

Компьютерные технологии в археологическом исследовании

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ
(Проект № 98-06-80040)*

Бурное развитие компьютерных технологий привело к тому, что с середины 90-х гг. они стали относительно доступны и в археологических исследованиях. Постепенно в археологическую практику вошли не только набор и верстка текстов, создание баз данных и статистическая обработка информации, но и графическое отображение чертежной документации и артефактов, системы пространственного анализа и трехмерных реконструкций, картографические работы и разработка геоинформационных систем, организация электронных банков данных корпоративного доступа, etc. Однако, необходимо отметить, что развитие этих сфер применения происходит разными темпами. Многие из перечисленных направлений появились гораздо раньше - практически сразу за появлением в СССР IBM-совместимых ПК, а некоторые из них до сих пор пребывают в стадии пионерных и пробных разработок.

Например, создание электронных баз данных и разработка алгоритмов анализа разнообразного археологического материала по-прежнему переживает период бурного роста. Можно с уверенностью сказать, что практически каждое заинтересованное научное подразделение или отдельный исследователь имеют в своем распоряжении электронную базу данных или в состоянии заказать ее разработку. Монографические издания, специализированные сборники и отдельные статьи, составляющие солидную библиографическую базу в десятки наименований только за 90-е гг., красноречиво подтверждают заинтересованность в проблеме и масштаб участия в ней.

Нельзя сказать, что компьютерная графика, электронные формы хранения и поиска археологической информации, археологические геоинформационные системы менее интересны или не столь значимы в археологическом исследовании академического или охранного характера. Однако существует явное противоречие между основными потребностями археологической практики и реальной компьютеризацией этих процессов. К такому выводу автора привели многолетнее участие в полевых и камеральных исследованиях, подготовке отчет-

тов, архивных изысканиях, работе с картматериалами и наблюдениях за развитием компьютерных технологий.

Целью данной статьи является рассмотрение лишь некоторых сфер применения компьютерных технологий в археологическом исследовании. Это создание компьютерной графики как новой формы обработки, хранения, обмена, демонстрации и анализа археологической информации. Под термином компьютерная графика понимается набор методов и программ, позволяющих вводить в компьютер, обрабатывать, хранить и анализировать чертежную и фото- документацию об исследованных памятниках и артефактах. В силу своей направленности, с близким набором данных работают программы трехмерной визуализации, ГИС-пакеты и электронные банки данных, поэтому некоторые из них будут здесь рассмотрены. Автор, прежде всего, ориентировался на пользователей, только начинающих экспериментировать с компьютерной графикой, поэтому подача материала будет упрощена, а многие выводы - банальны для работающих с более высокими технологиями. Вместе с тем, хочется надеется, что достаточно подробное описание методик применения различных программ облегчит жизнь заинтересованным лицам. Данная статья продолжает традицию обзорно-прикладных работ, посвященных различным аспектам применения компьютерных технологий, поэтому в нее включены сведения о работах и программах, в которых автор участвовал лично. Описания разработок, отслеженных по публикациям, приведены в сокращенном виде - с целью дать представление о ситуации во всей сфере. Автор вполне допускает существование законченных разработок и технологий, эффективностью превышающие приведенные здесь, однако не ставит своей задачей рассмотреть их все.

Реальные возможности внедрения компьютерной графики в археологию возникли с относительной доступностью компьютеров на базе процессора Intel-80386 и операционной системой Windows 3.1. Мощности и возможности такой системы оказались достаточны для работы с серьезными программами типа Photo-Finish, Corel Draw, Adobe Photo Shop, графическая панель текстового редактора Microsoft Word. Сразу необходимо отметить принципиальное разделение графических редакторов на растровые и векторные - по способу представления данных и методам работы с ними.

Программы первого типа (Photo Finish, Corel Photo-Paint, Adobe Photo Shop) создают компьютерную копию реального изображения, отражая описание цвета каждой точки рисунка; причем, чем выше плотность точек, тем качественнее будет компьютерная картинка. Каждая точка (пиксель) кодируется программой в набор данных

(оцифровывается), позволяя графическому пакету их редактировать. Разумеется, при этом размеры файла будут весьма значительны, достигая 10-13 Мб и более при детальном отображении полноцветной фотографии формата 10х12, что не может не сказываться на скорости обработки компьютером. Благодаря способности графических редакторов очень чутко отбирать, усиливать или ослаблять полутона, они незаменимы для формирования файлов изображений артефактов и фотодокументации, хотя и не обладают столь богатым набором средств динамичного редактирования, как векторные.

Программы, ориентированные на векторные форматы (Corel Draw, Adobe Illustrator, графическая панель текстового редактора Microsoft Word), позволяют представить компьютерное изображение в виде своеобразного проволочно-шарнирного каркаса (контур предмета), на который «натянута» «ткань» (цвет или фактура предмета). Все параметры, описывающие рисунок, программа представляет в форме разнонаправленных векторов и математических формул, что особенно «удобно» для компьютера, просто не способного понимать информацию в ином виде. Пользователь имеет обширный набор возможностей очень тонко изменять контур, габариты, форму, цвет, фактуру, рисунка предмета. Сложное изображение строится из множества объектов - совершенно самостоятельных кусочков, каждый из которых или любое их количество, включаемое в набор, могут редактироваться отдельно. Этим обеспечивается легкость создания даже очень сложного изображения, что не маловажно для пользователей, не владеющих навыками рисования и черчения. Другим преимуществом векторного отображения информации является крайне небольшой размер файла, т.к. вместо цифрового описания каждой точки картинки (как в растровых форматах), в нем кодируются лишь атрибуты каждого отдельного объекта (толщина линии или цвет заливки). Недостатком векторных форматов является принципиальная невозможность получить изначальное изображение со стороны, из сканера или цифрового фотоаппарата - желаемые для редактирования объекты должны быть прорисованы (оттрассированы) пользователем или автоматически.

В целом, редакторы обоих типов прекрасно дополняют друг друга, ориентируясь на создание и обработку разных типов археологической графики. Так, чертежные работы - создание изображений профилей и планов раскопов - удобнее выполнять в векторном формате, а обработку фотографий и создание тонированных прорисовок артефактов - в растровом. Детальный обзор преимуществ и недостатков

даниями по их применению выполнен М.В.Борисовым (Борисов М.В., 1997).

Первый известный автору отчет, содержащий компьютерные иллюстрации, был создан уже в 1993 г. в лаборатории естественнонаучных методов Института археологии РАН (г.Москва, руководитель и автор графики д.и.н. Е.Н.Черных; отчет в архиве ИА РАН). Чертежи раскопа пос.Горный-1 были выполнены в графической панели текстового редактора Microsoft Word 6, векторный формат *.doc, на базе системы с процессором 80386DX-33, оперативной памятью 8 Мб, жестким диском 210 Мб и видеорежимом SVGA. Преимущества компьютерной графики выявились сразу - отпала необходимость в кропотливой перебелке чертежей, резко упростилось редактирование, они приняли профессионально-издательский вид (рис.1). Проявилась эвристическая возможность - качество, которого чертежи на бумажных носителях принципиально лишены. Особенности векторного редактора позволяют оперативно и точно соотносить чертежные данные из разных слоев, квадратов, поверхностей обитания и сооружений, состыковывать профили и планы, дополнять картину за счет информации других сезонов. Векторный чертеж, к которому применены опции графического пакета, превращается в инструмент исследования раскопанного памятника и его реконструкции.

В 1994 г. по итогам археологического исследования курганного могильника Чувашское Эштебенькино-1 научно-производственной фирмой «Гефест» в отчет были включены иллюстрации, выполненные в растровом графическом редакторе Photo-Finish 1.3 (г.Самара, руководитель работ к.и.н С.А.Агапов, автор графики - Д.В.Вальков). Создание компьютерных иллюстраций включало ввод в компьютер полевой документации через сканер, подавление миллиметровки, усиление карандашных эскизов, восстановление изображения на местах утраченных фрагментов полевых чертежей (сравни рис. 2-а и 2-б). Используя возможности буфера изображений, было создано (реконструировано) графическое изображение заполнения погребальных камер путем совмещения информации с разных уровней расчистки. Работа проводилась на базе системы с процессором 80486DX2-66 с 16 Мб оперативной памяти и жестким диском емкостью 340 Мб. Введение информации происходило посредством сканера Hewlett-Packard Scan Jet 3P с оптическим разрешением 300x300 dpi. Опыт показал, что такая система качественно и стабильно справляется с обработкой файлов размером в 2-3 Мб и более. Однако изображения, выполненные в растровом формате, сильно уступали по качеству векторной графике, не говоря о значительно больших трудностях в ее создании

и редактировании, длительных периодах ожидания обработки информации компьютером. Оказалось, нерентабельно использовать в черчении привычную для человека форму рисования «кисточкой» или «карандашом», которую имитируют растровые редакторы.

Более важный вывод заключался в том, что оцифрованные растровые фотоизображения местности, профиля и артефакта обладают своими особенными эвристическими возможностями. Применение специализированного программно-аппаратного комплекса позволило ввести фотографию в компьютер и очистить ее, а использование большого набора фильтров дало возможность усилить и сделать видимыми следы древнегреческой системы земледелия, курган, прослойки профиля, заполнение могильной ямы, ленты теста в стенке сосуда. (г.Москва, Институт Археологии РАН, автор разработки - М.Р.Зотько) (Зотько М.Р., 1996). Система фильтров программного пакета Magisoft позволяет, например, построить гистограмму распределения яркости фотоизображения и отсеять шумовые значения, что повышает его контрастность. Данная технология весьма близка системам компьютерной дешифровки космо- и аэрофотоснимков, но гораздо доступнее. С 1997 г. в компьютерном отделе Центра Археологических Исследований г.Москвы применяется упрощенная методика анализа растровых фотоизображений (руководитель ЦАИ УГК ОИП А.Г.Векслер, авторы разработки - Н.А.Живлюк, Д.В.Вальков). К введенной через сканер фотографии применяются встроенные фильтры программы Desksan, позволяющие визуализировать ранее невидимые прослойки. Затем изображение импортируется в векторный файл формата *.cdr (редактор Corel Draw) и накладывается на каркас изучаемого профиля, созданного на основе полевого чертежа. Вновь выявленные детали используются для дополнения полевой документации.

При подготовке чертежной документации по результатам исследования Каргалинского горно-металлургического центра в 1995-1998 гг. под руководством д.и.н. Е.Н.Черных было проведено дальнейшее совершенствование методики создания компьютерных изображений. Разработаны приемы, оптимизировавшие процесс подготовки графики и обеспечившие лучшее ее восприятие. Существенно обогащена система условных обозначений за счет введения текстур и примитивов, близких по внешнему облику к естественным объектам (глины, прокалы, утоптонности, молотки, литейные формы). С 1997 г. чертежная документация выполняется в полноцветном формате, активно используется вставка изображений, обработанных в растровых редакторах, что резко улучшает восприятие картинки. Последнее

новшество касается импорта высококачественных фотографий скелетов животных и людей, что позволяет отказаться от утомительной процедуры прорисовки всех костей*. Стандартные шаблоны для планов и профилей, вместо привычных миллиметровок, существенно упростили процедуру полевой графической фиксации (автор графики - Е.Ю.Лебедева) (рис. 3). Такие меры позволяют выполнять чертежи в полевых условиях на ноутбуке (система на базе процессора 80486).

Вместе с тем выявились особенности в использовании тех или иных программ. Например, графические работы по итогам 1994-1995 гг. были выполнены в векторном редакторе Corel Draw версии 4.0 и 6.0 (авторы графики М.В.Борисов, Д.В.Вальков) (Рис.4). Из-за своей специализированности данный пакет намного сложнее в освоении, нежели графическая панель Microsoft Word 6, - время, затрачиваемое на квалифицированную подготовку одного оператора, может достигать нескольких месяцев. Кроме того, создание сложных чертежей и схем требует подробной организации всего процесса работ. Это касается не только разработки продуманной системы шаблонов, условных обозначений, подбора текстур и ракурсов, желаемых к детализации. Так, необходимо учитывать возможность переноса данных или интеграции чертежных файлов с разных компьютеризированных рабочих мест, что вполне естественно при работе нескольких человек над одним проектом или применении конвейерной методики. В таком случае стандартизация в использования одинаковых операционных систем, графического редактора, наборов шрифтов, файлов текстур и заливок распространяется вплоть до их установки с одного дистрибутива на все рабочие места. Переход на операционную систему Windows NT и создание локальной сети (автор организации локальной сети - А.Л.Мигунов) в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН является логическим завершением этого процесса.

Использование разных векторных редакторов в работе над одним многолетним проектом существенно усложнило работу в плане совмещения изображений разных форматов, поэтому базовым графическим редактором лаборатории естественнонаучных методов остается Microsoft Word. Полученный опыт позволил детально сравнить возможности Corel Draw и Microsoft Word на одинаковом, по характеру, материале.

Вообще изначально выбранный базовый редактор, в котором будет создаваться основная часть чертежной документации, должен оставаться неизменным минимум в рамках работы над одним памятником. Конвертация и импорт изображений разных форматов - процесс, который редко проходит без потерь информации в файлах.

К разряду явных достоинств графической панели текстового редактора Microsoft Word можно причислить интеграцию чертежа непосредственно в текст, что существенно облегчает верстку. Как включаемая часть текстового редактора она значительно экономит ресурсы компьютера, в ином случае отвлекаемых специализированным графическим редактором. Минимальные требования только к Corel Draw 7.0 - 16 Мб оперативной памяти и около 70 Мб свободного дискового пространства, в то время как весь Microsoft Office 95 почти в два раза «скромнее». Оптимально подобранные опции рисования и правки резко облегчают обучение и управление редактором, в отличие от грандиозного набора инструментов и генераторов эффектов, встроенных в Corel Draw. На сегодняшний день возможности графической панели Microsoft Word позволяют добиться практически любых изображений, необходимых археологу для технического и для художественного оформления изображения.

В недостатки графики на основе текстового редактора Microsoft Word можно занести отсутствие режимов прозрачности, что не позволяет использовать растровую картинку в качестве оригинала для осуществления трассировки. Возможность рисовать и редактировать поверх полевого чертежа важна для пользователей, лишенных чертежных навыков или не умеющих перерисовывать от руки. Кстати, отдельным достижением рассматриваемых методик является возможность оцифровывать любое изображение непосредственно в компьютере, не прибегая к помощи громоздкого дигитайзера или дорогостоящего «пера».

Наиболее серьезным недостатком формата *.doc автор считает невозможность его конвертации в форматы других векторных редакторов или систем автоматического проектирования (Adobe Illustrator *.ai, AutoCAD - *.dxf, 3D Studio - *.3ds и тот же Corel Draw). Учитывая перспективы развития компьютерной графики, явно направленной в сторону создания электронных банков хранения данных и разработки сложных сцен (трехмерные реконструкции, ГИС-проектов), возможность интегрировать или переводить информацию в разные пакеты представляется не лишней. В итоге, при выборе графического редактора следует руководствоваться следующим соображением: разнообразие применяемых пакетов серьезно мешает стандартизации документации, хотя качество получаемых иллюстраций практически не зависит от средства, которым вы пользуетесь. На сегодняшний день, Corel Draw по частоте своего применения претендует на стандарт de facto в сфере подготовки полевых чертежей.

После того как были отработаны основные методики создания компьютерной графики, следующими рабочими проблемами стало расширение круга исследователей и организаций, применяющих и изучающих ее возможности.

В ходе полевого сезона 1995 г. сотрудниками Самарского Государственного Университета было исследовано планиграфически очень сложное поселение Ош-Пандо-Нерь (Самарская область, руководитель работ - В.А.Скарбовенко, автор графики - М.В.Борисов). Автоматом полевых исследований была поставлена задача создать полноценный вариант чертежей этого памятника. Легкость восприятия иллюстративной информации окупала кропотливую работу по подборке цветных палитр и фактур, как можно точнее имитирующих естественные оттенки почв. Графика была выполнена в векторном редакторе Corel Draw версии 4.0, показавшем гораздо большую стабильность в работе с файлами формата *.cdg объемом до 3-4 Мб, нежели более изощренные, но капризные версии 5.0 и 6.0.

Другим направлением развития компьютерной графики стало ее применение в условиях широкомасштабных охранно-спасательных археологических исследованиях, когда на первое место выходит оперативность их выполнения. В 1996 г. в Центре Археологических Исследований был поставлен эксперимент по конвейерному производству графической продукции (г.Москва, охранно-спасательные работы на Манежной площади, ул.Ильинка, ул.Арбат, Кадашевская наб., руководитель исследований - А.Г.Векслер, руководитель проекта - Л.В.Кондрашев, авторы графики - Н.В.Большакова, М.В.Борисов, Д.В.Вальков, В.В.Усатюк). За 4 месяца были подготовлены шаблоны изображений, библиотеки условных обозначений и заливок, выполнено более 200 насыщенных листов иллюстраций. Отдельно была оптимизирована процедура получения векторного изображения с полевого материала любой степени деформации и зашумленности, которая неизбежно возникает при экспресс-раскопках.

Для выполнения большого объема работ была введена конвейерная методика создания чертежей, позволяющая держать в обработке до трех отчетов параллельно. Высокая степень стандартизации (от дистрибутивов до единой библиотеки условных обозначений и заливок) дала возможность разделить сканирование, прорисовку основных элементов изображения, нанесение пояснительной информации (отметок, условных знаков, фактур поверхностей, примечаний) и окончательное оформление в соответствии с запросами авторов отчетов. При организации производственной структуры было учтено, что рабочие места разнесены по разным городам (Москва и Самара).

Для оперативной передачи файлов различных степеней готовности, широко применялась электронная почта, позволявшая без потерь информации пересылать архивы до 350 Кб. Позднее, возможности Интернет были использованы для поиска и подбора заливок, более адекватно передающих текстуры естественных материалов (глина, древесина, etc).

Предварительная обработка изображений велась на базе систем с процессором от 80386DX, 5Мб ОЗУ и объемом жесткого диска 117 Мб, а сканирование и сведение данных производилось на графической станции Pentium-133MHz, с 32 Мб ОЗУ и графической подсистемой Matrox Millennium. Чертежи были выполнены в векторном редакторе Corel Draw версии 4.0. В целом же наилучшим вкладом в развитие компьютерной графики можно признать значительное автоматизирование рутинных процедур исполнения чертежей с большим количеством похожих элементов (кирпичные и бутовые кладки, деревянные мостовые, т.д.).

Дальнейшее совершенствование это направление получило в 1997-98 гг., когда по итогам археологического исследования курганного могильника Березки I (Самарская обл., руководитель работ - В.А.Скарибченко, автор графики - М.В.Борисов), были созданы компьютерные иллюстрации погребальных комплексов (Рис. 5). Известно, насколько сложна тщательная прорисовка частей человеческого скелета или множества почти одинаковых элементов погребального инвентаря (бусины, стрелы, т.д.). Большое количество костяков с принципиально одинаковой погребальной позой и, соответственно, практически не варьирующим положением костей, не избавляет исследователя от скрупулезного нанесения их сначала на полевой чертеж, а потом перенесения в отчет. Огромный потенциал машинной графики проявляется при автоматизации многих операций в этом процессе. Векторная графика, позволяя редактировать отдельные элементы изображения в качестве самостоятельных объектов, дает возможность пользователю работать с некоторыми из них как с заготовками. «Это и однотипные элементы оформления (подписи, нивелировочные отметки, масштабные шкалы и т.п.), и более сложные детали - такие как кости человеческого скелета. Опыт показал, что для минимального «набора заготовок» необходим «комплект» 2-3 характерных ракурсов крестцовых позвонков, пястных костей, лопаток, 3-8 тазовых костей, позвонков, 10-15 конечностей, ребер, черепа. Разумеется, чем больше заготовок, учитывающих особенности возраста, пола, физиологии - тем плодотворнее работа. По самым осторожным оценкам, применение в работе 1998 г. заготовок из пре-

дыдущего отчета привело примерно к 30 % экономии времени на обработку погребений» (Борисов М.В., 1997).

Можно добавить, что поставляемые к пакету Corel Draw библиотеки образов содержат весь набор костей человеческого скелета вплоть до каждого зуба. Необходимые изображения костей «выкладываются» непосредственно по полемому рисунку или фотографии и редактируются средствами пакета - «довольно часто “установка” отдельного элемента сводится к его правильной ориентации на плане (вращению) или незначительной трансформации (масштабированию или искривлению). Это характерно, например, для многочисленных ребер, позвонков, костей запястий. Дублирование однотипных объектов (в т.ч. зеркальное) осуществляется моментально. Для обработки костей, размеры, форма и пропорции которых являются причиной многообразия положений, в некоторых случаях могут быть полезны эффекты, позволяющие изменять перспективу и очертания объекта целиком» (Борисов М.В., 1997).

Следующим принципиальным нововведением, опробованным на материалах могильника Березки I, стали трехмерные реконструкции чрезвычайно сложного погребального комплекса кургана № 1 (Скарбовенко В.А., Борисова Е.В., в печати). Тщательная полевая фиксация, многочисленные дополнительные анализы дали представление о своеобразном характере погребального ритуала, включавшего возведение в центральной камере «саркофага» и постройку сложного куполообразного (?) сооружения над всем комплексом. Саркофаг и надмогильная конструкция сделаны из сложного минерального соединения (суглинок и органика), в ходе ритуала подвергнутых мощному температурному воздействию. Вероятный внешний вид купола, саркофага и погребения был выполнен в мощном анимационном редакторе 3-D Studio версии 4. Так же было смоделировано несколько вероятных трансформации сооружения под воздействием высоких температур - его оседание, обрушение, развал. Богатые опции редактирования 3-D Studio позволили реконструировать фактуры поверхностей, их возможное поведение под воздействием огня и т.д. Созданная в 3-D Studio сцена является истинно трехмерной, что позволяет разворачивать ее в желаемом для наилучшего обзора ракурсе. Отдельного упоминания заслуживает трехмерная реконструкция боевого пояса, набранного из бронзовых пластин, найденная в центральном погребении кургана № 5 (Рис. 6).

Однако построение сцен в 3-D Studio является достаточно кропотливым процессом, требующим пространственного воображения и художественных навыков. Изображение строится из модифицируемых

примитивов с учетом источников света, позиции наблюдателя и т.д. Поэтому применение анимационного пакета оправдано там, где желательны эффектные наглядные иллюстрации - т.е. в сфере популяризации научного знания. Кроме того, в нем отсутствует поддержка баз данных, что не позволяет использовать 3-D Studio в качестве инструмента пространственного анализа. Вместе с тем, существуют программы, способные при гораздо меньших усилиях создавать трехмерные поверхности и анализировать их.

Прежде всего необходимо отметить программу Golden Surfer версии 4 и 6, применение которых было отработано в лаборатории естественнонаучных методов ИА РАН при обработке материалов с пос. Горный -1 (руководитель проекта и автор графики - д.и.н. Е.Н.Черных). Предлагаемая к трехмерной визуализации поверхность задается в виде нерегулярной сетки, каждой точке которой приписываются координаты по осям OX , OY , OZ . Система отсчета координат, плотность точек, их порядок задается пользователем и влияет лишь на точность модели. Весьма эффективные алгоритмы обхода создают 3D поверхность, которую возможно развернуть под любым углом, оснастить примитивами, шкалами высот, тонированными заливками в соответствии с высотой и т.д. Программа прекрасно моделирует как сложности рельефа местности Каргалинского горно-металлургического центра (Оренбургская обл.) площадью около 1500 кв.км. (рис.7), так и поверхность обитания пос.Горный-1 с прихотливыми контурами котлована комплекса №1, общей раскопанной площадью в 784 кв.м. (рис.8) (Черных Е.Н., 1997, с.11,35). Однако данная программа не позволяет подключать к трехмерной реконструкции сооружения с целью анализа пространственного распределения находок базу данных по индивидуальным объектам. Подобного рода требование к трехмерным визуализаторам кажется совершенно логичным, учитывая нарастающий в последнее время поток работ по математическому и пространственному анализу распределения материала в культурном слое или зоне исследования (Борисенко В.И. и др., 1996, с.31).

Весьма удачным ответом на эти требования можно считать программу «АРХЕО», применяемую для создания трехмерных моделей раскопа и анализа распределения археологических объектов в его пространстве (г.Москва, сектор новостроек Института Археологии РАН, руководители проекта - к.и.н. А.С.Смирнов, А.В.Трифоненко) (Смирнов А.С., Трифоненко А.В., 1997). Программа выполнена как приложение к AutoCAD версии 12 и 13, работает в среде этого пакета и для обработки запросов используются его базовые функции. Пользователь задает сетку раскопа, в которой учитывается современный рельеф

еф местности, и набор условных обозначений, признаки которых заносятся в базу данных. Затем программа строит трехмерную модель раскопа, отмечая расположение археологических объектов, как в пространстве, так и их проекции на поверхность раскопа или на профиля. Пользователь может развернуть модель, отключить любой слой, отобразить стратиграфию на стенках профилей, применить фильтр к базе данных и получить распределение объектов по глубине или любому другому признаку. Поддержка пакетом AutoCAD работы с дигитайзером позволяет переводить непосредственно полевые чертежи в векторный формат, со всеми вытекающими преимуществами. Однако отраженная в публикации версия программы «АРХЕО» не может реконструировать очертания пространственных объектов в раскопе (котлованов жилищ, ям, etc.), снижает общую наглядность картины. Кроме того, являясь встроенной частью AutoCAD, она влечет за собой необходимость изучения базовых функций этого пакета, который еще и отвлекает на себя ресурсы компьютера.

В настоящее время в независимой разработке находится программа, учитывающая недостатки указанных выше пакетов. Ее задача – создание двух- и трехмерных моделей раскопов и выявленных в них сооружений, представление их с имитацией естественных текстур поверхности, создание интерактивных баз данных по индивидуальным находкам. Предусмотрены широкие функции просмотра расположения находок в трехмерном пространстве памятника с фильтрацией их по типам, возможности виртуального перемещения наблюдателя в пределах сцены. Таким образом, предполагается совместить аналитические возможности системы автоматического программирования AutoCad с реалистичностью трехмерного пространства 3D Studio.

Следующая ступень развития программ трехмерного анализа вплотную подводит нас к геоинформационным системам, представляющим участки местности в электронной форме и способным обрабатывать запросы по пространственному размещению объектов, их концентрации, взаимосвязях и структурам местности. Такая задача была решена в 1995-1997 гг., в лаборатории Генетики Человека ИОГен РАН, в которой произвели адаптацию пакетов ГИС-программ GGMAG, Datstat, Mapstat применительно под анализ генетического материала, а потом под запросы археологов (руководитель археологической стороны проекта - д.и.н. В.Б.Ковалевская) (Ковалевская В.Б., 1998). Была произведена оцифровка карт интересующей местности (Крым и Кавказ), на которую нанесли координаты анализируемого археологического материала и регулярную сетку в 4000 точек. GGMAG

строит средневзвешенное аналитическое распределение признаков, когда в каждой точке цифровой модели местности вычисляется числовая характеристика признака, зависящая от общего числа точек где этот признак присутствует. Дальше «программа рисует на карте в привычной для нас форме геоморфологическое пространство распределения признака, окрашивая места максимальной концентрации...» (Ковалевская В.Б., 1998, с.9). Программа способна построить распределения признаков как для регионов площадью несколько сот кв. км, так и для раскопа могильника.

Однако необходимо отметить, что ГИС с геостатистическими алгоритмами такого масштаба оказывается едва ли не единственный реализованный на сегодняшний день, что совершенно не соответствует реальным запросам академических и прикладных археологических исследований. На пути выполнения таких проектов стоит не только высокая стоимость работ по оцифровке исходного материала, но также введенная неточность в картматериалы свободного доступа, недоступность либо низкая точность систем географической привязки объектов. Безусловно, что отдельному исследователю либо научному коллективу решить такие проблемы невозможно. С другой стороны, региональные отделы охраны памятников вполне способны поднять вопрос о создании геоинформационных систем и включении в них археологической информации на уровне администрации своих областей. Следующим шагом будет организация механизма корпоративного использования такой информации, участия разнообразных научных организаций в ее пополнении, переводе в машиночитаемую форму и т. д. Дальше происходит выход на столь же сложные и актуальные вопросы о методах хранения археологических данных, создании поисковых систем, использовании новых типах носителей информации, обобщенно - на электронные архивы.

Состояние дел в этой важнейшей сфере археологической практики иллюстрирует тот факт, что в ведущем научном учреждении страны - Институте Археологии РАН существует лишь примитивный электронный каталог, в то время как сам архив пополняется отчетами только на традиционных носителях. Безусловно, что в отдельных научных организациях силами местных энтузиастов ведутся работы по созданию электронных архивов, но все такие работы узконаправленны на конкретную тематику, связанную с научной специализацией энтузиастов-исполнителей. Удачным примером тому может служить электронный архив наскальных изображений повозок Евразии, созданный в Институте археологии Национальной Академии Республики Казахстан в 1994 г. (руководитель проекта - к.и.н. В.В.Новоже-

нов, разработка компьютерного банка данных - д.и.н. Я.А.Шер, автор программного продукта - Д.А.Смирнов) (Новожинов В.В., 1994). Он содержит описание, географические привязки и картографические материалы, графические и фотоизображения около 300 наскальных рисунков колесниц. Система ввода изображений позволяет использовать фотографии, иллюстрации или непосредственно с видеокамеры. Разработана подробная система классификации рисунков, для сравнения которых применяют метод наложения изображений или метод близости коэффициентов пропорциональности колесниц. В последнем случае исследователем поверх рисунка колесницы строится набор характерных точек, расстояние между которыми служит для выведения коэффициента. Таким образом, данный электронный архив является мощным инструментом обработки хранимой информации.

Другой проект, задуманный именно как электронный архив, был реализован по итогам трехлетних полевых работ В.А.Скарбовенко (Самарский госуниверситет, авторская разработка и исполнение - М.В.Борисов). Был подготовлен и записан диск CD-ROM, включающий полную документацию о полевых исследованиях поселения Ош-Пандо-Нерь, курганных могильников Березки-1, Кинель-1 - тексты отчетов, приложения о разнообразных анализах, чертежная документация, фотоматериалы, etc. Значительная емкость диска - 610 Мб - позволила внести весь материал без потери качества в достаточно удобном для просмотра виде. Безусловно, что такая форма хранения документации исключительно рациональна для долговременного хранения, тиражирования и поиска данных.

В качестве оптимистического завершения хотелось бы заметить, что даже при весьма скромной поддержке за последние пять лет возникло и развилось большое количество оригинальных компьютерных программ и методик, серьезным образом изменивших и облегчивших археологические исследования. Однако тенденции развития наиболее перспективных направлений компьютерных технологий показывают, что археологу все чаще требуется специализированный программный продукт, созданный отечественными программистами и с учетом особенностей нашей такой строгой и такой неформализуемой науки.

** К сожалению, данная процедура возможна с фотоизображениями очень высокого качества, выполненными на аппаратуре полупрофессионального класса.*

** Инициативная разработка аспирантов МФТИ и ИА РАН В.В.Усатюка и Д.В.Валькова.*

Литература:

Борисенко В.И., Бубнов В.Ю., Смирнов А.С., 1996. Программный комплекс сопровождения археологических БД и анализа распределения массового материала в культурном слое поселения // Компьютеры в археологии. М.

Борисов М.В., 1997. Компьютерная графика в практике археологических исследований // Доклад на конференции по итогам полевых исследований 1997 г. Самара.

Зотько М.Р., 1996. Компьютерная обработка изображений в археологии // Компьютеры в археологии. М.

Ковалевская В.Б., 1998. Применение компьютерного картографирования для решения хронологических вопросов (по раннесредневековым материалам Европы) // Культуры Евразийских степей 2-й пол. I тыс. н.э. Самара, 1998.

Новожинов В.В., 1994. Наскальные изображения повозок Средней и Центральной Азии. Алматы.

Скарбовенко В.А., Борисова Е.В. Исследование курганов бронзового и раннего железного веков в Самарской области // В печати.

Смирнов А.С., Трифоненко А.В., 1997. АРХЕО - программа для создания графических информационных схем в среде системы AutoCAD // Информационный бюллетень ассоциации «История и компьютер». Вып. № 21. Минск.

Черных Е.Н., 1997. Каргалы - забытый мир. М.

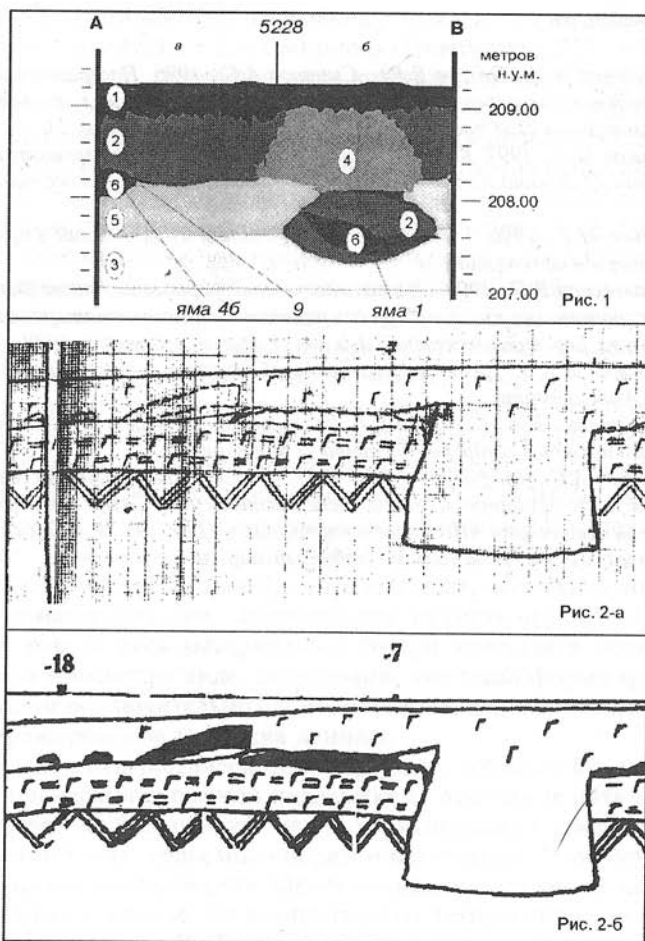


Рис.1. Чертеж профиля пос. Горный-1. 1993 г. Черных Е.Н. Выполнено в Microsoft Word 6.

Рис.2-а. Отсканированное изображение полевого чертежа кургана № 1 Чувашское Эштебенькино. Западный профиль центральной бровки. 1993 г. Вальков Д.В. Выполнено в Photo Finish 1.3.

Рис.2-б. Западный профиль центральной бровки кургана № 1 Чувашское Эштебенькино. На изображении подавлена миллиметровка, очищены весь фоновый «мусор», усилены все линии. 1993 г. Вальков Д.В. Выполнено в Photo Finish 1.3.

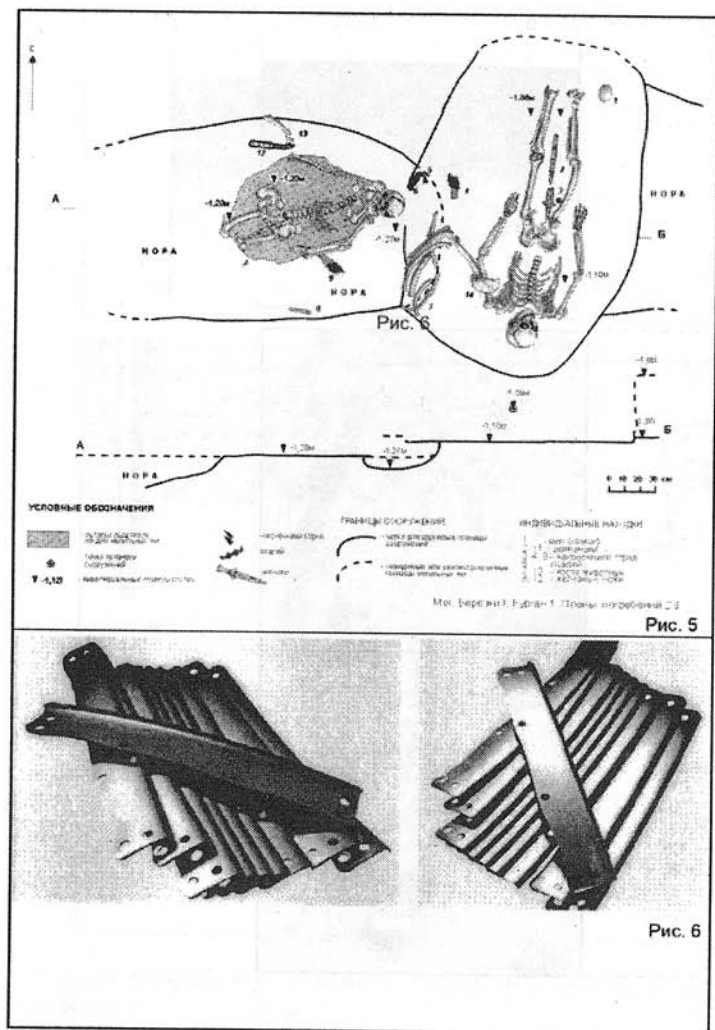


Рис.5. Могильник Березки I. Курган № 1. Планы погребений 2,3. 1997 г. Борисов М.В. Выполнено в Corel Draw 4.

Рис.6. Трехмерная реконструкция боевого пояса из центрального погребения. Могильник Березки I. Курган № 5.1998 г. Борисов М.В. Выполнено в Corel Draw 4.

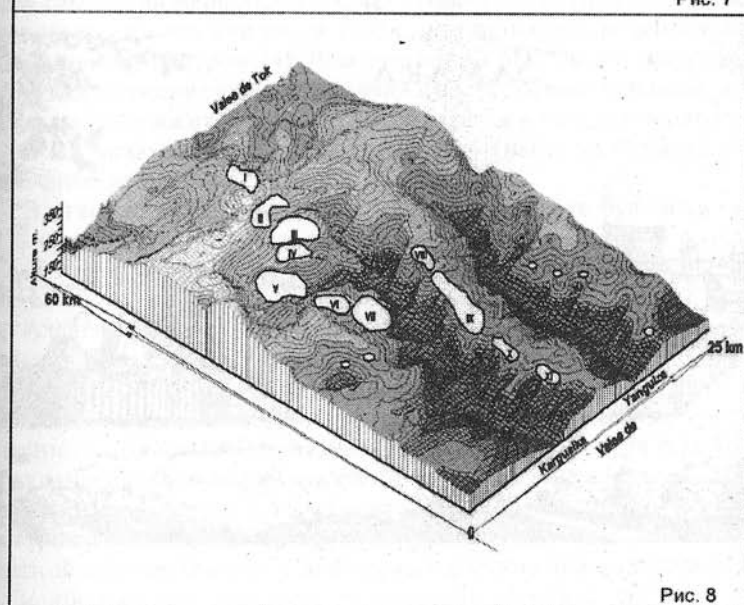
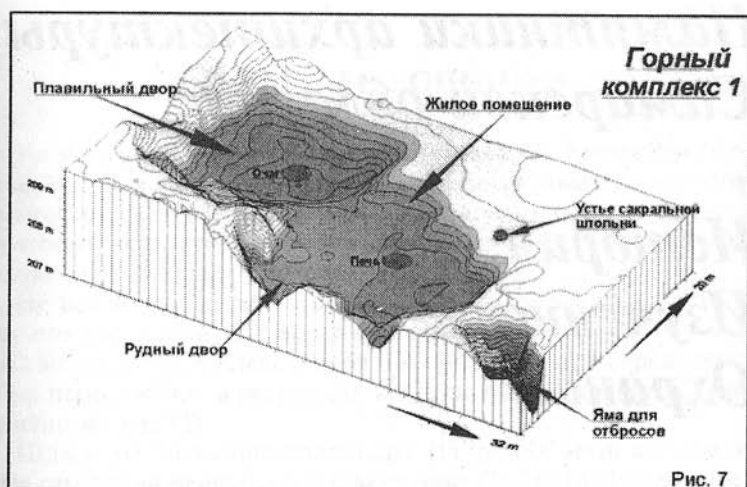


Рис. 7. Трехмерная визуализация Каргалинского горно-металлургического района. Черных Е.Н. Выполнено в Golden Surfer 6.

Рис. 8. Трехмерная визуализация раскопа 1993-1998 гг. Пос. Горный-1. Черных Е.Н. Выполнено в Golden Surfer 6.