

УДК 004.9, 913

**Опыт создания 3D-модели
заповедника «Каменные Могилы» методами неогеографии
и предварительные результаты исследований**

Анопrienко А.Я., профессор кафедры компьютерной инженерии
Донецкого национального технического университета,

Ерёмченко Е.Н., руководитель группы «Неогеография» (Москва)

Семичастный И.Л., профессор кафедры математики и информационных
дисциплин Донецкого института туристического бизнеса

Сиренко В.А., заведующий отделением “Каменные Могилы” Украинского
степного природного заповедника

Аннотация

Использование методов неогеографии и реализация режима Ситуационной Осведомлённости (Situational Awareness) открывают новые возможности для научных исследований. В работе описываются результаты использования новых методов для исследования и визуализации в Интернет различных феноменов заповедника «Каменные Могилы» в 2008-2011 гг.

Анотація

Анопрієнко О.Я., Еремченко Є.М., Семичастний І.Л., Сіренко В.А. Досвід створення 3D-моделі заповідника «Кам'яні Могили» методами неогеографії та попередні результати досліджень. Використання методів неогеографії і реалізація режиму ситуаційної обізнаності (Situational Awareness) відкривають нові можливості для наукових досліджень. В роботі описуються результати використання нових методів для дослідження та візуалізації в Інтернет різних феноменів заповіднику «Кам'яні Могили» в 2008-2011 рр..

Annotation

Anopriyenko A.J., Eremchenko E.N., Semichastnyj I.L., Sirenko V.A. Experience a 3D-simulation of the reserve "Stone Graves" using methods of neogeography and preliminary research results. Using the methods of neogeography and implementation of the regime of situational awareness offer new opportunities for scientific research. This paper describes the results of the using of new methods for the study and visualization of various phenomena of "Stone Graves" in 2008-2011.

Введение

Комплексный анализ феномена «Каменных Могил» требует консолидации разнородной информации о нём, отражающей специфические точки зрения различных предметных областей. Такая консолидация требует наличия единой платформы – своего рода «общего знаменателя», позволяющего рассматривать всё множество разнородных и разноформатных (гетерогенных) массивов информации в общем контексте и анализировать затем эту информацию в её взаимообусловленности.

Для решения этой задачи в 2008 году была начата реализация проекта под условным названием «Каменные Могилы: постижение минувшего» [1], предполагающего создание контекстной гетерогенной 3D-модели заповедника и использование её в решении научных, образовательных, управленческих и хозяйственных задач. Поэтапная реализация проекта позволила выявить в заповеднике «Каменные Могилы» ряд неизвестных прежде феноменов и эффектов.

В статье даётся описание метода, реализованного в проекте, и его практической реализации. Показана возможность использования специального режима Ситуационной Осведомлённости для комплексного анализа первичной информации, полученной в ходе исследовательских работ и возможных вариантов её интерпретации.

Описание метода

Создание гетерогенных информационных систем предполагает наличие общего информационного каркаса, в который может помещаться разнородная информация. Такой единый каркас обеспечивает целостность восприятия, формирует единую метрологическую основу и является общегеографическим контекстом, позволяющим сформировать особое качество целостного восприятия информации – Ситуационную

Осведомлённость (Situational Awareness). Ситуационная Осведомлённость достигается путем комплексного, в минимальной степени опосредованного картографическими, модельными либо иными условностями представления разнородной (общегеографической, навигационной, тактической и т.д.) информации в единой глобальной географической системе координат [2].

Базовой основой формирования общего информационного каркаса является локализация произвольной информации в пространстве и во времени, позволяющая объединить гетерогенные массивы данных независимо от их отнесения к той или иной формальной категории (например, к тому или иному объектному слою). Это особенно важно при накоплении исходной информации, которую трудно изначально охарактеризовать с должной степенью полноты. Использование фундаментальных по своему характеру пространственной и временной локализаций позволяет сформировать открытую систему, допускающую включение в неё любой произвольной информации по мере необходимости без существенной системной перестройки.

Общий информационный каркас и погружаемая в него тематическая (целевая) информация должны задаваться в непосредственном какими-либо условностями (например, картографическими) виде или с минимальным использованием таковых.

Требования наличия единого и целостного пространственно-временного каркаса и максимально непосредственного восприятия информация являются основными условиями практической реализации режима Ситуационной Осведомлённости. Наиболее полно и эффективно они реализуются в контексте неогеографии, предполагающей формирование геоцентрического пространственно-временного каркаса с использованием

данных дистанционного зондирования в качестве основных носителей информации об общегеографическом контексте [3-5].

Именно парадигма неогеографии была выбрана для практической реализации проекта «Каменные Могилы: постижение минувшего» [2].

Описание информационной системы

Соответствующая информационная система реализована на базе сайта StoneGraves.ru (рис. 1) и состоит из двух основных элементов – информационного сайта, содержащего «традиционный» мультимедийный контент, и 3D-модели заповедника. 3D-модель реализована в соответствии с парадигмой неогеографии и позволяет с максимальной когнитивной эффективностью представить заповедник «Каменные Могилы» в его глобальном общегеографическом контексте на базе геоцентрической модели Земли.

Информационный сайт имеет традиционную структуру и включает в свой состав страницы с общей информацией о проекте и о заповеднике, новостной блог, предназначенный для информирования о текущих событиях и взаимодействия с читателями, фотогалереи, библиотеки исходных текстов, карты сайта и контактной информации. Поскольку проект изначально ориентировался на поддержку и систематизацию информации в интересах международных научных исследований, а также – на поддержку задач управления устойчивым развитием региона, туризма и рекреации, уже в первой очереди проекта заявлена поддержка трёх языков – украинского, русского и английского. Реализуется она поэтапно, в дальнейшем возможно включение и иных языков и адаптации контента в соответствии с потребностями различных групп пользователей.

Рис. 1 – Главная страница сайта (вверху) и 3D-модель заповедника на начальном этапе динамического развёртывания (внизу) [1]

Информационный сайт реализован на базе системы управления с открытым исходным кодом.

Основная новизна ресурса заключена в подсистеме «3D-модель», которая является основным носителем локализованной в пространстве и во времени информации. На базе Google Earth API реализована поддержка нового, оптимально соответствующего требованиям режима Ситуационной Осведомлённости интерфейса, предполагающего максимально эффективное использование экранного пространства для передачи визуально достоверной, не опосредованной какими-либо условностями модели заповедника и его общегеографического контекста. Модель должна обеспечивать целостное, максимально естественное и визуально достоверное восприятие феномена, дополненное вспомогательной информацией.

Композиционно он реализован в виде верхнего информационного колонтитула, области модели, области управления, разделённой на тематические блоки «Важное», «Прошное», «Настоящее», «Текущее», и нижнего колонтитула.

Информационный контекст модели представлен базовыми компонентами Google Earth. Тематическая компонента, относящаяся непосредственно к феномену Каменных Могил, представлена следующими элементами:

- разновременные геопривязанные растровые космические снимки;
- векторные слои со вспомогательной информацией;
- точно локализованные в пространстве сферические панорамы и изображения.

Все данные локализованы в пространстве с достаточно высокой степенью точности. За основу выбраны базовые изображения, содержащиеся в

геоинтерфейсе Google Earth (космические снимки, сделанные аппаратом QuickBird). Точность их локализации – порядка 10 м. В дальнейшем, по мере накопления ДДЗ, предполагается уточнить модель, достигнув субметровой точности и сформировав на этой основе новый общегеографический контекст модели.

Геопривязанные растровые изображения представлены разновременными космическими снимками, предоставляемыми в виде так называемых тайловых сервисов (снимки разделены на компактные блоки, загружаемые по мере необходимости):

Первый из них (панхроматический, пространственное разрешение 6-9 м) получен в 1980 году американским разведывательным спутником KeyHole КН-9.

Второй (многоканальный, пространственное разрешение около 1 м) – в июне 2011 года спутником Ikonos (компания GeoEye, США). Он представлен в двух вариантах – в режиме истинного цвета (канал R – красный, канал G – зелёный, канал B – синий), а также – в псевдоцветном условном режиме (канал R – ближний нетепловой инфракрасный, канал G – красный, канал B – зелёный) цвета. Основное назначение псевдоцветного режима – эффективное выделение растительности по характерным спектральным признакам содержащегося в зелёных растениях хлорофилла.

Третий снимок получен в июле 2011 года другим аппаратом компании GeoEye – спутником GeoEye-1 с рекордным на сегодняшний день на рынке космических снимков разрешением – 0,5 м. Он также представлен в режиме истинных и псевдоцветов. Выбор наиболее подходящего режима осуществляется пользователем с помощью поля с прокруткой; для облегчения выбора требуемого слоя предоставляется расширенная подсказка.

В дальнейшем планируется поэтапно расширять спектр используемых в модели различных космических снимков.

Векторные слои со вспомогательной информацией содержат дополнительные данные в векторной форме, снабжённые необходимой мультимедийной семантической информацией.

Точно локализованные в пространстве сферические панорамы и изображения являются важнейшим компонентом модели, позволяющим дополнить модель на базе космических снимков реальными фотопанорамами, представляющих соответствующую местность с более привычного человеку ракурса (рис. 2).



Рис. 2 – Пример реализации сферические панорамы в 3D-модели

Точность совмещения панорам с контекстом позволяет использовать их для решения широкого круга научных задач в дистанционном режиме, что позволяет (в числе прочего) существенно снизить нагрузку на заповедник. Такого рода возможности модели будут поэтапно расширяться вплоть до

обеспечения в некоторых случаях режима наблюдения в реальном времени.

Пользователь может также выбрать оптимальные для себя режимы предоставления информации – с использованием статусной строки или без неё; с представлением сетки географических координат или без таковой (рис. 3).



Рис. 3 – 3D-модель заповедника с включёнными информационными слоями со вспомогательной информацией и панорамами

Важной особенностью модели является её динамический характер. При открытии модели пользователь видит сначала представление всего Земного шара в целом (рис. 1); постепенно он начинается автоматически перемещаться, приближая виртуальную камеру к предварительно выбранному ракурсу. По мере приближения к «Каменным Могилам» их

местоположение в геоцентрическом пространстве обозначается сначала маркером, затем, на конечном этапе – постепенно «проявляющимся» и затем «гаснущим» изображением периметра заповедника (рис. 3). Динамический режим позволяет изначально воспринять феномен в его общегеографическом контексте. Пользователь в свою очередь может отказаться от использования режима автоматического развёртывания и перевести модель в ручной режим управления с помощью указателя.

Первые результаты

3D-модель заповедника представляет собой информационно полный, детальный, интегрированный образ реального феномена, который можно исследовать в кабинетных условиях с привлечением широкого круга дополнительной информации. Это, в частности, в целом ряде случаев существенно повышает эффективность исследовательской деятельности и позволило выявить уже на начальном периоде исследования «Каменных Могил» методами неогеографии ряд необычных эффектов и феноменов, нуждающихся в дальнейших исследованиях. Среди них, в частности, следующие:

- феномен регулярных линейных структур [3];
- эффект «антиэрозии»;
- эффект ускоренных процессов оврагообразования.

Феномен регулярных линейных структур

Ещё в 2008 году при анализе содержащихся в Google Earth космических снимков на территории заповедника был обнаружен массив прямых параллельных линий, тянущихся в близком к меридиональному направлениям по скальным грядам заповедника на расстоянии примерно 7-12 метров друг от друга (рис. 4).

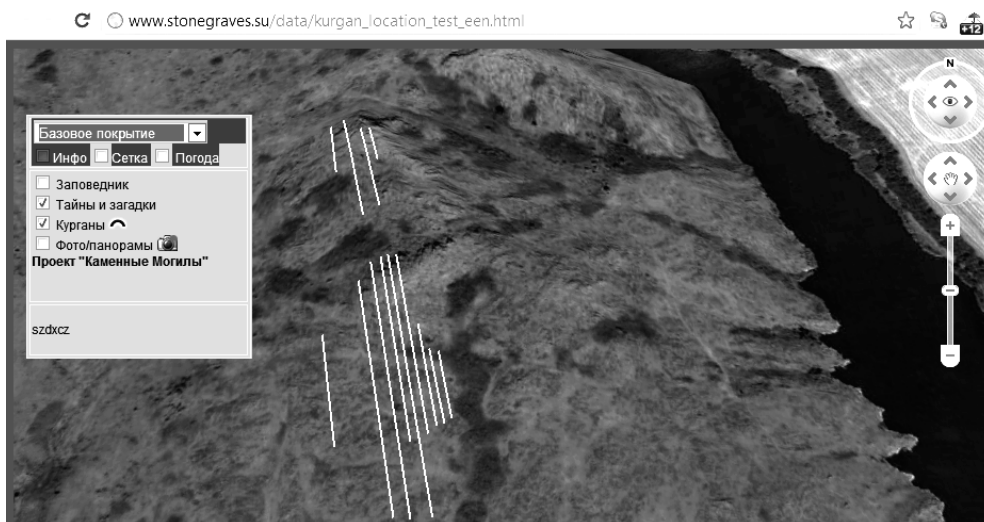


Рис. 4 – Массив линейных полос в юго-восточной части заповедника на космическом снимке в геоинтерфейсе Google Earth и врезка (внизу слева) карты Восточного Приазовья с Мариупольско-Курским (МК) Липецко-Константиновским (ЛК) линеаментами (врезка слева)

Эти линии в описаниях заповедника прежде практически не фигурировали [6]. Попытки обнаружить их на местности сначала успехом не увенчались. Лишь в августе 2010 году в ходе очередной экспедиции линии были выявлены на местности и сфотографированы. Привязка изображения к 3D-модели позволила подтвердить, что речь идёт именно о линиях,

различимых на снимках из космоса. Они представляют собой относительно узкие (шириной преимущественно 1-10 см) прямые полосы, трассированные на своём протяжении растительностью. Природа их связана с проявлением Мариупольско-Курского (МК) линеамента, параллельного аналогичному Липецко-Константиновскому (ЛК) линеаменту (рис. 4, слева). Обе эти структуры сформировались предположительно еще в архейское время (более 2-х млрд. лет назад, т.е. еще до окончательного формирования гранитного массива Каменных могил) [7].

Регулярность выявленных линий требует объяснения и дальнейших исследований. Но их связь с древнейшими линеаментами является практически очевидной. Современные специалисты о природе и особенностях этих образований пишут следующее: «Все больше исследователей приходит к выводу о наличии на Земле систем таких рудоконтролирующих разрывов, в совокупности образующих широкие трансконтинентальные зоны повышенной проницаемости ее коры — линеаменты. Линеаменты — структуры архейского заложения. Глубина заложения главных составляющих их разрывов достигает 700 км. На земной поверхности они образуют ортогонально-диагональную сеть, на континентах представленную зонами сквозьструктурных трансконтинентальных разломов. Протяженность линеаментов на континентах измеряется тысячами километров, ширина колеблется от 50 до 250 км. Расстояния между меридиональными линеаментами ортогональной системы составляет 100–150 км» [8].

В свете изложенного вполне естественно связать линейные структуры Каменных могил с регулярными структурами подобного рода на массиве Айерс Рок в Австралии, расположенными параллельно примерно с таким же шагом.

Ориентация полос на массиве Айерс Рок примерно совпадает с направлением на заповедник «Каменные Могилы», расстояние до которого превышает 13 тыс. км. На новых, более детальных снимках 2011 года в районе «Каменных Могил» удалось обнаружить и другой, менее заметный, массив линий, также ориентированных в направлении на Айерс Рок. Частично связь линеаментов Украины и Австралии подтверждается фактом существования выявленной в последнее время соответствующей глобальной системы (рис. 5).

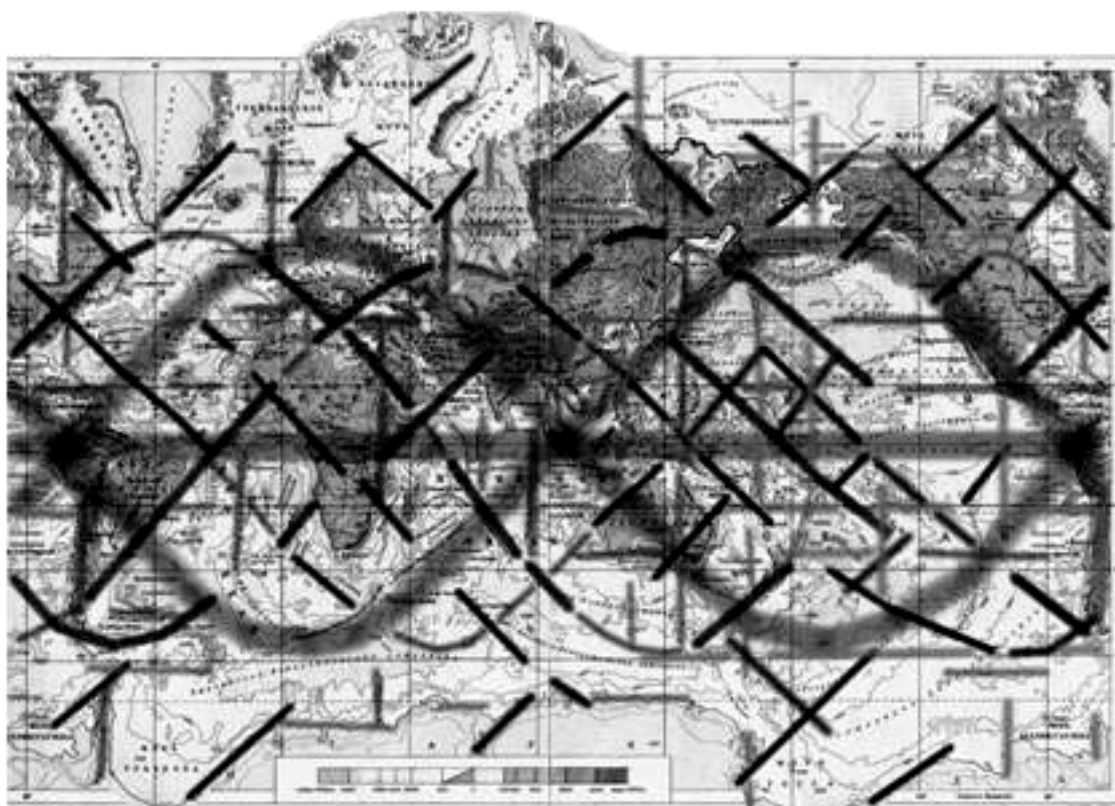


Рис. 5 – Регулярная сеть наиболее крупных линеаментов Земли [9].

Жирным серым выделены линии 1-го порядка, тонким черным – диагональные линии 2-го порядка, тонким серым – ортогональные линии 2-го порядка. Каменные Могилы в Украине и Айерс Рок в Австралии соединяет глобальный линеамент 1-го порядка.

Но еще раз повторим, что природа странной морфологии линейных структур до конца не выяснена и требует дальнейших исследований.

Эффект «антиэрозии»

Одной из достопримечательностей «Каменных Могил» являются полости в скальных породах, традиционно объясняемые эрозионным происхождением. Они обладают интересными морфологическими особенностями – все полости имеют полусферическую форму (иногда искажённую эрозией), примерно одинаковые размеры (порядка десятков сантиметров в поперечнике) и довольно часто необычную локализацию (рис. 6). Например, в некоторых случаях они очень ярко выражены на обращённых вниз поверхностях, сильно метаморфизированы на боковых поверхностях и практически отсутствуют на поверхностях, обращённых вверх. В то же время, гипотеза эрозионного их происхождения предполагает прямо противоположную зависимость выраженности образований от их месторасположения.



Рис. 6 – Полусферические полости и их необычная для эрозионных процессов локализация хорошо различимы даже на представленных в 3D-модели геопривязанных изображениях

Анализ эффекта, получившего условное название «эффект антиэрозии», позволил выдвинуть рабочую гипотезу, способную объяснить наблюдаемую морфологию образований.

Если предположить, что полости образовались в толще гранитных пород заповедника в эпоху их генезиса (согласно некоторым оценкам – около 2 млрд. лет назад), тогда разрушение пород под действием термических, механических, сейсмических сил и нагрузок должно было приводить к их преимущественному разрушению по поверхностям низкой прочности, образованным содержащимися в граните сферическими включениями.

Эта гипотеза объясняет разлом гранита таким образом, что сферы разрушались именно на полусферы, позволяет объяснить сложный и иногда причудливый характер разломов гранита на огромные валуны и отсутствие полусферических полостей на поверхностях, наиболее подверженных ветровой эрозии и иным эрозионным процессам. Одинаковые размеры полостей могут быть объяснены происхождением их из застывших в изначально жидкой среде газовых пузырей, либо биогенными процессами.

Если предлагаемая нами рабочая гипотеза верна (она, очевидно, предварительна, небесспорна и нуждается в критическом анализе и дополнительных исследованиях), возникает небезынттересная во всех отношениях перспектива получения следов газовой или гидросреды, существовавшей на Земле около 2 млрд. лет назад, для лабораторного исследования.

Гипотеза ускоренных процессов оврагообразования

В процессе анализа особенностей расположения курганных комплексов в окрестностях «Каменных Могил» удалось обнаружить признаки аномально быстрого уничтожения исходного рельефа местности растущими оврагами.

Зачастую на идентифицируемые из космоса объекты, в том числе похожие на курганы или цепочки курганов, направлен растущий, иногда на довольно значительном удалении, овраг. При этом присутствуют следы постепенного формирования потоков, заранее обозначающих направление будущего роста кургана.

Скорость роста оврагов в субрегионе удалось оценить по разновременным космоснимкам. Для одного из оврагов она может быть оценена примерно в 6 метров в год (рис. 7-8).

Эффект изменения рельефа процессами оврагообразования благодаря своей скорости и селективному характеру может способствовать существенному изменению морфологии местности.

В ходе критического обсуждения теории с археологами донецкого региона были сформулированы основные направления дальнейшего уточнения и верификации выдвинутой гипотезы: необходимо, в частности, выяснить, какие из идентифицируемых на снимках объектов являются действительно курганами.

Эта работа не может быть проведена исключительно по имеющимся снимкам из-за отсутствия точно локализованных в географическом пространстве схем расположения курганов и требует проведения полевых работ. Их первый цикл намечен на 2012 год.



Рис. 7 – Овраг в окрестностях заповедника на космическом снимке 1980 года



Рис. 8 – Тот же овраг в окрестностях заповедника на космическом снимке 2011 года: за 30 лет рост на 180 метров

Направления дальнейшей работы

Возможность создания точных, визуально достоверных и информационно полных моделей природных феноменов методами неогеографии открывает новые возможности для их изучения, использования в целях устойчивого развития региона, защиты и консервации. В ближайшей перспективе намечено выполнение следующих видов работ:

- наполнение 3D-модели заповедника новым контентом, в том числе – новыми космическими снимками;
- создание сезонно корректного ситуационного контекста на основе разносезонных космических снимков;
- расширение пространственной и временной области имеющихся данных;
- модернизация интерфейса в соответствии с требованиями обеспечения режима Ситуационной Осведомлённости;
- создание 4D-моделей;
- включение в состав модели виртуальных экскурсий – анимированных учебных курсов;

Заключение

Опыт создания 3D-модели заповедника методами неогеографии и реализации с её помощью режима Ситуационной Осведомлённости продемонстрировал возможности нового подхода для научных исследований, позволив уже на первом этапе выявить ряд существенно новых феноменов и эффектов. Работа по их проверке и критическому исследованию может рассматриваться в качестве одного из новых направлений исследовательской работы в заповеднике.

Благодарности

Авторы выражают свою признательность поддерживающим проект компаниям:

- GeoEye (США), предоставившей проекту два космических снимка сверхвысокого разрешения на безвозмездной основе для проведения научных и методических исследований;
- Intergraph | ERDAS, предоставившей комплект специализированного ПО ERDAS IMAGINE/APOLLO/TITAN для обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ);
- ГИА «Иннотер», обеспечившей получение и обработку ДДЗ.

Кроме того, авторы благодарят Александра Евглевского (ДонНУ), Виктора Алёхина (ДонНТУ), Юрия Полидовича и Анатолия Усачука (оба - донецкий областной краеведческий музей) за проявленный интерес к работе, многочисленные критические обсуждения и активную помощь в её организации и проведении.

Список литературы

1. Портал «Каменные Могилы: постижение минувшего», <http://stonegraves.su/>
2. Портал «Неогеография», <http://www.neogeography.su/ru/2010-05-03-17-08-52.html>
3. Аноприенко А.Я., Ерёмченко Е.Н., Семичастный И.Л., Сиренко В.А. Неогеография и Каменные Могилы: предыстория одного открытия, http://stonegraves.su/ru/?page_id=129.
4. Аноприенко А.Я., Ерёмченко Е.Н. Неогеография в контексте эволюции моделей и образов мира // Материалы конференции 10-го юбилейного международного форума «Высокие технологии XXI века», Москва, 21-24 апреля 2009 г. – М.: 2009, с. 473-475.

5. Аноприенко А. Я., Еремченко Е. Н. Неогеография и постбинарный компьютеринг // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем» (МАП-2008). Выпуск 7 (150): Донецк: ДонНТУ, 2008. С. 249-257.
 6. Алехин В. И., Пристинская М. В., Тобиаш В. Э., Койнаш П. В. Неотектоническая активность и проницаемость трещинных структур гранитного массива Каменные могилы // Научные труды Донецкого государственного технического университета. Серия: горно-геологическая. Выпуск 45. – Донецк, ДонГТУ, 2002. – С. 107-112.
<http://masters.donntu.edu.ua/2011/feht/rebenko/library/article05/article5.htm>
 7. Привалов В.А. Блоковая делимость на юге Восточно-Европейской платформы на основе анализа гравиметрических данных и цифровых моделей рельефа // Научные труды Донецкого национального технического университета. Серия «Горно-геологическая». Выпуск 45. 2002. С. 65-72.
 8. Архангельская В.В. Линеаментный метод регионального металлогенического анализа // «Разведка и охрана недр», 2008, №2. С. 13-17, http://www.vims-geo.ru/Downloads/Publ/J1/2008/j1_0208.pdf.
 9. Анохин В.А. Особенности строения планетарной линеаментной сети // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. Санкт-Петербург, 2010, <http://www.dissers.ru/avtoreferati-dissertatsii-geografiya/1/12.php>.
-

Как правильно ссылаться на данный доклад:

Аноприенко А.Я., Ерёмченко Е.Н., Семичастный И.Л., Сиренко В.А. Опыт создания 3D-модели заповедника «Каменные Могилы» методами неогеографии и предварительные результаты исследований // Материалы научно-практического семинара «Каменные могилы – прошлое и современность», посвященного 85-летию заповедника «Каменные могилы». 3 марта 2012 г., Донецк, Донецкий национальный университет.