированного в виде трёхмерной модели. Разработка и применение аналитических методов существенно отстаёт от развития техники и методов собственно документирования. Эта закономерность вообще свойственна и другим областям применения дистанционных методов в археологии и наблюдается даже в результатах деятельности передовых научных коллективов. Процесс документирования, «инновационность», «возможность распечатки на 3D-принтере» или немедленной выкладки результата на сервис Sketchfab становятся самоцелью, подменяющей собственно исследование. При этом теряется потенциал, заложенный

³ Их краткий и, к сожалению, к настоящему времени несколько устаревший обзор см.: Кантор Г. М. Интернет-ресурсы по античной эпиграфике // Вопросы эпиграфики. М.: Уи-т Дмитрия Пожарского, 2008. Вып. II. С. 232–249.

в трёхмерной модели, — возможность улучшения читаемости плохо сохранившихся надписей и визуализации результатов исследования.

Перечисленные системные проблемы можно проиллюстрировать на примере ирландского проекта «Oghamín 3D». Из 400 известных камней с огамическим письмом за 2013–2016 гг. исследовательской группе удалось, преимущественно с использованием ручного сканера, документировать и описать 131 объект, создать интерактивную карту расположения надписей и объединить их в базу данных. Трёхмерные модели представлены на сайте проекта в трёх видах — как скачиваемые 3D PDF- и 3D OBJ-файлы и как выложенные на сервер Sketchfab; при этом в некоторых случаях имеются все три представления модели, в других же только один или два. К сожалению, неудачный выбор способа документирования и трудности освоения этого способа привели к тому, что постоянства качества сбора и обработки данных обеспечить не удалось. В целом модели отличаются низким качеством, часть не имеет фотографических текстур; ранние низкополигональные, не текстурированные и просто дефектные модели не исправлены. Вследствие этого результаты трёхмерного документирования могут быть ограничено использованы лишь для получения общего представления о памятнике. Задача улучшения читаемости надписей исследователям, по-видимому, не ставилась — во всяком случае никаких сведений об этом не имеется. Тем не менее, несмотря на перечисленные недостатки, проект Oghamín 3D можно считать единственным относительно успешным примером применения современных методов документирования (но не исследования) в эпиграфике.

Вследствие названных причин абсолютное большинство исследователей, занимающихся изучением эпиграфических памятников, продолжают работать традиционными методами и не используют возможности анализа трёхмерных моделей. Современные методы документирования становятся «вещью в себе» и в абсолютном большинстве случаев используются не более чем для «демонстрации инновационных возможностей 3D-технологий».

Тем не менее, трёхмерное моделирование при правильном применении позволяет существенно расширить возможности эпиграфиста:

1. Трёхмерное моделирование является бесконтактным методом, исключая повреждение и изменение внешнего вида памятника.

2. Трёхмерное моделирование позволяет создать полную высокоточную цифровую копию памятника, не ограничиваясь лишь его фрагментом — например, стороной, содержащей надпись. Это особенно удобно при документировании подписных надгробий с ор-

наментом на двух и более сторонах, а также надписей на колоннах и барабанах храмов и на валунах.

3. Трёхмерное моделирование позволяет полноценно воспроизводить поверхности сложной формы, в т. ч. нерегулярные поверхности двойной кривизны. При этом не только корректно воспроизводится глубина и высота резьбы, но и не теряется трёхмерность оригинала в целом, неизбежно утрачиваемая при использовании традиционных контактных методов.

4. Трёхмерное моделирование позволяет документировать поверхности любого размера. Так, при документировании граффити при необходимости может быть построена полная модель стены, на которой имеется надпись.

5. Трёхмерное моделирование позволяет с фотографической точностью воспроизвести цвет поверхности, однако модель, в отличие от фотографии, не имеет угловых искажений.

6. Трёхмерная модель формируется в масштабе 1:1, что позволяет измерить любой из элементов объекта исследования. При необходимости модель может быть корректно ориентирована относительно горизонтальной плоскости и направления на север.

Однако сама по себе трёхмерная модель, хотя и качественно исполненная, является лишь результатом документирования — точной копией памятника эпиграфики. Дальнейшая работа с ней предполагает чтение и анализ надписи.

Абсолютное большинство надписей Московской Руси, доступных исследователю, выполнено на белом камне (известняке) — материале, механически, химически и биологически не стойком. Вследствие этого большая часть надписей, в т. ч. и сохранившихся в относительно благоприятных условиях, дошла до нашего времени в повреждённом виде. Поэтому первейшей задачей работы с надписью является улучшение читаемости текста, в особенности повреждённого. Эта задача может быть решена в том случае, если инструменты исследования позволяют визуализировать рельеф поверхности модели памятника и тем самым выявить мелкие детали резьбы, неразличимые на фотографии и теряемые при использовании контактных методов документирования.

3. Методика документирования и исследования памятников эпиграфики

При подготовке проекта по формированию «Свода русских надписей» перед исследовательским коллективом «Лаборатории RSSDA» в 2015–2016 гг. встала задача разработки методики массо-

вого документирования эпиграфических памятников современными техническими средствами и одновременно исследования способов, позволяющих облегчить чтение надписи, «проявить» её на поверхности носителя. В результате была разработана методика *бесконтактного трёхмерного цифрового моделирования и математической визуализации рельефа поверхности*, которая базируется на физическом разделении документирования и исследования памятников эпиграфики, а также на современных технологиях сбора и обработки пространственных данных и оптимизирована с учётом специфических особенностей памятников старорусской эпиграфики. Методика была практически применена на надписях, выполненных в разной технике (прямая, низкорельефная и обронная резьба, графито) и на разном материале (белый камень, гранит, песчаник, керамика, штукатурка, дерево). К настоящему времени (ноябрь 2017 года) методика была использована при документировании 805 памятников, из которых 588 полностью подготовлены к прочтению.

Основными и в равной степени важными компонентами методики являются собственно *трёхмерное полигональное моделирование и математическая визуализация рельефа поверхности*.

Цифровая трёхмерная модель может быть получена различными способами, в т. ч. лазерным сканированием, сканированием структурированным светом и фотограмметрической обработкой фотографий, сделанных цифровым фотоаппаратом; каждый из этих способов имеет свои достоинства и недостатки. Опытное моделирование памятников эпиграфики показало, что наиболее универсальным и эффективным методом формирования трёхмерной модели памятника является *фотограмметрическая обработка фотографий, сделанных цифровым фотоаппаратом с полноразмерной матрицей высокого разрешения*. Исходные данные для создания модели собираются путём фотографирования памятника с разных ракурсов, при этом для каждого памятника, в зависимости от его сложности, как правило, делается 200–300 фотографий. В простых случаях для моделирования достаточно 80–100 фотографий, в наиболее сложных случаях их число может превышать 1 500 (ил. 8–9). Эти фотографии обрабатываются фотограмметрическим способом, позволяющим реконструировать (воссоздать) трёхмерную поверхность памятника в виде *полигональной модели*⁴. Практика показывает,

⁴ Подробнее о теоретических основах и практике фотограмметрии можно прочитать в многочисленных публикациях: (Надеюсь) всё, что нужно знать о фотограмметрии. URL: <https://habrahabr.ru/post/319464/>; Цифровая фотограмметрия

что детальность полигональной модели эпиграфического памятника, достаточная для работы с надписью, должна составлять не менее 1 500 полигонов на кв. см поверхности. Следует отметить, что, несмотря на рекламируемую производителями программного обеспечения простоту фотограмметрической обработки, в реальности создание математически корректной полигональной модели является достаточно сложной задачей, требующей правильного выбора оборудования, неукоснительного исполнения процедур съёмки и высокой квалификации оператора.

Формирование модели фотограмметрическим способом является лишь начальным этапом подготовки трёхмерной модели, поступающей в распоряжение исследователей. Пост-фотограмметрическая обработка заключается в обрезке (удалении частей сырой модели, не имеющей отношения к документируемому памятнику), очистке (удалении «шума», возникающего при формировании модели; при этом, однако, не допускается сглаживание), коррекции ошибок фотограмметрических алгоритмов (самопересечений, отверстий), выравнивании модели, а также текстурировании поверхности (создании растрового файла, накладываемого на модель для передачи цвета объекта). Каждый из этапов пост-фотограмметрической обработки сопровождается обязательными процедурами контроля качества.

Трёхмерная полигональная модель представляет собой результат этапа документирования эпиграфического памятника (ил. 12). С этого момента модель поступает в распоряжение исследователей-эпиграфистов для изучения и описания. В простых случаях, при работе с хорошо сохранившимися памятниками, для изучения надписи достаточно использовать собственно модель и её фотографическую текстуру. Однако, как правило, надписи, особенно выполненные на белом камне и в течение долгого времени подвергавшиеся воздействию естественных агентов выветривания, требуют применения к поверхности модели *алгоритмов математической визуализации*. К настоящему времени наилучшие результаты показали следующие способы визуализации рельефа поверхности модели:

Визуализация поверхности модели в базовых цветовых схемах.

При этом используются два основных представления — поверхность модели с фотографической текстурой (схема Т) и без неё (схема М). Тонкая настройка этих представлений заключается в изменении направления теней и альбедо поверхности (ил. 10).

и бесконтактные измерения. URL: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Цифровая_фотограмметрия_и_бесконтактные_измерения.

Визуализация поверхности модели присвоением условного цвета.

При этом используются алгоритмы, позволяющие присвоить каждой точке поверхности модели цвет, зависящий от геометрии поверхности (ил. 10). Последняя рассчитывается относительно условной «нулевой» плоскости, в общем случае нестрогой параллельной плоскости надписи. Если модель содержит несколько надписей, то для каждой из них расчёт геометрии поверхности выполняется индивидуально. Каждый из алгоритмов (и их разновидностей) формирует определённую цветовую схему. Используются три основных алгоритма:

1. Присвоение цвета в зависимости от высоты поверхности, отсчитываемой от условно выбранной «нулевой» плоскости. Цвет может быть назначен:

- градиентом, когда высота обозначается переходным оттенком от цвета, присвоенного самой низкой точке поверхности, к цвету, присвоенному самой высокой точке поверхности (схема G);
- шкалой высот, аналогичной применяемой на географических картах (незначительно различающиеся схемы A и C);
- сверхконтрастной шкалой, состоящей из многократно повторяющихся естественных цветов спектра, от красного до фиолетового (схема H).

2. Присвоение цвета в зависимости от угла наклона поверхности (схема S).

3. Присвоение цвета в зависимости от направления наклона поверхности (схема D).

Инструменты визуализации допускают достаточно гибкую тонкую настройку, в том числе:

- искусственное преувеличение контрастности рельефа поверхности путём умножения условной высоты на назначенный коэффициент (для схем A, C, H);
- применение монохромного и дихромного градиента, т. е. самым низким и самым высоким точкам присваиваются либо яркие и тёмные оттенки одного цвета, либо разные цвета (для схемы G);
- инверсия цвета градиента, с присвоением наиболее низким точкам светлого цвета и наиболее высоким точкам тёмного цвета (для схемы G);
- назначение угла и направления освещения (для схем A, C, G, H);
- настройка насыщенности цвета и количества циклов естественных цветов спектра, т. е. регулирование детальности сверхконтрастной шкалы (для схемы H);

- настройка значения и цвета минимального и максимального угла наклона поверхности (для схемы S);
- настройка цветового значения, присваиваемого направлениям наклона поверхности (для схемы D).

Динамическая визуализация поверхности модели искусственных тенями, формируемыми путём перемещения эмулированного источника освещения. Этот способ требует использования высокопроизводительного компьютера с большим объёмом памяти (не менее 16 Гб оперативной памяти и не менее 1 Гб видеопамати) и применяется только в наиболее сложных случаях (ил. 11).

Для облегчения работы исследователей модели могут быть преобразованы в растровые изображения, выполненные в перечисленных выше цветовых схемах.

Использование описанного выше комплекса алгоритмов позволяет не только прочесть трудную для чтения надпись, но и выявить детали, важные как для корректного прочтения собственно текста, так и для понимания процесса создания надписи — например, разницу между изначально намеченным и фактически вырезанным текстом. Применение математической визуализации рельефа поверхности даёт хорошие результаты даже при исследовании хорошо сохранившихся и многократно изученных надписей. Примером может служить эпитафия Симеону Полоцкому в Занконоспасеском монастыре, неоднократно (начиная с 90-х гг. XVIII в.) исследованная, описанная и опубликованная и потому не предвещавшая каких-либо открытий⁵.

⁵ *Дамаскин, еп.* Надписи Занконоспасеского училищного в Москве монастыря // ДРВ. М.: тип. Компанин типографической, 1791. Ч. XVIII. С. 198 (по собственной копии, гражданским шрифтом); Путеводитель к древностям и достопамятностям Московским, руководствующий любопытствующаго по четырёх частям сея столицы к део-место-описательному познанию всех заслуживающих примечание мест и зданий, как-то: соборов, монастырей, церквей, государственных и частных заведений, как старых, так и новых, с надписей и из других достоверных источников собранный, и для удобнейшаго оных прискиванию азбучной росписью умноженной. М.: Университетская тип., 1792. Ч. II. XXXV. С. 20–21. № 1 (по собственной копии, гражданским шрифтом); [Саитов В. Н., Модзалевский В. Ю.] Московский некрополь. СПб.: тип. М. М. Стасюлевича, 1908. Т. III. С. 101 (гражданским шрифтом, по публикации в ДРВ); *Былинин В. К.* О дате рождения Симеона Полоцкого // Труды отдела древнерусской литературы / ИРЛИ АН СССР (Пушкинский дом). Л.: Наука, 1985. Т. 39. С. 367 (по публикации в ДРВ, гражданским шрифтом, в современной орфографии, с разбиением на строки, не соответствующим камню); С. 369 (фотография в публикации ошибочно перевёрнута нижней стороной вверх); *Hippesley A.* Commentary // *Simeon Polockij. Vertogradnimoocvetnij. Vol. 3: "Pravniktože" — "Epitafion" Simeonu* / ed. by A. Hippesley and L. I. Sazonova. Köln; Weimar; Wien: BöhlauVerlag, 2000. S. 628 (гражданским шрифтом, по публикации в ДРВ); *Авдеев А. Г.* Русская стихотворная

Тем не менее, инструменты математической визуализации позволили выявить воздействие резчика на подготовленную заготовку текста, выразившуюся как в ошибках, так и в сознательном «эстетизировании» первично начертанных букв (ил. 13).

4. Практическое применение методики бесконтактного трёхмерного моделирования и математической визуализации рельефа поверхности при документировании эпитафий некрополя Псково-Печерского монастыря

Рассмотрим опыт применения трёхмерной модели на примере надписей на белокаменных и керамических плитах-вставках в пещерном некрополе Псково-Печерского монастыря. Плиты Псково-Печерского монастыря считаются относительно хорошо исследованными. Они были достаточно подробно изучены И. И. Плешановой⁶. В ходе обследования, выполненного нами 16–28 ноября 2016 г., было выявлено и документировано 335 плит-вставок и 3 фрагмента разрушенных плит-вставок. К настоящему времени материалы съёмки полностью обработаны, их описание завершается.

Опыт работы с плитами-вставками из пещерного некрополя Псково-Печерского монастыря показал, что применение трёхмерного моделирования является эффективным методом полевого документирования эпиграфических памятников. Съёмка 338 надписей потребовала 11 рабочих дней, при этом документировалось около 30 надписей в день. Безусловно, такая производительность возможна лишь на крупных объектах с высокой концентрацией относительно небольших по размерам памятников (в этом отношении Псково-Печерский монастырь в принципе уникален). Опыт сбора материалов для составления «Свода русских надписей» показывает, что в среднем

Эпитафия последней четверти XVII — начала XVIII в. как фактор культуры восточнославянского барокко // Истоки и традиции славянской письменности и культуры: материалы обл. науч.-практ. конф., посвящ. Дню славянской письменности и культуры (МГОГИ, 23 мая 2012). Орехово-Зуево, 2012. С. 96–97 (по собственной копии, с приложением фото); *Авдеев А. Г.* Эпитафия Симеону Полоцкому в контексте полемики «грекофилов» и «латинствующих» // Вестник Университета Дмитрия Пожарского. 2015. № 1(2): Византия и Русь. С. 136–137; *Авдеев А. Г.* Русская силлабическая эпитафия последней четверти XVII — начала второй четверти XVIII в. // *Palaeoslavica*. 2017. Vol. XXV. № 1. С. 116–117 (по собственной копии, с приложением фото).

⁶ *Плешанова И. И.* Керамические надгробные плиты Псково-Печерского монастыря // Нумизматика и эпиграфика. М.: Наука, 1966. Вып. VI. С. 149–206; *Плешанова И. И.* Каменные надгробные плиты Псково-Печерского монастыря // Нумизматика и эпиграфика. М.: Наука, 1978. Т. XII. С. 63–185.

группа документирования, состоящая из двух человек (оператор и помощник оператора), выполняет съёмку надписи за 30 минут.

Эпитафия на керамической плите-вставке князю Андрею Васильевичу Гагарину, убитому при штурме замка Пайда 1 января 1573 г. (модель OG0604, надпись CIR0438) (ил. 14), была опубликована И. И. Плешановой без приложения фотографии⁷. Вследствие прекрасной сохранности надписи предполагалось, что её документирование и последующее описание не даст новых данных. Однако изучение модели показало, что текст надписи может быть передан точнее:

лѣта · †Зпа · гѣварѣ вѣ · ѿ · чгншѣ нем
 е^нкнѣ ѿдрви ваци^невн гагарн н
 а мкитиннеделѣроманова и п
 огревѣ ѿ пречистногомаѣ
 и в печеръшо^н манастѣоѣ в пе^р
 овогоднн ѿннѣ вѣ · е^н

Рассматриваемая надпись интересна многочисленными ошибками резчика, свидетельствующими о его малой грамотности: чг^ни вместо ѿн^н; ѿдрви вместо ѿдрѣи; в слове «мкитинне» пропущена вторая буква; богомаѣи вместо богомаѣри; печеръшо^н вместо печеръско^н; говдннн вместо говѣннн; ѿннѣ вместо ѿннѣ. Не менее интересны и особенности палеографии надписи, которые плохо передаются фотоснимком, но хорошо видны на текстурированной модели.

Эпитафия Евдокеи Титовой дочерн, жене Пимнна Демеховского († 18 марта 1694) на белокаменной плите (модель OG0604, надпись CIR0438) (ил. 15) ранее не была известна, выявлена в пещерах на старом братском кладбище в относительно хорошем состоянии, однако с загрязнениями и химическими изменениями поверхности, затрудняющими прочтение. Применение математических методов визуализации трёхмерной модели (в первую очередь по углу наклона поверхности) существенно упростило работу с текстом и позволило без каких-либо затруднений восстановить текст надписи:

лѣта †Зѣв гого^н мѣрта вѣ ѿ
 прѣтаѣнса раба бѣжа на пали^н
 же во тѣхѣ оца нашего кирн
 лла па^нрнѣрѣа іер< >ли^нскаго
 ѣвдокеѣ титовадочѣпннн
 новскаѣ жена демѣховского

⁷ Плешанова И. И. Керамические надгробные плиты Псково-Печерского монастыря... С. 164. № 25.

Белокаменная плита-вставка с эпитафией Петру и Николу (во иноцех Никодиму) Яковлевым сыновьям Мардасова († 31 января, 25 октября 1618) (модель OG0629, надпись CIR0458) выявлена *in situ* в пещерах, на Новом братском кладбище, и была более чем наполовину покрыта грунтом (ил. 16). Поверхность достаточно сильно повреждена, чтение затруднено. Применение математических методов визуализации трёхмерной модели позволило полностью восстановить текст надписи. При этом наилучший результат дало применение визуализации по высоте поверхности, в то время как визуализация по углу наклона оказалась не столь эффективной:

лѣта †Зрѣкъ гоге^нваря в лѣ^н
 ѡбнѣ^нбысть ѡ ли[т|о|вск|н]аде^нпетръ
 яковле^н снѣ^н мардасова
 рѣзко^нтавръ в кѣ^н пре
 стави^наннанъ яковле^н
 снѣ^н ма^ндасо<^н>ва во иноцѣ^нникоди
 мѣ

Эпитафия арзамасцу Льву Семёнову сыну Мотовилова († 28 августа 1660) на белокаменной плите (модель OG0336, надпись CIR0170) была опубликована И. И. Плешановой в 1978 г. без приложения фотографии⁸ (ил. 17). Вследствие плохой сохранности окончаний строк И. И. Плешановой не удалось прочитать важные фрагменты, содержащие не только указание на место смерти Льва Мотовилова, но и на его службу в рейтарском полку. Эти чтения были выявлены методами математической визуализации, причём наилучшие результаты принесло изучение полигональной модели с отключённой текстурой и применение визуализации изменения относительной высоты поверхности в нормальном и сверхконтрастном режимах:

| <i>Прочтение И. И. Плешановой непосредственно по надписи</i> | <i>Прочтение с применением математической визуализации поверхности трёхмерной модели</i> |
|--|--|
| лѣта †Зрѣ ^н а ^н густа в мѣ ^н прѣ ^н бнаго о ^н ца нѣ ^н е мо ^н кѣ ^н [мѣ] рина престави ^н на гдаре ^н сл ^н вѣ ^н в лито ^н ско ^н зѣ ^н ли в бжнѣ ^н лѣв ^н семѣ ^н но ^н снѣ ^н мотов ^н ило ^н въ а ^н замасе ^н ра ст ^н | лѣта †Зрѣ ^н а ^н густа въ [кн ^н на па] мѣ ^н прѣ ^н бнаго о ^н ца нѣ ^н е мо ^н кѣ ^н [мѣ] рина престави ^н на гдаре ^н сл ^н вѣ ^н в лито ^н ско ^н зѣ ^н ли ^н въ мѣ ^н сте ^н ке ва ^н де ^н ра ^н бжнѣ ^н лѣв ^н семѣ ^н но ^н снѣ ^н мотов ^н ило ^н въ а ^н замасе ^н ранта ^н ско ^н ст ^н рѣ ^н а |

⁸ Плешанова И. И. Каменные надгробные плиты Псково-Печерского монастыря... С. 101. № 138.

Эпитафия дочери Андрея Ивановича Бурцова (имя не сохранилось) на белокаменной плите-вставке (модель OG0299, надпись CIR0133), по палеографическим и формальным признакам датируемой последней четвертью XVII в. (ил. 18), была опубликована И. И. Плешановой без приложения фотографии⁹. По причине весьма плохой сохранности (поверхность плиты практически разрушена) исследовательнице удалось прочитать лишь фрагменты *раба бѣна* и *иванова до*. Применение средств математической визуализации поверхности позволило существенно расширить прочтение надписи, причём предложенные чтения были подтверждены содержанием надписей CIR0162¹⁰ и CIR0188 и Переписной книгой Пскова 1678 г.¹¹:

| <i>Прочтение И. И. Плешановой непосредственно по надписи</i> | <i>Прочтение с применением математической визуализации поверхности трёхмерной модели</i> |
|--|--|
| | [лѣта..... месяц]а генвѣриа вълѣ ^а |
| | [на память преподобного отца нашего?] макарниа Велик а ^г |
| | [в доме Афанасья Ми]ха ^л ва сѣна рѣси_ |
| раба бѣна | ноба |
| иванова до ^а | престави ^а раба бѣна |
| | анд ^а ки иванова до ^а бурцова |

Таким образом, представленные здесь первые опыты практического применения трёхмерного моделирования эпиграфических памятников и математической визуализации их поверхности в рамках создания «Свода русских надписей» подтвердили, что:

1. Трёхмерное моделирование является вполне эффективным способом документирования эпиграфических памятников и в ближайшие годы, несомненно, получит широкое распространение.

2. Метод физического разделения документирования и исследования памятников эпиграфики вполне себя оправдывает. Опыт работы над Сводом подтверждает, что исследование надписи по точной копии хорошо дополняет полевое эпиграфическое исследование, позволяющее получить больше информации и снижающее вероятность возникновения ошибок и неточностей в прочтении.

⁹ Плешанова И. И. Каменные надгробные плиты Псково-Печерского монастыря... С. 131. № 242.

¹⁰ Там же. С. 113. № 182.

¹¹ Аракчеев В. А. Псковский край в XV–XVII веках. Общество и государство. СПб.: Русско-Балтийский информационный центр «БЛИЦ», 2003. С. 328, 335.

3. Наилучшие результаты даёт правильное сочетание в исследовательском коллективе узких специалистов разного профиля, объединённых общим научным и техническим руководством. В этом случае удаётся не только выполнить все элементы исследования с высоким качеством, но и обрабатывать большие объёмы данных.

4. Разные памятники требуют применения разных алгоритмов визуализации поверхности. Выбор оптимального метода зависит от материала носителя надписи, вида резьбы, степени сохранности и характера повреждений. При этом алгоритмы визуализации взаимно дополняют друг друга, особенно на плохо сохранившихся надписях. Поэтому целесообразно применять к надписи все доступные способы визуализации поверхности, выбирая при этом основной способ и дополняя его вспомогательными.

Кроме того, следует особо подчеркнуть важность скорейшего документирования всех доступных памятников. Сохранившиеся к началу XXI в. надписи, за исключением хранящихся в музеях, в той или иной степени находятся в опасности. Памятники постепенно уничтожаются, как от естественных причин, так и из-за небрежного отношения при ремонтах и реконструкциях зданий, в которых или при которых они сохраняются. Даже Псково-Печерский монастырь, являющийся образцом сохранения эпиграфического наследия второй половины XVI — первой трети XVIII вв., продолжает терять надписи. Так, в 1893 г. в Псково-Печерском монастыре было зафиксировано 413 плит-вставок (в это число включены и относительно немногочисленные плиты второй половины XVIII—XIX вв.)¹². По состоянию на 1982 г., И. И. Плешановой было учтено уже 346 надгробий второй половины XVI — первой трети XVIII вв. Наблюдения 2016 года фиксируют 338 плит-вставок (в том числе и не описанных И. И. Плешановой), однако часть из них — перемещённые фрагменты и плиты, а также плиты, разрушенные или замазанные раствором до полной нечитаемости. При этом плиты, особенно расположенные в третьей галерее пещер, постепенно разрушаются под воздействием грунтовых вод и покрываются отложениями, выпадающими при испарении воды; отмечается возникновение трещин. Поэтому едва ли не самым важным результатом трёхмерного цифрового моделирования можно считать сохранение точных копий документируемых памятников.

¹² [Аполлос (Беляев), архим.]. Первоклассный Псково-Печерский монастырь. Изд. 2-е, доп. при архимандрите Иннокентие. Остров: тип. А. С. Степановой, 1893. С. 152–162.

Иллюстрация к статье П. Г. Аграфонова
«Мемуары американского врача
как источник о революционном Ярославле»



Ил. 1. [Люди и конные экипажи на улице,
Ярославль, Россия].

Фото Оррина Уайтмена из коллекции Библиотеки Конгресса США
(<https://www.loc.gov/pictures/resource/cph.3c19092/>)

См. также: <https://ok.ru/openyag/topic/65189549157169>

Иллюстрации к статье
А. Г. Авдеева, Ю. М. Свойского, Е. В. Романенко*
«Исследование памятников эпитафиики
методом бесконтактного трёхмерного моделирования
с последующей математической визуализацией
рельефа поверхности полигональной модели»



Ил. 1. Пример изображения латинской надписи
в одном из первых сводов эпитафических памятников
античной эпохи (XVI в.)
(Изд.: Arjan P., Amantius B. 1534. P. CCCLXXIV;
CIL. III. 5227 (Норик))

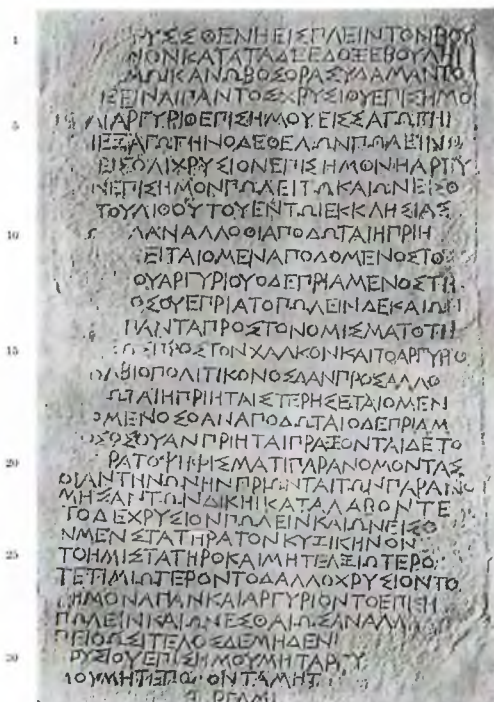
* Качество иллюстраций к этой статье определяется материалами, предоставленными её авторами.



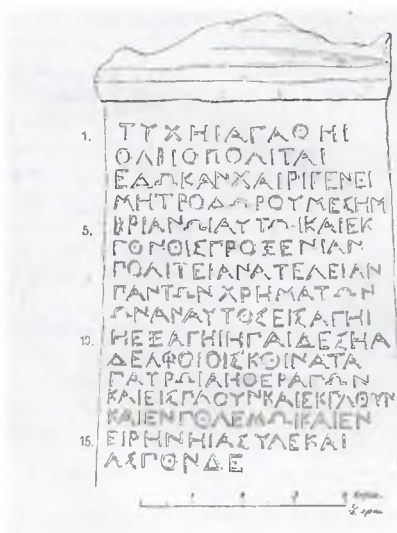
**Ил. 2. Китай. Сиань. Музей китайской эпиграфики «Лес стел» (Бэйлинь). Процесс эстампирования надписи.
Фото А. Г. Авдеева, 2011. Публикуется впервые**



**Ил. 3. Китай. Сиань. Музей китайской эпиграфики «Лес стел» (Бэйлинь). Следы, оставшиеся на стеле после снятия эстампажа.
Фото А. Г. Авдеева, 2011. Публикуется впервые**



Ил. 4. IosPE.12. 24. Отретушированный эстампаж надписи



Ил. 5. IosPE.12. 20. Прорись надписи с транскрипцией

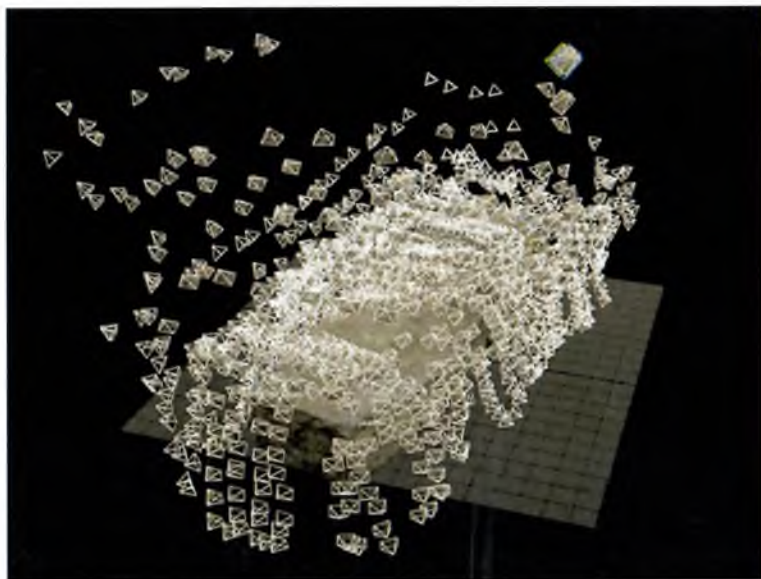


...ς Κρατίνου Σαρράτιδι. Ἰσιδι.
...θεοῖς συν(ν)άτοις χαριστήριον.

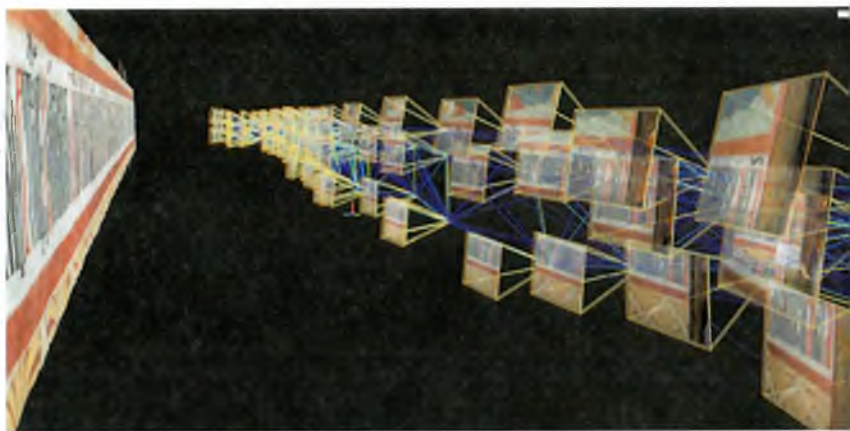
Ил. 6. IosPE.12. 5. Фотография надписи с транскрипцией

| | | |
|---|---|---|
| <p>1</p> <p>5</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>20</p> | <p>ΑΣΥΠΑΙ</p> <p>ΙΝΘΑΣΙΛΕΙΣΑΟΚΝΩΣΚΑ</p> <p>ΜΦΕΡΟΝΑΉΠΑΤΡΙΔΙ</p> <p>ΓΡΑΤΗΓΗΣΑΣΤΕΚΑΙΑΡΞΑΣ</p> <p>ΤΑΤΑΣΑΡΧΑΣΚΑΙΤΑΣΑΛΛΑΣ</p> <p>ΙΑΣΑΣΕΠΙΦΑΝΩΣΚΑΙΔΙΚΑΙ</p> <p>ΣΩΣΕΠΙΤΟΝΤΟΙΣΑΠΑΣΙΝ</p> <p>ΑΙΚΑΙΦΑΥΜΑΖΕΣΘΑΙΑΥΤΟΝ</p> <p>ΠΛΕΙΟΝΑΣΥΠΕΧΟΜΕΝΟΣ</p> <p>ΤΟΤΟΥΑΠΑΡΑΙΤΗΤΟΥΔΑΙΝΟ</p> <p>ΤΗΔΙΑΕΔΟΣΕΤΗΒΟΥΛΗΚΑΙ</p> <p>ΗΗΣΦΑΙΜΕΝΑΥΤΟΝΕ</p> <p>ΤΩΕΙΣΤΗΜΑΤΡΙΔΑΚΑΛΟ</p> <p>ΚΗΡΥΚΑΕΠΙΤΗΣΕΚΚΟΜΙ</p> <p>ΡΕΥΣΑΙΟΤΙΟΔΗΜΟΣΣΕ</p> <p>ΦΛΗΝΤΟΣΕΙΔΗΝΣΑΤΥ</p> <p>ΚΑΙΑΓΑΦΟΝΗΠΑΤΡΙ</p> <p>ΝΟΝΑΡΕΉΣΕΜΕΚ</p> <p>ΤΕΦΗΝΑΙΤΕΤΟΨΗ</p> <p>ΤΙΕΛΑΜΩΙΕΝ</p> <p>ΤΟΛΕΩΣΤΟΠΩ</p> <p>ΝΑΡΩΝΑΡΕ</p> <p>ΙΠΑΝΤΟΣ</p> <p>ΙΝΟΜΕ</p> | <p>...ς, ὑπα ντίαςας</p> <p>καὶ τοὺς Σκυθῶ ν βασιλεῖς ἀσκήως κα ι</p> <p>ἐν πᾶσι τὰ συ μφέροντα τῆ πατρίδι</p> <p>[διαπραξας, σ ρατηγησας τε και ἀρξας</p> <p>[τας λαμπρο τάτας ἀρχάς και τας ἄλλας</p> <p>[λειτουργίας πι στας ἐπιφανῶς και δικαί-</p> <p>[ως ἐκτελέσα ς, ὡς ἐπὶ τούτοις ἀπασιν</p> <p>[ἐπαινεῖσθ αι και θαυμάζεσθαι αὐτόν,</p> <p>[και ἀει πλείονας ὑπερχόμενος</p> <p>[ἐλπιδας, ὑ πὸ τοῦ ἀπαραιτήτου δαι(μο)-</p> <p>[νος ἀφηρηπᾶγ η] δι' ἃ ἐδοξε τῆ βουλῇ και</p> <p>[τῷ δήμῳ ἐπ ηγήσθαι μὲν αὐτόν ἐ-</p> <p>[πί τῆ ἀνυπερβλή τω εἰς τὴν πατρίδα καλο-</p> <p>[καγαθία, τὸν δὲ] κήρυκα ἐπὶ τῆς ἐκκομι-</p> <p>[δῆς αὐτοῦ ἀναγορ εῦσαι, ὅτι ὁ δήμος στε-</p> <p>[φανοῖ γρυσῶ στε φάνῳ Ἰοσειδῆν Σατύ-</p> <p>[ρου, ἀνδρα καλόν] και ἀγαθόν τῆ πατρί-</p> <p>[δι ἀει γεγενημέ νον, ἀρετῆς ἐνεκ-</p> <p>[εν και εὐνοίας ἀνα τεθῆναι τε τὸ ψη-</p> <p>[φισμα τοῦτο ἐπ ὶ τελαμωνί ἐν</p> <p>[τῷ ἐπιστημοτάτῳ τῆς π έλειως τόπῳ</p> <p>[εἰς τὸ μαθεῖν τὴν τοιοῦτων ἀ νδρῶν ἀρε-</p> <p>[τὴν πάντας.] παντῆς</p> <p>. τὸ γε νόμε-</p> <p>[νον ἀνζλωμα?]</p> |
|---|---|---|

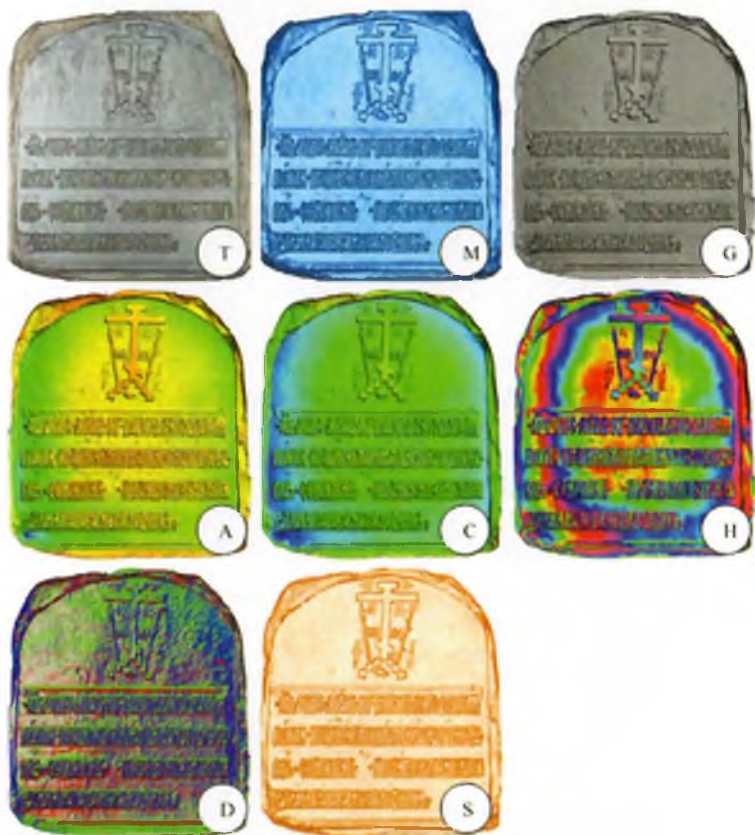
Ил. 7. IosPE.12. 51. Воспроизведение надписи специально отлитым типографским шрифтом и её транскрипция



Ил. 8. Фотограмметрическая обработка цифровых фотографий белокаменного надгробия с надписью. OG0029.
Фото Ю. М. Свойского, Е. В. Романенко



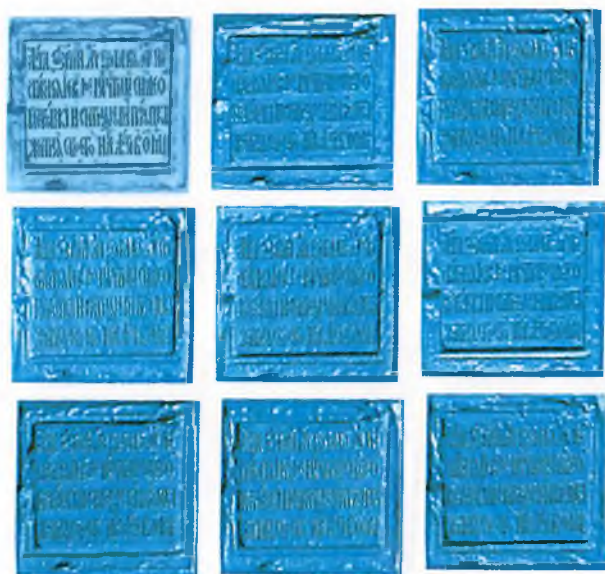
Ил. 9. Фотограмметрическая обработка цифровых фотографий надписи о росписи храма. OG0140.
Фото Ю. М. Свойского, Е. В. Романенко



Ил. 10. Визуализация модели поверхности памятника математическими методами: присвоением точкам условного цвета в зависимости от геометрии поверхности.

Базовые цветовые схемы Т и М (модель с текстурой и без текстуры соответственно). Цветовые схемы, рассчитанные относительно условной «нулевой» плоскости: G (градиент), A, C, H (шкалы относительных высот, в том числе сверхконтрастная схема H), D (направление наклона поверхности в точке), S (угол наклона поверхности в точке).

Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко



**Ил. 11. Москва. Китай-город. Заиконоспасский монастырь.
Эпитафия Симеону Полоцкому. Модель OG0003.**

Визуализация модели поверхности памятника применением эмульсии перемещения источника света («искусственное освещение» поверхности трёхмерной модели с разных направлений).

Сост. Ю. М. Свойский, Е. А. Романенко



**Ил. 12. Москва. Китай-город. Заиконоспасский монастырь.
Эпитафия Симеону Полоцкому. Модель OG0003.**

Улучшение читаемости надписи инструментами математической визуализации рельефа поверхности трёхмерной модели:
1 — модель с наложенной фотографической текстурой (схема Т);
2 — применение к поверхности модели цветовой схемы, определяемой относительной высотой точек (схема С).

Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко



Ил. 13. Москва. Китай-город. Заиконоспасский монастырь. Эпитафия Симеону Полоцкому. Модель OG0003, фрагмент. Улучшение читаемости надписи инструментами математической визуализации рельефа поверхности памятника (схема Н);

1. Оксин — слева едва намеченная при знаменовании надписи (глубина резьбы 0,3–0,4 мм), справа полностью проработанная резчиком (глубина резьбы 7–8 мм);
 2. Пример предполагаемой «эстетизации» начертания буквы резчиком.
- Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко



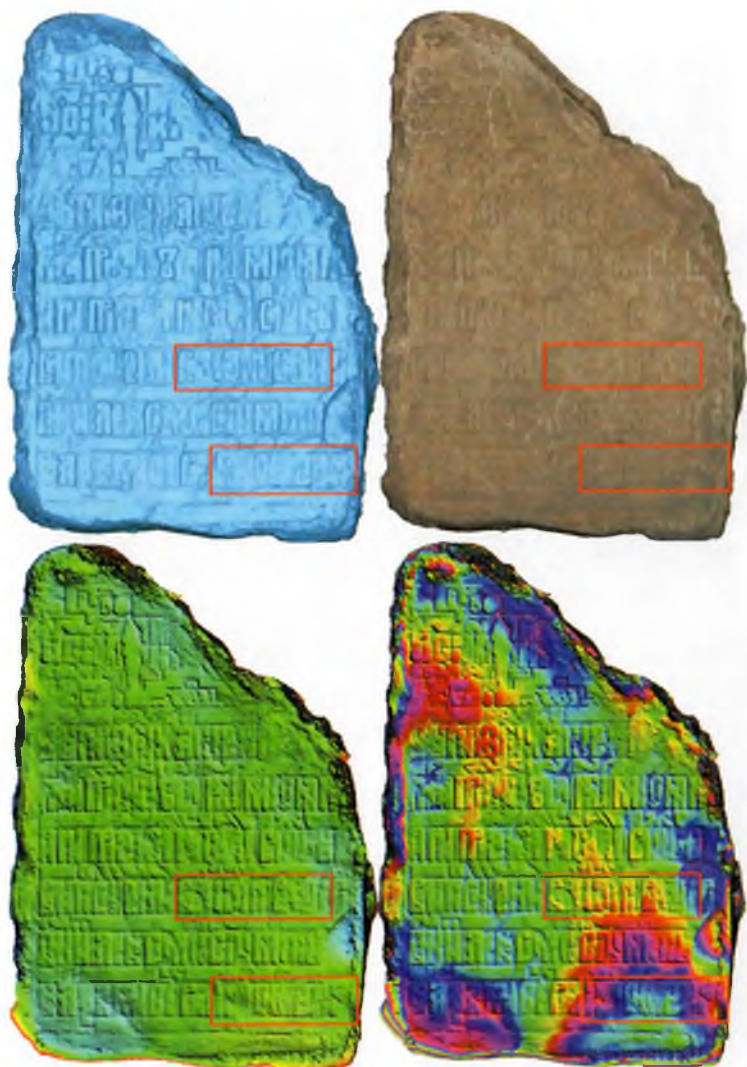
Ил. 14. Псково-Печерский монастырь. Пещерный некрополь. 1573 г. Керамическая надгробная плита-вставка с эпитафией князю Андрею Васильевичу Гагарину, убитому при штурме замка Пайда. Модель OG0355. Визуализация по схеме Т. Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко. Публикуется впервые



Ил. 15. Псково-Печерский монастырь, пещерный некрополь. 1694.
 Белокаменная надгробная плита-вставка с эпитафией
 Евдокее Титовой дочери, жене Пимина Демеховского. Модель OG0604.
 Визуализация по схемам Т, S.
 Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко. Публикуется впервые



Ил. 16.
 Псково-Печерский
 монастырь. 1618.
 Белокаменная над-
 гробная плита-вставка
 с эпитафией Петру
 и Никону
 (во иноце Никодиму)
 Яковлевым сыновей
 Мардасовым.
 Модель OG0629.
 Визуализация
 по схемам Т, А, S.
 Сост. Ю. М. Свойский,
 Е. В. Романенко.
 Публикуется впервые

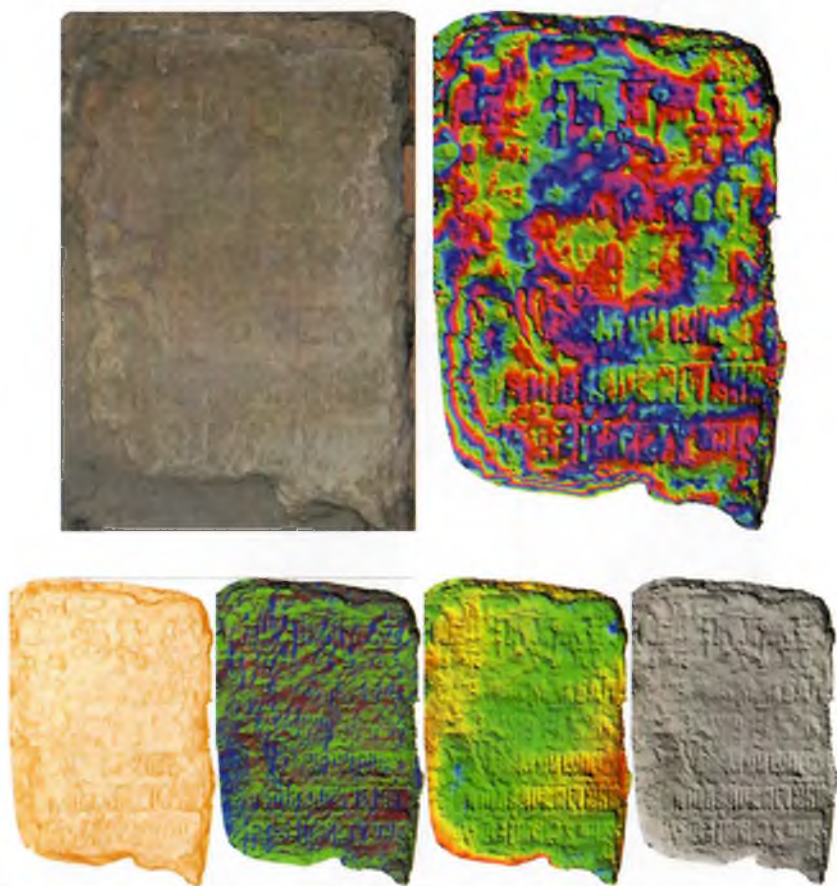


Ил. 17. Печоры, Псково-Печерский монастырь. 1660.
Эпитафия арзамасца Льва Семёнова сына Мотовилова,
Модель OG0336.

Визуализация по схемам М, Т, С, Н. Фрагменты, ранее
не поддававшиеся прочтению, выделены красной рамкой.

Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко.

Публикуется впервые



Ил. 18. Печоры, Псково-Печерский монастырь. Конец XVII в.
Эпитафия дочери Андрея Ивановича Бурцова (имя не сохранилось).
Модель OG0299.

Визуализация по схемам Т. Н. S, D, A, G.

Сост. Ю. М. Свойский, Е. В. Романенко.

Публикуется впервые

Иллюстрации к статье О. Г. Барановой и В. Н. Седых
«Коллекции по традиционной культуре русского народа
Ярославской губернии в собрании
Российского этнографического музея»



Ил. 1. Константин Константинович Романов
во время экспедиции в Псковскую губернию.
1910



Ил. 2. Фёдор Григорьевич
Шилов



Ил. 3. Давид Алексеевич
Золотарёв