

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет
Кафедра «Горные работы»

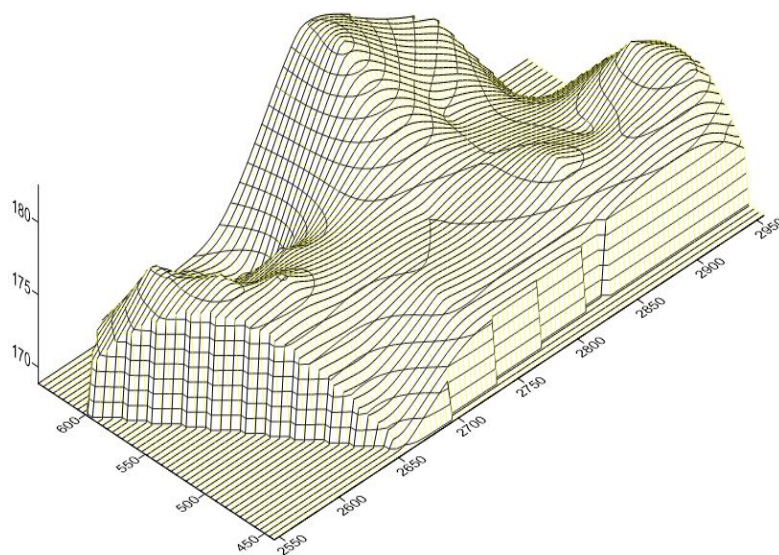
Электронный учебно-методический комплекс
по учебной дисциплине

«ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ»

для студентов специальности

1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых»

по направлениям



Минск БНТУ 2023

Составители: С.Г. Оника

Е.Ю. Нарыжнова

Е.В. Бильдюк

Рецензенты: Г.И. Лютвинюк - кандидат геолого-минералогических наук,
доцент кафедры региональной геологии факультета "Географии
и геоинформатики" БГУ;

А.М. Чижик - зам. главного инженера ОАО "Белгорхимпром".

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) создан для возможности самостоятельного изучения теоретических основ, методов и технологий современных геоинформационных систем, используемых в горном деле, а также для приобретения умений использовать ГИС-пакеты в работе по построению цифровых карт и последующему анализу цифровых моделей массива горных пород.

ЭУМК предназначен как для самостоятельной подготовки студентов очной и заочной формы обучения, так и для проведения практических занятий со студентами, имеющими различный уровень подготовки.

© БНТУ, 2023

© Оника С.Г., Нарыжнова Е.Ю., Бильдюк Е.В. 2023

Пояснительная записка

ЭУМК по учебной дисциплине «Геоинформационные системы в горном деле» представляет собой комплекс систематизированных учебных и методических материалов. Он предназначен для использования в образовательном процессе по специальности 1-51 02 01-«Разработка месторождений полезных ископаемых» по направлениям.

ЭУМК разработан в соответствии с учебной программой по учебной дисциплине «Геоинформационные системы в горном деле» для специальности 1-51 02 01-«Разработка месторождений полезных ископаемых» по направлениям, регистрационный № УД - ФГДЭ 58-127/уч.

Цель ЭУМК – закрепить и углубить знания, полученные студентом на лекционных и практических занятиях при изучении курса дисциплины.

ЭУМК способствует успешному осуществлению учебной деятельности, активному освоению материала, дает возможность осуществлять самостоятельную работу студентов, обеспечивает рациональное распределение учебного времени по темам учебной дисциплины и совершенствование методики проведения занятий.

ЭУМК включает 4 модуля:

1. Теоретический.
2. Практический.
3. Контроль знаний. Содержит задания для проверки усвоенного материала.
4. Вспомогательный. Содержит учебную программу по дисциплине

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 6 |
| ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ..... | 8 |
| 1. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ | 8 |
| 1.1. История развития ГИС..... | 8 |
| 1.2. Принципы работы ГИС..... | 9 |
| 1.3. Задачи цифрового моделирования пространственных объектов..... | 10 |
| 1.4. Перспективы развития ГИС-технологий | 10 |
| 1.5. Аппаратное и программное обеспечение ГИС..... | 11 |
| 2. МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ | 14 |
| 2.1. Типы данных в геоинформационных системах | 14 |
| 2.2. Модель пространственных данных | 16 |
| 3. БАЗЫ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ | 23 |
| 3.1. Создание базы данных | 23 |
| 3.2. Системы управления базами данных в ГИС..... | 24 |
| 4. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ | 28 |
| 4.2. Выбор объектов по запросу..... | 28 |
| 4.3. Геометрические функции | 29 |
| 4.4. Оверлейные операции | 29 |
| 4.5. Построение буферных зон | 29 |
| 4.6. Сетевой анализ..... | 29 |
| 5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ..... | 31 |
| 5.1. TIN модель | 31 |
| 5.2. GRID модель | 33 |
| 5.3. TGRID модель..... | 34 |
| 6. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ | 35 |
| 7. СЕТОЧНЫЕ ФАЙЛЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ..... | 37 |
| 7.1. Основное назначение сеточных файлов..... | 37 |
| 7.2. Применение сеточных функций для построения гипсометрических планов поверхностей..... | 43 |
| 8. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА..... | 44 |
| 9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ..... | 45 |
| 10. ЭТАПЫ И ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИС | 48 |
| ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ | 50 |
| 1. Сбор данных и создание карты основы..... | 51 |
| 2. Создание сеточного файла..... | 54 |
| 2.1. Выбор и обоснование метода построения сети | 54 |
| 2.2. Опции..... | 56 |
| 3. Создание карты изолиний..... | 58 |
| 3.1. Создание свойств линий уровней | 59 |
| 3.2. Создание параметров осей..... | 61 |
| 4. Визуализация поверхности в трехмерном виде, создание каркасной карты..... | 64 |
| 4.1. Визуализация поверхности в трехмерном виде..... | 64 |
| 4.2. Бланкирование сеточного файла..... | 64 |
| 4.3. Создание трехмерной поверхности | 65 |
| 4.4. Создание каркасной карты | 68 |

| | |
|--|------------|
| 5.Профильный разрез | 70 |
| 5.1. Создание файла данных разреза..... | 70 |
| 5.2. Построение профильного разреза | 74 |
| 6.Вычисление объемов и площадей заданных участков месторождения..... | 80 |
| 6.1. Вычисление объемов и площадей с помощью ГИС Surfer | 80 |
| 7.Создание оверлеев | 83 |
| 8. Построение сеточного файла по необходимой функции..... | 84 |
| КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ | 86 |
| ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ..... | 95 |
| ЛИТЕРАТУРА | 110 |

ВВЕДЕНИЕ

[На оглавление](#)

Значимое место в проектной документации, необходимой при строительстве и эксплуатации карьеров, занимают графические приложения, с помощью которых проектируют условия залегания месторождений и решают различные задачи природопользования, требующие иллюстрации. Большинство чертежей основывается на сложных расчетах, выполнение которых традиционными методами трудоемко и при этом неэффективно. Поэтому для более быстрого выполнения необходим современный подход, основой которого являются геоинформационные системы (ГИС).

Внедрение в практику современных геоинформационных систем позволяет значительно сократить время на процесс обработки информации, повысить оперативность и точность принимаемых решений в задачах формирования двух- и трехмерных моделей залежей полезных ископаемых, подсчета объемов вскрышных пород и полезного ископаемого, а также планирования горных работ.

Даже на ранних стадиях разведки цифровые модели месторождений полезных ископаемых могут изменить существующие представления о геологическом строении изучаемого объекта. Трехмерная геолого-математическая модель дает возможность отображения всей совокупности привлеченной для ее создания информации, что существенно отличается от таких традиционных форм представления геологических данных, таких как двумерные карты и разрезы.

Геоинформационные системы - название систем, назначением которых является сбор, хранение и анализ данных пространственного характера, а также их графическая визуализация. ГИС относится к компьютерным технологиям нового поколения. Гибкость и открытость ГИС-технологий позволяют создавать системы для поддержки принятия решений.

Планирование горных работ связано со значительным объемом вычислений площадей и объемов горных работ, выполнение которых традиционными методами трудоемко и неэффективно. Для решения вопросов планирования горных работ в современных геоинформационных системах (ГИС) создаются геологические модели, для чего используют

информацию о залегании месторождений, получаемую при бурении разведочных выработок. Сеточные файлы создаются из экспериментальных данных описывающих поверхности с тремя измерениями (x, y, z) . В узловых точках сети с использованием математических методов вычисляются значения функции поверхности.

Учебное пособие предназначено для студентов вузов, обучающихся по специальности «Разработка месторождений полезных ископаемых».

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1. Геоинформационные технологии в горном деле

1.1. История развития ГИС

[На оглавление](#)

Геоинформатика как наука находится на слиянии двух быстро развивающихся областей: информатики и науки о Земле. Сегодня исследования в этой области используют все новейшие методы вычислительной математики и компьютерной обработки больших объемов данных наблюдения Земли, реализуемые через географические информационные системы (ГИС), которые привлекают все большее внимание государства, промышленности и научно-исследовательских организаций.

Одно из первых определений ГИС в русской литературе гласит:

" ГИС - это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных, интеграцию данных и знаний о территории для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением природной средой и территориальной организацией общества ".

Термин ГИС часто употребляется и в других значениях, он обозначает:

1. программное средство,
2. программный продукт,
3. ГИС-пакет, обеспечивающий функционирование ГИС как системы (ГИС Arc View, ГИС IDRISI).

Географическая информационная система (ГИС) - это информационная система, обеспечивающая сбор, хранение, обработку, анализ и отображение пространственных данных и связанных с ними непространственных, а также получение на их основе информации и знаний о географическом пространстве.

Преимущество ГИС в том, что она позволяет рассматривать объекты в их географическом окружении и исследовать взаимосвязи между объектами, а изучение взаимосвязей и взаимозависимостей - основа географического моделирования. Возможности ГИС для быстрого и точного совмещения различных срезов информации становятся действенным инструментом ее анализа. Для географии ГИС-технологии -

это только набор средств, по-разному применяемых специалистами для решения задач, но более важно понимание того, каким должен быть этот набор и как с его помощью повысить эффективность анализа и познания действительности. Ключевыми словами в определении ГИС являются - анализ пространственных данных.

1.2. Принципы работы ГИС

[На оглавление](#)

Появление в последние годы массового интереса к построению ГИС требует выработки принципов оценки создаваемых информационных систем, их классификации, определения потенциальных возможностей. В определенной мере это возможно при выработке требований к идеальной ГИС:

1. Возможность обработки массивов покомпонентной гетерогенной пространственно-координированной информации.
2. Способность поддерживать базы данных для широкого класса географических объектов.
3. Возможность диалогового режима работы пользователя.
4. Гибкая конфигурация системы, возможность быстрой настройки системы на решение разнообразных задач.
5. Способность «воспринимать» и обрабатывать пространственные особенности геоэкологических ситуаций.

Разработка ГИС включает этап проектирования структуры, определения целей и задач, потенциальных пользователей. Проектирование ГИС, как сложной информационной системы, требует использования методов системного анализа, с помощью которых решаются следующие задачи:

- построение концептуальной модели ГИС, определение ее подсистем, характера взаимосвязи между ними;
- структуризация географической информации с учетом специфики обработки, хранения и представления на ЭВМ и автоматических устройствах;
- определение этапов преобразования и обработки, поступающей природной и социально-экономической информации;
- создание человеко-машинных систем для математического моделирования природных и социально-экономических процессов в структуре ГИС.

1.3. Задачи цифрового моделирования пространственных объектов

[На оглавление](#)

Трехмерные ГИС часто называют виртуальными. Виртуальная ГИС может решать практически все задачи, которые на данный момент реализованы в традиционных ГИС. Таким образом, она может использоваться для городского планирования, оценки состояния растительности, почв, водных путей или дорожных участков, предсказания наводнений и многих других задач. Кроме того, возможность получения детального трехмерного вида отдельных объектов и территорий с любой точки открывает новые перспективы для пользователей ГИС.

Проектировщики новых зданий и сооружений могут получить комплексный трехмерный вид ландшафта с предполагаемого места строительства объекта или виртуальный снимок спроектированного сооружения с соседнего здания. Архитекторы могут увидеть макет улиц, зданий и парков и, таким образом, определить границы строительных площадок, возможность возникновения дорожных пробок, оценить освещенность улицы в дневное и ночное время и т.д. С помощью базы данных (БД) ГИС представляется возможным рациональное проектирование размещения торговых точек, школ, детских садов, культурных центров, водопроводных магистралей и множества других социально значимых объектов.

Использование виртуальных ГИС позволит службам МЧС, скорой, аварийной и пожарной помощи немедленно получить трехмерный вид территории, откуда поступил сигнал о бедствии, и соответствующую информацию из БД ГИС о событиях, например, где на предполагаемом пути их следования возникли проблемы с движением из-за строительства или перегруженности дороги.

Опыт выполнения работ по трехмерному лазерному сканированию и моделированию различных по назначению и сложности объектов позволил сделать вывод о следующих достоинствах трехмерных моделей по сравнению с традиционной картой или планом.

1.4. Перспективы развития ГИС-технологий

[На оглавление](#)

ГИС - одна из самых перспективных информационных технологий, современная компьютерная техника, новейшие программные разработки, нетрадиционные подходы. ГИС-технология по сути объединяет в себе

цифровую обработку изображений, машинную графику с технологией баз данных. Это позволяет исследователю или практику выполнять широкий спектр действий, связанных с получением, обработкой, хранением и анализом информации. Такие технологии отличаются высокой гибкостью и доступностью для различных специалистов.

Будущее за ГИС-технологиями с элементами искусственного интеллекта на базе интеграции ГИС и экспертных систем. Преимущества такого симбиоза вполне очевидны: экспертная система будет содержать в себе знания эксперта в конкретной области и может использоваться как решающая или советующая система. Современный статус новых компьютерных геотехнологий определяется крупными государственными программами, зарубежными инвестициями, направленными на широкое использование аэрофотоснимков и космических снимков, цифровых карт, визуализации баз данных.

Политические и экономические условия жизни государства, необходимость гарантировать частным и юридическим лицам владение землей, обеспечивать взимание налогов стало основанием для создания и развития земельного кадастра всей страны. Это компьютерная база данных, хранящая информацию о каждом землевладельце с подробной характеристикой его земельной собственности и недвижимости, а также сведения о воздушных и морских судах, состоянии и использовании природных ресурсов, инженерной деятельности, экологии.

1.5. Аппаратное и программное обеспечение ГИС

[На оглавление](#)

К основным компонентам ГИС относят: техническое, программное, информационное обеспечение. Требования к компонентам ГИС определяются, в первую очередь, пользователем, перед которым стоит конкретная задача (учет природных ресурсов, либо управление инфраструктурой города), которая должна быть решена для определенной территории, отличающейся природными условиями и степенью ее освоения.

Техническое обеспечение

Техническое обеспечение – это комплекс аппаратных средств, применяемых при функционировании ГИС: рабочая станция или персональный компьютер (ПК), устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникации.

Рабочая станция или ПК являются ядром любой информационной

системы и предназначены для управления работой ГИС и выполнения процессов обработки данных, основанных на вычислительных или логических операциях. Современные ГИС способны оперативно обрабатывать огромные массивы информации и визуализировать результаты.

Ввод данных реализуется с помощью разных технических средств и методов: непосредственно с клавиатуры, с помощью дигитайзера или сканера, через внешние компьютерные системы. Пространственные данные могут быть получены электронными геодезическими приборами, непосредственно с помощью дигитайзера и сканера, либо по результатам обработки снимков на аналитических фотограмметрических приборах или цифровых фотограмметрических станциях.

Устройства для обработки и хранения данных сконцентрированы в системном блоке, включающем в себя центральный процессор, оперативную память, внешние запоминающие устройства и пользовательский интерфейс.

Устройства вывода данных должны обеспечивать наглядное представление результатов, прежде всего на мониторе, а также в виде графических оригиналов, получаемых на принтере или плоттере (графопостроителе), кроме того, обязательна реализация экспорта данных во внешние системы.

Программное обеспечение

Программное обеспечение – совокупность программных средств, реализующих функциональные возможности ГИС, и программных документов, необходимых при их эксплуатации.

Структурно программное обеспечение ГИС включает *базовые и прикладные программные средства*.

Базовые программные средства включают: операционные системы (ОС), программные среды, сетевое программное обеспечение и системы управления базами данных. Операционные системы предназначены для управления ресурсами ЭВМ и процессами, использующими эти ресурсы. На настоящее время основные ОС: Windows и Unix.

Любая ГИС работает с данными двух типов данных - пространственными и атрибутивными. Для их ведения программное обеспечение должно включить систему управления базами тех и других данных (СУБД), а также модули управления средствами ввода и вывода данных, систему визуализации данных и модули для выполнения пространственного анализа.

Прикладные программные средства предназначены для решения специализированных задач в конкретной предметной области и реализуются в виде отдельных *приложений* и *утилит*.

Информационное обеспечение

Информационное обеспечение - совокупность массивов информации, систем кодирования и классификации информации. Информационное обеспечение составляют реализованные решения по видам, объемам, размещению и формам организации информации, включая поиск и оценку источников данных, набор методов ввода данных, проектирование баз данных, их ведение и метасопровождение. Особенность хранения пространственных данных в ГИС – их разделение на слои. Многослойная организация электронной карты, при наличии гибкого механизма управления слоями, позволяет объединить и отобразить гораздо большее количество информации, чем на обычной карте. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные могут подготавливаться самим пользователем либо приобретаться. Для такого обмена данными важна инфраструктура пространственных данных.

Инфраструктура пространственных данных определяется нормативно-правовыми документами, механизмами организации и интеграции пространственных данных, а также их доступность разным пользователям. Инфраструктура пространственных данных включает три необходимых компонента: базовую пространственную информацию, стандартизацию пространственных данных, базы метаданных и механизм обмена данными.

2. МОДЕЛИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

[На оглавление](#)

Пространственный объект определяется как цифровая модель материального или абстрактного объекта реального или виртуального мира с указанием его идентификатора, координатных и атрибутивных данных.

Все данные, вводимые в ГИС, которые в дальнейшем хранятся там и в дальнейшем обрабатываются, носят название **пространственных или географических данных**. Все они снабжены указанием на их локализацию в пространстве с помощью позиционных атрибутов, благодаря чему в ГИС допускаются и выполняются операции пространственного анализа пространственных данных и моделирования. С другой стороны, введение атрибута «пространство» в описание (цифровое представление) данных об объекте порождает ряд проблем, в первую очередь связанных с вводом данных в компьютерную среду и с оперированием ими.

Каким образом могут быть позиционированы объекты реального мира (местности, территории и т. п.)?

Объекты реального мира, рассматриваемые в ГИС, отличаются пространственными, временными и тематическими характеристиками.

Пространственные характеристики определяют положение объекта в заранее определенной системе координат, основное требование к таким данным – точность.

Временные характеристики фиксируют время исследования объекта и важны для оценки изменений свойств объекта с течением времени. Основное требование к таким данным – актуальность, что означает возможность их использования для обработки, неактуальные данные – это устаревшие данные.

Тематические характеристики описывают разные свойства объекта, включая экономические, статистические, технические и другие свойства, основное требование – полнота.

2.1. Типы данных в геоинформационных системах

Для представления пространственных объектов в ГИС используют **пространственные и атрибутивные типы данных**.

Пространственные данные – сведения, которые характеризуют местоположение объектов в пространстве относительно друг друга и их геометрию.

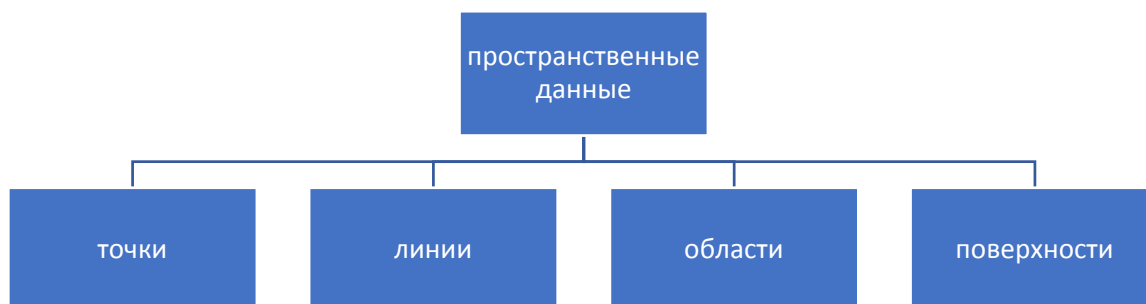


Рисунок 1. Графические примитивы пространственных данных

Пространственные данные представляют с помощью следующих графических объектов: точки, линии, области и поверхности.

Точечные объекты – это такие объекты, каждый из которых расположен только в одной точке пространства, представленной парой координат X, Y . В зависимости от масштаба картографирования, в качестве таких объектов могут рассматриваться скважина, дерево, дом.

Линейные объекты, представлены как одномерные, имеющие одну размерность – длину, ширина объекта не выражается в данном масштабе или не существенна по отношению к длине. Примеры таких объектов: реки, горизонтали поверхности.

Области (полигоны) – площадные объекты, представляются набором пар координат (X, Y) или набором объектов типа линия, представляющих собой замкнутый контур. Такими объектами могут быть представлены территории, занимаемые определенным ландшафтом, городом или целым континентом.

Поверхность - при ее описании требуется добавление к площадным объектам значений высоты. Восстановление поверхностей осуществляется с помощью использования математических алгоритмов (интерполяции и аппроксимации) по исходному набору координат X, Y, Z .

Дополнительные непространственные данные об объектах образуют

набор атрибутов.

Атрибутивные данные - это качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражающиеся, как правило, в алфавитно-цифровом виде.

Примеры таких данных: географическое название, видовой состав растительности, характеристики почв и т.п.

Природа пространственных и атрибутивных данных различна, соответственно различны и методы манипулирования (хранения, ввода, редактирования, поиска и анализа) для двух этих составляющих геоинформационной системы. Одна из основных идей, воплощенных в традиционных ГИС - это сохранение связи между пространственными и атрибутивными данными, при раздельном их хранении и, частично, раздельной обработке[лайкин]

Общее цифровое описание пространственного объекта включает:

- имя;
- указание местоположения;
- набор свойств;
- отношения с другими объектами.

Однотипные объекты по пространственному и тематическому признакам объединяются в слои цифровой карты, которые рассматриваются как отдельные информационные единицы, при этом существует возможность совмещения всей имеющейся информации.

2.2. Модель пространственных данных

Представление пространственных данных или *модель пространственных данных* – это способ цифрового описания пространственных объектов, тип структуры пространственных данных (способ структурного описания исходных данных).

Наиболее универсальными и употребительными из моделей пространственных данных являются:

- растровое представление;
- векторное представление;
- регулярно-ячеистое представление;
- квадротомическое представление (квадродерево).

В свою очередь, векторное представление делится на векторно-

нетипологическое (модель «спагетти») и векторно-топологическое представления. К менее распространённым или применяемым для представления пространственных объектов определённого типа относятся также:

- гиперграфовая модель;
- модель типа TIN и ее многомерные расширения;
- гибридные модели представления пространственных данных.

Растровая структура данных предполагает представления данных в виде двумерной сетки, каждая ячейка которой содержит только одно значение, которое характеризует объект. В качестве такой характеристики задается код (например, 1-лес, 2-луг и т.д. (рис. 2), высота или оптическая плотность. Точность растровых данных ограничивается размером ячейки. Такие структуры являются удобным средством анализа и визуализации разного рода информации.

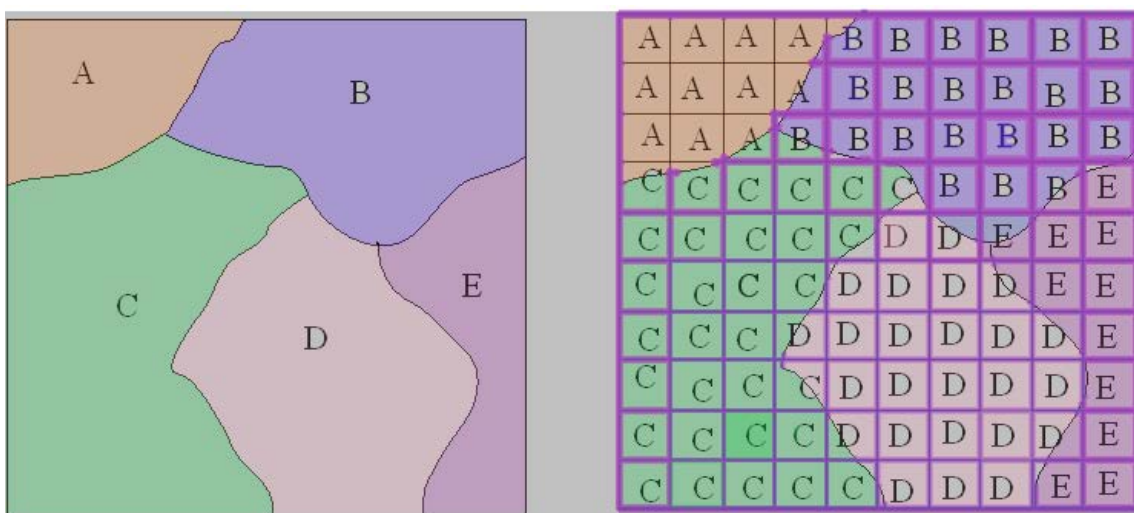


Рис. 2. Растровая структура данных

Для растровых моделей существует ряд характеристик:

- разрешение
- значение
- ориентация
- зоны
- положение

Разрешение -минимальный линейный размер наименьшего участка поверхности, отображаемый одним пикселем.

Ориентация – угол α между направлением на север и положением колонок растра (рис. 3).

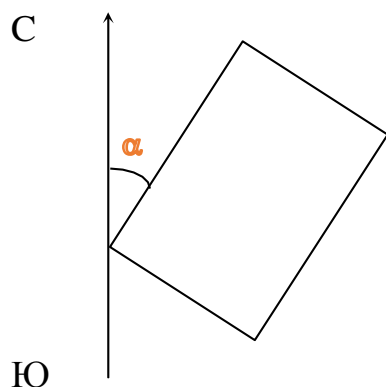


Рис 3. Ориентация растра

Зона растровой модели включает соседствующие друг с другом ячейки, имеющие одинаковое значение. Зоной могут быть отображения отдельных объектов, природных явлений, а также группы объектов.

Для указания всех зон с одним и тем же значением применяется класс зон.

Положение обычно задается упорядоченной парой координат, которые определяют положение каждого элемента отображаемого пространства в растре. В качестве пары координат используется номер строки и номер столбца.

Векторная структура – это представление пространственных объектов в виде набора координатных пар (векторов), описывающих геометрию объектов (рис.4).

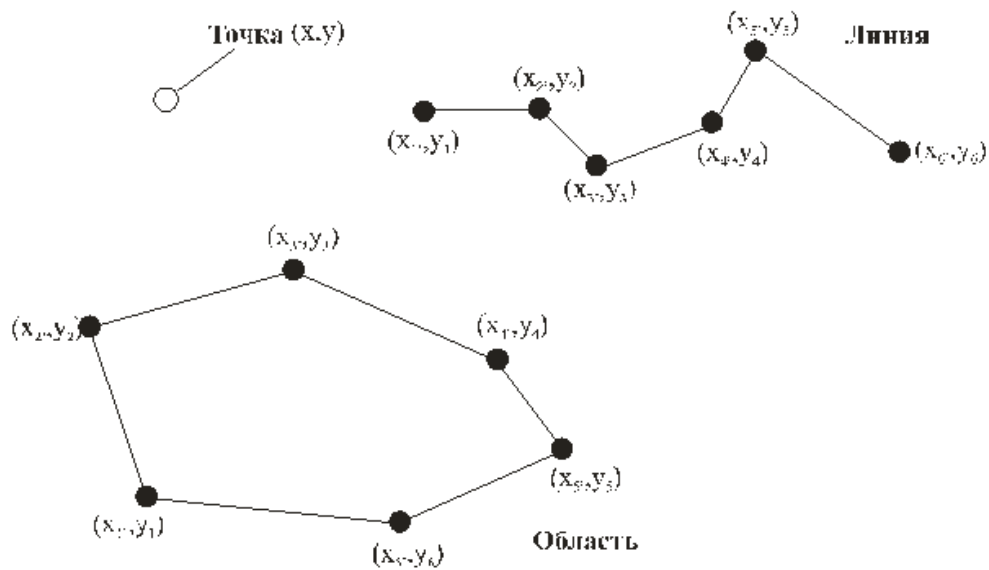
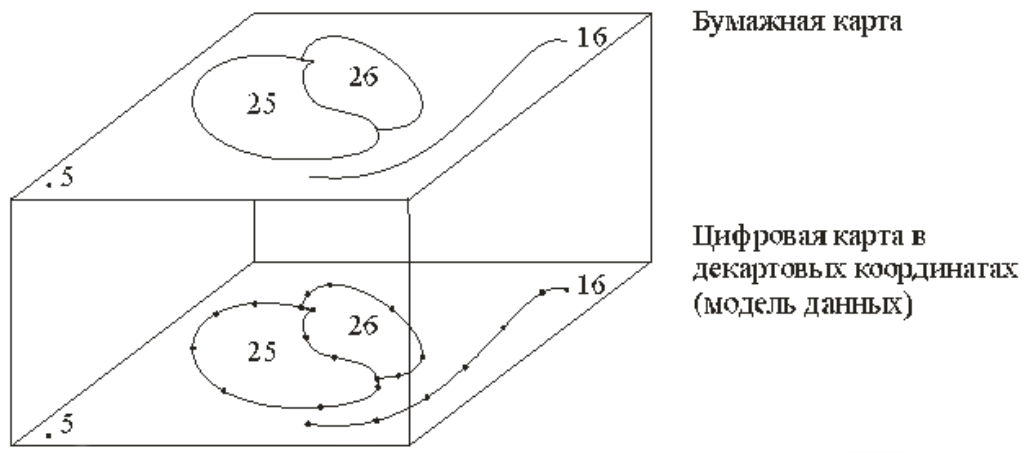


Рис. 4. Векторное представление пространственных данных

Если векторное представление пространственных объектов в виде набора координатных пар ведётся с описанием только геометрии линейных и полигональных объектов, то это **нетопологическое векторное представление** таких объектов (модель «спагетти



»).

Рис. 5. «Спагетти»-модель

В этом случае переводится «один в один» графическое изображение карты.

| Объект | номер | Положение |
|---------|-------|---|
| Точка | 5 | Одна пара координат (x,y) |
| Линия | 16 | Набор пар координат (x,y) |
| Область | 25 | Набор пар координат (x,y), первая и последняя совпадают |

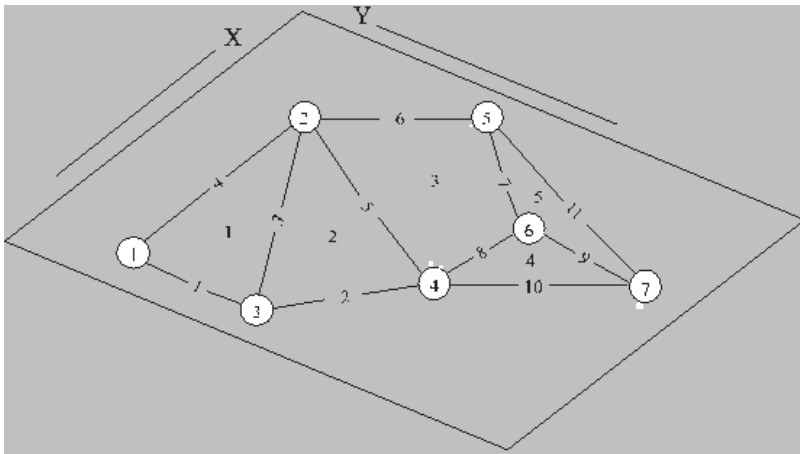
В этой модели не содержится описания отношений между объектами, каждый геометрический объект хранится отдельно и не связан с другими, например, общая граница объектов 25 и 26 записывается дважды, хотя с помощью одинакового набора координат. Все отношения между объектами должны вычисляться независимо, что затрудняет анализ данных и увеличивает объем хранимой информации.

Если векторная модель данных учитывает и геометрию объектов и их топологические отношения, то это *векторно-топологическое* представление пространственных объектов.

Векторные топологические модели (рис. 5) содержат сведения о соседстве, близости объектов и другие, характеристики взаимного расположения векторных объектов.

Топологическая информация описывается набором узлов и дуг.

Узел - это пересечение двух или более дуг. Номер узла используется для ссылки на любую дугу, которой он принадлежит. Каждая дуга начинается и заканчивается либо в точке пересечения с другой дугой, либо в узле, не принадлежащем другим дугам. Дуги образуются последовательностью отрезков, соединённых промежуточными точками. В этом случае каждая линия имеет два набора чисел: пары координат промежуточных точек и номера узлов. Кроме того, каждая дуга имеет свой идентификационный номер, который используется для указания того, какие узлы представляют её начало и конец.



| Файл узлов | | |
|------------|--------------|--------------|
| Номер дуги | Координата X | Координата Y |
| 1 | 19 | 6 |
| 2 | 15 | 15 |
| 3 | 27 | 13 |
| 4 | 24 | 19 |

| Файл областей | |
|-----------------|------------|
| Номера областей | Список дуг |
| 1 | 1, 4, 3 |
| 2 | 2, 3, 5 |
| 3 | 5, 6, 7, 8 |

| Файл дуг | | | | |
|------------|----------------|---------------|----------------|---------------|
| Номер Дуги | Правый полигон | Левый полигон | Начальный Узел | Конечный Узел |
| 1 | 1 | 0 | 3 | 1 |
| 2 | 2 | 0 | 4 | 3 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 4 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| 5 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| 6 | 3 | 0 | 2 | 5 |

Рис. 5. Векторная топологическая модель данных

Регулярно-ячейчатое представление пространственных объектов путем соотнесения объектов с территориальными регулярными ячейками некоторых сетей – это модель, используемая в первых геоинформационных проектах. Этот подход включает разбиение территории на ячейки правильной геометрической формы (прямоугольной, квадратной, треугольной и т.п.) в некоторой системе координат. Размер ячеек зависит от того, с какой детальностью мы хотим описать территорию. Сеть может строиться на плоскости или поверхности эллипсоида, в последнем случае регулярными ячейками являются сферические трапеции заданного углового размера. Размеры ячеек могут быть различными и определяются требуемым пространственным разрешением.

Наиболее часто употребляемыми регулярными плоскими моделями являются квадрат и треугольник (рис. 6). Треугольники служат также хорошей основой для создания выпуклых (сферических) покрытий.

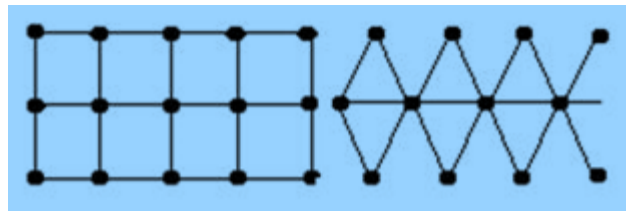


Рис. 6 Типы регулярных моделей

Квадратомическое представление данных или квадродерево – это модель представления пространственных объектов в виде иерархической древовидной структуры, основанной на декомпозиции пространства на квадратные участки или квадратные блоки (квадранты), каждый из которых делится рекурсивно на 4 вложенных до достижения некоторого уровня – числа Мортон, обеспечивающего требуемую детальность описания объектов, эквивалентную разрешению раstra. Квадратомическое представление данных еще называют «дерево квадратов», «Q-дерево» и «4-дерево» (рис 7).



Рис 7. Квадратомическая модель

3. БАЗЫ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

[На оглавление](#)

3.1. Создание базы данных

Совокупность цифровых данных о пространственных объектах образует множество пространственных данных и составляет содержание баз данных.

База данных (БД) – совокупность данных организованных по определенным правилам, устанавливающим общие принципы описания, хранения и манипулирования данными.

Создание БД и обращение к ней (по запросам) осуществляется с помощью системы управления базами данных (СУБД).

Логическая структура элементов базы данных определяется выбранной моделью БД. Наиболее распространенными моделями БД являются иерархические, сетевые и реляционные, и объектно-ориентированные.

Иерархические модели представляют древовидную структуру, в этом случае каждая запись связана только с одной записью, находящейся на более высоком уровне.

Такая система хорошо иллюстрируется системой классификации растений и животных. Примером может также служить структура хранения информации на дисках ПК. Главное понятие такой модели уровень. Количество уровней и их состав зависит от принятой при создании БД классификации. Доступ к любой из этих записей осуществляется путем прохода по строго определенной цепочке узлов. При такой структуре легко осуществлять поиск нужных данных, но если изначально описание неполное, или не предусмотрен какой-либо критерий поиска, то он становится невозможным. Для достаточно простых задач такая система эффективна, но она практически непригодна для использования в сложных системах с оперативной обработкой запросов.

Сетевые модели были призваны устранить некоторые из недостатков иерархических моделей. В сетевой модели каждая запись в каждом узле сети может быть связана с несколькими другими узлами. Записи, входящие в состав сетевой структуры, содержат в себе указатели, определяющие местоположение других записей, связанных с ними. Такая модель позволяет ускорить доступ к данным, но изменение структуры базы требует значительных усилий и времени.

Реляционные модели собирают данные в унифицированные таблицы. Таблице присваивается уникальное имя внутри БД. Каждый столбец - это поле, имеющее имя, соответствующее содержащемуся в нем атрибуту. Каждая

строка в таблице соответствует записи в файле. Одно и то же поле может присутствовать в нескольких таблицах. Так как строки в таблице не упорядочены, то определяется один или несколько столбцов, значения которых однозначно идентифицируют каждую строку. Такой столбец называется первичным ключом. Взаимосвязь таблиц поддерживается внешними ключами. Манипулирование данными осуществляется при помощи операций, порождающих таблицы. Пользователь может легко заносить в базу новые данные, комбинировать таблицы, выбирая отдельные поля и записи, и формировать новые таблицы для отображения на экране.

Объектно-ориентированные модели применяют, если геометрия определенного объекта способна охватывать несколько слоев, атрибуты таких объектов могут наследоваться, для их обработки применяют специфические методы.

Для обработки данных, размещенных в таблицах необходимы дополнительные сведения о данных, их называют метаданными.

Метаданные - данные о данных: каталоги, справочники, реестры и иные формы описания наборов цифровых данных.

К каждой базе данных предъявляется ряд основных требований:

- согласованность по времени (все данные, находящиеся в базе должны быть актуальными).
- полнота (база данных должна включать полный объем необходимой информации для создания необходимых компонентов ГИС)
- позиционно точной (строго совместима со всеми данными, которые могут в дальнейшем добавляться в нее)
- достоверной
- доступной

В процессе создания базы данных выделяется три основных этапа: концептуальный, логический и физический. На концептуальном уровне решается первоначальный вопрос отображения объектов (описание исследуемых объектов, способ их представления в базе данных, размер, первоначальные источники). Логический уровень, в свою очередь, определяется программными средствами, которые имеются на данный момент. Он включает содержание базы данных и разработку логической структуры элементов базы данных. Физический уровень связан с аппаратными и программными средствами.

3.2. Системы управления базами данных в ГИС

СУБД представляет собой три взаимосвязанные компонента:

- командный язык для выполнения требуемых операций с данными (ввод, вывод, модификация);
- интерпретирующую систему (или компилятор) для обработки команд и перевода их на язык машины;
- интерфейс пользователя для формирования запросов к БД (выборки нужных данных).

Основное назначение СУБД заключается в обеспечении пользователя программными средствами, которые дают первоочередную возможность оперировать данными, выполнять функции по управлению хранением и использованием этих данных.

Среди основных функций СУБД принято выделять [Дейт, 1988]:

- управление данными во внешней памяти, структурируя ее как для хранения данных в БД, так и для служебных целей, например, убыстрения доступа к данным;
- управление буферами оперативной памяти, создаваемыми для устранения зависимости от скорости работы устройств внешней памяти;
- операции над БД, заключающиеся в обеспечении эффективности управления *транзакциями*; под транзакцией понимается неделимая с точки зрения воздействия на БД последовательность операций манипулирования данными, рассматриваемая СУБД как единое целое; понятие транзакций важно для сохранения логической целостности БД, особенно многопользовательской;
- обеспечение надежности хранения данных в БД — одно из основных требований к СУБД, заключающееся в способности СУБД восстанавливать ее состояние после аппаратного или программного сбоя;
- поддержка специального языка управления БД; в современных СУБД — это единый интегрированный язык, содержащий все необходимые средства для работы с БД, начиная от ее создания, и обеспечивающий пользовательский интерфейс с базами данных.

В некоторых СУБД используются возможности файловых систем, в других работа производится на уровне функционирования устройств внешней памяти. Обычно в СУБД создается собственная система именования объектов БД и обеспечивается два уровня работы с данными: внешний, предназначенный для пользователя и соответствующий модели системы, и внутренний — доступный проектировщикам и администраторам базы данных при осуществлении физического размещения и оперирования объектами БД.

Языковые средства СУБД в совокупности с операциями над БД

поддерживают различные операции с данными, включая ввод, хранение, манипулирование, обработку запросов, поиск, выборку, сортировку, обновление, сохранение целостности и защиту данных от несанкционированного доступа или потери.

В большинстве ГИС для создания физической структуры пространственных БД используют два вида моделей — *файловую* и *геореляционную* (название введено ESRI). Файловая модель, унаследованная от систем автоматизированного проектирования (САПР, САД), позволяет хранить геометрические образы объектов — точки, линии и полигоны, растры, но атрибуты могут быть показаны или выбраны только с использованием графических представлений слоев карт или надписей.

Геореляционная модель больше соответствует задаче хранения географической информации, поскольку в ней позиционная (пространственная) информация скомбинирована с атрибутивной (семантической): наборы координат, сопровождаемые идентификатором объекта, хранятся в *индексированных* файлах, а атрибуты — в таблицах, число строк которых равно числу «геометрических» объектов в файлах с координатами. Каждый столбец(поле) содержит значения общих атрибутов объектов, а связи между файлами и атрибутивными таблицами устанавливаются программно с помощью отдельного поля, содержащего идентификаторы (ID) объектов. Идентификатором может быть указание типа геометрии объекта (точка, линия, полигон), числовой номер или буквенно-цифровой индекс. В разных коммерческих ГИС-пакетах установлены свои правила работы с координатными файлами. Разделение способов хранения координатной и атрибутивной информации вынужденно — наборы координатных пар для представления разных географических объектов имеют разные объемы и не могут быть представлены в поле таблицы аналогично атрибутам.

Структура геореляционной модели определяется выбором *системы управления базой данных (СУБД) реляционного типа*,

которая больше всего подходит для ГИС благодаря простоте ее организации и возможности удобного хранения многопараметрической географической информации в одной таблице или системе связанных таблиц. Гибкий подход к связям между таблицами и их строками приближает к моделированию сложных пространственных взаимосвязей между пространственными объектами. Реляционные базы данных позволяют разработчикам ГИС разделить проблему управления пространственными данными на две части: как представлять геометрию объектов и топологию пространственных объектов (вектор или растр) и как работать с атрибутами этих объектов.

Основные преимущества реляционных СУБД в ГИС таковы:

- нет необходимости хранить атрибуты с пространственными данными, но они всегда могут содержаться где-нибудь в системе или поставляться, например, по сети;
- атрибуты могут быть изменены или удалены без изменения пространственной БД;
- коммерческие реляционные СУБД стандартны и могут управляться стандартными запросами;
- хранение атрибутивных данных в реляционных БД не противоречит основным принципам слоев в ГИС;
- атрибуты могут быть привязаны к пространственным единицам и представлены разными способами.

Реляционные СУБД обладают рядом особенностей, влияющих на организацию внешней памяти.

К наиболее важным можно отнести следующие:

- наличие двух уровней системы: уровня непосредственного управления данными во внешней памяти и языкового уровня (например, уровня, реализующего язык SQL); тогда подсистема нижнего уровня должна поддерживать во внешней памяти набор базовых структур, конкретная интерпретация которых входит в число функций подсистемы верхнего уровня;
- информация, связанная с именованием объектов базы данных и их конкретными свойствами (например, структура ключаиндекса), поддерживается подсистемой языкового уровня;
- регулярность структур данных во внешней памяти, поскольку основным объектом реляционной модели данных является плоская таблица;
- для операций языкового уровня над одним или несколькими отношениями во внешней памяти поддерживаются дополнительные «управляющие» структуры — индексы;
- для выполнения требования надежного хранения баз данных поддерживается избыточность хранения данных во внешней памяти.

4. АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

[На оглавление](#)

К средствам пространственного анализа относятся различные операции с пространственными и атрибутивными данными, которые выполняются при обработке запросов пользователей. К ним относятся, например, послойное наложение графических объектов друг на друга, средства анализа сетевых структур или выделения каких-либо объектов по заданным признакам.

Для каждой геоинформационной системы характерен свой набор средств пространственного анализа, обеспечивающий решение специфических задач пользователя. Но, в тоже время, можно выделить ряд основных функций, свойственных практически каждому ГИС-пакету, например, такие как организация выбора и объединения объектов в соответствии с заданными условиями, реализация операций вычислительной геометрии, анализ наложений, построение буферных зон и сетевой анализ.

Рассмотрим каждый из них подробнее.

4.2. Выбор объектов по запросу.

Самой простой формой запроса является получение характеристик объекта, на который наводится курсор и такая же обратная операция, когда изображаются объекты по заданным атрибутам. Более сложные запросы позволяют выбирать объекты по нескольким признакам, например, по признаку удаленности одних объектов от других, совпадающие объекты, но расположенные в разных слоях и т. д.

Для выбора данных в соответствии с определенными условиями используются SQL-запросы. Для выполнения запросов разной сложности реализованы возможности использования при составлении запросов математических и статистических функций, а также географических операторов, позволяющих выбирать объекты на основании их взаимного расположения в пространстве (например, находится ли анализируемый объект внутри другого объекта или пересекается с ним).

Обобщение данных может проводиться по равенству значений определенного атрибута, в частности для зонирования территории. Еще один способ группировки – объединение объектов одного тематического слоя в соответствии с их размещением внутри полигональных объектов других тематических слоев.

4.3. Геометрические функции

К основным геометрическим функциям относятся расчеты геометрических характеристик объектов или их взаимного положения в пространстве, при этом используются формулы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве. Так для площадных объектов вычисляются занимаемые ими площади или периметры границ, для линейных - длины, а также расстояния между объектами и т.д.

4.4. Оверлейные операции

Оверлейные операции (топологическое наложение слоев) являются одними из самых распространенных и эффективных средств. В результате наложения двух тематических слоев образуется другой дополнительный слой в виде графической композиции исходных слоев. Учитывая, что анализируемые объекты могут относиться к разным типам (точка, линия, полигон), возможны разные формы анализа: точка на точку, точка на полигон и т.д. Наиболее часто анализируется совмещение полигонов.

4.5. Построение буферных зон

Одним из средств анализа близости объектов является построение буферных зон. Буферные зоны – это районы (полигоны), граница которых отстоит на заданном расстоянии от границы исходного объекта. Границы таких зон вычисляются на основе анализа соответствующих атрибутивных характеристик. При этом ширина буферной зоны может быть, как постоянной, так и переменной. Например, буферная зона вокруг источника электромагнитного излучения, будет иметь форму круга, а зона загрязнения от дымовой трубы завода с учетом розы ветров будет иметь форму близкую к эллипсу.

4.6. Сетевой анализ

Сетевой анализ позволяет пользователю проанализировать пространственные сети связанных линейных объектов (дороги, линии электропередач и т. д.). Обычно сетевой анализ служит для задач определения ближайшего, наиболее выгодного пути, определения уровня нагрузки на сеть, определение адреса объекта или маршрута по заданному адресу и другие задачи.

Во многих случаях необходимо знать не только объем пространства, занимаемый объектами, но и расположение объектов в пространстве, которое

может характеризоваться количеством объектов в определенной области, например, распределение численности населения. Наиболее распространены методы анализа распределения точечных объектов. Мерой точечного распределения служит плотность. Она определяется как результат деления числа точек на значение площади территории, на которой они расположены. Кроме плотности распределения можно оценить форму распределения. Точечные распределения встречаются в одном из четырёх возможных вариантов: равномерном (если число точек в каждой малой подобласти такое же, как и в любой другой подобласти), регулярном (если точки, разделённые одинаковыми интервалами по всей области, расположены в узлах сетки), случайном, кластерном (если точки собраны в тесные группы).

Точечные распределения могут описываться не только количеством точек в пределах подобластей. Часто анализируются локальные отношения внутри пар точек. Вычисление этого статистического показателя включает определение среднего расстояния до ближайшей соседней точки среди всех возможных пар ближайших точек. Данный метод позволяет оценить меру разреженности точек в распределении.

Распределение линий также оценивается по плотности. Обычно вычисления выполняются для сравнения разных географических областей, например, по густоте гидрографической сети. Линии могут также оцениваться по близости и возможным пересечениям. Другими важными характеристиками являются ориентация, направленность и связанность.

Анализ распределения полигонов подобен анализу распределения точек, однако при оценке плотности определяют не количество полигонов на единицу площади, а относительную долю площади, занимаемой полигоном

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

[На оглавление](#)

Основой для представления данных о земной поверхности являются цифровые модели рельефа.

Цифровое моделирование поверхности – средство цифрового представления рельефа земной поверхности. Построение данной модели требует определённой подготовки исходных данных (а именно набора координат точек X, Y, Z) и способа их структурного описания, позволяющего восстанавливать поверхность путем интерполяции или аппроксимации исходных данных.

Исходные данные для формирования цифровой модели могут быть получены по картам – оцифровка изолиний, по снимкам, а также в результате геодезических измерений или сканирования местности.

Построение ЦМР требует определенной структуры данных, а исходные точки могут быть по-разному распределены в пространстве. Сбор данных может осуществляться по точкам регулярной сетки, по структурным линиям рельефа или хаотично. Первичные данные с помощью тех или иных операций приводят к одному из наиболее распространенных в ГИС структур для представления поверхностей: GRID, TIN или TGRID. [Лайкин]

5.1. TIN модель

TIN (Triangulated Irregular Network) – нерегулярная триангуляционная сеть, система неперекрывающихся треугольников. Вершинами треугольников являются исходные опорные точки. Рельеф в этом случае представляется многогранной поверхностью, каждая грань которой описывается либо линейной функцией (полиэдральная модель), либо полиномиальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям в вершинах граней треугольников. Для получения модели поверхности нужно соединить пары точек ребрами определенным способом, называемым триангуляцией Делоне (рис. 5).

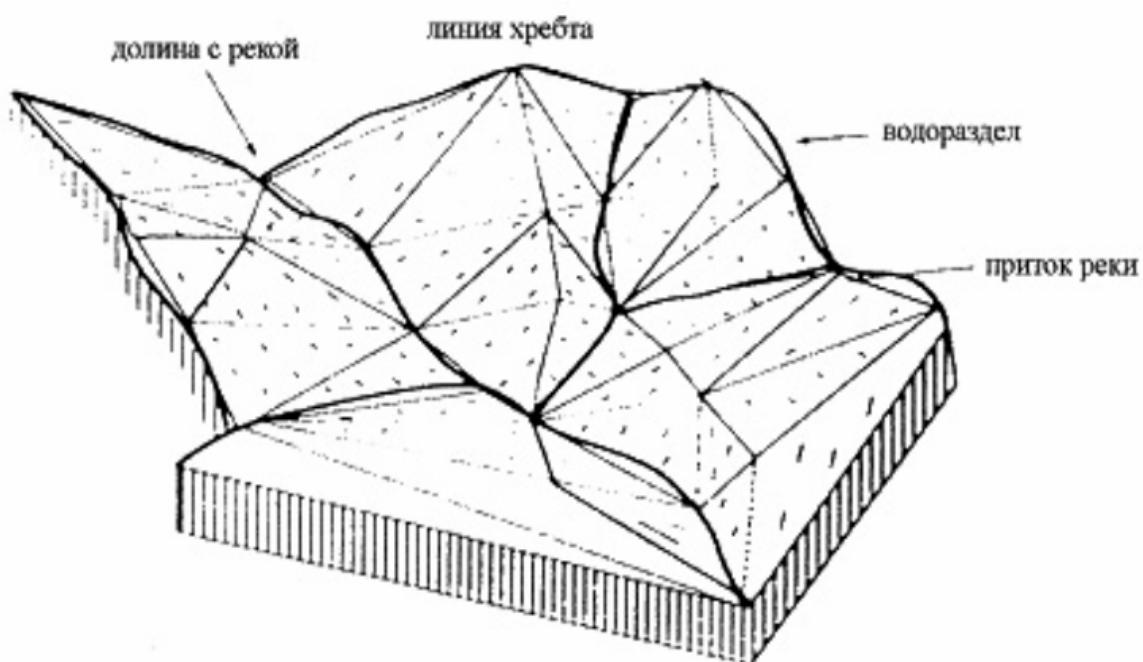


Рис. 5. TIN модель

Триангуляция Делоне в приложении к двумерному пространству формулируется следующим образом: система взаимосвязанных неперекрывающихся треугольников имеет наименьший периметр, если ни одна из вершин не попадает внутрь ни одной из окружностей, описанных вокруг образованных треугольников (рис.6).

Образовавшиеся треугольники при такой триангуляции максимально приближаются к равносторонним, а каждая из сторон образовавшихся треугольников из противоположащей вершины видна под максимальным углом из всех возможных точек соответствующей полуплоскости. Интерполяция выполняется по образованным ребрам.

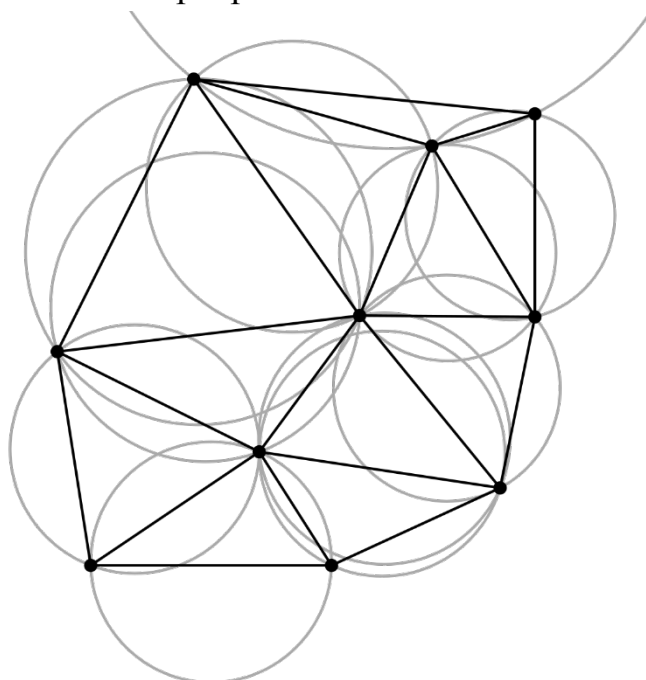


Рис. 6. Триангуляция Делоне

Отличительной особенностью и преимуществом триангуляционной модели является то, что в ней нет преобразований исходных данных. С одной стороны, это не дает использовать такие модели для детального анализа, но с другой стороны, исследователь всегда знает, что в этой модели нет привнесенных ошибок, которыми грешат модели, полученные при использовании других методов интерполяции. Немаловажен и тот факт, что это самый быстрый метод интерполяции. Однако, если в ранних версиях большинства ГИС триангуляционные методы были основной, то сегодня большое распространение получили модели в виде регулярной матрицы значений высот.

5.2. GRID модель

GRID – модель, представляет собой регулярную матрицу значений высот, полученную при интерполяции исходных данных. Для каждой ячейки матрицы высота вычисляется на основе интерполяции. Фактически это сетка, размеры которой задаются в соответствии с требованиями точности конкретной решаемой задачи. Регулярная сетка соответствует земной поверхности, а не изображению.

При использовании GRID-модели существует некоторая сложность в выборе интервала между точками. Например, участки поверхности могут быть как сильно пересеченными, так и выположенными. В первом случае необходимо большее количество точек на единицу площади.

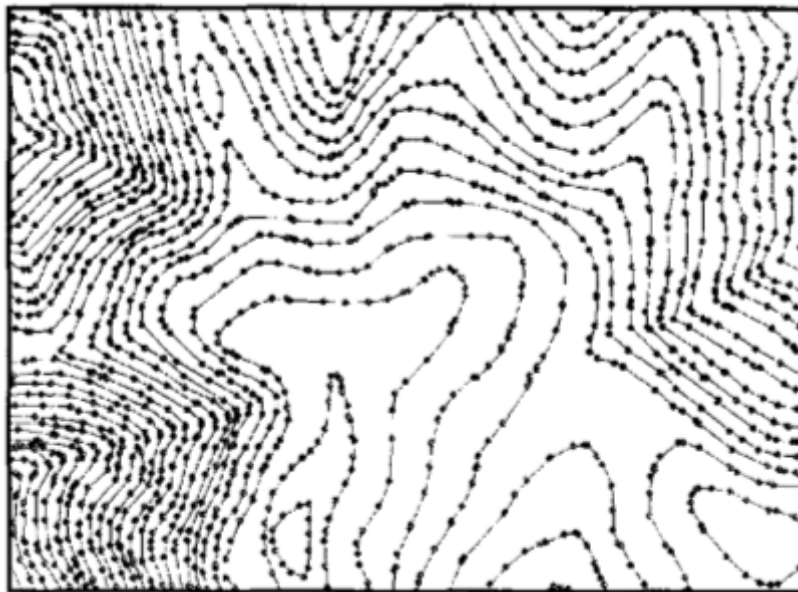


Рис. 7. Плотность точек в модели GRID

5.3. TGRID модель

TGRID (triangulated grid) – модель, сочетающая в себе элементы моделей TIN и GRID. Такие модели имеют свои преимущества, например, позволяют использовать дополнительные данные для описания сложных форм рельефа (обрывы, скальные выступы).

6. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

[На оглавление](#)

Пространственная интерполяция некоторых физико-географических элементов становится все более важной в настоящее время в управлении ресурсами, борьбе со стихийными бедствиями, улучшении окружающей среды и исследовании глобальных изменений. Суть пространственной интерполяции этих элементов заключается в поиске функций, которые могут выявить их характеристики пространственного распределения. Но, что касается заданных регионов и выборочных данных, то в списке есть много функций на выбор. И лучший выбор сделать сложно из-за сложных эффектов теоретической основы, алгоритма, временного пространственного масштаба и атрибутов выборочных данных.

Ссылаясь на основные достижения в области интерполяционных исследований, приходим к выводу, что точность определенной пространственной интерполяции зависит от ее способности отражать пространственную дисперсию элемента и пространственную корреляцию. Модели, использующие другие элементы в качестве переменных, когда переменная регрессии имеет высокую корреляцию с переменной интерполяции, будут давать более точные результаты, чем другие, поскольку они лучше отражают пространственную дисперсию. Модели без других переменных элементов изменяют точность в зависимости от того, учитывают ли они анизотропные характеристики или нет. При дисперсии пространственно-временных масштабов расположенная пространственная дисперсия и корреляции будут другими, что влияет на точность интерполяции. Плотность, пространственное распределение, объем данных точек выборки также делают результаты интерполяции разными по той же причине. Что касается приложений, оптимальный метод интерполяции следует выбирать после анализа тех пространственных характеристик, которые заложены в выборке данных.

Существует три основных подхода к преобразованию значений исходных зон в значения целевых зон с использованием только свойств исходной и целевой зон: основанные на некотором показателе пропорциональности, таком как площадь (площадное взвешивание); для минимизации разрывов между соседними зонами (пикнофилактическая интерполяция), а также те, которые пытаются использовать преимущества точечных геостатистических методов для создания непрерывных поверхностей (междуточечная интерполяция).

Параметры выбираются так, чтобы оптимизировать некоторый критерий наилучшего приближения в точках выборки (например, наименьшие квадраты, точное совпадение). Геостатистические методы (кригинг) используют статистические свойства измеренных данных, оценивая пространственную автокорреляцию и учитывая ее при интерполяции.

Для представления результатов пространственной интерполяции используется прямоугольная регулярная сетка, в узлах которой вычисляется интерполяционная оценка изучаемой переменной. То есть в качестве точки (X_0, Y_0) последовательно рассматриваются узлы этой сетки. Такое представление называют моделью пространственной переменной (пространственной моделью, моделью поверхности, интерполяционной поверхностью, растровой моделью) (рисунок 1 б).

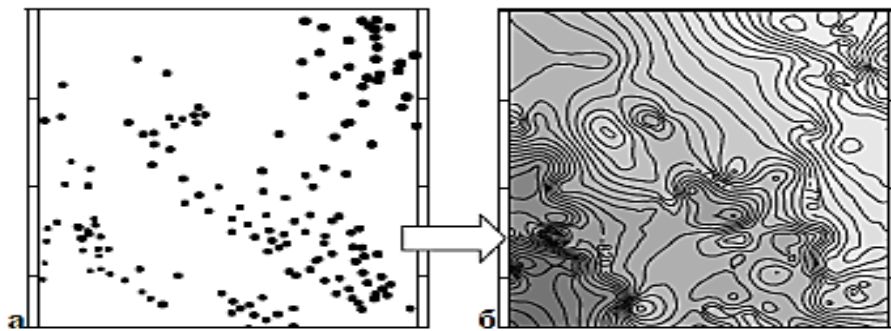


Рисунок 1.1 – Выборочные данные (а) и пространственная модель (б)

7. СЕТОЧНЫЕ ФАЙЛЫ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

[На оглавление](#)

7.1. Основное назначение сеточных файлов

Сеточные файлы требуются для создания сеточных карт. Файл сетки представляет собой многомерную схему, способную эффективно индексировать записи базы данных симметричным образом, т. е. избегая различия между первичными и вторичными ключами. Структура динамична и изящно адаптируется к своему содержимому при вставках и удалениях. Извлечение одной записи стоит не более двух обращений к диску (верхняя граница), в то время как запросы диапазона и запросы частичного совпадения также выполняются эффективно. Файл сетки можно рассматривать как обобщение динамического хеширования (например, расширяемое хеширование) в нескольких измерениях.

Это такие карты как:

- контурные карты;
- образные карты;
- карты с теневым рельефом;
- векторные карты;
- каркасные карты;
- карты-поверхности.

Также они используются для проведения различных операций с сеточными данными, например, математических преобразований данных, вычисления объемов и площадей, сглаживания или вычисления погрешностей. Сеточный файл в конечном итоге стал популярным теоретическим методом доступа. Однако, хотя в теории он получил широкое признание, на практике он не использовался в индустрии баз данных.

Интерполяция – это процедура, зависящая от пространственных и/или статистических свойств анализируемой переменной (переменных). Это особенно сложная задача для небольших наборов данных, например, с менее чем 20 точками данных. Эта проблема распространена при геологическом картировании недр, т. е. в тех случаях, когда данные берутся исключительно из скважин. Успешное решение таких картографических проблем зависит от методов интерполяции, разработанных в первую очередь для небольших наборов данных и самих наборов данных.

Построение сеточной функции (*Gridding*) - это процесс вычисления значений интерполяционной функции в точках регулярной сети по значениям

хаотически расположенных экспериментальных точек данных (наблюдений). Исходное множество экспериментальных точек вводится из XYZ файла данных, а значения сеточной функции сохраняются в сеточном файле с расширением [GRD].

В цифровом мире система сетки действует аналогично макету печати при организации элементов на странице. Кроме того, он предоставляет дизайнерам руководство по созданию нескольких макетов, поддерживающих адаптивные темы для разных размеров экрана.

Кригинг – это один из нескольких методов, в которых используется ограниченный набор выборочных точек данных для оценки значения переменной в непрерывном пространственном поле. Примером значения, которое варьируется в случайном пространственном поле, может быть среднемесячная концентрация озона в городе или доступность здоровой пищи в разных районах. Он отличается от более простых методов, таких как обратная интерполяция, взвешенная по расстоянию, линейная регрессия или гауссовский распад, тем, что он использует пространственную корреляцию между точками выборки для интерполяции значений в пространственном поле: интерполяция основана на пространственном расположении эмпирических наблюдений, а не на предполагаемой модели пространственного распределения. Кригинг также генерирует оценки неопределенности, окружающей каждое интерполированное значение.

Кригинг опирается на полувариограмму. Проще говоря, вариограммы количественно определяют автокорреляцию, поскольку они отображают дисперсию всех пар данных в зависимости от расстояния.

Скорее всего, более близкие вещи более связаны и имеют небольшую полудисперсию. В то время как далекие вещи менее связаны и имеют высокую полувариантность, но на определенном расстоянии (диапазоне) автокорреляция становится независимой. Там, где эта вариация выравнивается, это называется (порог). Это означает, что больше нет пространственной автокорреляции или связи между близостью ваших точек данных. Эта концепция – первый закон географии Тоблера. Опять же, цель здесь состоит в том, чтобы подобрать поверхность, такую как полином, которая моделирует общий крупномасштабный тренд. Затем, вокруг этой тенденции, у нас есть изменчивость с остатками, где вступает в действие кригинг.

Основываясь на результатах вашей вариограммы, вы можете выбрать вариограмму: сферическую, круговую, экспоненциальную, гауссову или линейную. В качестве альтернативы, если вы можете дать интеллектуальное обоснование математической модели, вы выбираете ее.

Если выбрать метод радиальных базисных функций (Radial Basis Functions) в качестве метода построения сеточной функции (Gridding Method) и

щелкнуть по клавише Options (Опции), то на экране откроется панель диалога Radial Basis Functions Options (Опции метода радиальных базисных функций).

Радиальные базисные функции – это средства для аппроксимации многомерных (также называемых многомерными) функций линейными комбинациями терминов, основанными на одной одномерной функции (радиальной базисной функции). Это радиализовано, так что его можно использовать более чем в одном измерении. Они обычно применяются к аппроксимирующим функциям или данным (Пауэлл, 1981, Чейни, 1966, Дэвис, 1975), которые известны только в конечном числе точек (или слишком сложны для оценки в противном случае), так что затем вычисления аппроксимирующей функции могут выполняться часто и эффективно.

Радиальные базисные функции составляют ядро радиальной базовой функциональной сети или RBFN. Этот конкретный тип нейронной сети полезен в тех случаях, когда может потребоваться нелинейная классификация данных. RBFN работают, встраивая радиальную базисную функцию в качестве нейрона и используя ее как способ сравнения входных данных с обучающими данными. Входной вектор обрабатывается несколькими нейронами радиальной базисной функции с различными весами, и сумма нейронов дает значение сходства. Если входные векторы соответствуют обучающим данным, они будут иметь высокое значение сходства. В качестве альтернативы, если они не соответствуют обучающим данным, им не будет присвоено высокое значение сходства. Сравнение значений сходства с различными классификациями данных позволяет проводить нелинейную классификацию.

Интерполяция обратного взвешивания расстояний (IDW) оценивает неизвестные значения с указанием расстояния поиска, ближайших точек, настроек мощности и барьеров. Наиболее популярными из этих методов являются обратное взвешивание по расстоянию (IDW), ближайший сосед (NN), скользящее среднее (MA) и кригинг (K). Кригинг часто считают одним из лучших методов интерполяции разнородных пространственных данных, но его использование обременено значительным временем расчета. Напротив, метод MA является самым быстрым, но рассчитанные модели менее точны. Между ними находится метод IDW, дающий удовлетворительную точность при приемлемом времени расчета. В этом исследовании оптимизирован метод IDW, используемый в процессе создания ЦМР морского дна на основе точек измерения из MBES. Целью данной оптимизации было значительное ускорение расчетов, с возможным дополнительным повышением точности создаваемой модели.

Были проанализированы несколько вариантов методов IDW (в зависимости от радиуса поиска, количества точек интерполяции, мощности интерполяции и примененного метода сглаживания). Наконец, была предложена оптимизация метода IDW, использующую новую технику выбора ближайших точек в процессе

интерполяции (названную растущим радиусом). Эксперименты и полученные результаты показывают истинный потенциал оптимизированного метода IDW в случае оценки DTM.

Этот метод основан на вычислении весовых коэффициентов, с помощью которых взвешиваются значения экспериментальных Z-значений в точках наблюдений при построении интерполяционной функции.

Параметр Power (*Степень*) определяет, как быстро уменьшаются весовые множители с ростом расстояния до узла сети. При больших значениях параметра Power точкам наблюдений, более близким к рассматриваемому узлу сети, присваиваются большие доли общего веса; при меньших значениях параметра Power веса убывают более плавно с ростом расстояния до узла сети.

Вес, присвоенный отдельной точке данных при вычислении узла сети, пропорционален заданной степени (power) обратного расстояния от точки наблюдения до узла сети. При вычислении интерполяционной функции в каком-то узле сети сумма всех назначенных весов равна единице, а весовой коэффициент каждой экспериментальной точки является долей этого общего единичного веса. Если точка наблюдения совпадает с узлом сети, то весовой коэффициент этой точки полагается равным единице, а всем другим наблюдаемым точкам присваиваются нулевые веса. Другими словами, в этом случае узлу сети присваивается значение соответствующего наблюдения, и, следовательно, данный метод работает как точный интерполятор.

Недостатком метода обратных расстояний является генерация структур типа "бычий глаз" вокруг точек наблюдений с большими значениями функции. Для уменьшения влияния этих точек можно задать параметр, который сглаживает интерполяционную функцию. Если значение сглаживающего параметра больше нуля, то ни одному наблюдению не присваивается весь вес при вычислении функции в каком-то узле сети, даже если точка наблюдения совпадает с этим узлом. Метод обратных расстояний является очень быстрым методом построения сеточной функции. Если число точек данных не превышает 500, то сеть строится очень быстро, даже если выбрать опцию All Data (*Все данные*) при задании *типа поиска* (Search Type).

Если выбрать *метод обратных расстояний* (Inverse Distance to a Power) в качестве метода построения сеточной функции (Gridding Method) и щелкнуть по клавише Options (*Опции*), то на экране откроется панель диалога Inverse Distance Options (*Опции метода обратных расстояний*).

В методе Шепарда используется метод наименьших квадратов, взвешенный по обратному расстоянию. Таким образом, метод Шепарда подобен интерполятору обратного расстояния к степени, но использование локального метода наименьших квадратов устраняет или уменьшает появление «бычьего глаза» сгенерированных контуров. Метод Шепарда может быть, как

точным, так и сглаживающим интерполятором. Вы можете назначить параметр сглаживания для операции построения сетки.

Параметр Smoothing Factor позволяет модифицированному методу Шепарда работать в качестве сглаживающего интерполятора. Большее сглаживание происходит по мере увеличения значения параметра сглаживания. В общем, значения между нулем и единицей являются наиболее разумными. Модифицированный метод Шепарда начинается с вычисления локального метода наименьших квадратов квадратичной поверхности вокруг каждого наблюдения.

Локальная окрестность – это круг достаточного радиуса, чтобы включить в себя ровно столько соседей. Интерполированные значения генерируются с использованием взвешенного по расстоянию среднего значения ранее вычисленных квадратичных подгонок, связанных с соседними наблюдениями. Параметр Weighting Neighbours задает размер локального соседства, указывая количество локальных соседей. Локальная окрестность – это круг достаточного радиуса, чтобы включить в себя ровно столько соседей.

Минимальная кривизна широко используется в науках о Земле. Интерполированная поверхность, созданная минимальной кривизной, аналогична тонкой линейно-упругой пластине, проходящей через каждое из значений данных с минимальным изгибом. Минимальная кривизна создает максимально гладкую поверхность, пытаясь максимально точно соблюдать ваши данные. Однако минимальная кривизна не является точным интерполятором. Это означает, что ваши данные не всегда точно соблюдаются.

Минимальная кривизна создает сетку, многократно применяя уравнение к сетке в попытке сгладить сетку. Значения узла сетки пересчитываются до тех пор, пока последовательные изменения значений не станут меньше значения Максимального остатка или не будет достигнуто максимальное количество итераций (поле Максимальное количество итераций). В диалоговом окне «Данные сетки» укажите «Полиномиальная регрессия» в качестве «Метода сетки» и нажмите кнопку «Далее», чтобы открыть диалоговое окно «Параметры полиномиальной регрессии данных сетки».

Полиномиальная регрессия используется для определения крупномасштабных тенденций и закономерностей в ваших данных. Полиномиальная регрессия на самом деле не интерполятор, потому что она не пытается предсказать неизвестные значения Z . Существует несколько параметров, которые можно использовать для определения типа поверхности тренда. Если вы хотите получить отчет о коэффициентах, использованных при расчете поверхности, обязательно установите флажок «Отчет о сетке» в диалоговом окне «Данные сетки».

Алгоритм построения сетки минимальной кривизны решает указанное уравнение в частных производных с помощью последовательного алгоритма чрезмерной релаксации. Единственное отличие состоит в том, что бигармоническое уравнение должно иметь девять различных «цветов», а не только черный и белый.

Как правило, Фактор релаксации не должен изменяться. Значение по умолчанию (1,0) является хорошим общим значением. Грубо говоря, чем выше Фактор релаксации (ближе к двум), тем быстрее сходится алгоритм минимальной кривизны, но тем больше вероятность, что он вообще не сойдётся. Чем ниже коэффициент релаксации (ближе к нулю), тем больше вероятность сходимости алгоритма минимальной кривизны, но алгоритм работает медленнее. Оптимальный фактор релаксации определяется методом проб и ошибок.

Каждый треугольник определяет плоскость над узлами сетки, лежащими внутри треугольника, при этом наклон и высота треугольника определяются тремя исходными точками данных, определяющими треугольник. Все узлы сетки внутри данного треугольника определяются треугольной поверхностью.

Триангуляция с линейной интерполяцией работает лучше всего, когда ваши данные равномерно распределены по области сетки. Наборы данных, содержащие разреженные области, приводят к появлению на карте отчетливых треугольных фасетов.

Сравнительная характеристика методов построения сеточных функций

Интерполяция прогнозирует значения для ячеек растра на основе ограниченного числа выборочных точек данных. Его можно использовать для прогнозирования неизвестных значений для любых данных географических точек, таких как высота над уровнем моря, количество осадков, концентрация химических веществ, уровень шума и т. д.

Доступные методы интерполяции перечислены в таблице ниже.

Таблица 1 – Характеристика основных методов построения сеточной функции

| | Название метода | Отличительные особенности |
|---|---------------------------|---|
| 1 | Метод обратных расстояний | Является достаточно быстрым, но имеет тенденцию генерировать структуры вокруг точек наблюдений с высокими значениями функции. |
| 2 | Метод Криге | Наиболее гибкий и часто используемый, задается по умолчанию. На множествах большого размера он работает достаточно медленно. |

| | | |
|---|---|--|
| 3 | Метод минимума кривизны | Генерирует гладкие поверхности и для большинства множеств экспериментальных данных работает достаточно быстро. |
| 4 | Метод полиномиальной регрессии | Используется для выделения больших трендов и структур. Работает очень быстро для множеств любого размера, но не является точным интерполяционным методом, поскольку сгенерированная поверхность не проходит через экспериментальные точки. |
| 5 | Метод радиальных базисных функций | Так же, как и метод Криге, является очень гибким и генерирует гладкую поверхность, проходящую через экспериментальные точки. |
| 6 | Метод Шепарда | Подобен методу обратных расстояний, но как правило, не генерирует структуры типа "бычий глаз", особенно когда задан сглаживающий параметр. |
| 7 | Метод триангуляции с линейной интерполяцией | Генерирует явные треугольные грани на графике поверхности. Работает быстро если количество значений от 250 до 1000. |

7.2. Применение сеточных функций для построения гипсометрических планов поверхностей

Для принятия эффективных решений по промышленной разработке месторождения, необходимо иметь визуальное представление об условиях его залегания. С этой целью месторождение представляют системой топографических поверхностей, получивших название в геологии и проектной практике гипсометрических планов. Гипсометрические планы, характеризующие условия залегания месторождения составляются исходя из топографического плана поверхности месторождения и данных геологической разведки о мощности покрывающих пород и полезной толщи. Построенные гипсометрические планы дают визуальное объемное представление о характере залегания кровли полезного ископаемого

Первичные гипсометрические планы описывают две основные поверхности:

- поверхность висячего бока залежи или кровли полезного ископаемого (в зависимости от угла падения);
- поверхность лежачего бока залежи или почвы (подошвы) полезного ископаемого.

Линии поверхности, соединяющие точки с одинаковыми высотными отметками получили название изогипс. Помимо планов изогипс в проектной практике широко применяются планы изомощностей вскрыши и полезного ископаемого. Горно-геометрические планы изогипс и графики изомощностей чрезвычайно важны для выбора рационального места вскрытия, определения рабочих размеров горнодобывающего оборудования, составления календарных планов

Следует отметить важнейшие свойства гипсометрических планов и планов изомощностей. Координата Z для любой точки плана является функцией его координат. Для любой точки плана ее высотная отметка конечна и имеет только одно значение. Отсюда следует важнейшее свойство изогипс и изолиний в общем случае – их непересекаемость. Традиционным способом построения изогипс (изолиний) является графическое или аналитическое интерполирование высот в интервалах между разведочными выработками. Однако эти способы все уверенней вытесняются современными математическими методами, эффективная реализация которых стала возможна в связи с внедрением компьютерных технологий, теоретической основой которых в том числе являются сеточные модели.

8. ТЕХНОЛОГИЯ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

[На оглавление](#)

Основными процессами построения ЦМР по картам являются:

1) Преобразование исходных карт в растровые изображения, т.е. сканирование. При сканировании важным является выбор разрешения получаемого изображения, излишне высокое разрешение требует больших объемов памяти для хранения исходной информации, в тоже время разрешение должно обеспечить необходимую точность сбора информации, которая определяется целями формирования ЦМР.

2) Монтаж растровых фрагментов. Монтаж - это стыковка нескольких изображений произвольной формы в одно таким образом, чтобы границы между исходными изображениями были незаметны. При монтаже осуществляется геопривязка растровых данных.

3) Векторизация растрового изображения. Векторизация, или оцифровка

горизонталей может выполняться в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах.

4) Формирование цифровой модели поверхности, которая создается на основе методов интерполяции и может быть представлена в разных форматах.

5) Визуализация результатов.

В общем случае можно сказать, что чем больше исходных точек, тем более точной будет интерполяция и тем с большей вероятностью построенная модель поверхности будет адекватно отображать земную поверхность. Однако, существует предел числу точек (дискретности), поскольку для любой поверхности излишнее количество точек обычно не улучшает существенно качество результата, но лишь увеличивает объем данных и время вычислений. В некоторых случаях избыточные данные в отдельных областях могут приводить к неравномерному представлению поверхности и, следовательно, неодинаковой точности. Другими словами, большее число точек не всегда повышает точность.

Конечно, чем сложнее поверхность, тем больше исходных точек требуется.

Для сложных объектов, таких как впадины и долины рек, требуются дополнительные точки, чтобы гарантировать представление с достаточной детальностью. Особая проблема интерполяции точек на границе исследуемых областей, например, граница листа карты. В этом случае следует для интерполяции использовать большую область перекрытия соседних листов. Цифровые модели поверхности важны для решения целого ряда прикладных задач, в том числе основных задач недропользования.

9. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ

[На оглавление](#)

Визуализация (графическое воспроизведение, отображение) - генерация изображений, в том числе и картографических, и иной графики на устройствах отображения (преимущественно на мониторе) на основе преобразования исходных цифровых данных с помощью специальных алгоритмов.

Наиболее компактными и привычным способом представления географической информации остаются карты.

Электронная карта (ЭК) – картографическое изображение, визуализированное на мониторе, на основе цифровых карт или баз данных ГИС.

Электронный атлас (ЭА) – система визуализации в форме электронных карт, электронное картографическое произведение, функционально подобное электронной карте. Поддерживаются программным обеспечением типа

картографических браузеров, обеспечивающих покадровый просмотр растровых изображений карт, картографических визуализаторов, систем настольного картографирования. Помимо картографического изображения и легенд электронные атласы обычно включают обширные текстовые комментарии, табличные данные, а мультимедийные электронные атласы – анимацию, видеоряды и звуковое сопровождение.

Таблицы и графики, включающие различные характеристики объектов (атрибуты) или их соотношения, могут использоваться как самостоятельные или дополнительные к другим средствам визуализации.

Анимации применяют для показа динамических процессов, т.е. последовательный показ рисованных статичных изображений (кадров), в результате чего создается иллюзия непрерывной смены изображений.

Картографические способы отображения результатов анализа данных

Для отображения результатов анализа данных в ГИС реализованы ряд способов, которые применяют при создании тематических карт.

Способ размерных символов (значков) – анализируемые характеристики объектов отображаются специальными символами, размер которых передаёт количественную информацию, а форма и цвет качественную информацию.

Способ качественного или (количественного фона) – в этом случае группируются данные с близкими значениями и созданным группам присваиваются определенные цвета, типы символов или линий.

Точечный способ – изобразительным средством является множество точек одинакового размера, каждая из которых имеет определенное значение количественного показателя.

Столбчатые и круговые локализованные диаграммы – позволяют отобразить соотношение нескольких характеристик, при этом диаграммы имеют географическую привязку (например, в точке размещения поста наблюдений показывают соотношение загрязняющих веществ).

Способ изолиний – один из широко распространённых способов отображения различных показателей. С их помощью формируют карты изогипс (топографические и гипсометрические), карты изотерм, изобар, изокоррелят и др. С помощью изолиний выделяются территории, которые характеризуются одинаковыми свойствами (температурами, давлением, осадками, одновременностью наступления событий, равной величиной аномалий, равными скоростями тектонических движений и др.)

При этом различают две группы изолиний: истинные изолинии (характеризуют непрерывное изменение какого-либо показателя, к ним относятся горизонтали) и псевдоизолинии, отображающие данные, имеющие статистическую природу (например, дискретные значения от источников выбросов). Для представления изолиний применяют разные изобразительные

средства: линии разных типов, толщины и цвета, послойная цветовая окраска фона (либо штриховка) промежутков между изолиниями.

Трехмерное изображение поверхности (3D-поверхность) – средство цифрового объемного представления поверхностей в виде проволочных диаграмм, при этом используются различные типы проекции, при этом изображение можно поворачивать и наклонять, используя простой графический интерфейс.

Для отображения рельефа по данным ЦМР могут быть сформированы растровые изображения.

Растровая поверхность (изображение) - формируется по Grid-модели, при этом каждому пикселу присваивается значение, пропорциональное высоте соответствующей ячейки сетки.

Теневой рельеф (аналитическая отмывка рельефа) - растровое отображение ЦМР, при формировании которого кроме высоты каждого участка сетки Grid-модели, учитывается освещенность склонов.

Реализованы возможности совмещения 3D - поверхностей с другими тематическими слоями. Для достижения реалистичности отображения объектов местности 3D-поверхности совмещаются с картографическими или ортоизображениями.

Виртуальная модель местности (ВММ) - модель местности, содержащая информацию о рельефе земной поверхности, ее спектральных яркостях и объектах, расположенных на данной территории, предназначена для интерактивной визуализации. ВММ позволяет обеспечить эффект присутствия на местности, может быть отображена в виде трехмерной статической сцены (3D-вид) или в режиме имитации полета над местностью, когда наблюдатель находится в точке с заданными координатами.

10. ЭТАПЫ И ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГИС

[На оглавление](#)

Применение ГИС для решения различных задач, в разных организационных схемах и с разными требованиями, обуславливает разные подходы к процессу проектирования ГИС.

Выделяют пять основных этапов процесса проектирования ГИС.

1. Анализ системы принятия решений. Процесс начинается с определения всех типов решений, для принятия которых требуется информация. Должны быть учтены потребности каждого уровня и функциональной сферы.

2. Анализ информационных требований. Определяется, какой тип информации нужен для принятия каждого решения.

3. Агрегирование решений, т.е. группировка задач, в которых для принятия решений требуется одна и та же или значительно перекрывающаяся информация.

4. Проектирование процесса обработки информации. На данном этапе разрабатывается реальная система сбора, хранения, передачи и модификации информации. Должны быть учтены возможности персонала по использованию вычислительной техники.

5. Проектирование и контроль за системой. Важнейший этап – это создание и воплощение системы. Оценивается работоспособность системы с разных позиций, при необходимости осуществляется корректировка. Любая система будет иметь недостатки, и поэтому её необходимо делать гибкой и приспособляемой.

Геоинформационные технологии призваны автоматизировать многие трудоёмкие операции, ранее требовавшие больших временных, энергетических, психологических и других затрат от человека. Однако разные этапы технологической цепочки поддаются большей или меньшей автоматизации, что в значительной степени может зависеть от правильной постановки исходных задач. Прежде всего, это формулирование требований к используемым информационным продуктам и выходным материалам, получаемым в результате обработки. Сюда можно отнести требования к распечатке карт, таблиц, списков, документов; к поиску документов и т.д. В результате должен быть создан документ с условным названием «Общий список входных данных».

Следующий шаг – определение приоритетов, очередности создания и основных параметров (территориального охвата, функционального охвата и объёма данных) создаваемой системы. Далее устанавливают требования к

используемым данным с учётом максимальных возможностей их применения.

Практический раздел

Введение

Геоинформационные системы (ГИС) - название систем, назначением которых является сбор, хранение и анализ данных пространственного характера, а также их графическая визуализация. ГИС относится к компьютерным технологиям нового поколения. Гибкость и открытость ГИС-технологий позволяют создавать системы для поддержки принятия решений.

Планирование горных работ связано со значительным объемом вычислений площадей и объемов горных работ, выполнение которых традиционными методами трудоемко и неэффективно. Для решения вопросов планирования горных работ в современных геоинформационных системах создаются геологические модели, для чего используют информацию о залегании месторождений, получаемую при бурении разведочных выработок. Подсчет запасов полезного ископаемого производится на основе создаваемых в ГИС Surfer так называемых сеточных файлов кровли и почвы залежи полезного ископаемого. Сеточные файлы создаются из экспериментальных данных описывающих поверхности с тремя измерениями (x , y , z). В узловых точках сети с использованием математических методов вычисляются значения функции поверхности.

Выполнение практического раздела рассмотрим на примере месторождения песчано-гравийной смеси «Галеевка»

1. Сбор данных и создание карты основы

Чтобы получить первоначальные данные для работы, можно либо создать их самостоятельно непосредственно в геоинформационной системе Surfer, либо воспользоваться импортом данных.

Для создания карты подложки, она же карта-основа, необходимо из программы AutoCAD импортировать исходное месторождение, с которым и будет происходить дальнейшая работа в геоинформационной системе Surfer. Для этого необходимо, в программе AutoCAD при процедуре сохранения исходного файла, указать тип файла DXF.

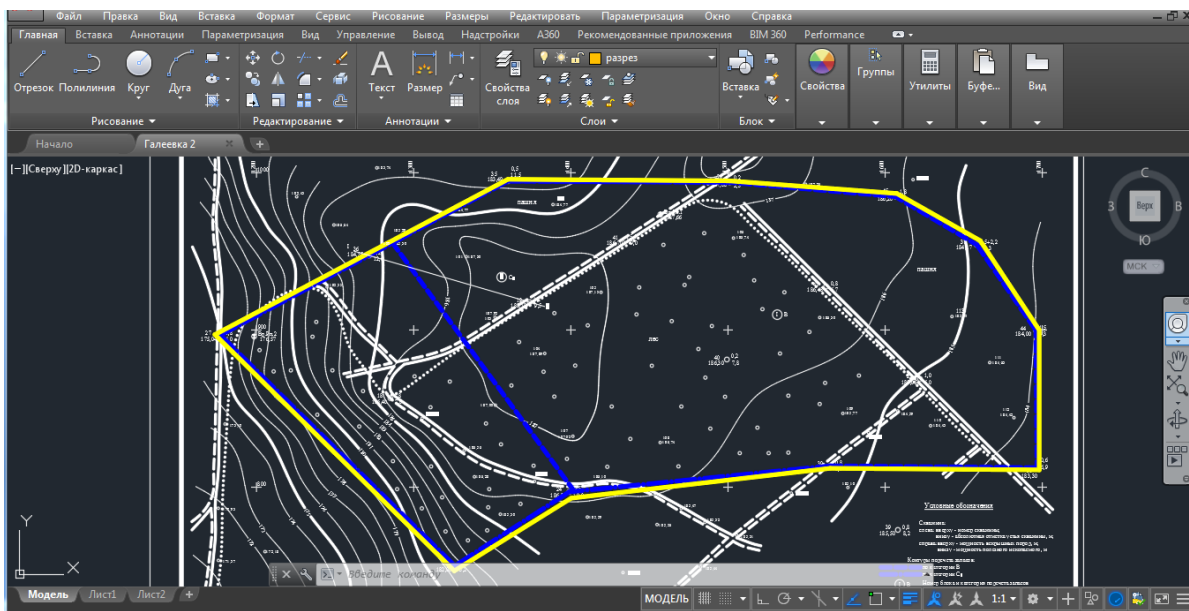


Рис.1 Карта месторождения «Галеевка-2»

Затем запустить геоинформационную систему Surfer и открыть сохраненный файл, используя команды `Open –Plot`

В результате этого действия в рабочей зоне экрана появится изображение месторождения (рис.2).

Для сбора данных и дальнейшего построения карты-основы необходимо выполнить процедуру оцифровки первоначальной карты. Для этого необходимо воспользоваться командой: `Map→digitize`. В результате появляется курсор, который при наведении на точечный объект (в рассматриваемом примере это скважина) позволяет считать первоначальные координаты объекта.

В результате оцифровки создается таблица исходных данных (Рис.3). В этой таблице отображаются координаты скважин, отметка высоты скважин, номер скважин, мощность вскрыши и ПИ.

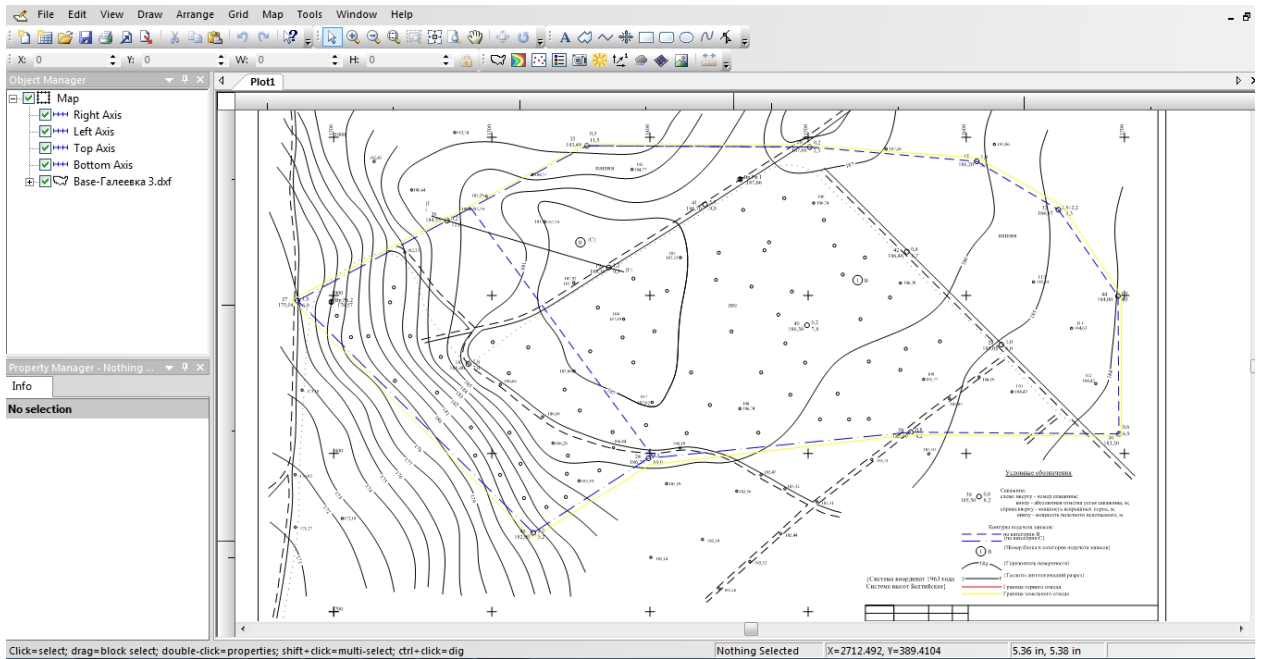


Рис.2 Оцифрованное изображение карты месторождения

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-----------|-----------|----------|-----|---------|-------------|
| 1 | x | y | оотметка | № | ВСКРЫША | МОЩНОСТЬ ПИ |
| 2 | 2546,0321 | 599,67135 | 185,3 | 100 | 0,7 | 12,5 |
| 3 | 2619,8803 | 639,45624 | 183,49 | 35 | 0,8 | 14,5 |
| 4 | 2760,9237 | 638,92400 | 187,66 | 20 | 0,5 | 5,3 |
| 5 | 2866,4401 | 629,74287 | 186,2 | 45 | 2,1 | 6,7 |
| 6 | 2917,8012 | 598,87299 | 184,87 | 32 | 3,8 | 11,3 |
| 7 | 2955,4572 | 544,58458 | 184,4 | 44 | 1,8 | 7,3 |
| 8 | 2956,0485 | 457,44682 | 183,3 | 30 | 0,9 | 9,9 |
| 9 | 2824,6314 | 458,26817 | 185,5 | 39 | 1,1 | 11,2 |
| 10 | 2658,8998 | 441,85929 | 186,27 | 24 | 4,8 | 13 |
| 11 | 2661,0639 | 477,25946 | 187,02 | 107 | 4,6 | 10,1 |
| 12 | 2716,3242 | 473,01955 | 186,74 | 108 | 3 | 9 |
| 13 | 2832,5292 | 491,80080 | 185,77 | 109 | 0,8 | 8 |
| 14 | 2888,5903 | 484,10614 | 184,43 | 110 | 0,7 | 7,5 |
| 15 | 2941,6677 | 488,81715 | 184,42 | 112 | 0,9 | 6 |
| 16 | 2926,1214 | 523,83570 | 184,63 | 111 | 1,1 | 5,5 |
| 17 | 2881,5238 | 514,09961 | 185,05 | 28 | 1,3 | 9 |
| 18 | 2902,1127 | 552,90442 | 185,1 | 113 | 2,5 | 8,5 |
| 19 | 2821,8509 | 572,44641 | 186,48 | 42 | 1,1 | 9,7 |
| 20 | 2763,2573 | 603,00446 | 186,74 | 106 | 0,5 | 3,5 |
| 21 | 2759,3799 | 526,31852 | 186,3 | 40 | 0,5 | 10,8 |
| 22 | 2678,7507 | 569,12031 | 187,13 | 105 | 3 | 9,3 |
| 23 | 2633,4792 | 562,49894 | 188,18 | 19 | 1,5 | 12,5 |
| 24 | 2611,3698 | 552,63934 | 187,92 | 103 | 1,3 | 9 |
| 25 | 2642,7412 | 529,93239 | 187,89 | 104 | 1,4 | 9,3 |
| 26 | 2592,9954 | 591,47225 | 187,3 | 101 | 1,2 | 8,9 |
| 27 | 2648,5145 | 624,47615 | 184,77 | 102 | 3 | 10,3 |
| 28 | 2693,9597 | 602,35835 | 186,7 | 41 | 5,8 | 12 |

Рис.3 Таблица исходных данных

Имея первоначальные данные, можно создать карту исходных данных(PostMap). Для этого необходимо воспользоваться командой *Map-PostMap* (рис. 4).

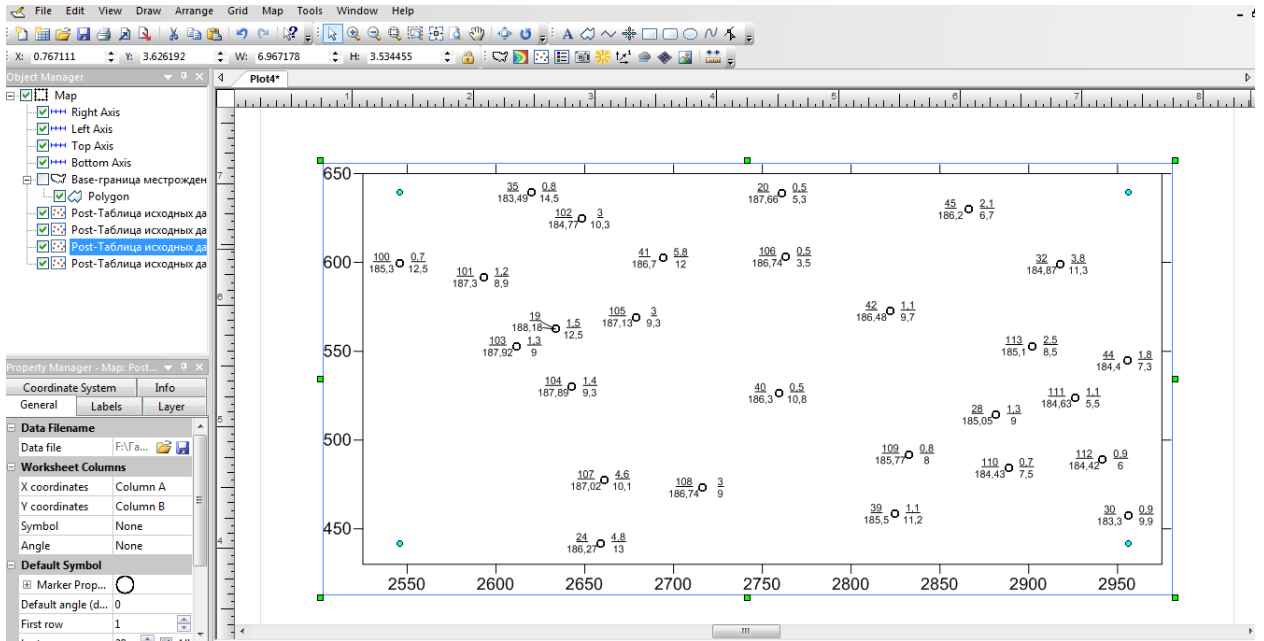


Рис.4 Карта исходных данных

Следующим шагом необходимо сделать оконтуривание месторождения. Для этого используется уже знакомая команда *Map-Digitize*.

Далее выносим на карту границу месторождения, с помощью команды Команда Add- BaseLayer (необходимо выбрать, сделанный шагом ранее файл «Граница месторождения.bl»). (Рис.5)

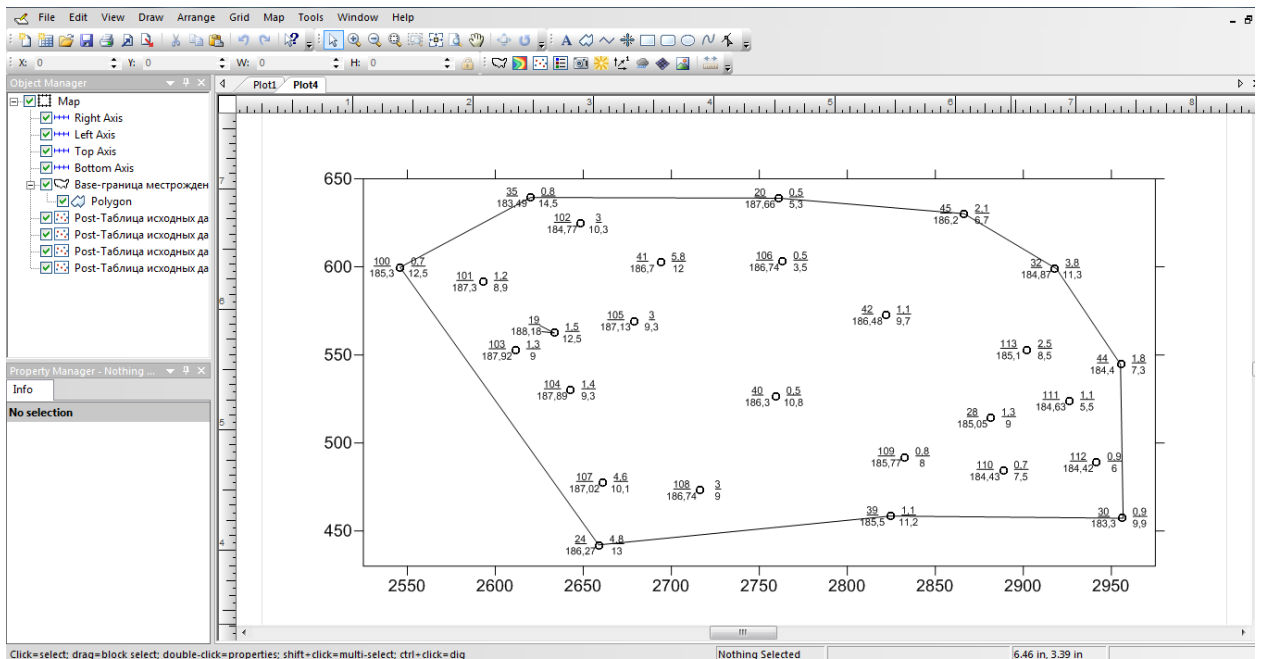


Рис.5 Карта-основа месторождения «Галеевка-2»

2. Создание сеточного файла

Построение сети – это создание регулярного массива значений Z -координат узловых точек по нерегулярному массиву (X, Y, Z) -координат исходных точек. Построения сети представляет собой интерполяцию или экстраполяцию значений исходных точек данных на равномерно распределенные узлы в исследуемой области. Подробнее про правила и принципы построения сеточного файла расписано в теоретическом разделе ЭУМК.

Геоинформационная система Surfer предлагает большое множество различных карт, созданных на основе сеточного файла. Самые распространенные это 2D-контурные карты (карты изолинии) и 3D-карты поверхности (трехмерные поверхности).

Чтобы создать карту на основе сеточного файла должен быть заранее созданный файл этой сетки. Для создания данного файла сети, геоинформационная система Surfer берет произвольно расположенные данные XYZ и использует их для создания регулярно расположенного файла сети, который состоит из узлов сети. Каждый узел сети расположен в определенном месте XY и имеет связанное с ним значение Z.

Хотя алгоритмы вычисления заложены внутри программной среды геоинформационной системы Surfer, пользователь сам производит выбор наилучшего метода построения. В Surfer присутствует несколько вариантов методов построения, и каждый из них имеет собственный набор параметров построения сети. Как правильно выбрать тот или иной метод, рассмотрим более подробно в следующем разделе.

2.1. Выбор и обоснование метода построения сети

Самым распространенным и широко использованным является метод Криге (Kriging). Этот геостатистический метод построения сети, который позволяет строить предполагаемую поверхность из набора точек с z -значениями. Метод Криге включает три составляющих: модель вариограммы (*VariogramModel*), тип дрейфа (*DriftType*) и “эффекта самородка” (*NuggetEffect*). Вариограмма предназначена для нахождения локальной окрестности наблюдаемой точки и определения с помощью весов наблюдаемых точек, используемых при интерполяции функции в узле сети. В **SURFER** включено несколько моделей вариограмм.

В **SURFER** включено семь наиболее распространенных моделей вариограмм:

- квадратичная (*Quadratic*),
- рационально-квадратичная (*Rational Quadratic*),
- сферическая (*Spherical*),
- экспоненциальная (*Exponential*),
- гауссова (*Gaussian*),
- модель “эффекта дыры” (*HoleEffect*)
- линейная (*Linear*) модель.

Если экспериментальные точки распределены в рассматриваемой области равномерно, то опция *DriftType* (*тип тренда*) практически не оказывает влияния на генерацию сети.

Геоинформационная система SURFER предлагает на выбор три значения опции *DriftType*:

- *NoDrift* (*нет тренда*),
- *LinearDrift* (*линейный тренд*) и
- *QuadraticDrift* (*квадратичный тренд*).

“Эффект самородка” (*NuggetEffect*) используется в тех случаях, когда экспериментальные данные измерены в узловых точках не точно, а с некоторой погрешностью. “Эффект самородка” (*NuggetEffect*) определяется из вариограммы, построенной по экспериментальным данным. При задании этого параметра метод Криге становится сглаживающим интерполятором

В окне редактирования *ErrorVariance* (*вариация ошибок*) можно задавать значение вариации ошибок измерений.

В окне редактирования *MicroVariance* (*вариация микроструктур*) можно задавать значение вариации мелкомасштабных структур.

Если значение вариации ошибок равно нулю, то ненулевой “эффект самородка” (*NuggetEffect*) будет давать общий сглаживающий эффект.

Чтобы указать необходимый метод нужно выполнить следующие операции: GRID→DATA. В результате появиться окно со свойствами, в котором в графе *Gridding Method* выбирается нужный метод. Далее проверяется соответствие значений X и Y, а для значения Z – выбирается необходимое значение для построения, т.е. абсолютную отметку, отметка кровли либо дна карьера.

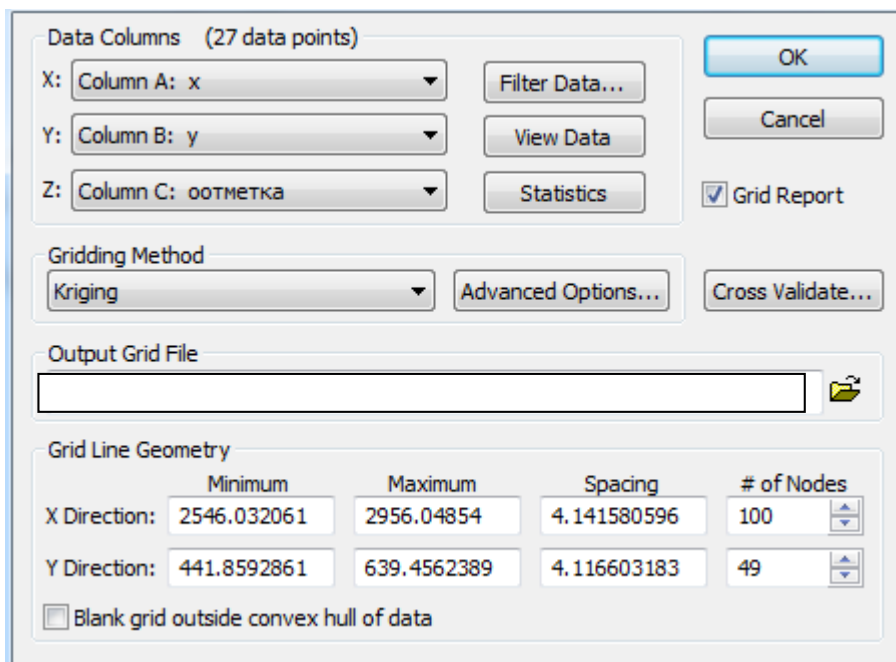


Рис.6 Окно построения сеточного файла

В результате построения сеточного файла автоматически открывается окно редактора (*EditorWindow*), содержащий отчет построения сеточного файла методом Криге.

2.2. Опции

Групповое окно *VariogramModel* (Модель вариограммы) позволяет выбрать модель вариограммы, наиболее подходящую для множества данных.

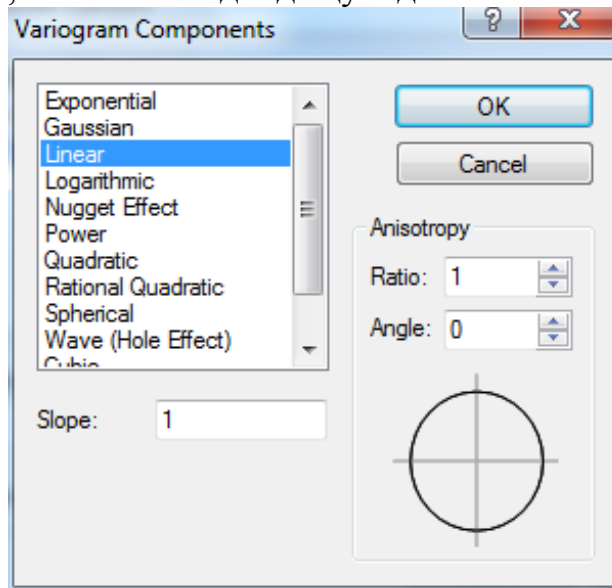


Рис.7 Групповое окно *VariogramModel*

Параметр *Scale* (Масштаб) определяет вертикальный масштаб структурной компоненты вариограммы.

Групповое окно *DriftType* (Тип тренда) позволяет выбрать модель тренда, используемую при построении интерполяционной функции методом Криге. **SURFER** предлагает три типа моделей: *NoDrift* (нет тренда), *LinearDrift* (линейный тренд) и *QuadraticDrift* (квадратичный тренд).

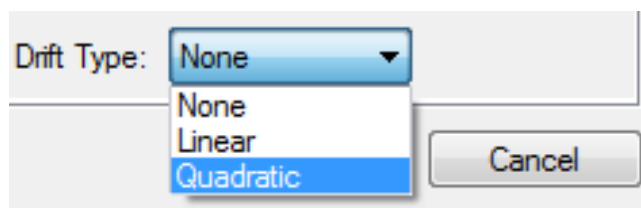


Рис.8 Групповое окно *DriftType*

*Групповое окно *NuggetEffect* (“эффект самородка”) используется в тех случаях, когда экспериментальные данные измерены в узловых точках не точно, а с некоторой погрешностью, или, когда размеры выборок данных слишком малы, чтобы обеспечить статистическую значимость.

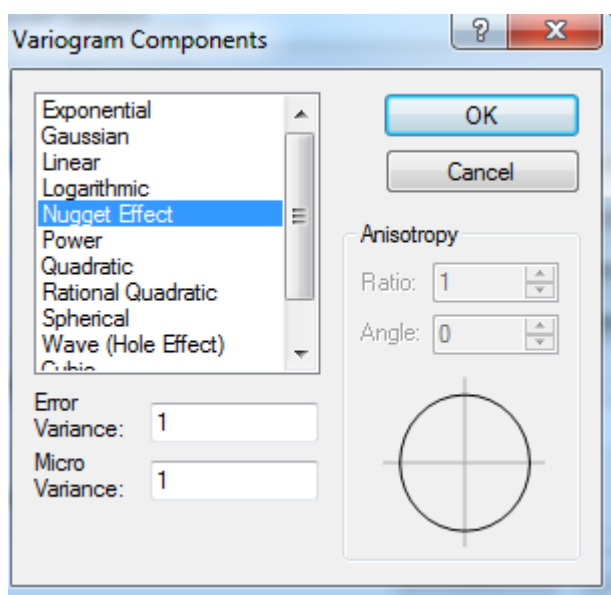


Рис.9 Групповое окно *NuggetEffect*

Окно редактирования *ErrorVariance* (*вариация ошибок*) позволяет задать значение вариации ошибок измерений.

В окне редактирования *MicroVariance* (*вариация микроструктур*) можно задать значение вариации мелкомасштабных структур.

*Групповое окно *Anisotropy* (*Анизотропия*) позволяет задать весовые множители для разных осей анизотропии. Более подробную информацию об этой опции можно получить в разделе "*Анизотропия (Anisotropy)*" данной Справочной системы.

*Групповое окно *DataTreatment* (*Обработка данных*) определяет способ включения повторных наблюдений в операцию построения интерполяционной функции. Более подробную информацию об этой опции можно получить в разделе "*Обработка данных (DataTreatment)*" данной Справочной системы.

*При нажатии клавиши *Reset* (*Сброс*) все установки, выполненные Вами в панели диалога *KrigingOptions* (*Опции метода Крузе*), сбрасываются и всем параметрам метода возвращаются их значения по умолчанию.

3.Создание карты изолиний

После создания сеточного файла можно приступить к непосредственному моделированию месторождения. На его основе создаются карты изолиний (векторные, карты теневого рельефа, каркасные и объемные поверхности, а также рассчитывается объемы заданных областей.

Когда геоинформационная система Surfer создает контурную карту, то изолинии обрисовываются в виде прямолинейных сегментов, расположенных между соседними линиями сети. Та точка, в которой линия контура пересекает линию сетки, определяется с помощью интерполяции между значениями высотной отметки в соседних узлах сети.

Создание карты изолиний начинается с команды *Map-Contour Map-New ContourMap*. Далее появляется диалоговое окно *Open Grid*. В строке *File name* выбираем сеточный файл «Таблица исходных данных 3Д поверхность» с расширением *grd* (рис.10)

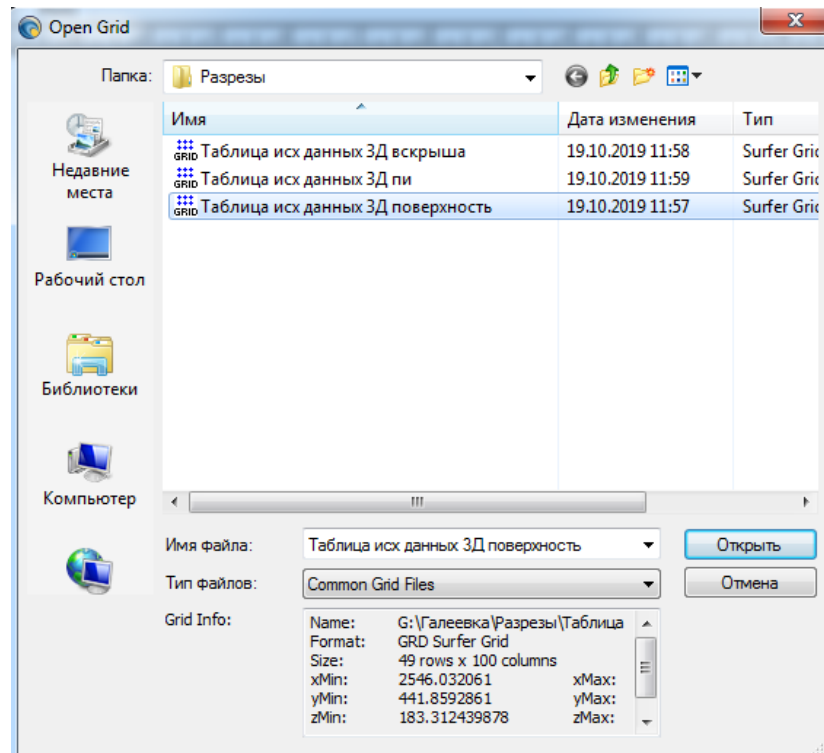


Рис.10 Диалоговое окно OpenGrid.

Сразу после этого открывается готовый Plot Document с картой изолиний (Рис.11)

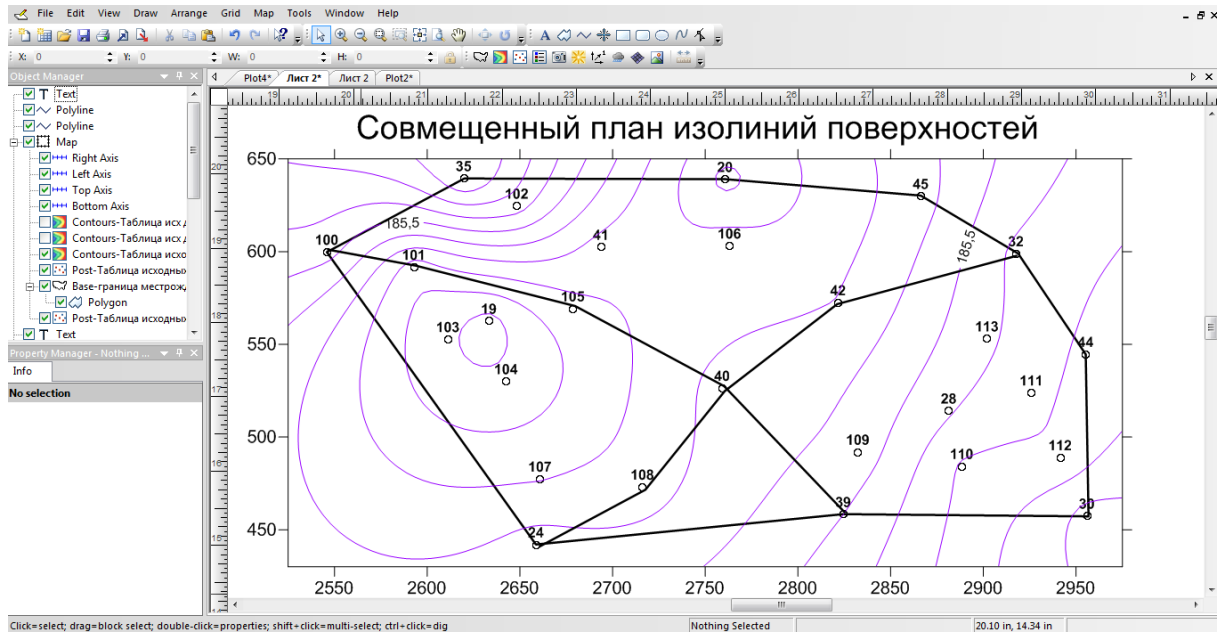


Рис.11 Карта изолиний

3.1. Создание свойств линий уровней

После автоматического создания контурной карты можно легко отредактировать: изменить любые параметры ее оформления. Для этого необходимо пошагово выполнить следующие действия:

1. Установить курсор мыши в пределах контурной карты и щелкнуть дважды. На экране появится диалоговое окно *Map: Contours Properties* (Рис.12).

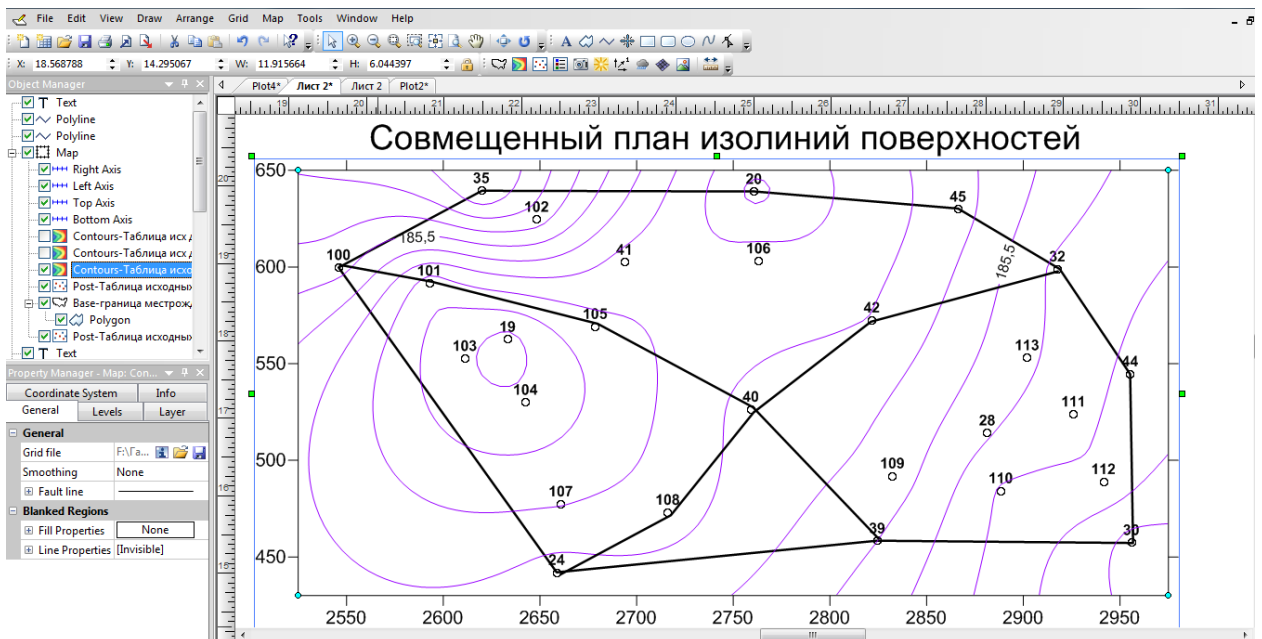


Рис.12 диалоговое окно Map: Contours Properties

2. На вкладке *Levels* (Рис.13) диалогового окна показываются значения уровней и параметры линий контуров карты.

После этого можно легко изменить диапазон и интервал для контуров. Для

этого нужно щелкнуть по кнопке *Level*. Появится диалоговое окно *Contours Levels*, в котором содержатся строки для ввода параметров уровней:

Minimum,
Maximum
Interval.

В качестве примера, если изменить значение интервала с 0,5 на 1, то таблица уровней на вкладке *Levels* отобразит произведенные изменения (рис.14).

Во вкладке *Levels* можно также изменять цвет *Color* толщину *Width*, а также вид основных и вспомогательных изолиний *Style* (Рис.15).

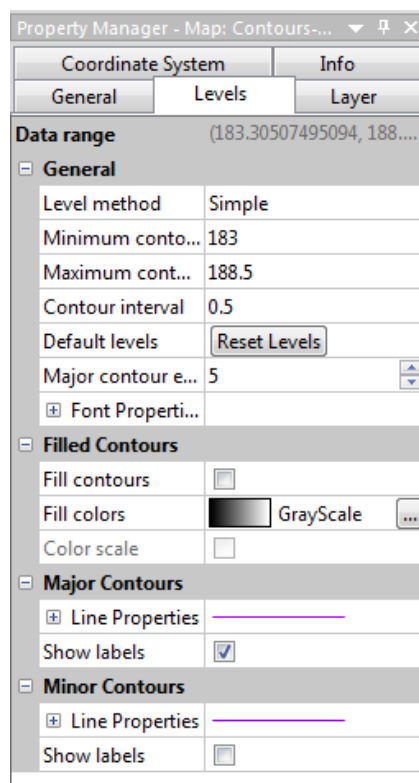


Рис.13 Вкладка Levels

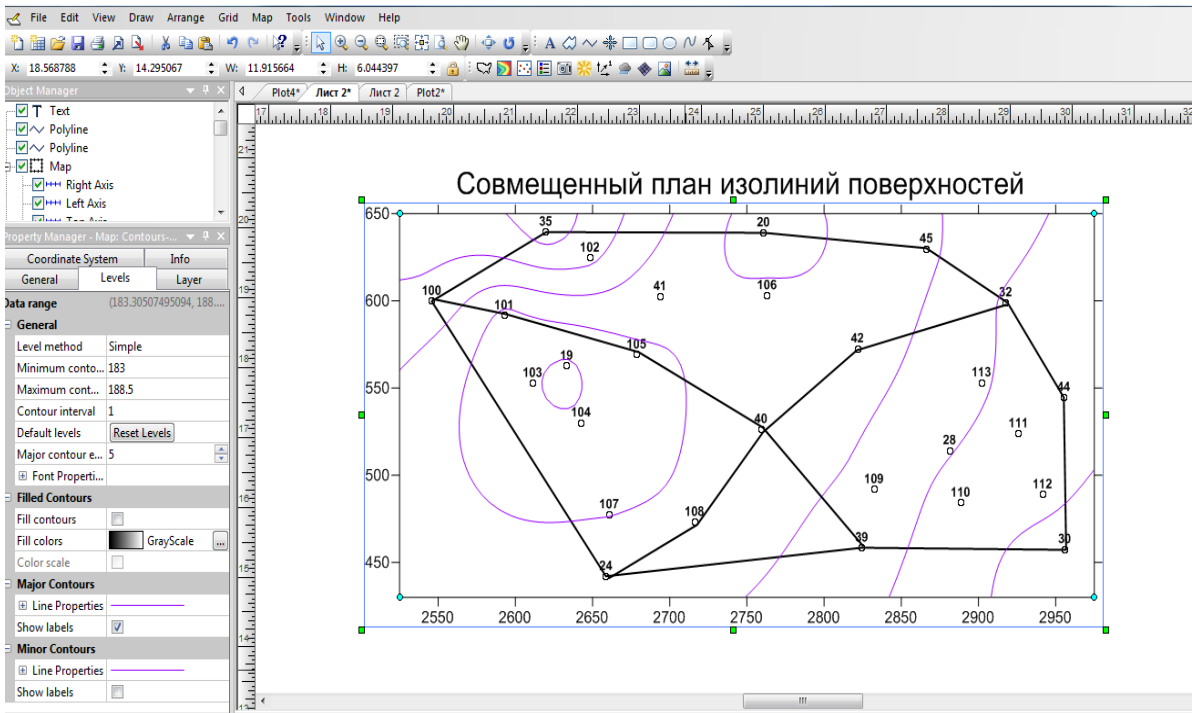


Рис.14 Карта изолиний после изменения интервала изолиний

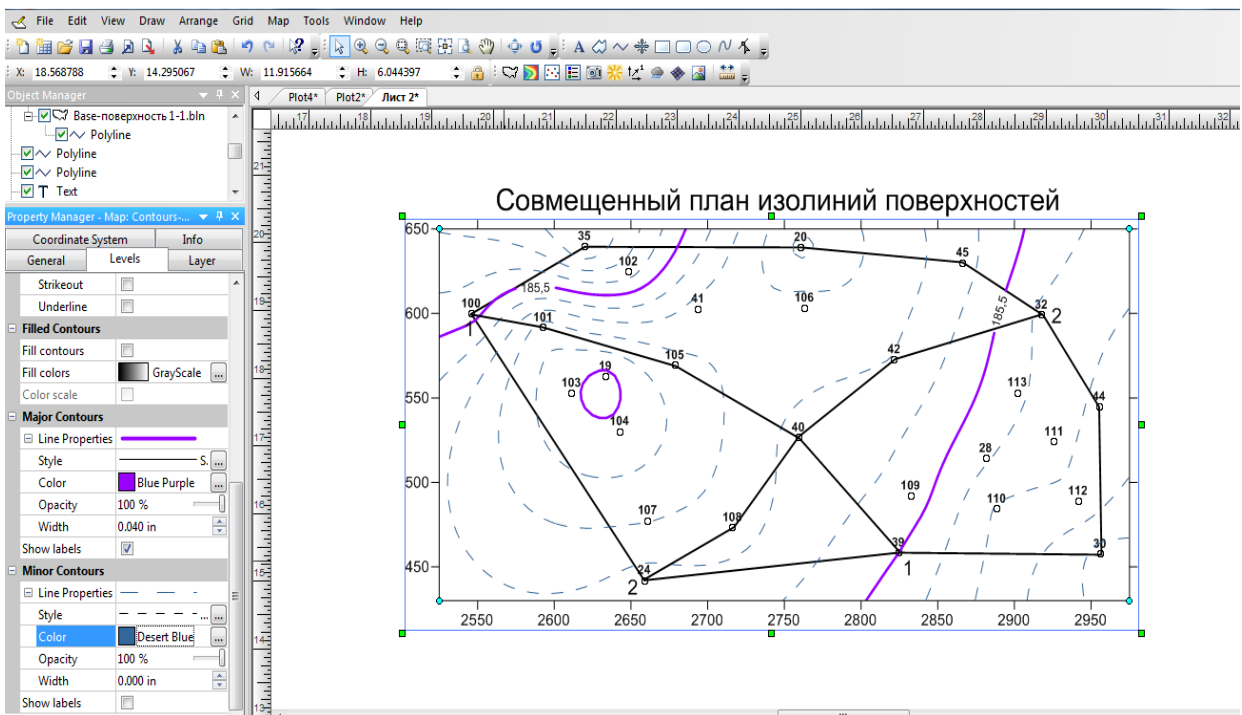
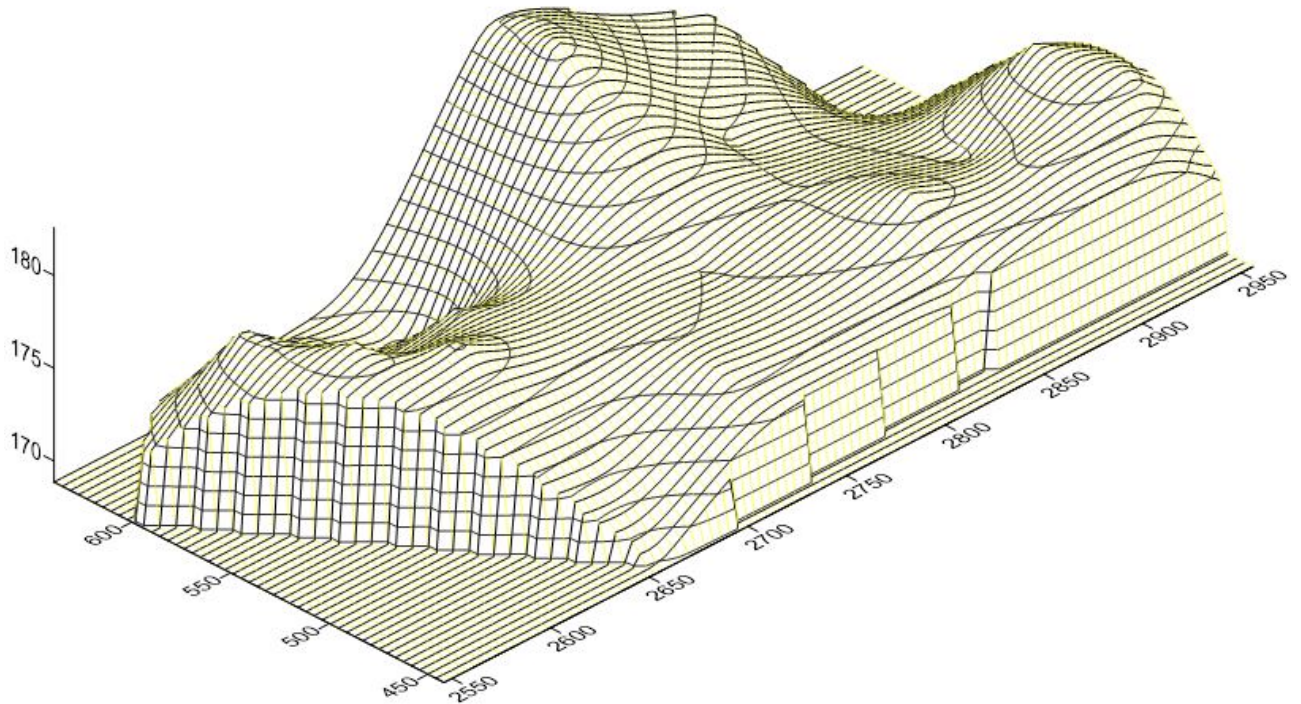


Рис.15 Карта изолиний после изменения цвета, толщины и вида вспомогательных и основных изолиний

3.2. Создание параметров осей

Каждая карта создается с 4 осями: нижней, правой, верхней и левой. В геоинформационной системе surfer есть возможность управления параметрами любой из этих осей, причем независимо друг от друга.

Для этого необходимо выделить в менеджере объектов ось, параметры которой будут изменяться. Далее дважды щелкнуть м



ышкой. Появится диалоговое окно *Map: Left Axis Properties*.

В этом окне можно подписать ось в окне редактирования *Title*. Перейдя на вкладку *Scaling*, в окне редактирования *MajorInterval* уменьшить промежуток между основными делениями на оси (Рис.16).

Рассмотрим на примере: для этого выделяем карту изолиний в менеджере объектов и открывается диалоговое окно *Property Manager-Map: Left Axis*.

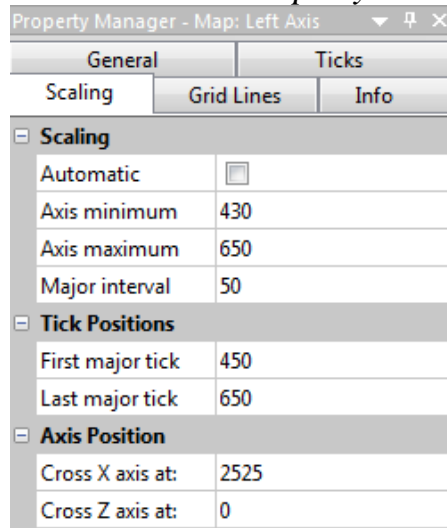


Рис.16 Диалоговое окно *Scaling*

Чтобы изменить пределы осей в этом диалоговом окне нажимаем на кнопку *Limits* и в строках значения $xMin$, $xMax$, $yMin$ и $yMax$ ставим нужные нам пределы 2525, 2975, 430, 650 (Рис.17).

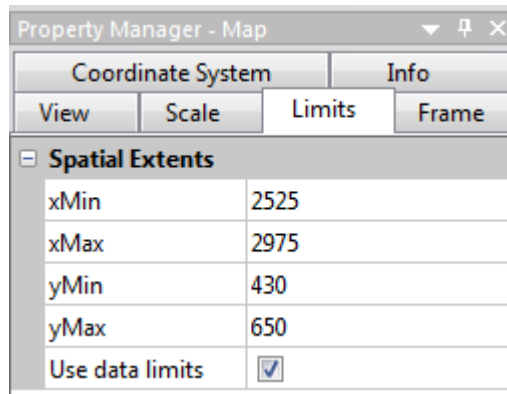


Рис.17 Изменение пределов осей X и Y

Для того чтобы оси X и Y были пропорциональны в этом же диалоговом окне нажимаем кнопку *Scale* и ставим галочку напротив строки *ProportionalXY* (Рис.18).

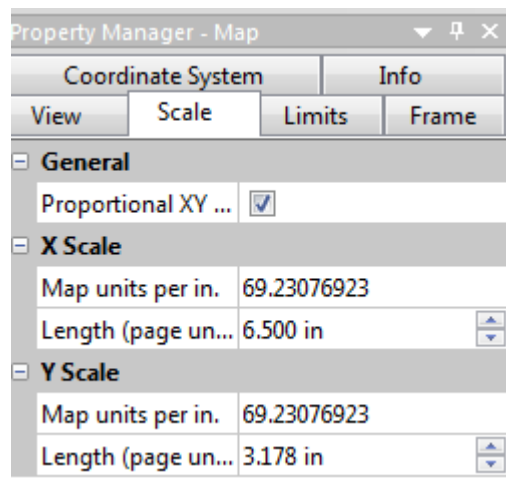


Рис.18 Пропорциональность осей

Все те же преобразования параметров осей можно применить и на другие оси.

4. Визуализация поверхности в трехмерном виде, создание каркасной карты

4.1. Визуализация поверхности в трехмерном виде

Трёхмерная поверхность – это объемное теневое представление сеточного файла. В геометрии трехмерная фигура может быть определена как сплошная фигура или объект, или форма, имеющая три измерения: длину, ширину и высоту. В отличие от двухмерных фигур, трехмерные фигуры имеют высоту, которая совпадает с толщиной или глубиной. Высота поверхности определяется значением Z соответствующего узла сетки. В виде трёхмерной поверхности хорошо смотрятся только довольно плотные сетки.

4.2. Бланкирование сеточного файла

Чтобы создать трехмерную поверхность месторождения полезного ископаемого и в последующем найти необходимые объемы, то заранее созданный сеточный файл необходимо подвергнуть процедуре бланкирования. Бланкирование – это удаления изолиний из каких-то областей карты. В ходе данных действий не происходит фактической обрезки файла, а точкам, которые находятся вне выбранной области, присваивается такое значение, при котором они или их изображения не будут показаны на карте в области чертежа.

Контурную карту, полученную в результате выполнения необходимо бланкировать (обрезать) так, чтобы осталось изображение только выделенного фрагмента – прямоугольника и др. В качестве примере, рассмотрим последовательную процедуру удаления какой-либо части месторождения в виде заранее заданной геометрической фигуры.

Для выполнения бланкирования необходимо выполнить:

1. File-New -Plot;
2. Map -New -Contour Map.

Бланкирование геометрическими фигурами контурных карт необходимо выполнить по вариантам задания:

| Вариант | Фигура | Вариант | Фигура | Вариант | Фигура |
|---------|-------------|---------|-------------|---------|-------------|
| 1 | Гексагон | 6 | ромб | 11 | гексагон |
| 2 | Ромб | 7 | гексагон | 12 | треугольник |
| 3 | Пентагон | 8 | октагон | 13 | пентагон |
| 4 | Октагон | 9 | треугольник | 14 | октагон |
| 5 | Треугольник | 10 | пентагон | 15 | ромб |

В начале нужно щёлкнуть на карту правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать Digitize. Далее курсор приобретает форму крестика. После того как будет отмечена первая точка бланкируемого полигона появится окно Digitized Coordinates, куда автоматически заносятся координаты каждой точки, которую мы отметили путём нажатия левой кнопки мыши.

Далее курсором последовательно отмечаются все точки, которыми оконтуривается бланкированный полигон (для облегчения восприятия, отмеченные на карте точки будут отмечаться красными крестиками). Координаты последней точки должны полностью совпадать с координатами первой точки, поэтому лучше всего копировать координаты первой строчки и вставить в последнюю. После чего необходимо сохранить полученные данные, выбрав команду *File | Save As* в окне *Digitized Coordinates*. Файл лучше назвать так, чтобы не перепутать его в дальнейшем. Затем необходимо открыть окно *Worksheet (Таблица)*, в котором будет редактироваться сохранённый вами файл (*File | New | Worksheets | File | Open |* выбираем сохраненный файл).

4.3. Создание трехмерной поверхности

После процедуры бланкирования, можно приступить к непосредственному созданию трехмерной поверхности месторождения. Для этого необходимо выполнить команду *Map-Surface* на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *Open Grid* и выбрать сеточный файл «Таблица исходных данных 3Д поверхность.grd» (Рис.19).

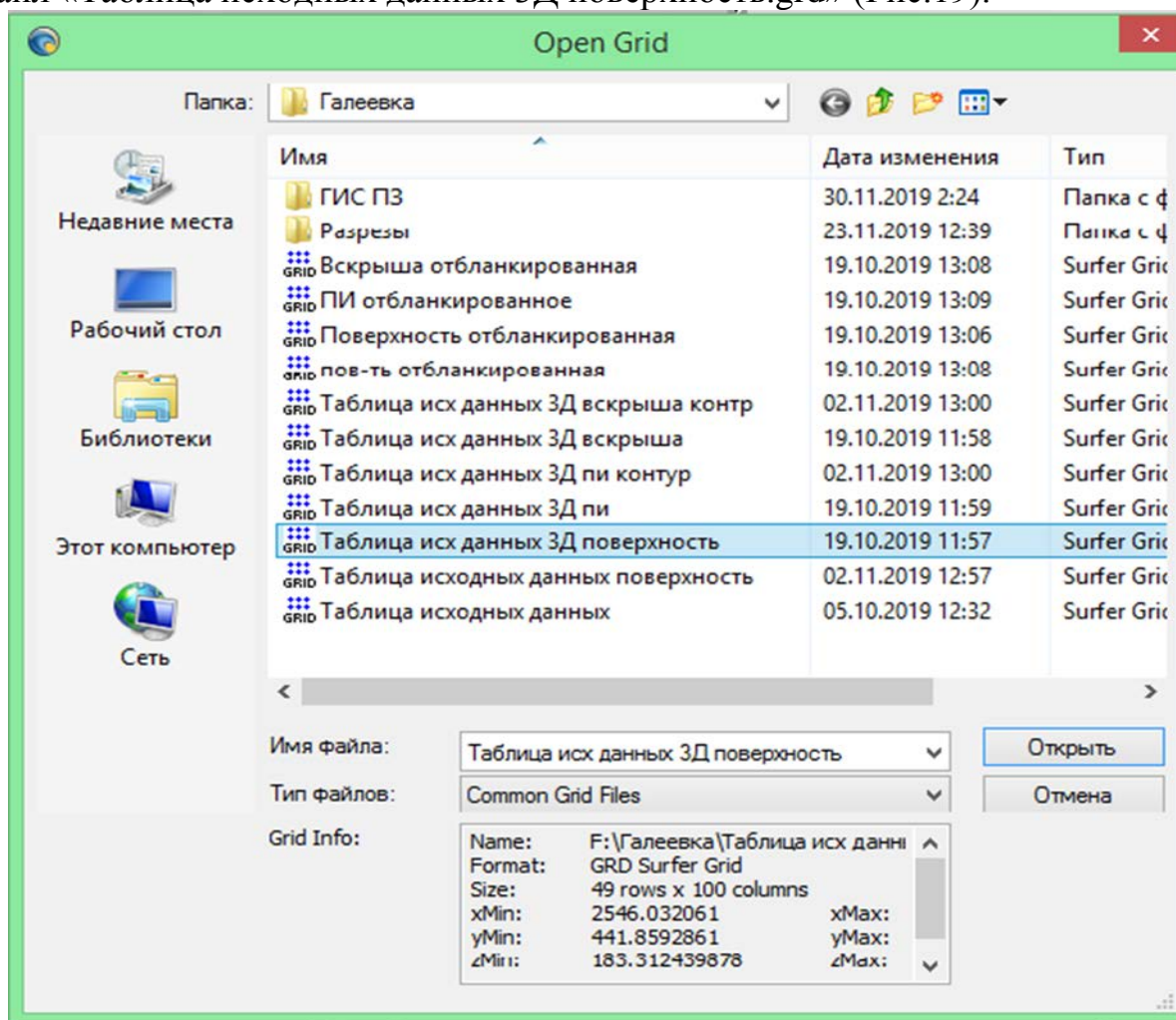


Рис.19 Диалоговое окно Open Grid

2.Если щелкнуть по кнопке *Open*, то в середине страницы, изображенной в окне плот-документа, возникает вновь созданная образная карта с

установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис.20).

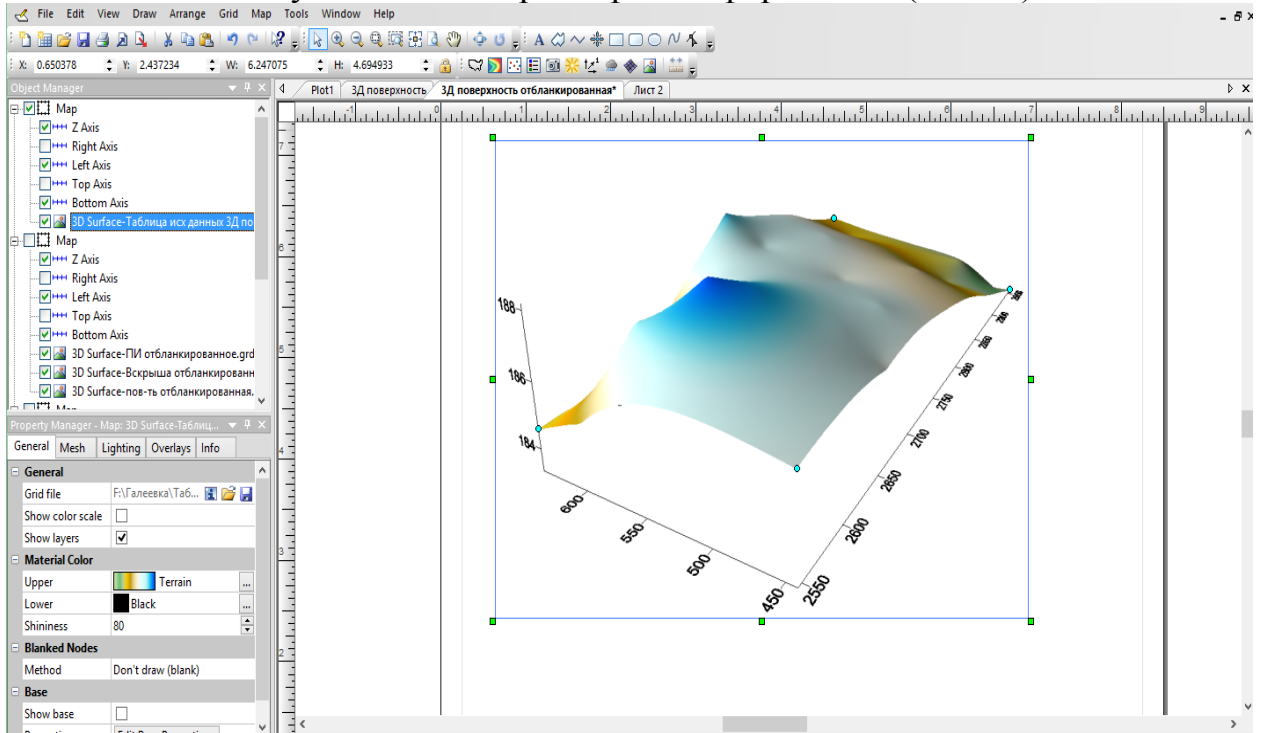


Рис.20 Образная карта 3Д поверхности месторождения

3. Повторяем те же команды для вскрыши и ПИ месторождения, используя сеточные файлы соответственно «Таблица исходных данных 3Д вскрыша.grd» и «Таблица исходных данных 3Д пи.grd».

4.Обеdняем три полученных образных карты в одну и получаем 3D-модель поверхности месторождения (Рис.21).

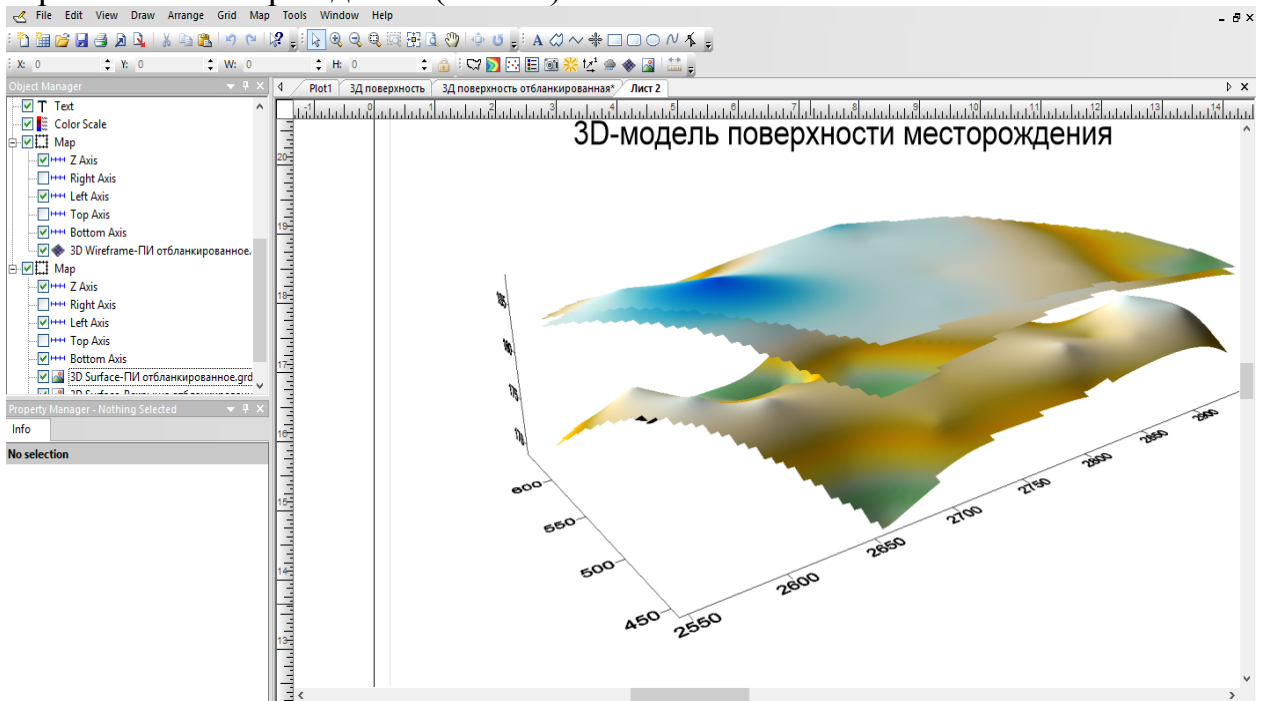


Рис.21 3D-модель поверхности месторождения

5. Установить указатель мыши в пределах контурной карты и щелкнуть дважды. На экране появится диалоговое окно *Map: 3DSurface*. На

вкладке *General* строке *Show color scale* ставим галочку и выводим на экран цветную шкалу (Рис.22).

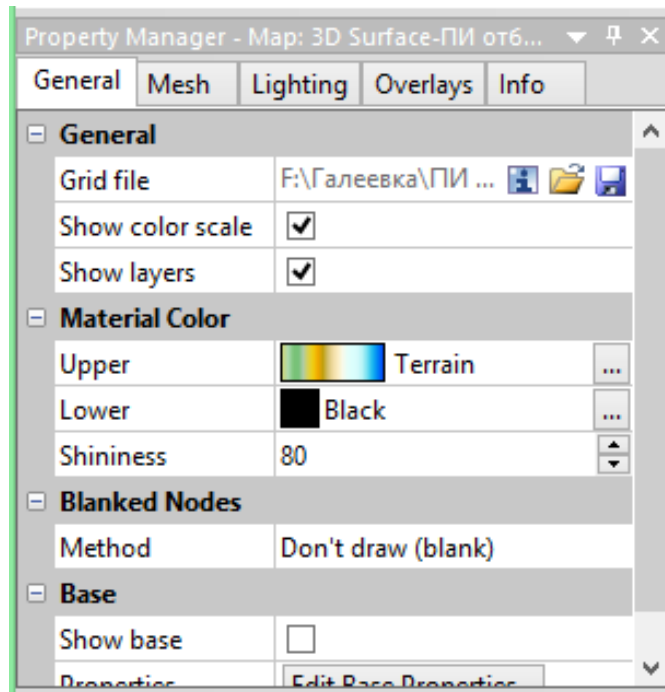


Рис. 22 Диалоговое окно Map: 3D Surface.

6. После этого на экран выводится 3D-модель поверхности месторождения с цветной шкалой (Рис.23).

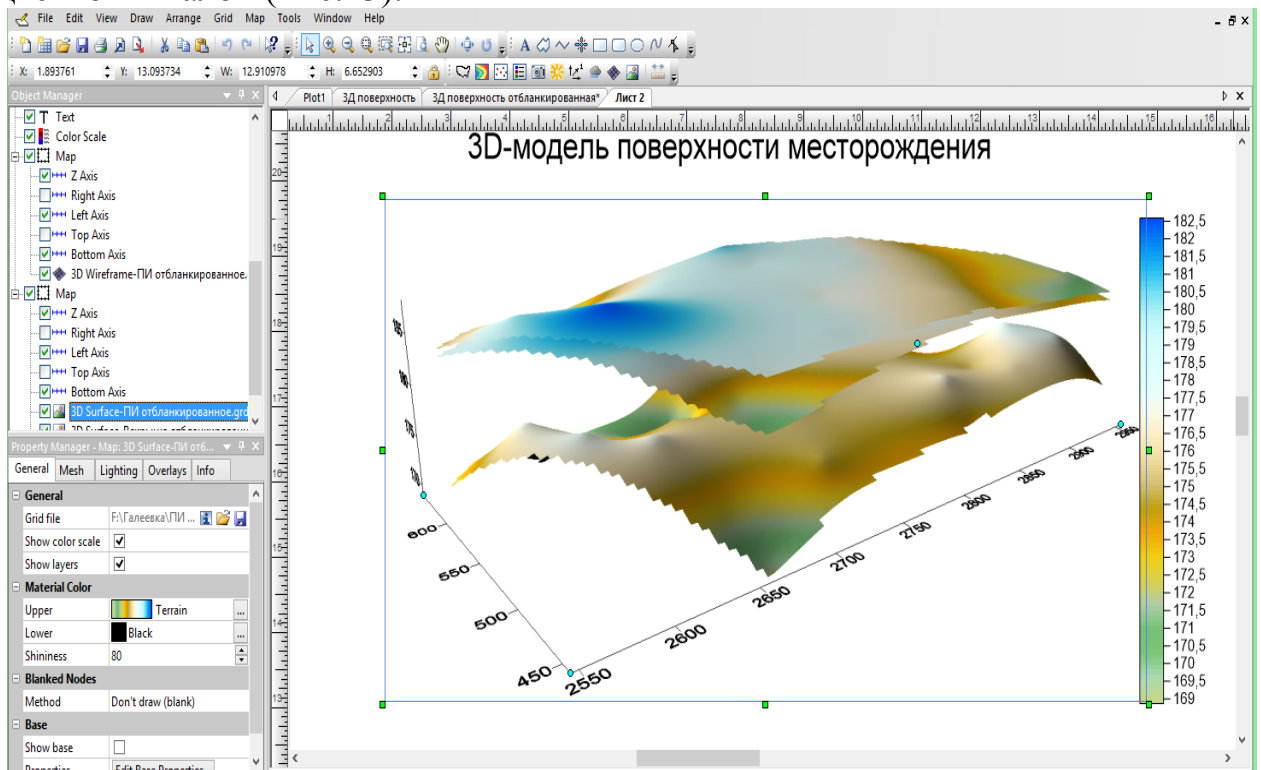


Рис.23 3D-модель поверхности месторождения с цветной шкалой

4.4. Создание каркасной карты

Каркасная карта – это трёхмерное представление сеточного файла. Каркасная карта — прекрасный инструмент для визуализации месторождения. Когда дело доходит до веб-дизайна, каркасная карта устраняет разрыв между вашими концептуальными идеями и пользовательским путем, которые необходимо сформировать.

Каркасные карты существуют уже несколько десятилетий и используются для разработки макетов продуктов, потоков пользователей, планов этажей зданий и многого другого. Каркасная карта — это комбинация каркаса и карты основы. Каркасная карта – это блок-диаграмма, создаваемая путём рисования линий, соответствующих столбцам и строкам сетки. В каждой точке пересечения столбца и строки (т. е. в каждом узле сетки) высота поверхности пропорциональна значению Z в этой точке. Количество линий X и Y , рисующих каркасную карту, определяется числом столбцов и строк сетки.

Создание каркасной карты:

1. Команда *Map-Surface* на панели инструментов *Map*. Появится диалоговое окно *OpenGrid* и выбрать сеточный файл «Таблица исходных данных 3Д пи.grd» (Рис.24).

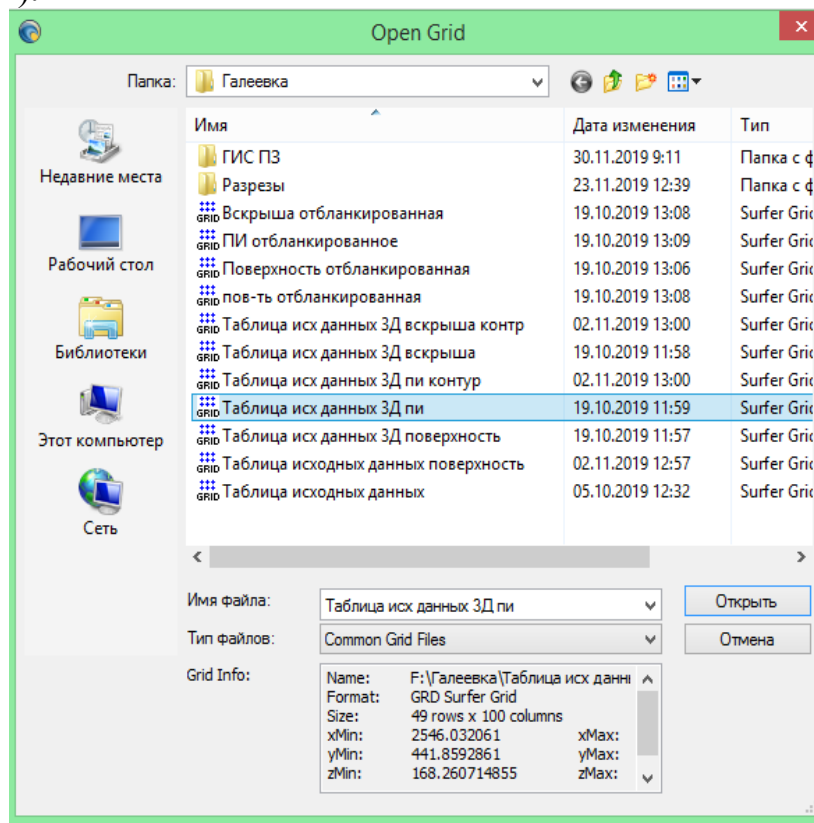


Рис.24 Диалоговое окно OpenGrid

2. Если щелкнуть по кнопке *Open*, то в середине страницы, изображенной в окне плот-документа, возникает вновь созданная каркасная карта с установленными по умолчанию параметрами оформления (Рис.25).

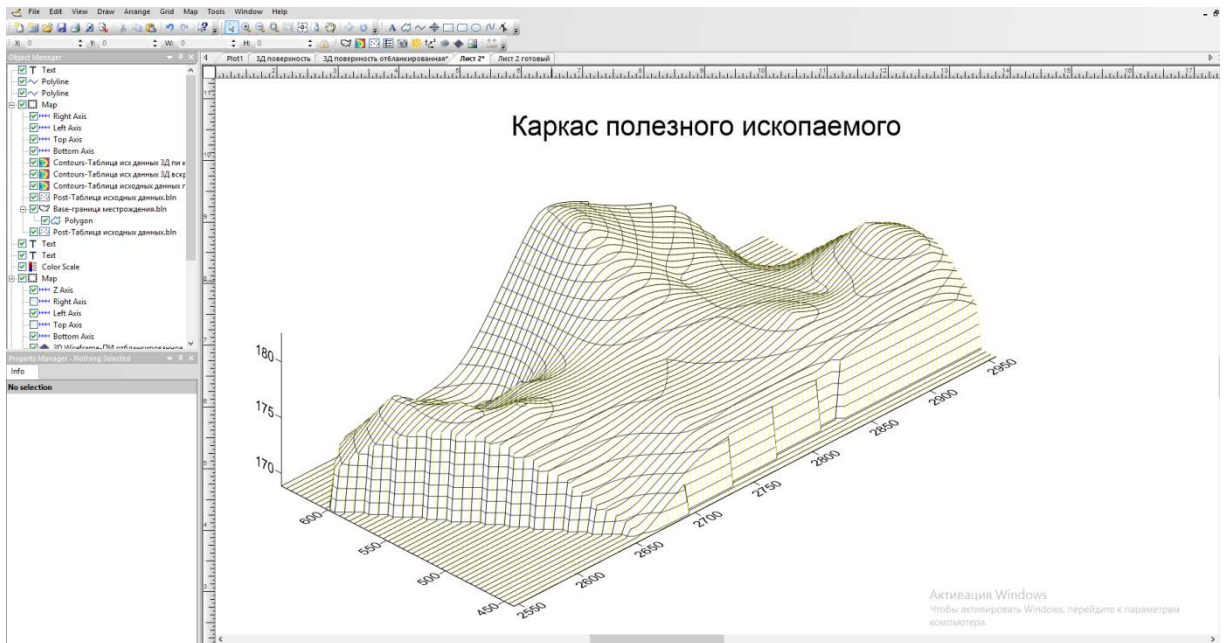


Рис.25 Каркас полезного ископаемого

5.Профильный разрез

Для построения разреза (сечения) карты первоначально необходимо иметь исходные файлы:

- ГРИД-файл формата [. GRD];
- линию разреза, по которой будет построен разрез [. BLN].

Далее необходимо последовательно выполнить команду меню *Grid>Slice* (вертикальное сечение ГРИДА вдоль линии разреза) с данными, которые необходимы для вывода разреза на экран. Следовательно, на этом этапе необходимо быть внимательным, так как направление разреза будет зависеть от направления линии разреза.

Построим 2 разреза по линии 1-1 и линии 2-2 (Рис.26)

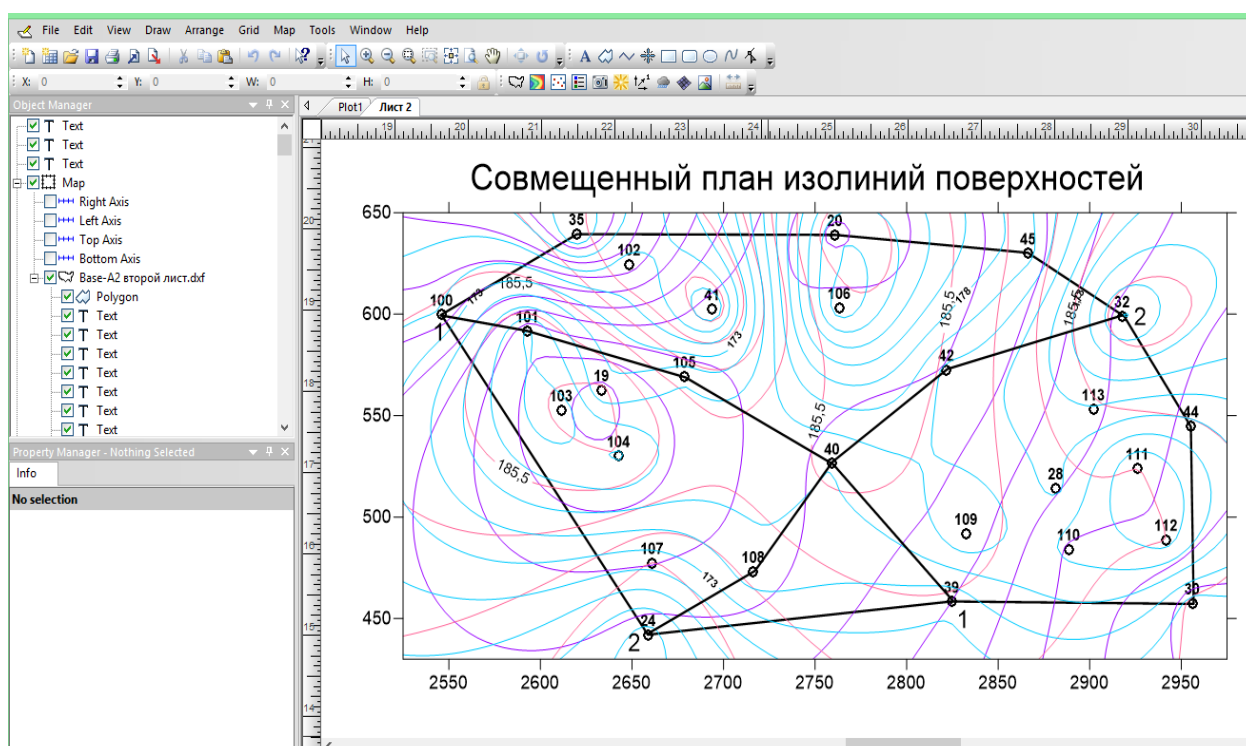


Рис.26 Профильные разрезы

Разрез по линии 1-1 проходит через скважины 100-101-105-40-39.

Разрез по линии 2-2 проходит через скважины 24-108-40-42-32.

5.1. Создание файла данных разреза

Прежде, чем построить профильный разрез, необходимо создать файл с координатами линии профиля, по которой он будет построен. Выделяем необходимую карту и включаем режим оцифровки: *Map>Digitize*. Появившимся крестом щелкаем левой кнопкой мыши в верхнем левом углу карты, затем по скважинам с номерами 100-101-105-40-39. В открывшемся небольшом окне *digit.blm* появляются координаты выбранных скважин X и Y (Рис.27).

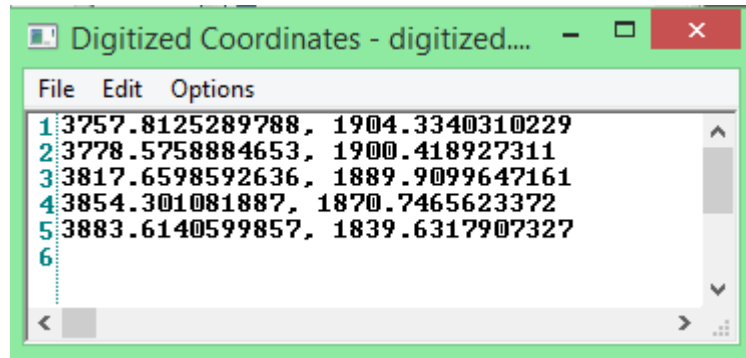


Рис.27 Оцифровка скважин разреза

В этом же окне: *File>Saveas* и присваиваем файлу с координатами предложенное по умолчанию имя *digitized 1-1.blm*, закрываем окно и отменяем режим оцифровки (снимаем «галочку» в *Map>Digitize*).

Откроем файл *digitized 1-1.blm* (рис.28). В первой строке в файлах данного формата всегда в первой ячейке указывается количество данных, во второй – либо ноль, либо единица.

| | A | B | C | D | E | F | G |
|----|-----------|-----------|-----------|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 1 | | | | | |
| 2 | 2545,5564 | 599,41947 | 172,17181 | | | | |
| 3 | 2592,9663 | 590,95342 | 177,08189 | | | | |
| 4 | 2679,3200 | 569,78829 | 174,60711 | | | | |
| 5 | 2759,7475 | 527,03473 | 175,11178 | | | | |
| 6 | 2824,9361 | 458,45970 | 173,28847 | | | | |
| 7 | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | |

Рис. 28 Файл digitized 1-1.blm

Построим линию разреза: *Map> Base Map*, воткрывшемся окне *Import File* (рис. 29) выбираем файл *digit.blm> Открыть*.

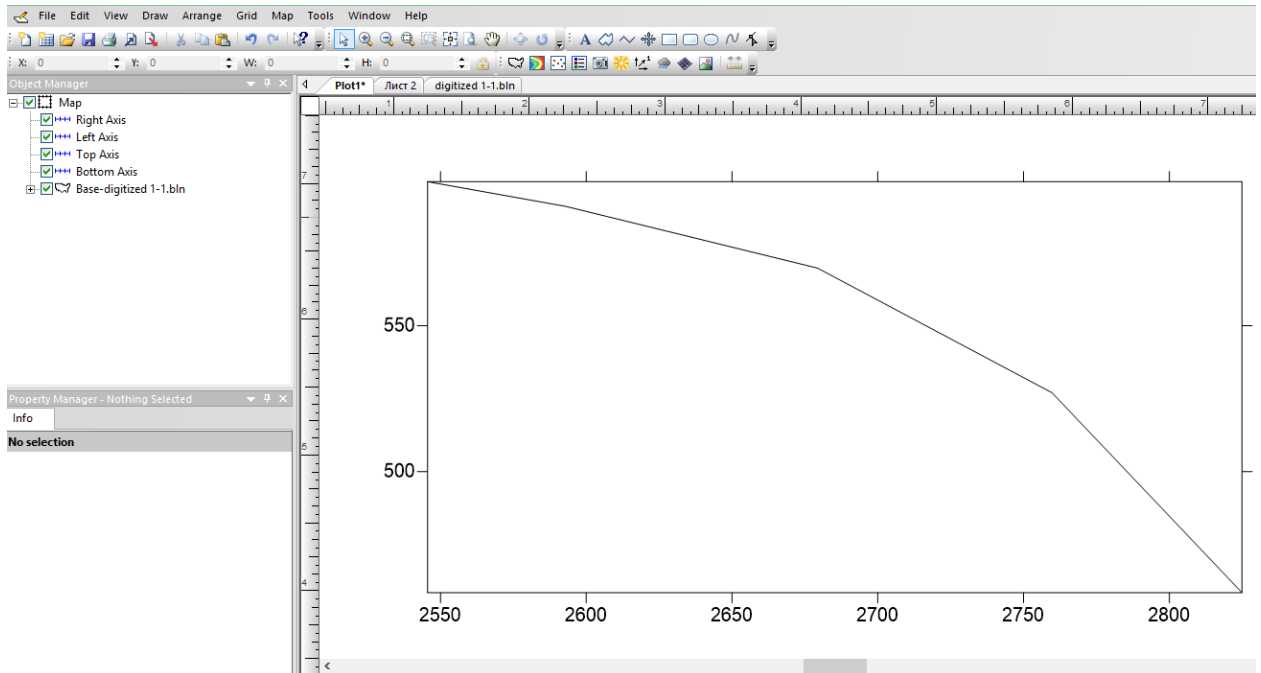


Рис.29 Линия разреза 1-1

Последовательность действий при создании файла разреза складывается из следующих шагов:

1. Выбрать в меню команду *Grid>Slice*.
2. В диалоговом окне *OpenGrid*, выбрать соответствующий файл *.grdi и щелкнуть по кнопке *Open*(Открыть) (Рис.30).

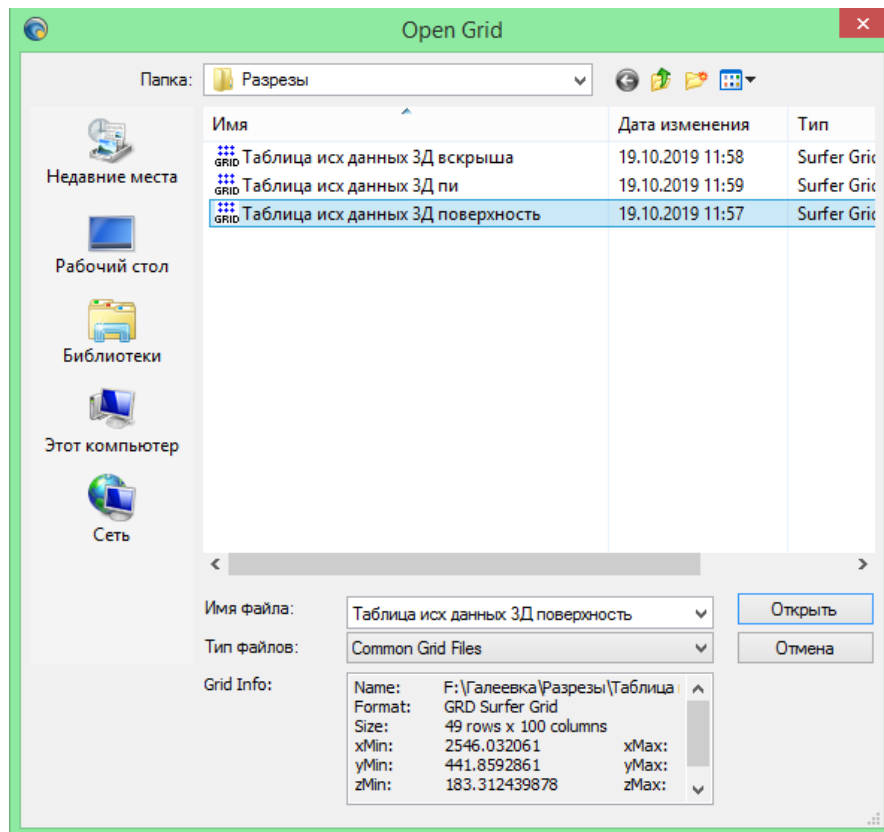


Рис. 30 Диалоговое окно Open Grid

3. В следующем диалоговом окне *Open*, выбрать файл [. BLN] с координатами линии профиля (о создании этого файла речь пойдет ниже), по которой будет рассчитан разрез и щелкнуть по кнопке *Open* (Рис.31).

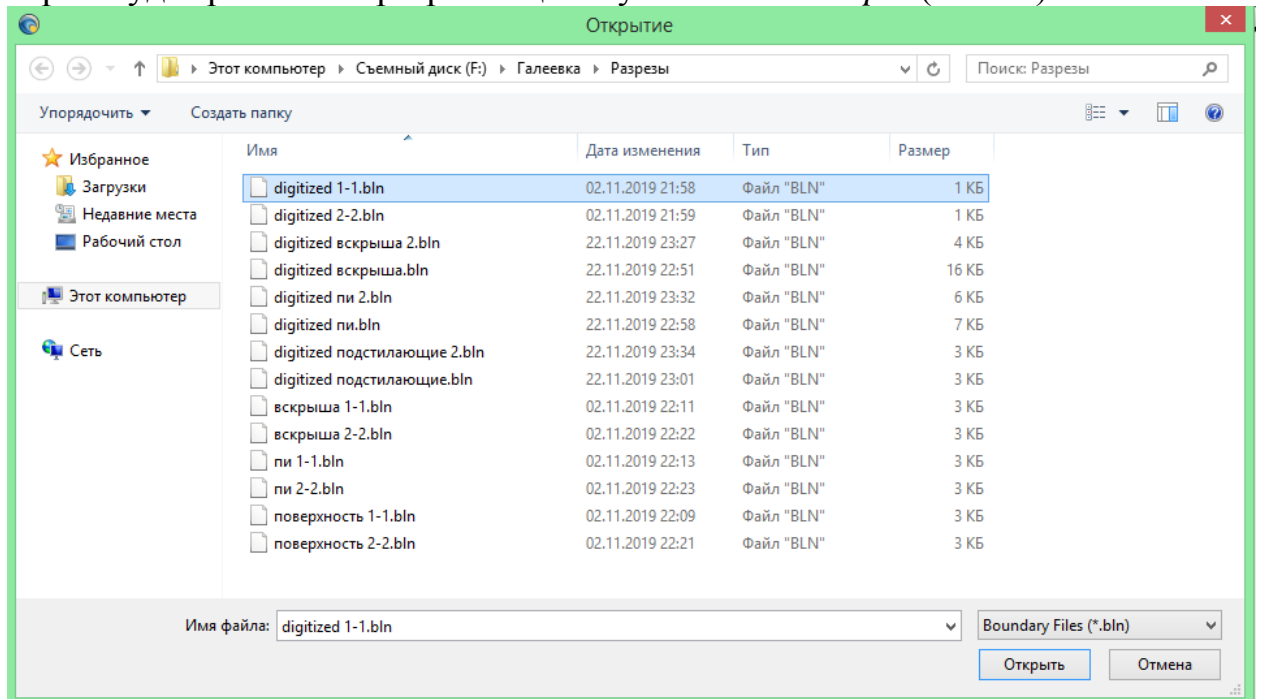


Рис.31 Диалоговое окно для выбора линии разреза

4. Задать имя выходного файла (*Output DAT File*) и щелкнуть по кнопке *Save* (Сохранить).

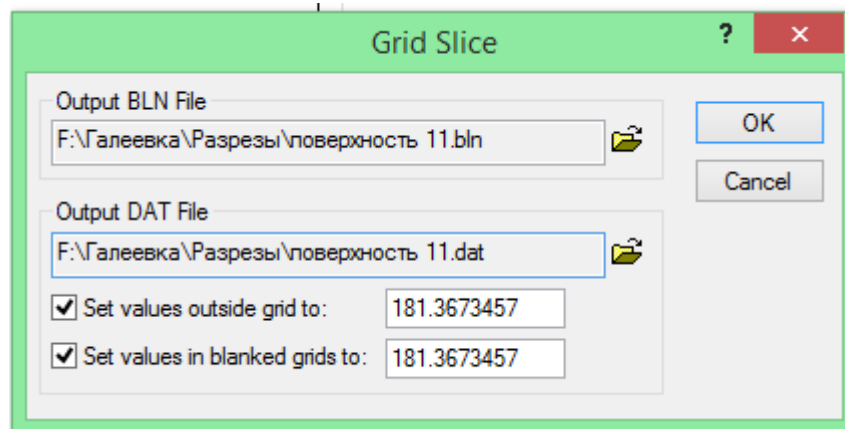


Рис.32 Диалоговое окно GridSlice

6. Указать в опции *Setvaluesoutside* (Установите значения за пределами), какие значения присваивать точкам, лежащим за пределами ГРИДА. По умолчанию значение в этих точках рассчитывается по следующему уравнению:

$$(1.4 * \text{Grid Z Minimum}) - (0.4 * \text{Grid Z Maximum}).$$

Если эта опция неактивна (отсутствует «галочка»), то значения точек, выходящих за пределы ГРИДА в выходной файл формата [.DAT] не включаются.

7. Щелкнуть по кнопке *OK*, и файл с данными ГРИДА по линии профиля будет создан.

5.2. Построение профильного разреза

1. Откроем файл *поверхность 1-1.dat* (рис. 33).

| | A | B | C | D | E | F |
|----|-----------|-----------|-----------|------------|---|---|
| 1 | 2545,5564 | 599,41947 | 181,36735 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 2550,1736 | 598,59496 | 185,46087 | 4,6903234 | 1 | 1 |
| 3 | 2551,8802 | 598,29021 | 185,52258 | 6,4239185 | 1 | 1 |
| 4 | 2554,3152 | 597,85539 | 185,61330 | 8,8974187 | 1 | 1 |
| 5 | 2558,4568 | 597,11582 | 185,77053 | 13,104514 | 1 | 1 |
| 6 | 2562,5984 | 596,37625 | 185,93193 | 17,311609 | 1 | 1 |
| 7 | 2566,7400 | 595,63668 | 186,09859 | 21,518705 | 1 | 1 |
| 8 | 2570,8815 | 594,89712 | 186,27156 | 25,725800 | 1 | 1 |
| 9 | 2574,9332 | 594,17360 | 186,44814 | 29,841566 | 1 | 1 |
| 10 | 2575,0231 | 594,15755 | 186,45202 | 29,932895 | 1 | 1 |
| 11 | 2579,1647 | 593,41798 | 186,63627 | 34,139990 | 1 | 1 |
| 12 | 2583,3063 | 592,67841 | 186,82752 | 38,347086 | 1 | 1 |
| 13 | 2587,4479 | 591,93885 | 187,02531 | 42,554181 | 1 | 1 |
| 14 | 2591,5894 | 591,19928 | 187,21942 | 46,761276 | 1 | 1 |
| 15 | 2592,9663 | 590,95342 | 187,23664 | 48,159858 | 1 | 1 |
| 16 | 2595,7310 | 590,27578 | 187,28059 | 51,006469 | 1 | 1 |
| 17 | 2596,6236 | 590,05700 | 187,27558 | 51,925500 | 1 | 1 |
| 18 | 2599,8726 | 589,26068 | 187,24255 | 55,270634 | 1 | 1 |
| 19 | 2604,0142 | 588,24559 | 187,21618 | 59,534800 | 1 | 1 |
| 20 | 2608,1558 | 587,23050 | 187,20476 | 63,798965 | 1 | 1 |
| 21 | 2612,2974 | 586,21540 | 187,20648 | 68,063130 | 1 | 1 |
| 22 | 2613,4194 | 585,94040 | 187,20947 | 69,218370 | 1 | 1 |
| 23 | 2616,4389 | 585,20031 | 187,21543 | 72,327295 | 1 | 1 |
| 24 | 2620,5805 | 584,18522 | 187,23362 | 76,591460 | 1 | 1 |
| 25 | 2624,7221 | 583,17012 | 187,25935 | 80,855625 | 1 | 1 |
| 26 | 2628,8637 | 582,15503 | 187,28785 | 85,119790 | 1 | 1 |
| 27 | 2630,2151 | 581,82379 | 187,29608 | 86,511239 | 1 | 1 |
| 28 | 2633,0053 | 581,13994 | 187,31167 | 89,383955 | 1 | 1 |
| 29 | 2637,1468 | 580,12485 | 187,32687 | 93,648121 | 1 | 1 |
| 30 | 2641,2884 | 579,10975 | 187,33093 | 97,912286 | 1 | 1 |
| 31 | 2645,4300 | 578,09466 | 187,32436 | 102,17645 | 1 | 1 |
| 32 | 2647,0109 | 577,70719 | 187,31969 | 103,80411 | 1 | 1 |
| 33 | 2649,5716 | 577,07957 | 187,30767 | 106,44062 | 1 | 1 |
| 34 | 2653,7132 | 576,06447 | 187,28502 | 110,70478 | 1 | 1 |
| 35 | 2657,8547 | 575,04938 | 187,26044 | 114,96895 | 1 | 1 |
| 36 | 2661,9963 | 574,03429 | 187,23511 | 119,233111 | 1 | 1 |
| 37 | 2663,8066 | 573,59059 | 187,22459 | 121,09698 | 1 | 1 |
| 38 | 2666,1379 | 573,01919 | 187,20774 | 123,49728 | 1 | 1 |
| 39 | 2670,2795 | 572,00410 | 187,17924 | 127,76144 | 1 | 1 |
| 40 | 2674,4211 | 570,98901 | 187,15041 | 132,02561 | 1 | 1 |
| 41 | 2678,5626 | 569,97391 | 187,12040 | 136,28977 | 1 | 1 |
| 42 | 2679,3200 | 569,78829 | 187,11845 | 137,06953 | 1 | 1 |
| 43 | 2679,9112 | 569,47398 | 187,11922 | 137,73914 | 1 | 1 |
| 44 | 2682,7042 | 567,98930 | 187,12271 | 140,90221 | 1 | 1 |
| 45 | 2686,8458 | 566,78778 | 187,12802 | 145,58888 | 1 | 1 |

Рис. 33 Файл поверхность 1-1.dat

2. Чтобы построить разрез необходимо преобразовать этот файл с расширением *.dat в файл с расширением *.bln. Для этого необходимо столбцы А и В удалить, а в первый столбец скопировать накопленное горизонтальное расстояние от начала профиля вдоль линии профиля (столбец D), а во второй – значение абсолютной отметки Z в точке пересечения линии профиля с грид-

линией карты (столбец С). Для этого выделяем столбец D, щелкнув левой кнопкой мыши по букве D (рис. 3.32), затем щелкаем правой кнопкой мыши и в выпадающем меню выбираем *Copy (Копировать)*. Затем выделяем столбец A и в выпадающем меню выбираем *Paste (Вставить)*. Аналогично копируем столбец С в столбец В. Выделяем столбцы С и D в выпадающем меню выбираем *Delete (Уничтожить)*.

Затем необходимо вставить новую строку перед первой строкой, для чего выделить первую строку, щелкнув мышкой по номеру строки 1 и в выпадающем меню выбираем пункт *Insert (Вставка)*. Теперь в первой ячейке необходимо указать количество данных, во второй написать цифру 1. Далее в меню *File>Saveas* сохраняем файл как *поверхность 1-1.blm* (рис. 34).

| | A1 | 106 | | | |
|----|------------|-----------|---|---|---|
| | A | B | C | D | E |
| 1 | 106 | 1 | | | |
| 2 | 0 | 181,36735 | | | |
| 3 | 4,6903234 | 185,46087 | | | |
| 4 | 6,4239185 | 185,52258 | | | |
| 5 | 8,8974187 | 185,61330 | | | |
| 6 | 13,104514 | 185,77053 | | | |
| 7 | 17,311609 | 185,93193 | | | |
| 8 | 21,518705 | 186,09859 | | | |
| 9 | 25,725800 | 186,27156 | | | |
| 10 | 29,841566 | 186,44814 | | | |
| 11 | 29,932895 | 186,45202 | | | |
| 12 | 34,139990 | 186,63627 | | | |
| 13 | 38,347086 | 186,82752 | | | |
| 14 | 42,554181 | 187,02531 | | | |
| 15 | 46,761276 | 187,21942 | | | |
| 16 | 48,159858 | 187,23664 | | | |
| 17 | 51,006469 | 187,28059 | | | |
| 18 | 51,925500 | 187,27558 | | | |
| 19 | 55,270634 | 187,24255 | | | |
| 20 | 59,534800 | 187,21618 | | | |
| 21 | 63,798965 | 187,20476 | | | |
| 22 | 68,063130 | 187,20648 | | | |
| 23 | 69,218370 | 187,20947 | | | |
| 24 | 72,327295 | 187,21543 | | | |
| 25 | 76,591460 | 187,23362 | | | |
| 26 | 80,855625 | 187,25935 | | | |
| 27 | 85,119790 | 187,28785 | | | |
| 28 | 86,511239 | 187,29608 | | | |
| 29 | 89,383955 | 187,31167 | | | |
| 30 | 93,648121 | 187,32687 | | | |
| 31 | 97,912286 | 187,33093 | | | |
| 32 | 102,17645 | 187,32436 | | | |
| 33 | 103,80411 | 187,31969 | | | |
| 34 | 106,44062 | 187,30767 | | | |
| 35 | 110,70478 | 187,28502 | | | |
| 36 | 114,96895 | 187,26044 | | | |
| 37 | 119,233111 | 187,23511 | | | |
| 38 | 121,09698 | 187,22459 | | | |
| 39 | 123,49728 | 187,20774 | | | |
| 40 | 127,76144 | 187,17924 | | | |
| 41 | 132,02561 | 187,15041 | | | |
| 42 | 136,28977 | 187,12040 | | | |
| 43 | 137,06953 | 187,11845 | | | |
| 44 | 137,73914 | 187,11922 | | | |

Рис.34 Файл blm для построения разреза

3. Загружаем разрез по кровле пласта: *Map>BaseMap*, в открывшемся

окне *ImportFile* открыть файл *поверхность 1-1.blm*, в окне (рис. 35) > ОК.

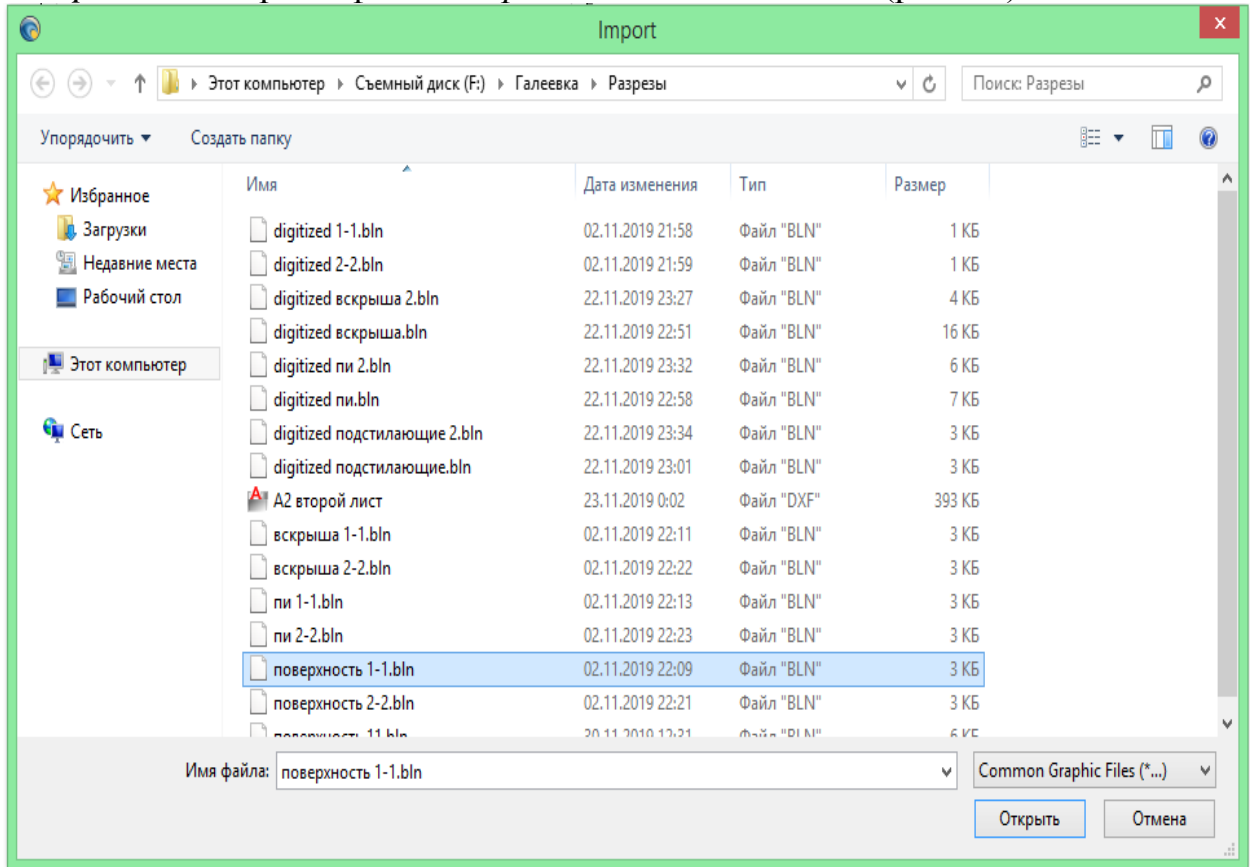


Рис.35 Диалоговое окно Import File

4.В *Object Manager* выбираем подобъект *Base* и редактируем его, открыв окно свойств данного подобъекта двойным щелчком левой кнопки мыши. В закладке *Scale* убираем «галочку» в *Proportional XY scaling* и в разделе *Y Scale* выставляем длину оси по координате *Y (Length)* приблизительно в два раза меньше длины оси по координате *X* (рис. 36).

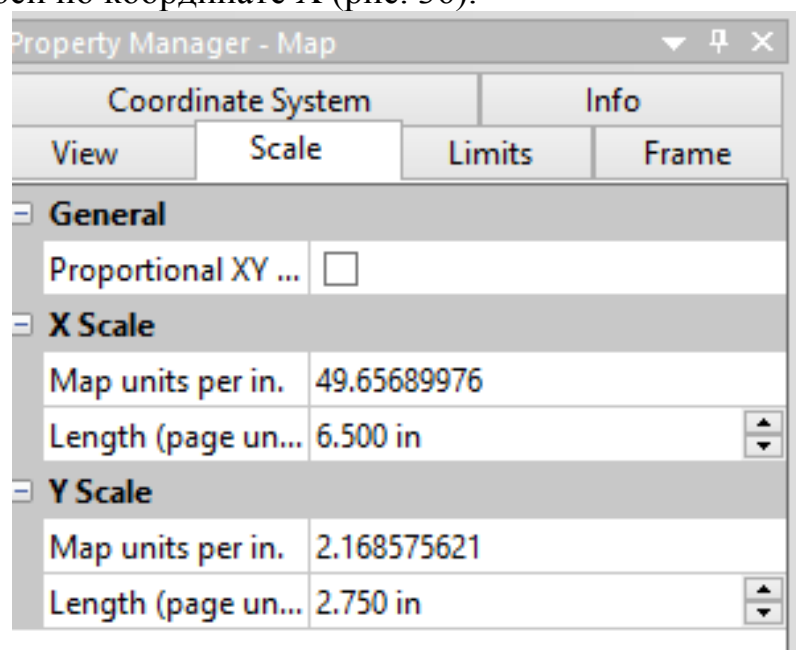


Рис. 36 Диалоговое окно Property Manager –Map

5. После нажатия кнопки ОК получаем разрез по кровле пласта (рис. 37).

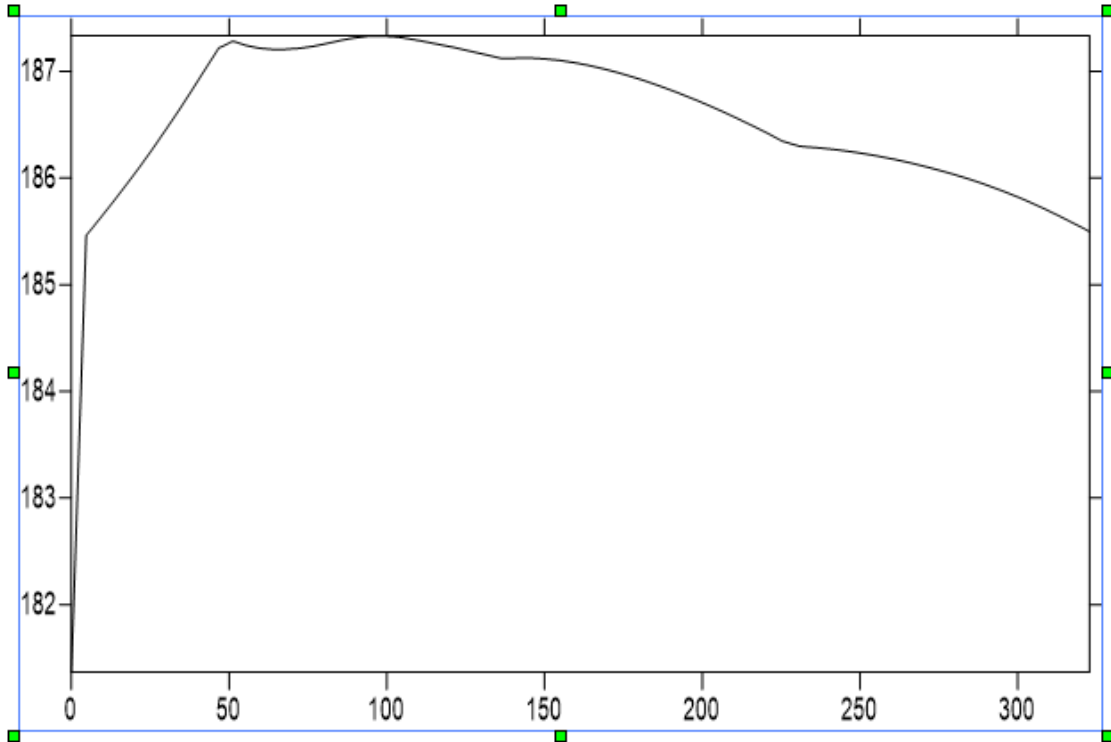


Рис. 37 Разрез по поверхности месторождения

5. Точно такие же действия мы производим и для вскрыши и для полезного ископаемого.

6. Объединяем все три карты и получаем профильный разрез месторождения «Галеевка-2» (Рис.38).

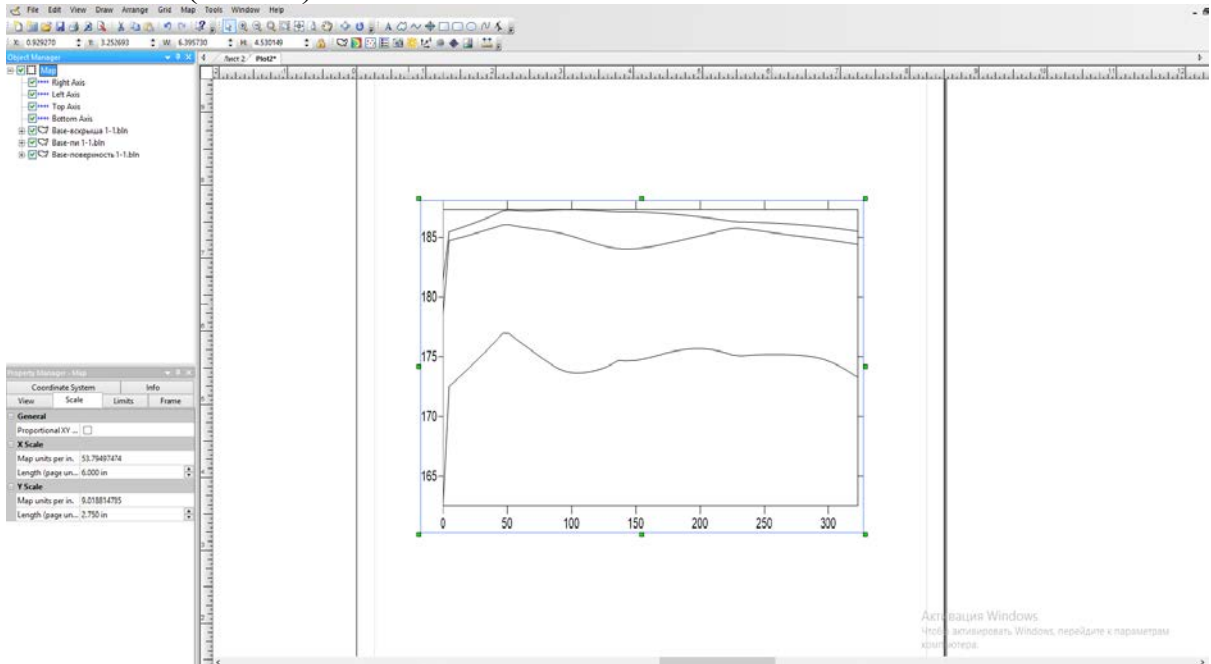


Рис. 38 Профильный разрез месторождения «Галеевка-2»

7. Далее в геологические характеристики месторождения «Галеевка-2» находим какими породами представлены вскрышные породы, полезное ископаемое и подстилающие породы и закрашиваем профильный разрез по линии 1-1 (Рис.39).

Геолого-литологический разрез по линии 1-1

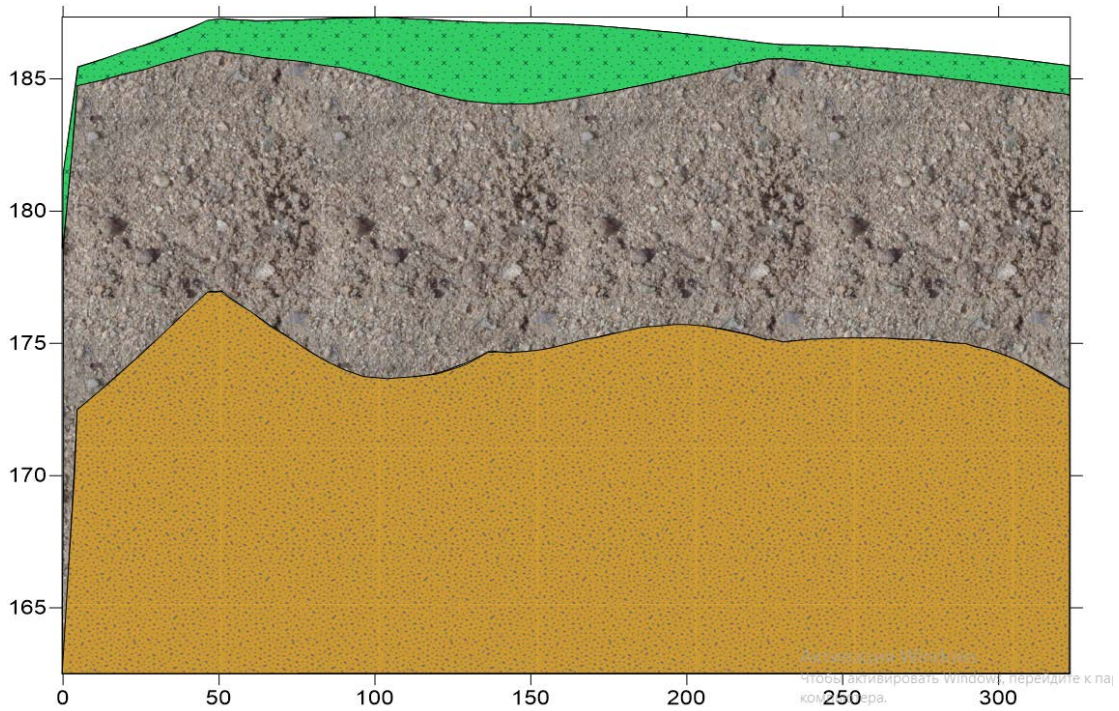


Рис.39 Разрез месторождения «Галеевка-2»

Точно такие же действия проводим для построения геолого-литологического разреза месторождения «Галеевка-2» по линии 2-2 (Рис.40).

Геолого-литологический разрез по линии 2-2

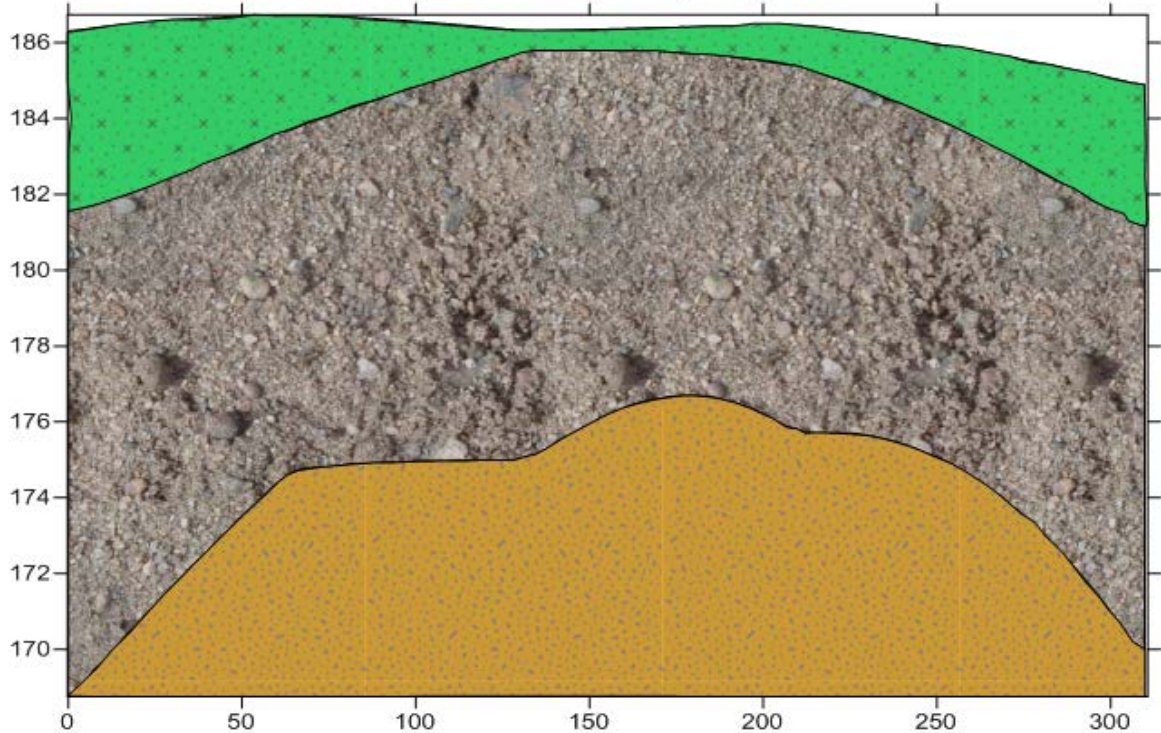


Рис.40 Геолого-литологический разрез по линии 2-2

6. Вычисление объемов и площадей заданных участков месторождения

SURFER вычисляет объемы трехмерных тел, ограниченных верхней и нижней поверхностями. Каждая из этих поверхностей может быть либо горизонтальной плоскостью, либо сеточной функцией, определяемой сеточным [. GRD] файлом (grid [. GRD] file). Прежде чем вычислять объем какой-то области, необходимо задать верхнюю и нижнюю поверхности. Если обе поверхности определяются сеточными файлами, то эти файлы должны иметь одинаковые диапазоны изменения X, Y - координат и одинаковый размер (то есть одно и то же число строк и столбцов). SURFER сравнивает сеточные узлы верхней и нижней поверхностей исходя из положения этих узлов в файле, а не на основе их X, Y- координат.

При вычислении объемов бланковые участки сеточных файлов игнорируются; площади бланковых областей вычисляются и включаются в отчет VOLUME COMPUTATIONS.

Сведения о площадях поверхностей представлены в отчете VOLUME COMPUTATIONS как *Positive Surface Area* (*Положительные площади поверхностей*) и *Negative Surface Area* (*Отрицательные площади поверхностей*).

Positive Surface Area – это площади тех частей поверхности, где верхняя поверхность находится выше нижней поверхности.

Negative Surface Area – это площади тех частей поверхности, где нижняя поверхность находится выше верхней поверхности.

При вычислении объемов бланковые участки сеточных файлов игнорируются; площади бланковых областей вычисляются и включаются в отчет VOLUME COMPUTATIONS.

6.1. Вычисление объемов и площадей с помощью ГИС Surfer

Вычисление объемов складывается из следующих шагов:

1. Постройте сеточные файлы верхней и нижней поверхностей;
2. Выберите команду *Volume* (*Объем*) из меню *Grid*. Откроется панель диалога *Open Grid* (*Откройте сеть*). Задайте сеточный [. GRD] файл «Таблица исходных данных 3Д поверхность», который будет использоваться в при вычислении объема в качестве верхней поверхности (Рис.41).

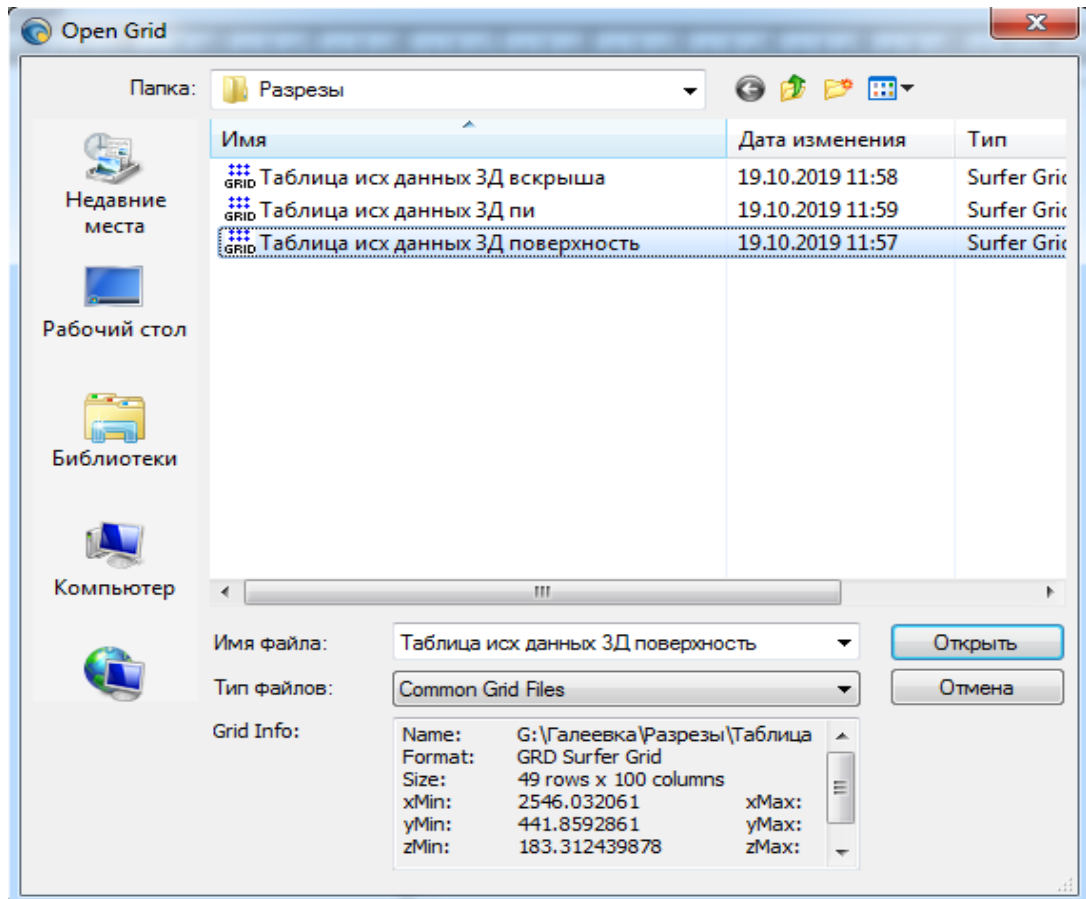


Рис.41 Диалоговое окно Open Grid

Щелкните по клавише ОК и на экране откроется панель диалога *Grid Volume (Объем сети)*. Заданный Вами сеточный файл будет отображен в групповом окне верхней поверхности (Рис.42).

3. В групповом окне *Upper Surface (Верхняя поверхность)* выберите опцию *Grid File (Сеточный файл)* (Рис.42).

4. В групповом окне *Lower Surface (Нижняя поверхность)* выберите опцию *Grid File (Сеточный файл)* и щелкните по клавише *Change (Изменить)*. В панели диалога *Open Grid (Откройте сеть)* задайте сеточный [. GRD] файл «Таблица исходных данных 3д всрыша», который будет использоваться в при вычислении объемов и площадей в качестве нижней поверхности, и щелкните по клавише ОК (Рис.42).

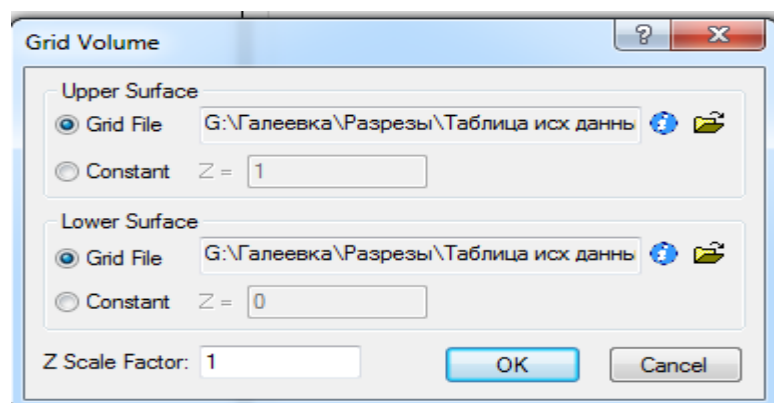


Рис.42 Диалоговое окно Grid Volume

5. Убедитесь, что все параметры панели диалога *Grid Volume (Объем сетки)* заданы правильно. Щелкните по клавише ОК, и SURFER начнет вычисление объемов и площадей. По окончании вычислений автоматически откроется окно *Редактора (Editor window)*, содержащее отчет VOLUME COMPUTATIONS (*ВЫЧИСЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ*) с результатами выполненных вычислений (Рис.43) (см. приложение 2).

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

| | |
|---------------------|-----------------|
| Trapezoidal Rule: | 158857.28296917 |
| Simpson's Rule: | 158861.30025219 |
| Simpson's 3/8 Rule: | 158859.19571186 |

Рис.43 Фрагмент отчета подсчета объемов вскрыши

Также подсчитываются и объемы ПИ (Рис.44) (см. приложение 3).

Volumes

Z Scale Factor: 1

Total Volumes by:

| | |
|---------------------|-----------------|
| Trapezoidal Rule: | 760151.93196366 |
| Simpson's Rule: | 760117.11816829 |
| Simpson's 3/8 Rule: | 760112.45236999 |

Рис.44 Фрагмент отчета подсчета объемов ПИ

6. Для того, чтобы сохранить результаты вычислений в текстовом ASCII файле, выберите команду *Save As (Сохранить как)* из меню *File* окна *Редактора*, задайте имя текстового [.TXT] файла и щелкните по клавише ОК.

7. Сведения о площадях поверхностей представлены в отчете VOLUME COMPUTATIONS как *Positive Surface Area (Положительные площади поверхностей)* и *Negative Surface Area (Отрицательные площади поверхностей)* (Рис.45) (см. приложения 2,3).

Surface Areas

Positive Surface Area [Cut]: 81057.975215973
 Negative Surface Area [Fill]: 0

Рис.45 Фрагмент отчета вычисления площади месторождения

В результате вычисления объемов ПИ и вскрыши, а также площади месторождения «Галеевка-2» при помощи ГИС Surfer получила, что объем

вскрышных пород равен $158\,859,2\text{ м}^3$, объем ПИ, которое представлено ПГС, равен $760\,152\text{ м}^3$, а площадь месторождения «Галеевка-2» равна – $81\,058\text{ м}^2$.

7.Создание оверлеев

SURFER позволяет объединять в оверлеи любые комбинации карт изолиний, опорных карт, карт меток или групповых меток. Однако, в оверлей можно включить только один график поверхности.

1.Строим нужные карты изолиний месторождения нужные карты в одном окне с помощью соответствующих команд из меню *Map*. Все эти карты являются независимыми объектами и располагаются в окне произвольным образом (Рис.47).

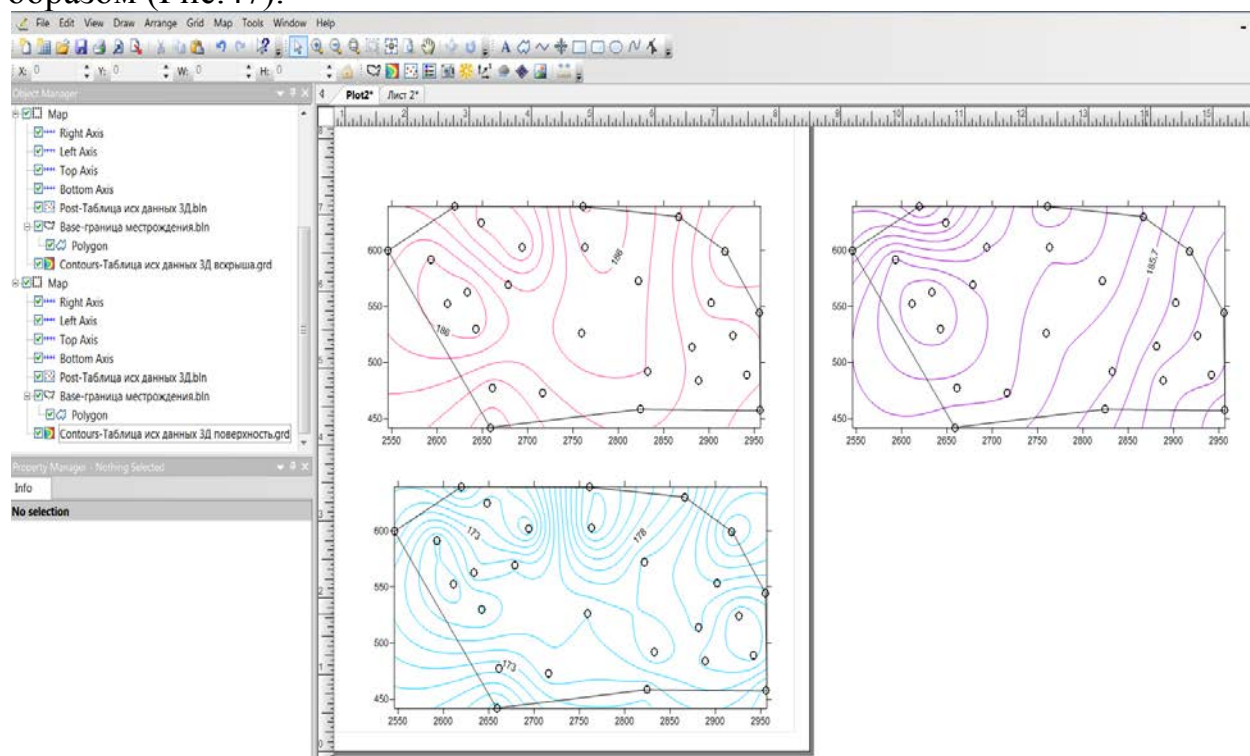


Рис.47 Окно с картами

2.Выделим карты, которые хотим включить в оверлей. Для выделения нескольких карт можно использовать один из следующих способов:

А) Удерживая клавишу **SHIFT**, щелкайте по каждой карте в Объекте менеджера, которую следует включить в оверлей (Рис.48).

Б) Если Вы хотите объединить все карты, находящиеся в окне Графика, то нажмите клавишу **F2** (или выберите команду *Select All* из меню *Edit*).

В) Если все нужные карты можно охватить прямоугольником, воспользуйтесь командой *Block Select* (*Выделить блок*) из меню *Edit*.

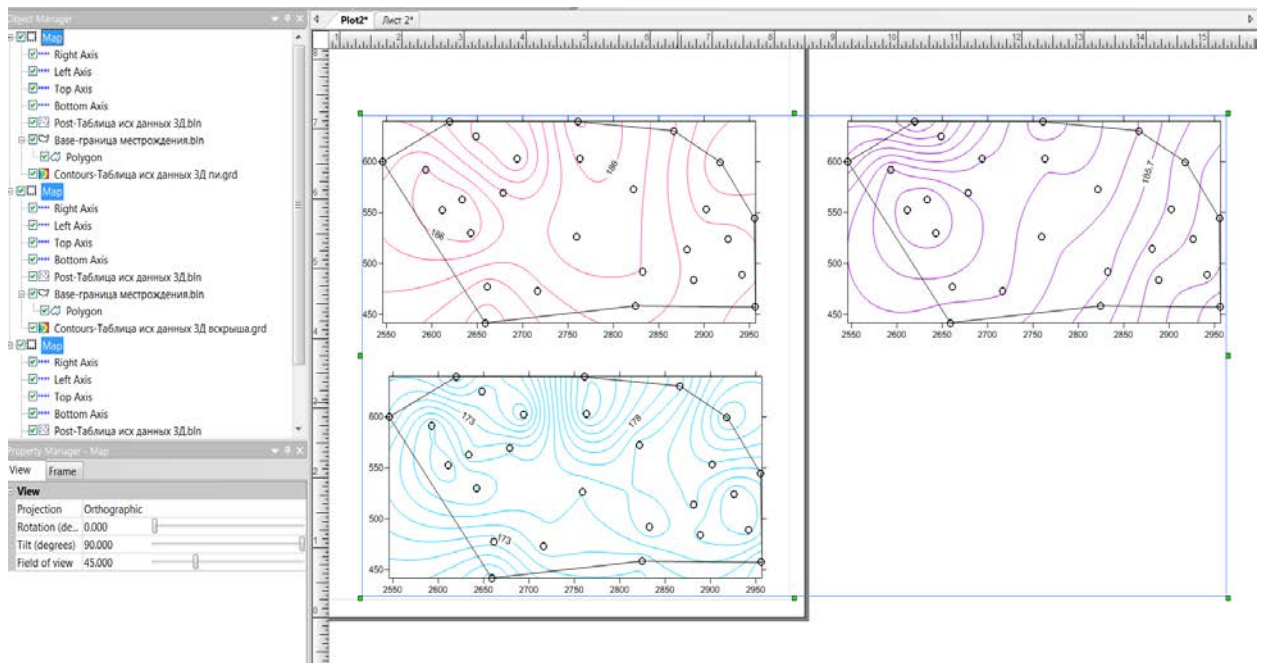


Рис.48 Выделение карт для создания оверлея

3. Выберите команду *Overlay Maps (Объединить карты)* из меню *Map*, и все выделенные карты будут сгруппированы в единый объект с общими осями координат, причем каждая карта будет расположена в правильном положении в соответствии со своими диапазонами изменения координат (Рис. 49).

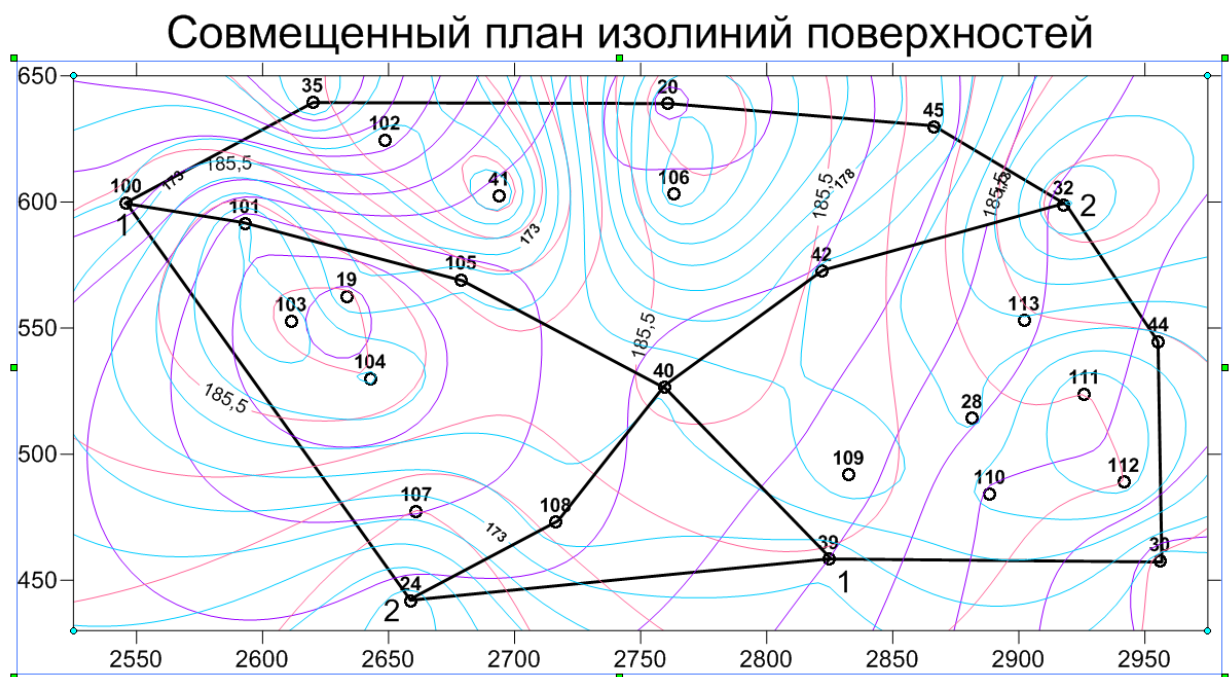


Рис. 49 Объединенные карты изолиний поверхностей месторождения «Галеевка
-2»

8. Построение сеточного файла по необходимой функции.

Для генерирования сеточного файла для любой функции двух переменных вида $z = f(y, x)$ необходимо выполнить команду *Grid | Function*. В окно *Enter a function of the form $Z = f(X, Y)$* нужно ввести функцию по

варианту.

Варианты функций

| Вариант | Функция | минимум | максимум | шаг |
|---------|---|---------|----------|-----|
| 1 | $z = x^2 + y^2$ | -20 | 20 | 1 |
| 2 | $z = \cos(y)$ | 1 | 100 | 5 |
| 3 | $z = \sqrt{x} - 2y$ | 0 | 15 | 10 |
| 4 | $z = x^2 - y^2$ | 0 | 10 | 1 |
| 5 | $z = \cos x + \cos y$ | -35 | 35 | 5 |
| 6 | $z = \sin x - \sin y$ | 0 | 50 | 10 |
| 7 | $z = 2 \sin \frac{1}{2}(x - y) \cos \frac{1}{2}(x + y)$ | 1 | 10 | 1 |
| 8 | $z = 2 \cos \frac{1}{2}(x + y) \cos \frac{1}{2}(x - y)$ | 0 | 25 | 5 |
| 9 | $z = -\sin(x^2 + y^2) + 1$ | -50 | 150 | 15 |
| 10 | $z = x * y$ | -5 | 5 | 1 |
| 11 | $z = \cos x * \cos y$ | -10 | 10 | 1 |
| 12 | $z = x^2 * y^2 + 2$ | 0 | 20 | 10 |
| 13 | $z = \cos(x^2 + y^2) + 1$ | 0 | 100 | 15 |
| 14 | $z = -x * y$ | 1 | 15 | 10 |
| 15 | $z = 1 + \frac{\sin x}{y}$ | 0 | 50 | 10 |

Также необходимо ввести минимальные (Minimum) и максимальные (Maximum) значения переменных X и Y, и значения шагов (Increment) по осям координат. Выходной файл out.grd можно переименовать для вашего удобства. Для описания функций используют арифметические операции и математические функции, встроенные в Surfer.

Арифметические операции и математические функции, встроенные в Surfer

| Выражение | Синтаксис для ввода в строку Enet a function |
|-----------|--|
| () | Скобки |
| + | Плюс |
| - | Минус |
| * | Умножить |
| / | Разделить |
| cos(x) | Косинус |
| sin(x) | Синус |
| atan(x) | Арктангенс |
| exp(x) | Экспоненциальная функция ex |
| ln(x) | Натуральный логарифм. Значение x должно быть больше 0 |
| log10(x) | Десятичный логарифм. Значение x должно быть больше 0 |
| sqrt(x) | Корень квадратный. Значение x не должно быть меньше 0 |
| pow(x,y) | x^y . Ошибка возникнет, если $x = 0$ и $y \leq 0$ и, если $x < 0$ и y не целое |

КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

В данном разделе представлены тесты для самостоятельного контроля знаний. В каждом тесте представлены вопросы по всему теоретическому курсу дисциплины «Геоинформационные системы в горном деле». Тестирование важно для закрепления, совершенствования полученных знаний, умений и навыков, выявления пробелов в знаниях.

Тест № 1

Вопрос № 1

Что такое ГИС

- Гоедзическая информационная система
- Географическая информационная система
- Геологическая информационная система

Вопрос № 2

ГИС может ответить на следующие вопросы:

- Что находится в заданной области?
- Где находится область, удовлетворяющая заданному набору условий?
- Все вышеперечисленное

Вопрос № 3

Под ДАННЫМИ понимается

- Совокупность сведений, определяющих меру наших знаний об объекте
- Совокупность фактов, известных об объектах, либо результаты измерения этих объектов
- Совокупность сведений, которые характеризуют местоположение объектов в пространстве относительно друг друга и их геометрию
- Качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражающиеся, как правило, в алфавитно-цифровом виде
- Все вышеперечисленное

Вопрос № 4

Архитектурный принцип построения ГИС определяется

- Пространственным (территориальным) охватом
- Организацией географических данных
- Проблемно-тематической ориентацией
- Функциональными возможностями
- Все вышеперечисленное

Вопрос № 5

Уберите лишнее.

В качестве источников данных для формирования ГИС служат:

- Ссылки на географические сайты
- Статистические данные
- Данные дистанционного зондирования (ДДЗ)
- Литературные данные
- Результаты полевых обследований территорий
- Картографические материалы

Вопрос № 6

Что НЕ относится к дистанционному зондированию земли(ДЗЗ)

- Определение колебания земли сейсмическими приборами
- Аэрофотосъемка
- Гидроакустические съемки рельефа морского дна
- Материалы, получаемые с космических аппаратов
- Определение скорости движения воздушных масс

Вопрос № 7

К основным компонентам ГИС относят:

- Аппаратные (технические) средства
- Векторные модели
- Топологические модели
- Растровые модели
- Программное обеспечение
- Информационное обеспечение

Вопрос № 8

Рабочая станция или ПК относятся к

- Аппаратные (технические) средства
- Векторные модели
- Топологические модели
- Программное обеспечение
- Информационное обеспечение

Вопрос № 9

Дигитайзер применяется для

- Ввода растрового изображения карты в компьютер
- Ручного ввода пространственных данных
- Преобразования карты к ее исходной проекции
- Преобразования (перенос, поворот, масштабирования) оцифрованных карт

Вопрос № 10

Объекты реального мира, рассматриваемые в геоинформатике, отличаются следующими характеристиками

- Тематическими
- Техническими
- Пространственными
- Внешними
- Внутренними
- Временными

Вопрос № 11

Качественные или количественные характеристики пространственных объектов, выражающиеся, как правило, в алфавитно-цифровом виде характеризуются

- Пространственными данными
- Пространственными характеристиками
- Атрибутивными данными

Вопрос № 12

Географическое название, видовой состав растительности, характеристики почв относятся к

- Пространственным данным
- Пространственным характеристикам
- Атрибутивным данным

Вопрос № 13

Границы муниципальных округов на карте можно обозначить с помощью

- Точечных объектов
- Линейных объектов
- Областей (полигонов)

Вопрос № 14

Территорию, занимаемую городом можно обозначить

- Точечным объектом
- Линейным объектом
- Областью (полигоном)

Вопрос № 15

Представление данных в виде двухмерной сетки, каждая ячейка которой содержит только одно значение, характеризующее объект - это

- Векторная структура данных
- Растровая структура данных
- Векторно-растровая структура данных
- Топологическая структура данных

Вопрос № 16

Простейшая модель данных «спагетти» - это

- Векторная модель
- Топологическая модель
- Растровая модель

Вопрос № 17

Структура хранения информации на дисках ПК это

- Сетевая модель
- Реляционная модель
- Иерархическая модель
- Объектно-ориентированная модель

Вопрос № 18

По пространственному (территориальному) охвату ГИС классифицируются как:

- Общегеографические
- Региональные
- Общенациональные
- Локальные (в том числе муниципальные)
- Экологические и природопользовательские
- Отраслевые
- Глобальные (планетарные)

Вопрос № 19

Кадастровые планы относятся к

- Данным дистанционного зондирования (ДДЗ)
- Результатам полевых обследований территорий
- Статистическим данным
- Литературным данным
- Картографическим материалам

Вопрос № 20

Описывают разные свойства объекта, включая экономические, статистические, технические и другие свойства, основное требование – полнота

- Пространственные характеристики
- Временные характеристики
- Тематические характеристики
- Все вышеперечисленное

Тест № 2**1. К какому периоду можно отнести возникновение географических информационных систем?**

- А) Начало 60-х годов XX века
- Б) Конец 80-х годов XX века
- В) К 90-годам XX века
- Г) К началу нашей эры

2. Как вкратце можно охарактеризовать ГИС?

- А) Как информационную систему сбора, хранения, обработки, отражения пространственно-геоданных и в том числе, обеспечение получения новых информации и знаний
- Б) Как географическую систему обеспечения выявления, регистрации и приземления летающих объектов
- В) Как геологическую формулу земли, океанов, морей, рек, озер и других водных пространств
- Г) Как космическую систему для исследования суши, океанов и горных систем для прогнозирования воздуха
- Д) Как систему контроля над экологическим состоянием территорий, занятых промышленными объектами

3. Что такое геоданные?

- А) Данные об объектах и происшествиях окружающей среды, требующие представление в форме временного координата
- Б) Данные об информационной системе в планетарном масштабе
- В) Данные о водных объектах и живом мире
- Г) Данные о телекоммуникации
- Д) Данные о пространстве и космосе

4. Что такое объект?

- А) Совокупность предметов, понятий, особенностей или же некоторых элементов
- Б) Совокупность экологических признаков окружающей среды
- В) Совокупность растений, кустов и деревьев
- Г) Совокупность понятий о медицинских особенностях
- Д) Пособие о способах проектирования сложных сооружений

5. По каким особенностям локализации различаются объекты?

- А) Дискретности, линейности и сфере
- Б) Конкретности, объективности, и суше (сухости)
- В) Дискретности, влажности и дешевизне
- Г) Линейности, дискретности.

6. Какая система используется для вычисления геоданных?

- А) Динамическая
- Б) Статистическая
- В) Минимальная
- Г) Максимальная

7. Какие основополагающие различаются в геоинформации?

- А) Наука, технология, производство
- Б) Наука, спорт, технология
- В) Технология, производство, полиция
- Г) Наука, производство, сооружения
- Д) Наука, производство, университет

8. Какие модели отношений дистанционного зондирования, картографии и ГИС различаются?

- А) Линейные, доминантность картографии, доминантность ГИС, трехкратное взаимодействие
- Б) Нелинейная модель, доминантность данных, доминантность ГИС, доминантность планеты
- В) Доминантность ГИС, цепные, координатные, грубые
- Г) Линейные, координатные, круглые, высокие
- Д) Линейные, доминантность картографии, спорт, трехкратное взаимодействие

9. Что относится к важным особенностям взаимодействия геоинформации с окружающей её средой?

- А) Интеграция
- Б) Конституция
- В) Коммерция
- Г) Коммуникация
- Д) Математика

10. Что составляет основу геоинформационных технологий в общей форме?

- А) Вход, обработка и выписка пространственных данных
- Б) Выход, интеграция и выкручивание
- В) Вход, растворение, (решение), выявление формулы
- Г) Результаты пространственных данных, включение проекций и выкручивание
- Д) Обработка пространственных данных, изучение, решение

11. Назначение ГИС?

- А) Вход, сохранение, разработка и выход геопространственных информации по запросам пользователей
- Б) Распечатка, написание и сохранение пространственных информации

- В) Взаимодействие пространственных данных с интернетом
- Г) Управление объектов дистанционного управления
- Д) Выход, разработка и защита геопространственных данных

12. Что представляет в ГИС модель данных?

- А) Сумму организационных принципов данных
- Б) Окончание исторических сведений
- В) Сумму экономических данных
- Г) Сумму политических данных
- Д) Сумму экологических данных

13. Чем в первую очередь отличаются друг от друга модели данных в ГИС?

- А) Организационной способностью связи между данными
- Б) Организационной способностью рельефа между данными
- В) Организационной способностью конституции между данными
- Г) Организационной способностью производства между данными
- Д) Организационной способностью нормальных правил управления между данными

14. Для чего используется модель данных?

- А) Используется для объяснения информации модели реального мира
- Б) Используется для объяснения земельного рельефа
- В) Используется для объяснения карты Земли
- Г) Используется для объяснения экологических процессов
- Д) Используется для объяснения финансовых операций

15. Что отражает в себе уровень иерархической структуры в ГИС?

- А) Совокупность равных между собой узлов по функциональной оценке
- Б) Совокупность табличных строк, равных между собой
- В) Совокупность максимумов, равных между собой
- Г) Совокупность минимумов, равных между собой
- Д) Совокупность библиотечных пропусков, равных между собой

16. Что отражают сетевые данные в ГИС?

- А) Логическая структура данных в форме свободной графы
- Б) Теоретическая структура в форме свободной графы
- В) Экологическая структура данных в форме сетки
- Г) Логическая структура данных в форме таблицы
- Д) Логическая структура данных в книжной форме

17. Чем отличаются сетевые данные от иерархических?

- А) Могут иметь несколько прикрепленных и большие объекты
- Б) Ничем
- В) Могут иметь функциональную зависимость

- Г) Могут иметь лидеров и подчиненных
- Д) Могут иметь несколько узлов и линий

18. На что основываются объектно-ориентационные данные?

- А) На принципы типа пользователей данных, на наследственность и полиморфизм
- Б) На принципы данных, сетевого типа, на наследственность и полиморфизм
- В) На социальный тип данных, наследственность и полиморфизм
- Г) На принципы экологического типа, наследственность и экстремуму

19. Какой простой тип геометрии существует в векторных объектах

- А) Точки, линии, полигоны, аннотации
- Б) Кривые, круги, районы или же аннотации
- В) Точки, квадраты, треугольники, книги
- Г) Районы, границы, полигоны, аннотации
- Д) Точки, запятые, скобки и полигоны

20. Что происходит во время нарисованная горизонтов рельефа, до планирования в главном плане?

- А) Ведется интерполяция горизонтов внутри ячеек сети
- Б) Ведется координатная интерполяция внутри строения сети
- В) Ведется интерполяция особенностей внутри карты
- Г) Ведется координация кодов внутри строения сети
- Д) Ведется интерполяция графиков внутри строения сети

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

Белорусский национальный технический университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Белорусского национального
технического университета

_____ Ю.А. Николайчик

_____ /уч.
Регистрационный № УД-ФГЭД 58___ /уч.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности**

**1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых»
(по направлениям)**

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-51 02 01-2013, учебного плана специальности 1-510201 «Разработка месторождений полезных ископаемых» (по направлениям).

СОСТАВИТЕЛИ:

Е.Ю. Нарыжнова, старший преподаватель кафедры «Горные работы» Белорусского национального технического университета

Е.В. Бильдюк, преподаватель кафедры «Горные работы» Белорусского национального технического университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

И.М. Кобылинский, начальник горного отдела открытого акционерного общества «Белгорхимпром»

Н.И. Березовский, заведующий кафедрой «Горные машины» Белорусского национального технического университета профессор, доктор технических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Горные работы» Белорусского национального технического университета (протокол № _____ от _____)

Заведующий кафедрой

С.Г. Оника

Методической комиссией факультета горного дела и инженерной экологии Белорусского национального технического университета (протокол № _____ от _____)

Председатель методической комиссии

П.В. Цыбуленко

Научной библиотекой БНТУ
Т.И.Бирюкова

Научно-методическим советом Белорусского национального технического университета (протокол № _____ секции № 1 от _____)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Геоинформационные системы в горном деле» разработана для специальности 1-51 02 01 «Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)».

Целью изучения дисциплины «Геоинформационные системы в горном деле» является изучения теоретических положений, основных методов и технологий геоинформационных систем (ГИС) и приобретение умения использовать ГИС-пакеты в работе по построению цифровых карт и последующему анализу цифровых моделей массива горных пород для повышения качества проектирования, эксплуатации и управления горным производством.

Задачи изучения дисциплины «Геоинформационные системы в горном деле» состоят в том, чтобы дать студентам понятие об основных информационных технологиях и сделать обзор применения горных интегрированных систем в мире, сформировать представление о компьютерных методах решения горно - геометрических задач на базе цифровых планов горного производства, используя для этого основные теоретические положения геоинформационных систем.

Изучение дисциплины проводится на базе общенаучных, общепрофессиональных («Информатика», «Математика», «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых») и специальных («Компьютерные технологии», «Математические методы и модели в горном деле») дисциплин.

В результате изучения дисциплины «Геоинформационные системы в горном деле» студент должен:

знать:

– устройство и принципы работы персонального компьютера для демонстрации пользования им как средством управления и обработки информационных массивов;

– основные функции геоинформационных систем, предназначенных для определения пространственно-геометрического положения объектов на планах;

- маркшейдерские задачи и методы их решения в составе автоматизированных систем управления производством;

- компьютерные методы построения поверхностей топографического порядка;

уметь:

– работать в системах автоматизированного проектирования с использованием компьютерных моделей месторождений полезных ископаемых;

– определять пространственное положение объектов по результатам их компьютерного моделирования;

– работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации объектов, оценке экономической эффективности

горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях;

владеть:

- методами компьютерной графики;
- навыками решения горно-геологических задач средствами ГИС;
- технологией компьютерной геометризации показателей месторождения в пространстве.

Освоение данной учебной дисциплины должно обеспечить формирование следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

ПК-2. Проводить инженерный анализ задач и проблем, экономических последствий недропользования и обоснованно выбирать оптимальный вариант ведения работ;

ПК-11. В составе коллектива специалистов или самостоятельно осуществлять рационализаторскую и изобретательскую деятельность, оформлять заявки на выдачу охранных документов на объекты промышленной собственности;

ПК-17. Разрабатывать технические задания на проектируемый объект;

ПК-27. Принимать участие в подготовке к опубликованию научных работ;

ПК-34. Разрабатывать, представлять, согласовывать и утверждать техническую, методическую и иную документацию, регламентирующую порядок выполнения работ;

ПК-37. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;

ПК-38. Работать с юридической литературой и трудовым законодательством;

ПК-40. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам разработки месторождений полезных ископаемых.

ПК-41. Определять цели инноваций и способы их достижения.

Согласно учебным планам на изучение учебной дисциплины отведено:

- для очной формы получения высшего образования всего 223 ч., из них аудиторных – 104 часа. На выполнении курсового проекта отводится всего 60 часов, в том числе 36 аудиторных часа на практические занятия.

- для заочной формы получения высшего образования всего 223 ч., из них аудиторных – 18 часов. На выполнении курсового проекта отводится всего 60 часов, в том числе 2 аудиторных часа на практические занятия.

Распределение аудиторных часов по курсам, семестрам и видам занятий приведено ниже.

Таблица 1.

| Очная форма получения высшего образования | | | | | |
|---|---------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Курс | Семестр | Лекции, ч. | Лабораторные занятия, ч. | Практические занятия, ч. | Форма текущей аттестации |
| 4 | 8 | 14 | 14 | | зачет |
| 5 | 9 | 18 | 18 | 36 | экзамен, защита курсового проекта |

Таблица 2.

| Заочная форма получения высшего образования | | | | | |
|---|---------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| Курс | Семестр | Лекции, ч. | Лабораторные занятия, ч. | Практические занятия, ч. | Форма текущей аттестации |
| 5 | 9 | 4 | | 4 | зачет |
| 5 | 10 | 4 | | 6 | экзамен, защита курсового проекта |

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Геоинформационные технологии в горном деле.

Знакомство с ГГИС Micromine. Принципы работы геоинформационных систем на примере Micromine. Задачи цифрового моделирования пространственных объектов в Micromine. Перспективы развития ГИС-технологий. Схема функционирования ГИС. Структура универсальных ГИС. Аппаратное и программное обеспечение ГИС.

Тема 2. Модели пространственных данных, используемые в ГГИС Micromine

Модели данных для представления пространственной информации. Источники данных, используемые в Micromine. Основные модели пространственных данных. Базы данных и их использование в Micromine. Позиционные и тематические характеристики в базах данных. Операции над базами данных.

Тема 3. Визуализация пространственных данных в ГГИС Micromine

Общие положения. Создание нового файла в Micromine. Визуализация базы данных в Micromine через слои Визекса в трехмерной среде. Визуализации числовых и текстовых данных. Операции экспорта и импорта данных в Micromine.

Тема 4. Пространственный анализ данных

Оцифровка исходных картографических материалов в Micromine. Растрово-векторные преобразования. Общие методы картографии.

Отображение в Micromine атрибутивных характеристик топографическими знаками. Организация атрибутивной информации. Выбор объектов. Редактирование структуры и информации в базах данных.

Тема 5. Моделирование месторождений в ГГИС Micromine

Особенности моделирования в Micromine. Типы моделей пространственных данных. Построение комплексных моделей. Формирование баз данных моделей. Анализ пространственной изменчивости. Оконтуривание рудых тел в Micromine. Каркасное моделирование. Построение замкнутой каркасной модели в Micromine. Блочное моделирование в Micromine. Визуализация моделей и отображение карт.

Тема 6. Способы построения поверхностей топографического порядка в геоинформационных системах

Виды поверхностей. Исследование поверхностей: анизотропия, автокорреляционная и структурная функция. Построение равномерной сети точек поверхности по хаотически расположенным опорным точкам: триангуляция Делоне; кригинг; обобщенная средневзвешенная интерполяция. Оценка построенной поверхности.

Тема 7. Управление и оптимизация извлечением запасов

Методы подсчета запасов. Оценка стоимости запасов. Погрешность подсчета запасов. Выбор метода подсчета запасов.

Тема 8. Пространственно-временной анализ данных

Картометрические функции. Оверлейные операции. Расчет и построение буферных зон. Анализ сетей. Анализ видимости объектов. Агрегирование данных. Методы и средства визуализации данных. Картографические анимации. Основы ведения территориальных кадастров. Прикладные аспекты геоинформационных систем.

Тема 9. Применение ГИС

Основные задачи недропользования, решаемые с помощью геоинформационных систем. Расчет объемов различными способами. Нахождение балансовых запасов. Анализ визуализируемой поверхности для дальнейшего использования. Проектирование открытых и подземных горных работ.

Тема 10. Основы пространственного ГИС-анализа

Введение в пространственный ГИС-анализ. Основные виды векторного ГИС анализа: элементарный пространственный анализ, пространственная статистика, расширенный пространственный анализ, сетевой анализ. Основные виды растрового ГИС-анализа: интерполяция растра, анализ гипсометрических поверхностей, анализ плотности и расстояний на основе растров, использование функций картографической растровой алгебры. Основы операции трехмерного моделирования в ГИС.

ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Целью курсового проекта является освоение студентами навыков использования геоинформационных систем.

Содержание расчетно-пояснительной записки:

1. Краткая геологическая и горно-технологическая характеристика месторождения, для каких целей предназначено полезное ископаемое. Соответствие ГОСТу
2. Сбор данных и создание карты основы
3. Создание сеточного файла
4. Создание карты изолиний
5. Визуализация поверхности в трехмерном виде, создание каркасной карты
6. Профильный разрез
7. Вычисление объемов и площадей заданных участков месторождения
8. Создание оверлеев
9. Список использованной литературы.

Документация на курсовой проект состоит из двух частей: пояснительной записки и комплекта графических конструкторских документов.

Объем пояснительной записки курсового проекта составляет примерно 30-40 страниц машинописного текста, набранного на компьютере формата А4 ГОСТ 9327-60.

Объем графической части проекта составляет 2-3 листа формата А1 ГОСТ 2.301-68.

В соответствии с учебным планом на выполнении курсового проекта отводится всего 60 часов, в том числе 36 аудиторных часа на практические занятия.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
очная форма получения высшего образования

| Номер темы | Название раздела, темы, занятия | Количество аудиторных Часов | | | | | Количество часов УСР | Форма контроля знаний |
|------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические Занятия | Семинарские Занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 8 семестр | | | | | | | |
| 1 | Геоинформационные технологии в горном деле | 2 | | | | | | |
| | Лабораторная работа № 1. Сведения о ГГИС Micromine. Обзор основных функциональных возможностей Micromine . Организация данных в проекте. | | | | 2 | | | |
| 2 | Модели пространственных данных, используемые в ГГИС Micromine | 2 | | | | | | Опрос |
| | Лабораторная работа № 2. Создание базы данных в Micromine. Визуализация базы данных. | | | | 4 | | | |
| 3 | Визуализация пространственных данных в ГГИС Micromine . | 4 | | | | | | Опрос |
| | Лабораторная работа № 3. Построение цифровой модели месторождения в Micromine . Привязка растровых графических файлов в Micromine. | | | | 4 | | | |
| 4 | Пространственный анализ данных | 2 | | | | | | |
| 5 | Моделирование месторождений в ГГИС Micromine. | 4 | | | | | | Опрос |
| | Лабораторная работа № 4. Каркасное моделирование в Micromine . | | | | 2 | | | |
| | Лабораторная работа № 5. Блочное моделирование в Micromine. | | | | 2 | | | |
| | Итого за семестр | 14 | | | 14 | | | Зачет |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----|--|----|---------------------------------|---|-------------|---|---|--------------------------------|
| | 9 семестр | | | | | | | |
| 6 | Способы построения поверхностей топографического порядка | 2 | | | | | | |
| | Лабораторная работа № 1. Сведения о ГИС Golden Software Surfer. Обзор основных функциональных возможностей | | | | 2 | | | |
| 7 | Управление и оптимизация извлечением запасов | 4 | | | | | | |
| | Лабораторная работа № 2. Типы данных в Golden Software Surfer. Импортирование данных | | | | 4 | | | |
| 8 | Пространственно-временной анализ данных | 4 | | | | | | Опрос |
| | Лабораторная работа № 3. Построение сеточного файла. Изучение основных способ математического моделирования и анализ построенного сеточного файла | | | | 2 | | | |
| 9 | Применение ГИС | 4 | | | | | | Опрос |
| | Лабораторная работа № 4. Создание карт в Golden Software Surfer на основе сеточного файла Лабораторная работа № 5. Построение профильных разрезов Лабораторная работа № 6. Вычисление объемов и площадей | | | | 4 4 2 | | | |
| 10 | Основы пространственного ГИС-анализа | 4 | | | | | | |
| | Практическое занятие № 1. Сбор данных и создание карты основы Практическое занятие № 2. Создание сеточного файла Практическое занятие № 3. Создание карты изолиний Практическое занятие № 4. Визуализация поверхности в трехмерном виде, создание каркасной карты Практическое занятие № 5. Построение профильного разреза Практическое занятие № 6. Вычисление объемов и площадей заданных участков месторождения Практическое занятие № 7. Создание оверлеев | | 4 6 4 6 8 4 4 | | | | | |
| | Курсовой проект | | | | | | | Защита курсового проекта |
| | Итого за семестр | 18 | 36 | | 18 | | | экзамен |
| | Всего аудиторных часов | | 104 | | | | | |

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
заочная форма получения высшего образования

| Номер темы | Название раздела, темы, занятия | Количество аудиторных Часов | | | | | Количество часов УСП | Форма контроля знаний |
|------------|--|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-----------------------|
| | | Лекции | Практические Занятия | Семинарские Занятия | Лабораторные занятия | Иное | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| | 9 семестр | | | | | | | |
| 1 | Геоинформационные технологии в горном деле | 2 | | | | | | |
| 2 | Модели пространственных данных, используемые в ГГИС Micromine | 2 | | | | | | Опрос |
| | Практическая работа № 1. Сведения о ГГИС Micromine. Обзор основных функциональных возможностей. Организация данных в проекте. | | 2 | | | | | |
| | Практическая работа № 2. Создание базы данных в Micromine. Визуализация базы данных. | | 1 | | | | | |
| 3 | Визуализация пространственных данных в ГГИС Micromine . | 2 | | | | | | Опрос |
| | Практическая работа № 3. Каркасное моделирование в Micromine . | | 1 | | | | | |
| | Итого за семестр | 4 | 4 | | | | | Зачет |
| | 10 семестр | | | | | | | |
| 8 | Управление и оптимизация извлечением запасов | 2 | | | | | | |
| | Практическая работа № 1. Типы данных в Golden Software Surfer. Импортрование данных. | | 2 | | | | | |
| | Практическая работа № 2. Построение сеточного файла. Изучение основных способ математического моделирования и анализ построенного сеточного файла. | | 2 | | | | | |
| 10 | Применение ГИС | 2 | | | | | | Опрос |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|----|---|---|---|---|---|--------------------------------|
| | Практическая работа № 3. Создание карт в Golden Software Surfer на основе сеточного файла | | 2 | | | | | |
| | Курсовой проект | | | | | | | Защита курсового проекта |
| | Итого за семестр | 4 | 6 | | | | | экзамен |
| | Всего аудиторных часов | 18 | | | | | | |

*Темы учебного материала, не указанные в Учебно-методической карте, отводятся на самостоятельное изучение студентом

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. Оника, Сергей Георгиевич. Проектирование карьеров [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс для студентов специальности 1-51 02 01 "Разработка месторождений полезных ископаемых (по направлениям)" / С. Г. Оника, А. К. Гец, П. В. Цыбуленко; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Горные работы". – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-RW). – Режим доступа : 2020. – 75, [1] с.: ил., табл. – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/77495>
2. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине "Маркшейдерские работы при эксплуатации месторождений" [Электронный ресурс]: для специальности 1-51 02 01 "Разработка месторождений полезных ископаемых" / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Горные работы" ; [сост.: А. А. Кологривко, Т. С. Астапенко]. – Электрон. дан. – Минск: БНТУ, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-RW). – Режим доступа : <https://rep.bntu.by/handle/data/106844>
3. Ржевский, В. В. Открытые горные работы: производственные процессы: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых" / В. В. Ржевский. – Издание стереотипное. – Москва: URSS: ЛЕНАНД, 2019. – 508, [1] с. (2 экз.)
4. Голик, В. И. Основы научных исследований в горном деле: учебное пособие: для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 21.05.04 "Горное дело" / В. И. Голик. – Москва: ИНФРА-М, 2018. – 116, [2] с. (2 экз.)
5. Супрун, В. И. Перспективная техника и технологии для производства открытых горных работ / В.И. Супрун, В.Б. Артемьев, П.И. Опанасенко; кол. авт. Сибирская угольная энергетическая компания (СУЭК). – Москва: Горное дело ООО "Киммерийский центр", 2017. – 208 с.: ил. – (Библиотека горного инженера; кн.8. Т.4 : Открытые горные работы) (3 экз.)
6. Бушуев А.Я. Компьютерные технологии подсчета запасов: Методические указания к лабораторным работам / А.Я. Бушуев, Г.С. Федотов – Санкт-Петербургский горный университет – СПб: РИЦ СПГУ, 2018. – 99 с.
7. Мазуров, А.К. Основы подсчета запасов рудных месторождений с использованием современных компьютерных технологий [Электронный ресурс]: учебное пособие: учебный практикум / А.К. Мазуров, Р.Ю. Гаврилов – Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 84 с.

Дополнительная литература

1. Сапронова С.П. Геометрия недр: решение геолого-маркшейдерских задач в среде ГГИС Micromine: лаб. практикум.-2-е изд. перераб. и доп./Н.П. Сапронова , В.В. Мосейкин , Г.С. Федотов.-М.: Изд. Дом НИТУ «МИСис», 2019.-89с.

2. Сапронова С.П. Маркшейдерия. Решение маркшейдерских задач на основе применения специализированного программного обеспечения: лаб. практикум/Н.П. Сапронова, Г.С. Федотов.-М.: Изд. Дом НИТУ «МИСис», 2022.-75с
3. Игнатов, Ю. М. Географические и земельно-информационные системы: учебное пособие для студентов очной формы специальности 120303 «Городской кадастр» / ФГБОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т им. Т. Ф. Горбачева», Каф. маркшейд. дела, кадастра и геодезии. - Кемерово,2012. - 190 с.
4. Силкин, К.Ю. Геоинформационная система Golden Software Surfer 8 / К.Ю. Силкин. – издательско-полиграфический центр воронежского государственного университета, 2008. – 66 с.
5. Иванова И.А. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / И.А. Иванова, В.А. Чеканцев. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.
6. Петин А.Н., Васильев П.В. Геоинформатика в рациональном недропользовании/ Белгород.: Изд-во НИУ БелГУ, 2011.- 264с.

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Оценка уровня знаний студента производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита выполненных на практических и лабораторных занятиях заданий;
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам;
- выступление студента на конференции по подготовленному материалу;
- сдача экзамена;
- защита курсового проекта.

Перечень тем курсовых проектов

1. Моделирование заданного месторождения с использованием геоинформационных систем и подсчет объемов методом площадей и средней высоты при проектировании горных работ.
2. Моделирование заданного месторождения с использованием геоинформационных систем и подсчет объемов методом вертикальных сечений при проектировании горных работ.
3. Моделирование заданного месторождения с использованием геоинформационных систем и подсчет объемов вскрытых, подготовленных и готовых к выемке запасов полезного ископаемого при проектировании горных работ.
4. Моделирование заданного месторождения с использованием геоинформационных систем и подсчет объемов методом трехгранных призм при проектировании горных работ.
5. Трехмерное моделирование заданного месторождения с использованием геоинформационных систем.

Перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов

1. Перечень ведущих компьютерных программных комплексов, используемых для решения различных задач в горной промышленности.
2. Цифровые модели массива горных пород и горных выработок.
3. Обзор программного обеспечения для горного предприятия.
4. Цели и задачи цифрового моделирования пространственных объектов, явлений и проявлений горнодобывающего комплекса.
5. Технологии создания цифровых карт и планов
6. Ввод данных с бумажных карт и планов.
7. Структура цифровых карт и планов при создании ГИС.
8. Возможности ГИС-технологий для моделирования геомеханической информации.

9. Возможности ГИС-технологий для создания мониторинга геомеханической информации.
10. Особенности и режимы создания объектов в ГИС.
11. Оконтуривание объекта.
12. Построение изообъектов с применением геоинформационных систем.
13. Геоинформационное моделирование пространственных объектов.
14. Решение практических задач в горной промышленности с применением ГИС-технологий.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение.

Литература

1. Карпик А.П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий: Монография. – Новосибирск: СГГА, 2004. – 260 с.

2. Основы геоинформатики: В 2кн: Учебное пособие для вузов /Е.Г.Капралов, А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов и др. – М.: Академия, 2004.

3. Трифонова Т.А., Мищенко Н.В., Краснощекоев А.Н. Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях – М.: УМО РФ, 2005. - 349с.

4. Демерс, Майкл Н. Географические информационные системы.: пер. с англ. – М.: Дата +, 1999.

5. Коновалова Н.В., Капралов Е.Г. Введение в ГИС: Учебное пособие – М.: ГИС-Ассоциация, 1997. - 160с.

6. Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления “Прикладная геология” / сост. И.А. Иванова, В.А. Чеканцев. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.

7. Силкин, К. Ю. Геоинформационная система Colden Software Surfer 8. Учебно-методическое пособие для вузов / Силкин, К. Ю. Воронеж: издательство ВГУ, 2008, 66 с.